Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto
"Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito."

Anexos
Diciembre 2013









Para:
SENARA
Elaborado por:
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS) de la Universidad de Costa Rica

Teléfonos: 2283-4815 / 2283-4927 fax: 2283-7634
Correo electrónico: produs@produs.ucr.ac.cr
Página de internet: www.produs.ucr.ac.cr

Anexo 1:

III. Información General

3. Términos de Referencia del EIA realizado

A continuación se presenta un resumen de los términos de referencia y las consideraciones del Manual de Instrumentos Técnicos para el Proceso de Evaluación del Impacto Ambiental (Manual de EIA) de SETENA, utilizados en el Proyecto Limón Ciudad Puerto, Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito, ubicado en el cantón central de la provincia de Limón.

1. OBJETIVOS DE LA CONSULTORÍA

Desarrollar un **Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)** acorde con los alcances y dimensiones del proyecto considerando su ubicación con respecto a Áreas Ambientalmente Frágiles, como es el caso del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito (RNMVSL). El contenido y desarrollo del EIA requerido se basa en el decreto N° 32966 - MINAE. Asimismo, la preparación del EIA deberá contemplar el cumplimiento de las Políticas de Salvaguarda ambientales y sociales del Banco Mundial, ente financiero del proyecto, entre estas la OP 4.01 de evaluación de impacto ambiental y la OP 4.04 que norma que los proyectos no deben afectar áreas protegidas.

1.1. OBJETIVO GENERAL

Contratar los servicios de una firma consultora para elaborar un Estudio de Impacto Ambiental (EsIA) en el Área de Limoncito, en el Cantón Limón de la provincia de Limón, de conformidad con la propuesta de diseño de la Red de Cauces de Drenaje elaborada por la UTE SENARA para la atención del Sub componente Control de Inundaciones.

AREA DEL PROYECTO

El área objeto para este EsIA está ubicada en la parte sur del cantón Limón, Provincia de Limón y comprende la cuenca baja del cauce del Río Limoncito y sus afluentes, hasta la descarga del Canal Santa Rosa al mar. Abarca comunidades como Barrio Quinto, Envaco, Limoncito, El Ceibo, El Cocal, Pueblo Nuevo, Los Lirios, entre otros.

ACCESOS

El acceso a las áreas es por vía terrestre con calles de asfalto, lastre y tierra en regular estado. Otras áreas como las relacionadas con el Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito tienen acceso por tierra, a pie o por vía acuática desde la desembocadura del canal Santa Rosa al mar en el sector de Westfalia o en el puente sobre la ruta Nacional 36 Limón-Bribrí.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1 Desarrollar las actividades y estudios necesarios para elaborar el Estudio de Impacto Ambiental requerido con base en el contenido temático establecido en el decreto N° 32966-MINAE.

1.2.2 Realizar un análisis de la propuesta de diseño planteada por la UTE-SENARA para valorar su impacto ambiental y social.

1.2.3 Efectuar una descripción de los medios físico, biótico y socioeconómico del área de influencia directa e indirecta del proyecto.

1.2.3 Efectuar una descripción de los medios físico, biótico y socioeconómico del área de influencia directa e indirecta del proyecto.

1.2.4 Identificar, describir y evaluar los impactos ambientales positivos y negativos que se pronostica que causaran las actividades del proyecto

1.2.5 Valorar los impactos identificados, positivos y negativos, generados por el desarrollo del proyecto.

1.2.6 Identificar impactos de carácter acumulativo. Realizar una sección sobre medidas de mitigación correspondientes a estos impactos.

1.2.7 Realizar análisis de riesgo y vulnerabilidad ambiental. Tomando en cuenta los aspectos hidrológicos (avenidas regulares y extremas), geológicos (fallas), hidro-meteorológicos (huracanes, temporales), hidrogeología, suelos, otros y posibles efectos debido al cambio climático.

1.2.8 Identificar y caracterizar las áreas ambientalmente frágiles dentro del área del proyecto y de influencia. Entre estas las áreas de ríos, quebradas, humedales y áreas protegidas que podrán afectarse con la construcción de las obras. Aplicar las políticas de salvaguarda del Banco Mundial.

1.2.9 Diseñar y proponer las medidas de mitigación y compensación socio ambientales relacionadas con los impactos ambientales y sociales que permitan mitigar los impactos evidenciar una mejora sustantiva de las condiciones socios ambientales en el área de influencia directa del proyecto.

1.2.10 Dentro de estas medidas del PGA se deben proponer obras concretas comunitarias para embellecimiento y esparcimiento de los pobladores de manera tal que puedan ser consideradas en la etapa final de diseño y estimación de costos de las obras finales.

1.2.11 Evaluar las opciones técnicas del proyecto a fin de determinar si son las ambiental y socialmente más viables. Estas valoraciones deberán ser realizadas de manera coordinada con el comité técnico de seguimiento conformado por personal del SENARA- la UCP y La SETENA.

1.2.12 Proponer y diseñar los planes del PGA, entre estos manejo de desechos, salud ocupacional, plan de comunicación y consulta, plan de los mecanismos de atención de reclamos, plan de restauración y reforestación, plan monitoreo, plan de contingencia, entre otros, con el fin de atender los impactos generados por el proyecto en la etapa constructiva y operativa.

Enfoque General de la consultoría

- Para la preparación de este EIA la Firma realizará diagnósticos para elaboración de una línea base con información primaria (datos de campo, encuestas, sondeos) y analizará los datos e información disponibles a través técnicas apropiadas y comunes para cada área técnica con el fin de alcanzar los objetivos de esta consultoría. Los resultados finales del EsIA y de su PGA se realizaran asimismo

con la consulta de las autoridades ambientales del país (SETENA), Área de Conservación Amistad Caribe, (MINAET), Encargados del RVS Limoncito, gobiernos locales (municipio), pobladores afectados y beneficiarios, expertos nacionales, Comité supervisor de la consultoría por parte de la UCP y UTE-SENARA, entre otros. El EsIA incluirá análisis de alternativas para garantizar el desarrollo sostenible de la ejecución y trabajará cerca de los especialistas, siempre tomando en cuenta la normativa ambiental de Costa Rica.

2. ANTECEDENTES

El **Proyecto Limón Ciudad Puerto (PLCP**) fue formulado con el afán de generar oportunidades para los habitantes de la región, a través de la revitalización productiva promovida por la modernización de su infraestructura. Entró en vigencia el 11 de junio de 2009 con la aprobación de la Ley 8725 y busca elevar la competitividad del puerto y al mismo tiempo mejorar la calidad de vida de sus habitantes. En esta ley se faculta a la UTE SENARA para reducir el efecto de las inundaciones en la parte baja de la cuenca del río Limoncito.

Las razones que fundamentan esta intervención y que a la vez han originado la problemática de las inundaciones en estos sectores son principalmente un asentamiento poblacional no controlado.

3. DESCRIPCION DEL PROYECTO.

El área de estudio abarca la cuenca del río Limoncito con énfasis en la cuenca baja que incluye la zona urbana (Pueblo Nuevo, Limoncito, El Ceibo, Envaco, Barrio Quinto y otros); el área del aeropuerto y el Refugio de Vida Silvestre Limoncito.

La red fluvial existente en el área de estudio está constituida por los cauces del canal Santa Rosa, El río Limoncito, la Quebrada Chocolate, la Quebrada Sin Nombre, El Canal artificial JAPDEVA y otros cauces menores.

El Rio Limoncito constituye el cauce principal de la red fluvial existente. Por su condición sinuosa, su pendiente natural y estado de conservación y una ausente acción de mantenimiento, su capacidad de evacuación se encuentra muy reducida.

Dentro de los estudios realizados y que dieron origen a la propuesta de intervención se cita el documento "Evaluación Hidrológica de la Cuenca del Río Limoncito para el Control de Inundaciones y el Ordenamiento Territorial" el cual fue elaborado por la firma consultora CIAS S.A. en el año 2006.

Por su parte y con el objeto de actualizar la información técnica e identificar otras posibles alternativas de solución, el SENARA ha realizado estudios y valoraciones de campo complementarios que han permitido ampliar la propuesta establecida por la firma CIAS. S.A.

4. PROPUESTA TECNICA DE INTERVENCION DE LA RED FLUVIAL.

El Informe Técnico de Diseño del Sistema de Control de Inundaciones en el Área de Limoncito (en proceso de elaboración por parte de la UTE-SENARA), contiene el trazado

de cauces y canales objeto de intervención, así como el diseño de las obras a ejecutar en cada uno de ellos. La propuesta implica un efecto sobre el reasentamiento humano de familias que se ubican en ambas márgenes de los cauces del Rio Limoncito y la Quebrada Chocolate, remoción de cobertura vegetal de las zonas de protección, alta inversión en puentes de vías principales en una y dos vías, puentes peatonales y de acceso a viviendas, remoción temporal de infraestructura eléctrica e infraestructura hidráulica, como acueductos, sobre todo en las partes medias de intervención de la Quebrada Chocolate y el Río Limoncito.

Otros temas a considerar para el EIA

El EIA deberá contemplar el impacto en todos los casos que se incluye la construcción de caminos de acceso laterales a los cauces y canales objeto de intervención, para realizar posteriormente las labores de mantenimiento que correspondan con las estructuras de cruce que se requieran, como pasos de alcantarillas y puentes.

Políticas de Salvaguarda del Banco Mundial

Para el desarrollo de las obras se deben tomar en cuenta y consultar las Políticas de Salvaguarda Ambientales del Banco Mundial: OP 4.01, OP 4.04, OP 4.09, OP 4.11, OP 4.12.

5. JUSTIFICACIÓN

Para alcanzar los objetivos del Sub componente de Control de Inundaciones a cargo de la UTE SENARA, es necesario contratar una firma consultora calificada y de carácter interdisciplinario, que elabore el Estudio de Impacto en el Área de la cuenca baja del Río Limoncito en el cantón central en la Provincia de Limón.

El subcomponente de Control de Inundaciones a cargo de la UTE SENARA consiste en la ejecución de las obras civiles e hidráulicas necesarias para el mejoramiento y ampliación de los cauces naturales y artificiales de la cuenca baja del Río Limoncito. El objetivo de estas obras es mitigar las inundaciones en zonas urbanas y en la Cuenca Baja del río Limoncito y alrededores, para lo cual se identificó la necesidad de rehabilitar el sistema de drenaje en diversas zonas vulnerables de este sector. Esta rehabilitación incluye la ampliación de la sección hidráulica de los cauces existentes, construcción de cauces nuevos, extracción de la vegetación y residuos sólidos de los cursos naturales del agua, mejoramiento de la ruta de evacuación natural al mar y el mejoramiento, rehabilitación y construcción de infraestructura como puentes, pasos de alcantarilla, muros de protección y caminos de acceso para labores de mantenimiento.

6. DOCUMENTACIÓN A REVISAR POR LA FIRMA Y CONTEMPLAR DENTRO DE LA PREPARACIÓN DEL EIA

De previo a la entrega de los productos de esta contratación, la firma consultora deberá tomar en cuenta en la preparación del EIA y su PGA la documentación proporcionada por UTE SENARA.

Dicha documentación deberá ser revisada, incorporando sus resultados, normas y limitaciones al EsIA que se desarrolle. El Director del Proyecto será responsable de proveer al resto del equipo copia de esta información.

7. PRODUCTOS

La Firma deberá realizar un análisis detallado de los posibles impactos ambientales y sociales negativos y positivos que podrá generar la construcción y desarrollo de las obras propuestas. Además se deberá analizar los impactos causados en: tierra, agua, grupos de flora, fauna (acuática, humedal, costera), sector agrícola, en el Refugio Limoncito, pobladores, paisaje, costa, recursos culturales, régimen hídrico, formación de costa, entre otros.

Consulta del proyecto y plan de comunicación

La firma consultora deberá realizar actividades de consulta pública ante la sociedad civil más cercana al proyecto, de modo que se les consulte sobre el proyecto y que ellos conozcan sobre sus alcances.

Coordinación

Durante el desarrollo de la consultoría se dará un seguimiento técnico por parte de una comisión integrada por personal la UTE SENARA, UCP-PLCP y la SETENA. La UTE SENARA designará un Administrador de la Consultoría y quienes darán seguimiento a la ejecución del contrato y coordinará todos los aspectos relacionados con la contratación y el suministro de la información que se requiera, para lograr los objetivos propuestos.

8. TIEMPO ESTIMADO DE EJECUCION Y PRODUCTOS DE LA CONSULTORIA

El tiempo máximo para el desarrollo de esta consultoría será de seis meses contabilizados a partir de que la UTE-SENARA de la orden de inicio, la cual, se dará dentro de los 10 días naturales posteriores a la firma del contrato.

Productos y entrega

- Propuesta de reporte, metodologías y alcances. A presentarse 10 después de la firma del contrato. Indicará la forma en que se realizará el estudio, las metodologías de campo y datos a colectar, sitios, y el cronograma de trabajo.
- Informe Borrador.
- Informe Final Borrador.
- Informe Final.
- La firma Consultora deberá emitir informes mensuales del cumplimiento de actividades relativas a los estudios, los cuales serán objeto de análisis por parte de la UTE -SENARA y los cuales serán enviados a la UCP.
- Para la presentación del producto final deberá aportar 6 originales impresos del informe final aprobado por la UTE SENARA (2 para SETENA, 2 para la UCP y 2 para La UTE-SENARA) y 5 copias digitales en CD con todos los documentos en WORD, Excel, shapes, etc. Además la firma entregará 10 copias en CD en formato digital (pdf) del informe. Estas copias deberán contener los mapas con formato nativo y JPG, figuras y fotografías a color.

Un archivo maestro conteniendo todos los archivos productos de la consultoría: informe final, shapes, planos, archivos de Autocad, etc, fotos, informes originales de los consultores, será entregado a la UTE SENARA.

- La Firma elaborará los documentos necesarios para la presentación de la solicitud de aprobación del EsIA ante la SETENA, una vez aprobado el documento final.

9. PERFIL de la Firma

La firma deberá presentar en un mismo formato los *curriculum vitae* de todos los miembros de las Firma para participar de esta consultoría, el cv de cada profesional deberá de tener como máximo 4 páginas. El *cv* mostrará, datos personales, experiencia profesional de EIA, formación académica, referencias de los EIA elaborados y referencias de contacto con teléfono y correo electrónico. En caso de ser seleccionada la Firma, la contratante podrá solicitar el cambio de cualquier de los profesionales propuestos en caso de requerir un mejor perfil de algún profesional en específico.

La conformación del equipo de trabajo de la empresa postora deberá estar integrada por los siguientes profesionales:

- Director del equipo
- Biólogo con especialidad en limnología
- Hidrogeólogo
- Arqueólogo
- Sociólogo
- Geógrafo
- Ing. Forestal o afín
- Ing. Agrícola
- Ing. Civil
- Biólogo Marino

Lista de contenidos esperada como mínimo de los documentos a entregar productos de esta consultoría y todos aquellos que sean requeridos por la autoridad nacional:

- Resumen ejecutivo (español e inglés)
  Glosario, índice, acrónimos
  Introducción
  Objetivos
  Datos del desarrollador y de la Firma consultora (nombre, número y firmas del equipo)
  Descripción del proyecto Limón
  Descripción del subproyecto analizado
  Descripción del área de estudio, cartografía de ubicación

- Metodologías.

  Definición Áreas de Influencia (proyecto, directa e indirecta)
  Beneficiarios y análisis de actores del proyecto
  Materiales, bienes y servicios que requiere la obra

Marco Regulatorio y aplicación que deberá hacer el desarrollador
Estudios de línea base
Identificación de Impactos ambientales y sociales (reasentamiento, en el área protegida, estabilidad del suelo, en régimen hidrológico, en los acuíferos, fluvio-geomorfología, esteros, etc.)
Valoración de los impactos ambientales y sociales
Análisis de Alternativas
Impactos Acumulativos
Plan de gestión Ambiental
Plan de seguimiento y supervisión
Plan de comunicación y consultas
Programa de los mecanismos de atención de reclamos
Plan de manejo de desechos (ordinarios, tóxicos, etc.)
Plan de restauración de escombreras
Plan de manejo de contaminación del aire, ruido.
Plan de restauración y reforestación ambiental
Plan de seguridad ocupacional
Plan de monitoreo (aire, ruido, sistemas acuáticos, terrestres).
Pla de capacitación local
Plan de obras de mitigación y compensación
Plan de contingencias y ante amenazas naturales

- Consulta del Proyecto.

- Referencias (de mapas, estudios, informes consultados, etc.)

- Especificaciones Técnicas Ambientales (conversión del PGA en cláusulas para los contratistas y ejecutores de las obras.

- Anexos
  Listas de personas consultadas
  Fotografías
  Estudios técnicos, etc.
  Planos
  D1 elaborados

- Mapas

Anexo 2: Sección 2: Fases de Desarrollo

2.1 ACTIVIDADES A REALIZAR EN CADA FASE DEL PROYECTO

Durante el desarrollo del proceso constructivo se presentarán dos Etapas principales, de acuerdo a lo indicado por SENARA en el *Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto*. Cada una de estas etapas incluirá actividades constructivas en distintas secciones de los cauces de ríos, quebradas y canales, sin embargo, en ambas etapas y en la mayoría de las intervenciones se tendrán una serie de actividades reiteradas, dándose una variación espacial de los frentes de trabajo en donde se realiza la actividad.

El Cronograma de Construcción de SENARA considera un proceso de 519 días naturales, lo que equivale a un total de 75 semanas, para un aproximado de 18 meses.

2.1.1 División por etapas

El proyecto se divide por motivos de financiamiento en dos etapas, consideradas independientes en cuanto al financiamiento, pero proyectadas como un conjunto en el proceso constructivo.

Dentro de la primera etapa del proyecto se pretenden construir la mayor parte de las obras, incluyendo:

- Baterías (alcantarillas) de desfogue del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito (RNMVSL)
- Río Limoncito: desde el puente de los Cocos hasta el Bar Chitá
- Quebrada Chocolate: desde el bar Chitá hasta el puente de ENVACO
- Quebrada Chinita (conocida como Sin Nombre): toda la intervención proyectada
- Intervención del Canal Japdeva: a lo largo de todo el canal
- Intervención del Canal Santa Rosa: desde el puente de Westfalia hasta 3 kilómetros aguas arriba
- Creación del Canal Trasvase
- Creación del Canal Desvío
- Construcción de estructuras derivadoras de caudal

En la segunda etapa del proyecto se incluyen las siguientes secciones a intervenir:

- Río Limoncito: desde el Bar Chitá hasta la intersección con el Canal Santa Rosa
- Quebrada Chocolate: desde el puente de ENVACO hasta el puente en la ruta 32
- Intervención del Canal Santa Rosa: desde tres kilómetros aguas arriba del puente de Westfalia hasta la intervención con el río Limoncito

2.1.2 Secciones del Proyecto

Pese a que se divide en fases claramente definidas para la parte presupuestaria, el proceso constructivo de divide por frentes de trabajo, los cuales se traslapan temporalmente y mantienen continuidad en algunos frentes de trabajo en consideración de usar la misma maquinaria y personal para el mismo tipo de actividad pero en otra sección del proyecto.

Construcción de Baterías

El primer objetivo a desarrollarse según la programación de trabajo, y que se desarrollaría por completo en la primera etapa, es la construcción de las Baterías Norte y Sur, las cuales son los sistemas de alcantarillado que cruzan por debajo de la ruta 36, en los sectores noreste y sureste del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito. Las actividades a realizar incluyen:

- Acondicionamiento del terreno
- Excavación de Vía
- Préstamo de materiales
- Excavación de estructura
- Construcción de las alcantarillas
- Construcción de la superficie de rodamiento
- Colocación de señalización vertical y horizontal

Para cada batería se estima un lapso de 10 semanas, siendo construida primero la batería norte y una vez concluida esta se procede con la sur. Por tanto, se consumiría un total de 20 semanas.

Construcción de Puentes

Los puentes se contemplan dentro de la programación del proceso constructivo como una actividad independiente del resto de las intervenciones a los cauces de los ríos, siendo secuenciales entre sí, en la mayoría de los casos, para efectos de las construcciones en cada cauce.

Para cada puente se proyecta una duración de 55 a 59 días naturales, estando igualmente dividida su construcción en primera y segunda etapa de acuerdo a la sección del río a la que pertenece.

En la primera etapa se incluyen:

Río Limoncito

- Puente Los Cocos (del 01 de enero al 26 de febrero)
- Puente Barrio Quinto (del 26 de febrero al 24 de abril)
- Puente Bar Chitá-Río Limoncito (del 26 de febrero al 24 de abril)
- Puente de Losa (del 24 de abril al 20 de junio)

Quebrada Chocolate

- Puente Bar Chitá-Quebrada Chocolate (del 26 de febrero al 26 de abril)
- Puente Envaco (del 26 de abril al 22 de junio)
- Puente Quebrada Chocolate 1 (del 22 de junio al 20 de agosto)
- Puente Quebrada Chocolate 2 (del 27 de junio al 25 de agosto)

Canal Japdeva

- Puente Los Lirios (2 de junio al 30 de julio)
- Puente Vertedero (30 de julio al 27 de setiembre)

Canal Santa Rosa

- Puente Westfalia (01 de julio al 25 de agosto)

Para la segunda etapa se conservan los puentes correspondientes a la segunda etapa del río Limoncito:

- Puente escuela (del 20 de junio al 16 de agosto)
- Puente casa recodo (del 16 de agosto al 12 de octubre)
- Puente cancha Paniagua (del 12 de octubre al 8 de diciembre)
- Puente taller (del 8 de diciembre al 5 de febrero de 2015)
- Puente almendro (del 5 de febrero al 05 de abril de 2015)
- Puente ceibón (del 05 de abril al 3 de junio de 2015)

Cada puente incluye dentro de su programación las mismas actividades, las cuales se resumen con el siguiente orden en todos los casos:

- Acondicionamiento del terreno y remoción de estructuras (de 5 a 7 días)
- Excavación de vías y de bases para la nueva estructura (de 8 a 11 días)
- Préstamo selecto de material de relleno (4 días)
- Colocación de Pilotes hincados y empalme de pilotes (15 días)
- Armado estructural del acero y colado de concreto de la estructura (15 días)
- Baranda del puente (4 días)
- Construcción de la superficie de rodamiento de las estructuras aledañas (6 días)
- Colocación de señalización vertical y horizontal (2 días)

La duración de cada una de las actividades se precisa en la sección *2.2 Tiempo de ejecución*.

Río Limoncito, Primera Etapa

La primera etapa incluye sólo la parte inicial del río Limoncito, siendo las obras estimadas para un lapso de 50 días, programados a partir del 02 de julio hasta el 20 de agosto de 2014.

Los trabajos proyectados incluyen:

- Excavación de fondo y taludes del canal
- Demolición de estructuras y obras aledañas en la línea de cauce del río Limoncito
- Acarreo de material de excavación y estructuras demolidas a punto de disposición
- Descuaje, tala y transporte de árboles
- Suministro y colocación de tablestacado
- Suministro y colocación de bloques articulados de concreto
- Construcción de aceras en las carreteras colindantes.

Canal Desvío

Dentro del cronograma de construcción se incluye únicamente la excavación del canal del desvío, sin embargo se debe considerar que por la ubicación indicada para el mismo, se debe remover algunos árboles, por lo que se debe considerar el descuaje y tala de árboles dentro de las actividades, así como su disposición final (ya sea en las mismas márgenes del río o en el punto donde se esté disponiendo el resto de los árboles). El

periodo de desarrollo de estas actividades sería un plazo de 30 días naturales, del 02 de julio al 31 de julio de 2014.

Quebrada Sin Nombre (Chinita)

Las obras en esta quebrada se encuentran programadas para durar 25 días naturales, iniciando el jueves 21 de agosto y concluyendo el domingo 14 de setiembre de 2014. La única actividad programada es la Excavación de la quebrada, por lo que la disposición de materiales se realizaría en la sección aledaña del cauce. Dentro de la programación se considera que el río se intervendría a partir de la conclusión de la primera etapa del Río Limoncito, pese a que no se encuentra ligada a ninguna actividad de manera directa.

Río Limoncito, Segunda Etapa

La segunda etapa de las obras en el río Limoncito se desarrolla desde el bar Chitá hasta la intersección con el canal Santa Rosa. Debido a la magnitud de las intervenciones se considera un periodo total de 134 días, programados del 18 de julio al 28 de noviembre de 2014. Las actividades a realizar son las mismas de la primera etapa, variando la cantidad de días dedicados a cada etapa de acuerdo a las intervenciones necesarias, debido a que las secciones a intervenir incluyen tanto partes con cobertura de bloques articulados de concreto y tablestaca como acabado en talud natural.

Del mismo modo que en la primera etapa, los trabajos proyectados incluyen:

- Excavación de fondo y taludes del canal
- Demolición de estructuras y obras aledañas en la línea de cauce del río Limoncito
- Acarreo de material de excavación y estructuras demolidas a punto de disposición
- Descuaje, tala y transporte de árboles
- Suministro y colocación de tablestacado
- Suministro y colocación de bloques articulados de concreto
- Construcción de aceras en las carreteras colindantes

Canal JAPDEVA

Se contempla la excavación del canal a lo largo de 50 días naturales, del 01 de agosto al 19 de setiembre de 2014. Se asume que la disposición del material se hará en las márgenes del río, por lo que también debe considerarse el descuaje, tala y transporte de árboles si los mismos no se disponen en los alrededores de las márgenes.

Estructuras vertedoras de caudal

Al concluir las obras del canal de Desvío se da inicio, tanto a las actividades del canal Japdeva, como a las estructuras de derivación de caudal en la intersección *canal Desvío-canal Japdeva*, por lo que su programación, de 35 días naturales, está para iniciar el viernes 1 de setiembre de 2014, concluyendo el jueves 4 de octubre.

En el caso de la segunda y tercera obra de derivación, se programan igualmente para 35 días naturales, iniciando la segunda al concluir las obras en el canal Japdeva, ubicándose

en la intersección de dicho canal con el río Limoncito (*canal Japdeva-río Limoncito*), estando programada entre las fechas del sábado 20 de setiembre y el 24 de octubre de 2014 en tanto que la tercer estructura está en la intersección del *río Limoncito-canal Trasvase*, dando inicio al concluir la excavación del canal Trasvase, por lo que se construiría entre el jueves 26 de febrero de 2015 al jueves 2 de abril del mismo año.

Las actividades a desarrollar en cada estructura son:

- Acondicionamiento del terreno (5 días)
- Excavación (10 días)
- Relleno con material selecto (10 días)
- Colocación de bloques articulados (10 días)

Canal Santa Rosa, Primera Etapa

Programado para un lapso de 35 días naturales, del 20 de setiembre al 24 de octubre de 2014. Las actividades incluyen:

- Excavación del canal
- Construcción de un camino de tierra a lo largo del canal, en la margen derecha del cauce, a lo largo de los tres kilómetros incluidos en esta etapa.

No se menciona la necesidad del descuaje, tala y transporte de árboles, por lo que se considera que se está considerando dentro de la excavación del canal.

Canal Santa Rosa, Segunda Etapa

La duración de las obras contemplada en esta etapa es de 90 días naturales, del miércoles 15 de octubre de 2014 al lunes 12 de enero de 2015. Se repiten las mismas actividades de la primera fase:

- Excavación del canal
- Construcción de un camino de tierra a lo largo del canal, en la margen derecha del cauce, a lo largo de toda la extensión de las obras en esta etapa.

Quebrada Chocolate, Primera Etapa

En la primer etapa se contempla el cauce entre el bar Chitá y el ENVACO, siendo esta la única sección de esta quebrada en donde se coloca tablestaca, siendo esto a ambos lados del cauce.

Se consideran las actividades:

- Excavación del canal en la quebrada Chocolate
- Demolición de estructuras (puentes y muros) en la línea de cauce de la quebrada Chocolate
- Acarreo de material de excavación y estructuras demolidas a punto de disposición
- Suministro y colocación de tablestaca
- Relleno de estructuras y construcción de vía secundaria
- Construcción de aceras en las carreteras colindantes

La programación de las obras está proyectada para realizarse entre el 6 de noviembre y el 27 de diciembre del 2014, para un total de 52 días naturales.

Quebrada Chocolate, Segunda Etapa

La sección intervenida solamente incluye obras con acabado del terreno en talud natural, con una pendiente de 45°. Para la implementación se requiere:

- Excavación del fondo y taludes del canal
- Demolición de estructuras colindantes
- Acarreo de material de excavado y estructuras demolidas a punto de disposición

Se espera que este proceso se complete entre el miércoles 3 de diciembre de 2014 y el 26 de enero de 2015, para un periodo total de 55 días naturales.

Canal Trasvase

Al igual que en los demás canales, se contempla dentro del cronograma de actividades la solamente la excavación del canal, por lo que se asume que en esta sección también se depositarán los materiales extraídos y los árboles talados a pocos metros del cauce, en los costados del canal. La programación para este canal es de 5 días naturales, del jueves 8 de enero de 2015 al jueves 26 de febrero del mismo año.

2.2 TIEMPOS DE EJECUCIÓN

Los tiempos requeridos para ejecutar diversas actividades se ajustan a la maquinaria y el personal involucrados en el proceso, por lo que la mayoría de actividades que se ejecutan en distintos frentes de trabajo dependen de que se concluya la obra en otro sector para que se traslade el equipo completo al siguiente frente programado.

El tiempo total de la obra va desde el primero de enero de 2014 hasta el miércoles 03 de junio del 2015, siendo la construcción de los puentes la actividad que marca la duración total de las obras.

Para facilidad de análisis se separan las actividades dependiendo del frente de trabajo y el tipo de obras a desarrollar.

2.2.1 Obras cercanas al refugio: baterías de alcantarillas

La construcción de las baterías para desfogar el agua del refugio necesitan de cortar el flujo de vehículos de la ruta 36, que es la que da acceso al aeropuerto, durante el periodo que tarde cada intervención. Por tanto, el plan de acción está definido para que la construcción de la batería sur se realice hasta que la batería norte esté concluida, con el fin de que siempre exista un acceso al aeropuerto habilitado.

En este frente de trabajo los tiempos de ejecución se coordinan según se muestra en el Cuadro 2.2.1. Las actividades y sus duraciones corresponden a las indicadas por SENARA en el cronograma de construcción de las obras.

Cuadro 2.2.1 Actividades constructivas de las aterías de alcantarillas

Actividad	Duración (días)	Batería Norte		Batería Sur	
		Fecha inicio	Fecha fin	Fecha inicio	Fecha fin
Acondicionamiento del terreno	4	mie 01/01/14	sab 04/01/14	mar 11/03/14	dom 14/03/14
Excavación de vía	5	dom 05/01/14	jue 09/01/14	sab 15/03/14	mie 19/03/14
Préstamo selecto	4	vie 10/01/14	lun 13/01/14	jue 20/03/14	dom 23/03/14
Excavación de estructura	6	mar 14/01/14	dom 19/01/14	lun 24/03/14	sab 29/03/14
Acero de refuerzo	15	lun 20/01/14	lun 03/02/14	dom 30/03/14	dom 13/05/14
Concreto estructural	15	mar 04/02/14	mar 18/02/14	lun 14/04/14	lun 28/05/14
Acero estructural	12	mie 19/02/14	dom 02/03/14	mar 29/04/14	sab 10/05/14
Subbase y agregados	2	lun 03/03/14	mar 04/03/14	dom 11/05/14	lun 12/05/14
Base de agregados	2	mie 05/03/14	jue 06/03/14	mar 13/05/14	mie 14/05/14
Riego de imprimación	1	vie 07/03/14	vie 07/03/14	jue 15/05/14	jue 15/05/14
Capa de concreto asfáltico	1	sab 08/03/14	sab 08/03/14	vie 16/05/14	vie 16/05/14
Instalación de señales verticales	1	dom 09/03/14	dom 09/03/14	sab 17/05/14	sab 17/05/14
Señalización	1	lun 10/03/14	lun 10/03/14	dom 18/05/14	dom 18/05/14
Total de cada batería	**69**	**mie 01/01/14**	**lun 10/03/14**	**mar 11/03/14**	**dom 18/05/14**

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

2.2.2 Construcción de Puentes

Se cuenta con la duración total por cada puente, así como la coordinación por los diferentes frentes de trabajo, siendo estos el río Limoncito, la quebrada Chocolate, los puentes del canal Japdeva y el puente de Westfalia, el cual se construye de manera independiente de todos los demás puentes a intervenir en la obra.

La calendarización de los puentes se presenta en el Cuadro 2.2.2.

Cuadro 2.2.2 Cronograma de construcción de los puentes

Referencia del puente	Duración (días)	Fecha inicio	Fecha fin	Inicio depende de
Primer etapa río Limoncito				
Los Cocos	57	mie 01/01/14	mie 26/02/14	Inicio de construcción de puentes
Barrio Quinto	57	mie 26/02/14	jue 24/04/14	Conclusión puente Los Cocos
Bar Chitá-Limoncito	57	mie 26/02/14	jue 24/04/14	Conclusión puente Los Cocos
Losa	57	jue 24/04/14	vie 20/06/14	Conclusión puentes barrio Quinto y Bar Chitá-Limoncito
Segunda Etapa río Limoncito				
Escuela	57	vie 20/06/14	sab 16/08/14	Conclusión puente Losa
Casa Recodo	57	sab 16/08/14	dom 12/10/14	Conclusión puente Escuela
Cancha Paniagua	57	dom 12/10/14	lun 08/12/14	Conclusión puente Casa Recodo
Taller	59	lun 08/12/14	jue 05/02/14	Conclusión puente Cancha Paniagua
Almendro	59	jue 05/02/15	dom 05/04/15	Conclusión puente Taller
Ceibón	59	dom 05/04/15	mie 03/06/15	Conclusión puente Almendro
Quebrada Chocolate				
Bar Chitá-Chocolate	59	mie 26/02/14	sab 26/04/14	Conclusión puente Los Cocos
Envaco	57	sab 26/04/14	dom 22/06/14	Conclusión puente Bar Chitá-Chocolate
Quebrada Chocolate 1	59	dom 22/06/14	mie 20/08/14	Conclusión puente Envaco
Quebrada Chocolate 2	59	vie 27/06/14	lun 25/08/14	5 días después de inicio obras puente Q.Chocolate 1
Canal Japdeva				
Los Lirios	59	lun 02/06/14	mie 30/07/14	60 días antes de inicio obras canal Japdeva
Vertedero	59	mie 30/07/14	sab 27/09/14	Conclusión puente Los Lirios
Canal Santa Rosa				
Westfalia	55	mar 01/07/14	lun 25/08/14	Conclusión batería Norte e inicio de obras en canales

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

Se selecciona a modo de ejemplo de la duración en las actividades a realizar, los puentes de Los Cocos, Bar Chitá-Chocolate y Westfalia (ver Cuadro 2.2.3), considerando que las fechas de cada actividad variarían de acuerdo a la duración total de cada puente. Se considera innecesario e inconveniente el incluir la calendarización de cada actividad por cada puente, dado que son 17 puentes en total. Sin embargo, con la inclusión de estos tres puentes, se logra entender cómo se traslapan las actividades entre sí en cada puente.

Cuadro 2.2.3 Ejemplo de programación de las obras en los puentes de acuerdo a su duración

Actividad	Puente Los Cocos			Puente Bar Chitá-quebrada Chocolate			Puente Westfalia		
	Duración (días)	Fecha inicio	Fecha fin	Duración (días)	Fecha inicio	Fecha fin	Duración (días)	Fecha inicio	Fecha fin
Acondicionamiento del terreno	2	mié 01/01/14	jue 02/01/14	4	jue 27/02/14	dom 02/03/14	4	sáb 05/07/14	mar 08/07/14
Remoción de estructuras	5	mié 01/01/14	dom 05/01/14	7	jue 27/02/14	mié 05/03/14	7	sáb 05/07/14	vie 11/07/14
Excavación de vías	4	lun 06/01/14	jue 09/01/14	5	jue 06/03/14	lun 10/03/14	5	sáb 12/07/14	mié 16/07/14
Préstamo selecto	4	vie 10/01/14	lun 13/01/14	4	mar 11/03/14	vie 14/03/14	4	jue 17/07/14	dom 20/07/14
Excavación de estructura	4	mié 08/01/14	sáb 11/01/14	6	sáb 08/03/14	jue 13/03/14	6	lun 07/07/14	sáb 12/07/14
Pilotes de prueba	5	dom 12/01/14	jue 16/01/14	5	vie 14/03/14	mar 18/03/14	5	dom 13/07/14	jue 17/07/14
Pilotes hincados	10	vie 17/01/14	dom 26/01/14	10	mié 19/03/14	vie 28/03/14	10	vie 18/07/14	dom 27/07/14
Empalme pilotes	4	jue 23/01/14	dom 26/01/14	4	mar 25/03/14	vie 28/03/14	4	jue 24/07/14	dom 27/07/14
Acero de refuerzo	15	lun 27/01/14	lun 10/02/14	15	sáb 29/03/14	sáb 12/04/14	15	lun 28/07/14	lun 11/08/14
Concreto estructural	15	sáb 01/02/14	sáb 15/02/14	15	jue 03/04/14	jue 17/04/14	15	sáb 02/08/14	sáb 16/08/14
Acero estructural	14	sáb 01/02/14	vie 14/02/14	12	jue 03/04/14	lun 14/04/14	12	sáb 02/08/14	mié 13/08/14
Baranda del puente	4	sáb 15/02/14	mar 18/02/14	4	mar 15/04/14	vie 18/04/14	4	jue 14/08/14	dom 17/08/14
Subbase y agregados	2	mié 19/02/14	jue 20/02/14	2	sáb 19/04/14	dom 20/04/14	2	lun 18/08/14	mar 19/08/14
Base de agregados	2	vie 21/02/14	sáb 22/02/14	2	lun 21/04/14	mar 22/04/14	2	mié 20/08/14	jue 21/08/14
Riego de imprimación	1	dom 23/02/14	dom 23/02/14	1	mié 23/04/14	mié 23/04/14	1	vie 22/08/14	vie 22/08/14
Capa de concreto asfáltico	1	lun 24/02/14	lun 24/02/14	1	jue 24/04/14	jue 24/04/14	1	sáb 23/08/14	sáb 23/08/14
Instalación de señales verticales	1	mar 25/02/14	mar 25/02/14	1	vie 25/04/14	vie 25/04/14	1	dom 24/08/14	dom 24/08/14
Señalización horizontal	1	mié 26/02/14	mié 26/02/14	1	sáb 26/04/14	sáb 26/04/14	1	lun 25/08/14	lun 25/08/14

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

2.2.3 Obras en los cauces

Los procesos a desarrollarse en los cauces del río, quebradas y canales tienen la particularidad de que dependen unos de otros, por el desplazamiento de recursos de un lugar a otro con el fin de avanzar los distintos frentes de trabajo.

Se cuentan con tres líneas de trabajo, siendo independientes las obras a realizarse en el río Limoncito y las de la quebrada Chocolate de la secuencia de trabajo en los demás cauces. Por facilidad de análisis, se separan los cauces por actividad, con el fin de distinguir el tiempo en que se realiza la obra y el frente de trabajo en donde se está ejecutando. En los cuadros Cuadro 2.2.4, Cuadro 2.2.5 y Cuadro 2.2.6 se presenta la información correspondiente de acuerdo a la actividad, su tiempo de ejecución y la ubicación espacial de la misma.

Cuadro 2.2.4 Obras en el cauce del río Limoncito

Actividad	Duración (días)	Fecha inicio	Fecha fin	Ubicación
Excavación y perfilado de terreno	20	mie 02/07/14	lun 21/07/14	Río Limoncito, 1er etapa
	125	mar 22/07/14	dom 23/11/14	Río Limoncito, 2nda etapa
Demolición de estructuras	16	mie 02/07/14	jue 17/07/14	Río Limoncito, 1er etapa
	60	vie 18/07/14	lun 15/09/14	Río Limoncito, 2nda etapa
Descuaje, tala y transporte de árboles	20	mie 02/07/14	lun 21/07/14	Río Limoncito, 1er etapa
	45	mar 22/07/14	jue 04/09/14	Río Limoncito, 2nda etapa
Acarreo de material excavado	20	mie 02/07/14	lun 21/07/14	Río Limoncito, 1er etapa
	125	mar 22/07/14	dom 23/11/14	Río Limoncito, 2nda etapa
Suministro y colocación de tablestacado	40	sab 17/07/14	mie 20/08/14	Río Limoncito, 1er etapa
	75	jue 21/08/14	lun 03/11/14	Río Limoncito, 2nda etapa
Suministro y colocación de bloques articulados de concreto	10	sab 17/07/14	lun 21/07/14	Río Limoncito, 1er etapa
	65	mar 22/07/14	mie 24/09/14	Río Limoncito, 2nda etapa
Construcción de aceras en carreteras aledañas al río	40	lu 07/07/14	vie 15/08/14	Río Limoncito, 1er etapa
	105	sab 16/08/14	vie 28/11/14	Río Limoncito, 2nda etapa

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

En el caso de las obras en el cauce del río Limoncito y pese a la restricción presupuestaria para poder llevar a cabo la segunda etapa, se proyecta que al concluir cada actividad en la primera etapa, se pasará el equipo de trabajo a la segunda etapa, de manera totalmente independiente del resto de frentes de trabajo.

De manera paralela al inicio de las obras en el río Limoncito, se iniciaría la excavación de los canales artificiales con otro equipo de trabajo. La excavación de todos estos frentes se realiza de manera secuencial, con excepción del canal Trasvase, el cual se encuentra retrasado 16 días con respecto a la conclusión de la excavación de la segunda etapa del canal Santa Rosa. Las obras en el canal Trasvase están programadas para iniciar diez días antes de que concluyan las obras de la primera etapa del río Limoncito y cinco días

antes de que concluya la excavación en el canal Santa Rosa. La programación de estas obras se indica en el Cuadro 2.2.5.

Cuadro 2.2.5 Obras en Otros cauces

Actividad	Duración (días)	Fecha inicio	Fecha fin	Ubicación
Excavación y perfilado de terreno	30	mie 02/07/14	jue 31/07/14	Canal Desvío
	50	vie 01/08/14	vie 19/09/14	Canal Japdeva
	25	sab 20/09/14	mar 14/10/14	Canal Santa Rosa, 1er etapa
	70	mie 15/10/14	mar 23/12/14	Canal Santa Rosa, 2nda etapa
	50	jue 08/01/15	jue 26/02/15	Canal Trasvase
Camino a lo largo de la margen derecha del talud	30	jue 25/09/14	vie 24/10/14	Canal Santa Rosa, 1er etapa
	80	sab 25/10/14	lun 12/10/14	Canal Santa Rosa, 2nda etapa

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

Las actividades programadas para la quebrada Chocolate se presentan en el Cuadro 2.2.6. Debido a que en la segunda etapa en la quebrada Chocolate solamente se proyecta la excavación y demolición de obras a lo largo de la sección entre el puente del Envaco hasta el puente en la ruta 32, solamente estas dos actividades repiten, dependiendo las mismas de que concluya su homónima en la primera etapa.

Cuadro 2.2.6 Obras en el cauce de la quebrada Chocolate

Actividad	Duración (días)	Fecha inicio	Fecha fin	Ubicación
Suministro y colocación de tablestacado	40	jue 06/11/14	lun 15/12/14	Q. Chocolate, 1er etapa
Excavación y perfilado de terreno	50	sab 08/11/14	sab 27/12/14	Q. Chocolate, 1er etapa
	30	dom 28/12/14	lun 26/01/15	Q. Chocolate, 2nda etapa
Acarreo de material excavado	25	sab 08/11/14	mar 02/12/14	Q. Chocolate, 1er etapa
Relleno de estructuras	40	sab 08/11/14	mie 17/12/14	Q. Chocolate, 1er etapa
Construcción de aceras en carreteras aledañas al río	20	sab 08/12/14	sab 27/12/14	Q. Chocolate, 1er etapa
Demolición de estructuras	40	jue 13/11/14	lun 22/12/14	Q. Chocolate, 1er etapa
	5	mar 23/12/14	sab 27/12/14	Q. Chocolate, 2nda etapa

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

2.3 FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES

Las distintas actividades a realizar deben de seguir secuencias lógicas entre sí para poder llevarse a cabo. En algunos casos las actividades dependen por completo de la conclusión de otra actividad, en tanto que en otros casos las mismas se pueden realizar de manera paralela, todo en función de la disponibilidad de equipos de trabajo o del espacio de trabajo.

Al requerir analizar una obra con diversidad de actividades, se considera lo más oportuno el analizar dos niveles de información:

- Por tipo de obra a realizarse
- Por actividades en el tipo de obra

Esta clasificación permite analizar el proceso de forma escalonada, desde el nivel macro al nivel micro de las obras.

2.3.1 Duración por tipo de obra a realizarse

Los diferentes tipos de obra no guardan una relación directa entre sí en su calendarización, por lo que lo que son la *Excavación de canales y cauces* (que incluye las mejoras a realizarse en los márgenes con taludes naturales estabilizados, tablestacas y bloques articulados de concreto), *Construcción de Baterías* (estructuras que pasarán por debajo de la actual ruta 36 con el fin de expulsar el agua que se acumula en la zona del refugio) y *Construcción de puentes* tienen sus inicios de manera independiente, por lo que su programación se puede variar sin afectarse entre sí, con excepción del puente de *Westfalia*, el cual depende de la conclusión de la *Batería Norte*, con el fin de no dejar el Aeropuerto incomunicado.

En el caso de la *Construcción de estructuras derivadoras de caudal*, se considera necesario la conclusión de algunas excavaciones contempladas en la *Excavación de canales y cauces* (específicamente la conclusión de las obras en el *canal de Desvío* y luego en el *canal Japdeva*) para poder dar inicio, por lo que este tipo de obra podría sufrir retrasos en función de otras etapas del proyecto.

La Imagen 2.3.1 muestra las duraciones totales y bloques de duración por días de cada tipo de obra a realizarse, de acuerdo a la programación de SENARA.

Cronograma de construcción de obras Canales y Cauces	**519 días**	**mié 01/01/14**	**mié 03/06/15**
Inicio construcción proyecto	0 días	mié 01/01/14	mié 01/01/14
Excavación de canales y cauces	**240 días**	**mar 01/07/14**	**jue 26/02/15**
Construcción de puentes	**519 días**	**mié 01/01/14**	**mié 03/06/15**
Construcción de Baterías	138 días	**mié 01/01/14**	**dom 18/05/14**
Construccion de estructuras derivadoras	**245 días**	**vie 01/08/14**	**jue 02/04/15**
Fin proyecto	0 días	mié 03/06/15	mié 03/06/15

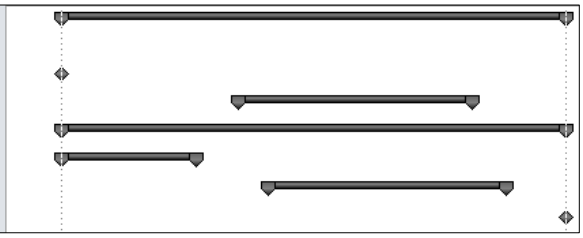


Imagen 2.3.1 Duración de cada tipo de obra a realizarse.

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

La calendarización de los puentes se muestra en la Imagen 2.3.2. Como se puede ver, los puentes a construir en el Río Limoncito se harían uno a la vez, siendo la excepción la construcción del puente de barrio Quinto y el del bar Chitá, a los cuales se suma la construcción del puente del bar Chitá sobre la quebrada Chocolate, por lo que construirían los tres en el mismo lapso de tiempo.

Otros puentes, como los de la quebrada Chocolate, los del canal Japdeva y el de Westfalia, mantienen diferentes fechas dependiendo del cauce sobre el que se trabaje.

Construcción de puentes	**519 días**	**mié 01/01/14**	**mié 03/06/15**
Inicio Construcción de Puentes	0 días	mié 01/01/14	mié 01/01/14
Puentes Río Limoncito	**519 días**	**mié 01/01/14**	**mié 03/06/15**
Primera Etapa	**171 días**	**mié 01/01/14**	**vie 20/06/14**
Puente Los Cocos	**57 días**	**mié 01/01/14**	**mié 26/02/14**
Puente Barrio Quinto	**57 días**	**mié 26/02/14**	**jue 24/04/14**
Puente Bar Chita Limoncito	**57 días**	**mié 26/02/14**	**jue 24/04/14**
Puente Losa	**57 días**	**jue 24/04/14**	**vie 20/06/14**
Fin I Etapa Limoncito	0 días	vie 20/06/14	vie 20/06/14
Segunda Etapa	**348 días**	**vie 20/06/14**	**mié 03/06/15**
Puente Escuela	**57 días**	**vie 20/06/14**	**sáb 16/08/14**
Casa Recodo	57 días	**sáb 16/08/14**	**dom 12/10/14**
Cancha Paniagua	**57 días**	**dom 12/10/14**	**lun 08/12/14**
Taller	**59 días**	**lun 08/12/14**	**jue 05/02/15**
Almendro	**59 días**	**jue 05/02/15**	**dom 05/04/15**
Ceibón	**59 días**	**dom 05/04/15**	**mié 03/06/15**
Fin II etapa	0 días	mié 03/06/15	mié 03/06/15
Fin Puentes Limoncito	0 días	mié 03/06/15	mié 03/06/15
Puentes Quebrada Chocolate	**180 días**	**mié 26/02/14**	**lun 25/08/14**
Primero etapa	**180 días**	**mié 26/02/14**	**lun 25/08/14**
Puente Bar Chita Queb Chocolate	**59 días**	**mié 26/02/14**	**sáb 26/04/14**
Puente Quebrada Chocolate 1	**59 días**	**dom 22/06/14**	**mié 20/08/14**
Puente Quebrada Chocolate 2	**59 días**	**vie 27/06/14**	**lun 25/08/14**
Puente Envaco	**57 días**	**sáb 26/04/14**	**dom 22/06/14**
Fin Puentes primera etapa Q Chocolate	0 días	lun 25/08/14	lun 25/08/14
Fin Puentes Quebrada Chocolate	0 días	lun 25/08/14	lun 25/08/14
Puentes Canal Japdeva	**118 días**	**lun 02/06/14**	**sáb 27/09/14**
Primero etapa	**118 días**	**lun 02/06/14**	**sáb 27/09/14**
Puente Los Lirios	**59 días**	**lun 02/06/14**	**mié 30/07/14**
Puente Vertedero	**59 días**	**mié 30/07/14**	**sáb 27/09/14**
Fin Primera etapa Canal Japdeva	0 días	sáb 27/09/14	sáb 27/09/14
Puente Westfalia	**55 días**	**mar 01/07/14**	**lun 25/08/14**
Fin construcción Puentes	0 días	mié 03/06/15	mié 03/06/15

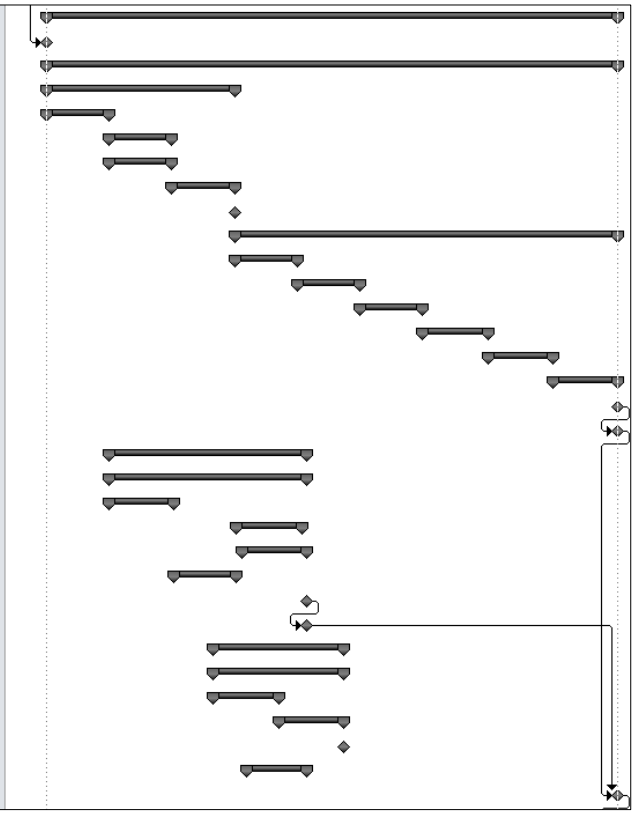


Imagen 2.3.2 Duración e intercalación de la construcción de puentes.

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

La excavación de cauces se realiza desde tres frentes de trabajo. La duración y la forma en que se intercalan las obras se presenta en la Imagen 2.3.3, en donde se puede ver que las acciones en el río Limoncito se dividen en dos etapas que se cruzan entre sí, al igual que sucede en el canal Santa Rosa y la quebrada Chocolate (último frente de trabajo en el que se accede). En el caso del canal Santa Rosa, forma parte de un frente de trabajo más amplio, información que se desarrolla con la Imagen 2.3.8.

Excavación de canales y cauces	**240 días**	**mar 01/07/14**	**jue 26/02/15**
Inicio canales	0 días	mar 01/07/14	mar 01/07/14
Río Limoncito	**150 días**	**mié 02/07/14**	**vie 28/11/14**
I Etapa	**50 días**	**mié 02/07/14**	**mié 20/08/14**
II Etapa	**134 días**	**vie 18/07/14**	**vie 28/11/14**
Fin Construcción Rio Limoncito	0 días	vie 28/11/14	vie 28/11/14
Quebrada Sin Nombre	**25 días**	**jue 21/08/14**	**dom 14/09/14**
Canal Desvío	**30 días**	**mié 02/07/14**	**jue 31/07/14**
I Etapa	**30 días**	**mié 02/07/14**	**jue 31/07/14**
Fin canal Desvío	0 días	jue 31/07/14	jue 31/07/14
Canal Japdeva	**50 días**	**vie 01/08/14**	**vie 19/09/14**
I Etapa	**50 días**	**vie 01/08/14**	**vie 19/09/14**
Fin construcción Japdeva	0 días	vie 19/09/14	vie 19/09/14
Canal Santa Rosa	**160 días**	**sáb 20/09/14**	**jue 26/02/15**
Quebrada Chocolate	**82 días**	**jue 06/11/14**	**lun 26/01/15**
Fin Excavación de canales y cauces	0 días	jue 26/02/15	jue 26/02/15

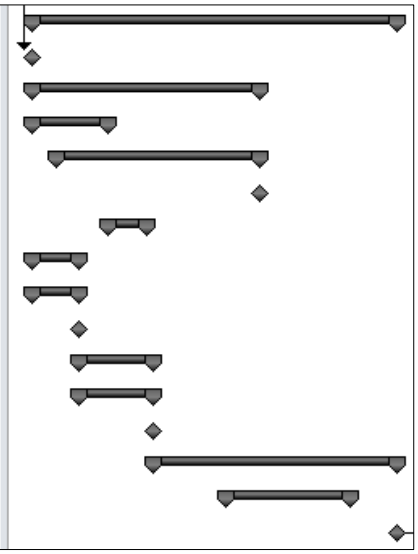


Imagen 2.3.3 Duración e intercalación de las obras de excavación de canales y cauces.

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

Las estructuras derivadoras dependen de la conclusión de los canales a los cuales alimentarían, por lo que la primera estructura depende de la conclusión del canal Desvío, la segunda de la conclusión de las obras en el Japdeva y la tercera de la conclusión del canal Trasvase. Las fechas tentativas de ocurrencia según SENARA se encuentran en la Imagen 2.3.4.

Construccion de estructuras derivadoras	**245 días**	**vie 01/08/14**	**jue 02/04/15**
Estructura Canal Desvío- Canal Japdeva	**35 días**	**vie 01/08/14**	**jue 04/09/14**
Estructura Río Limoncito- Canal Japdeva	**35 días**	**vie 19/09/14**	**vie 24/10/14**
Estructura Río Limoncito-Canal Trasvase	**35 días**	**jue 26/02/15**	**jue 02/04/15**
Fin Estructuras	0 días	jue 02/04/15	jue 02/04/15

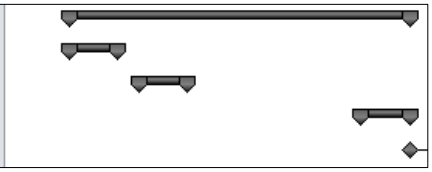


Imagen 2.3.4 Duración de las estructuras derivadoras de caudal.
Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

2.3.2 Diagrama de flujo por tipo de obra

Para el desarrollo de cada puente se debe seguir un orden lógico, con la debida intercalación de actividades que permita hacer eficiente el proceso constructivo. A modo de ejemplo, se presenta en la Imagen 2.3.5 la secuencia programada para la construcción del puente en Los Cocos. Como se puede ver, el acondicionamiento del terreno y la remoción de la estructura se realizan de manera paralela, así como luego se traslapan las excavaciones de la vía y de la estructura. Del mismo modo, la colocación de acero y concreto estructural son actividades que se deben desarrollar de forma conjunta. Las últimas actividades, relacionadas con la colocación de la superficie de rodamiento, presentan una coordinación secuencial, debido a que dependen directamente de la conclusión de la actividad anterior.

Puente Los Cocos	57 días
Inicio	0 días
Acondicionamiento terreno, Limoncito Los Cocos	2 días
Remoción de estructuras Limoncito Los Cocos	5 días
Excavación de vía, Limoncito Los Cocos	4 días
Préstamo selecto, Limoncito Los Cocos	4 días
Excavación de estructura, Limoncito Los Cocos	4 días
Pilotes de prueba, Limoncito Los Cocos	5 días
Pilotes hincados, Limoncito Los Cocos	10 días
Empalme Pilotes, Limoncito Los Cocos	4 días
Acero de refuerzo, Limoncito Los Cocos	15 días
Concreto estructural, Limoncito Los Cocos	15 días
Acero estructural, Limoncito Los Cocos	14 días
Baranda de Puente, Limoncito Los Cocos	4 días
Subbase y agregados, Limoncito Los Cocos	2 días
Base de agregados, Limoncito Los Cocos	2 días
Riego de imprimación, Limoncito Los Cocos	1 día
Capa de concreto asfaltico, Limoncito Los Cocos	1 día
Instalación de señales verticales, Limoncito Los Co	1 día
Señalización, Limoncito Los Cocos	1 día
Fin Proyecto, Limoncito Los Cocos	0 días

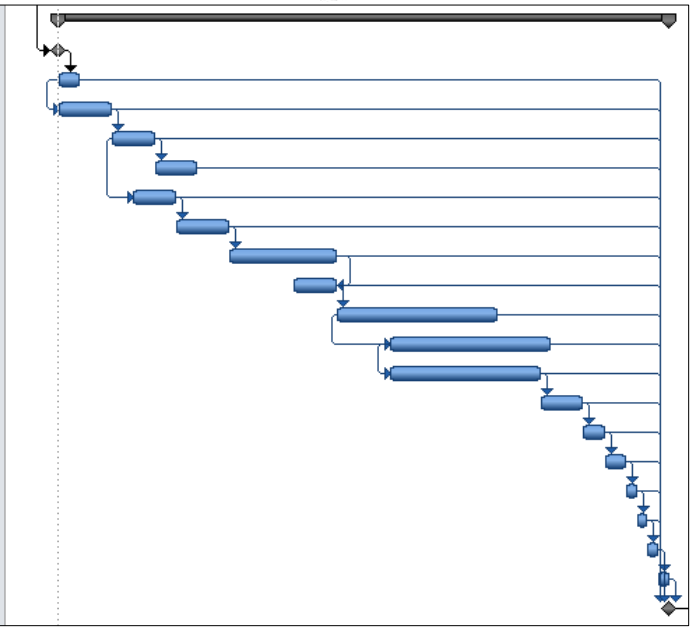


Imagen 2.3.5 Diagrama de Gantt del proceso constructivo del puente de Los Cocos.

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

En el caso de la construcción de las baterías Norte y Sur, todas las actividades se desarrollan de forma secuencial, como se muestra en la Imagen 2.3.6. El inicio de la construcción de la Batería Sur depende de que se haya concluido la Batería Norte, con el fin de que el aeropuerto no quede incomunicado en ningún momento.

Batería Norte	**69 días**
Inicio	0 días
Acondicionamiento terreno	4 días
Excavación de vía	5 días
Préstamo selecto	4 días
Excavación de estructura	6 días
Acero de refuerzo	15 días
Concreto estructural	15 días
Acero estructural	12 días
Subbase y agregados	2 días
Base de agregados	2 días
Riego de imprimación	1 día
Capa de concreto asfaltico	1 día
Instalación de señales verticales	1 día
Señalización	1 día
Fin Proyecto	0 días
Batería Sur	**69 días**
Inicio	0 días
Acondicionamiento terreno	4 días
Excavación de vía	5 días
Préstamo selecto	4 días
Excavación de estructura	6 días
Acero de refuerzo	15 días
Concreto estructural	15 días
Acero estructural	12 días
Subbase y agregados	2 días
Base de agregados	2 días
Riego de imprimación	1 día
Capa de concreto asfaltico	1 día
Instalación de señales verticales	1 día
Señalización	1 día
Fin Batería Sur	0 días

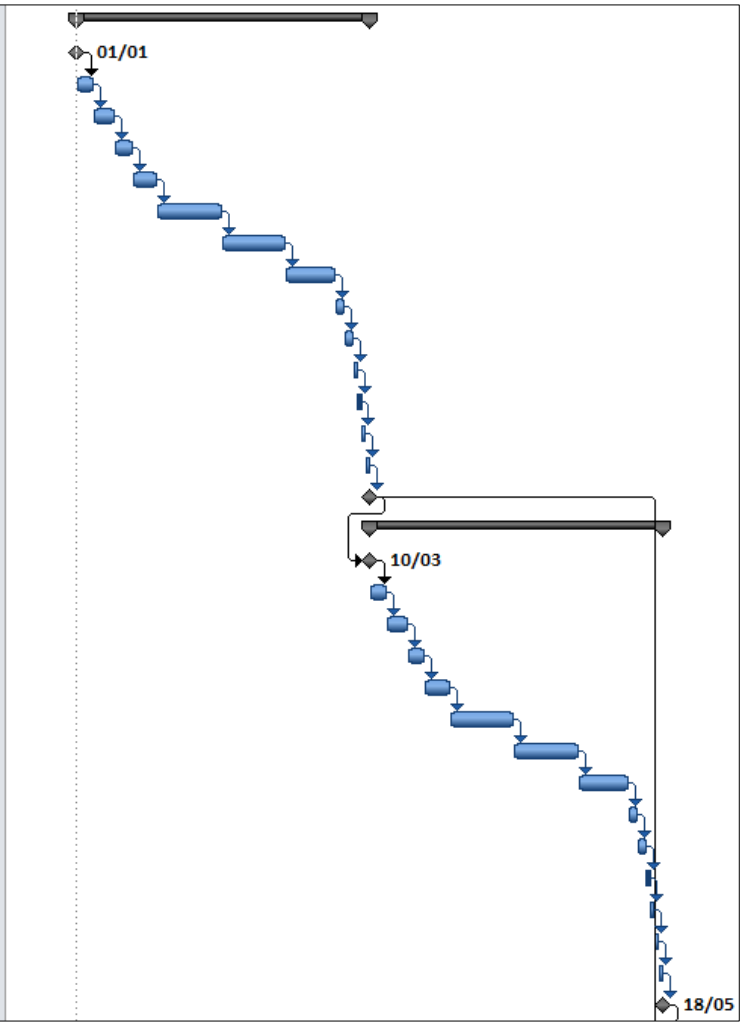


Imagen 2.3.6 Diagrama de Gantt de las obras de construcción de las Baterías.

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

En la Imagen 2.3.7 se analiza la información propia de las obras en el río Limoncito, en el cual se tienen programadas las acciones en la segunda etapa del río Limoncito como dependientes de sus homólogas en la primera etapa. Se incluye la contemplación de que, por el tipo de actividades, algunas se podrán ir desarrollando de manera paralela, como es el caso de la excavación (denominada como *Recava*), demolición de estructuras, descuaje, tala y transporte y acarreo de material. El suministro y colocación de tablestacas y bloques articulados de concreto se realiza con cierto retraso, debido a la necesidad de haber concluido las actividades anteriores en la sección en la que se va a trabajar. Las obras en la quebrada Sin Nombre (Chinita) dependen de la conclusión de la primera etapa del río Limoncito, pese a no estar ligadas a ninguna actividad específica.

Río Limoncito	**150 días**
I Etapa	**50 días**
Recava de canal Limoncito	20 días
Demolición de estructuras (puentes, muros, etc.) en línea de cauce limoncito	16 días
Descuaje, tala y transporte de árboles Limoncito	20 días
Acarreo de material de Recava a una distancia máxima de 25 km. Limoncito	20 días
Suministro y colocación de tablestacado Limoncito	40 días
Suministro y colocación de Armoflex, Limoncito	10 días
Construcción de Aceras, ancho de 1.2 metros, Limoncito	40 días
Fin I Etapa	0 días
II Etapa	**134 días**
Recava de canal Limoncito	125 días
Demolición de estructuras (puentes, muros, etc.) en línea de cauce limoncito	60 días
Descuaje, tala y transporte de árboles Limoncito	45 días
Acarreo de material de Recava a una distancia máxima de 25 km. Limoncito	125 días
Suministro y colocación de tablestacado Limoncito	75 días
Suministro y colocación de Armoflex, Limoncito	65 días
Construcción de Aceras, ancho de 1.2 metros, Limoncito	105 días
Fin II Etapa	0 días
Fin Construcción Rio Limoncito	0 días
Quebrada Sin Nombre	**25 días**
I Etapa	**25 días**
Recava de Quebrada Sin Nombre	25 días
Fin Quebrada Sin Nombre	0 días

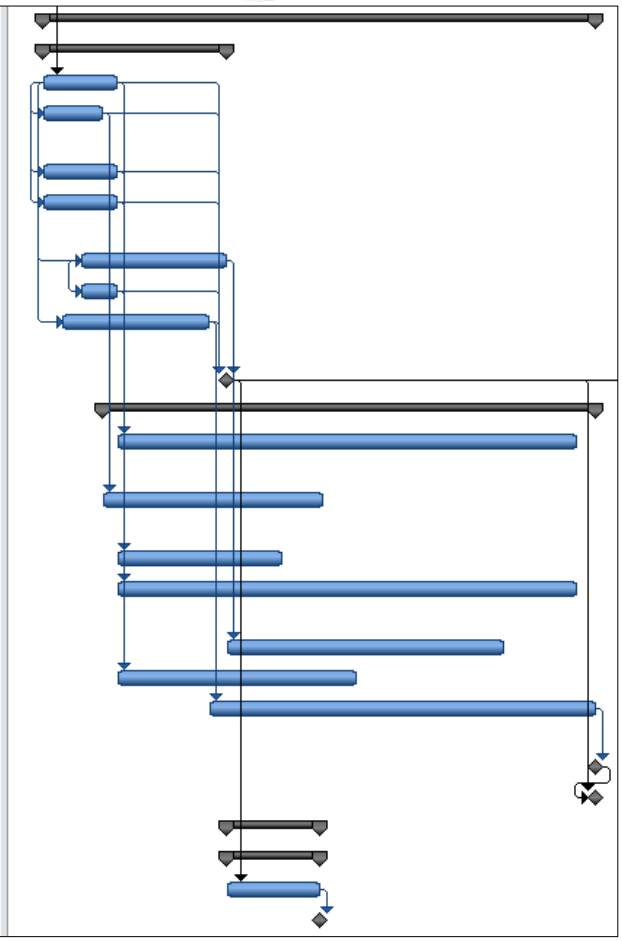


Imagen 2.3.7 Diagrama de Gantt de las obras de excavación en el río Limoncito y la quebrada Sin Nombre (Chinita).

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

En la Imagen 2.3.8 se incluye la información del frente de trabajo intermedio, en el cual se contempla la excavación (*Recava*) secuencial del canal Desvío, seguido del Japdeva y luego el canal Santa Rosa, en donde se añade la actividad de la construcción de un camino paralelo al canal, misma que se desarrolla al mismo tiempo pero con cinco días de retraso a la excavación. En el caso de canal Trasvase, las obras iniciarían cinco días antes de la conclusión de las obras en el canal Santa Rosa, considerando que el equipo de trabajo que avanza por este último llegaría en este tiempo a la intersección del canal existente (Santa Rosa) y donde iniciará el otro (Trasvase).

Canal Desvío	**30 días**
I Etapa	**30 días**
Recava de canal Desvío	30 días
Fin canal Desvío	0 días
Canal Japdeva	**50 días**
I Etapa	**50 días**
Recava de canal Japdeva	50 días
Fin construcción Japdeva	0 días
Canal Santa Rosa	**160 días**
I Etapa	**35 días**
Recava de canal santa Rosa	25 días
Camino de lastre a lo largo del canal en la margen derecha, al sur del talud	30 días
Fin I Etapa Canal Santa Rosa	0 días
II Etapa	**90 días**
Recava de canal Santa Rosa	70 días
Camino de lastre a lo largo del canal en la margen derecha, al sur del talud	80 días
Fin II Etapa Canal Santa Rosa	0 días
Fin Canal santa Rosa	0 días
Canal Trasvase	**50 días**
I Etapa	**50 días**
Recava de canal trasvase	50 días
Fin canal Trasvase	0 días

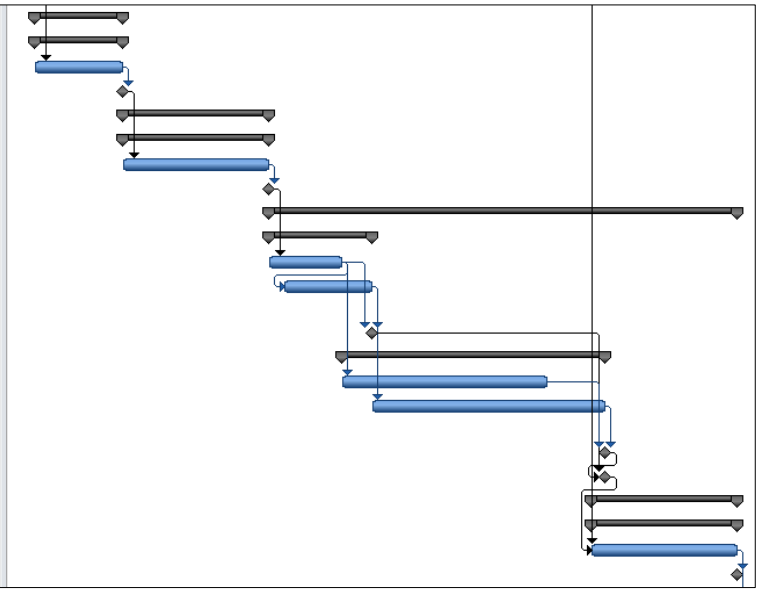


Imagen 2.3.8 Diagrama de Gantt de las obras de excavación en los canales de Desvío, Japdeva, Santa Rosa y Trasvase.

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

La Imagen 2.3.9 incluye el último frente de trabajo en iniciarse, contemplando nuevamente que las actividades principales deben desarrollarse de forma conjunta. Los traslados de los equipos de trabajo, de la primera a la segunda etapa, deben darse de manera paralela a lo desarrollado en la primera etapa, por lo que se considera una equivocación que el acarreo de material de la segunda etapa inicie y concluya antes de que inicien la excavación del material que se tendría que acarrear. Sin embargo, por el tiempo dispuesto para cada actividad, el ajuste mencionado no tendría consecuencias en la conclusión de las obras. Se hace la aclaración de que, según lo indicado por don Álvaro González, ingeniero de SENARA, en la actividad de demolición de estructuras, al mencionar puentes, se hace referencia a puentes peatonales, puesto que los puentes vehiculares se manejan como un ítem aparte dentro de la programación.

Quebrada Chocolate	**82 días**
I Etapa	**52 días**
Recava de canal Chocolate	50 días
Demolición de estructuras (puentes, muros, etc.) en línea de cauce Chocolate	40 días
Acarreo de material de Recava y de eliminación de estructuras a una distancia máxima de 25 km Chocolate	25 días
Suministro y colocación de tablestacado Chocolate	40 días
Relleno de estructuras Chocolate	40 días
Construcción de Aceras, ancho de 1.2 metros, Chocolate	20 días
Fin I Etapa Chocolate	0 días
II Etapa	**55 días**
Recava de canal	30 días
Demolición de estructuras (puentes, muros, etc.) en línea de cauce	5 días
Acarreo de material de Recava y de eliminación de estructuras a una distancia máxima de 25 km.	10 días
Fin II Etapa Chocolate	0 días
Fin construcción Q Chocolate	0 días

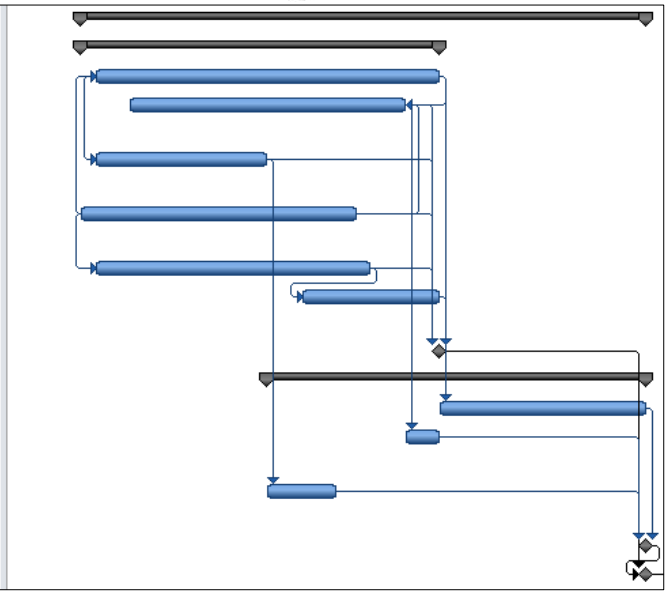


Imagen 2.3.9 Diagrama de Gantt de las obras de excavación en la quebrada Chocolate.

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

A modo de ejemplo del flujo de actividades en una de las obras se presenta en la Imagen 2.3.10 la programación para la Estructura de Canal Desvío-Canal Japdeva. Todas las actividades se programan de forma secuencial, por lo que el retraso o adelanto de cualquiera de las actividades repercutiría en el tiempo que se tarde en la estructura.

Estructura Canal Desvío- Canal Japdeva	**35 días**
Inicio	0 días
Acondicionamiento de terreno	5 días
Excavación	5 días
Excavación de estructura	5 días
Relleno de material Selecto	10 días
Colocación de Bloques articulados	10 días
Fin Estructura Canal desvio- Canal Japdeva	0 días

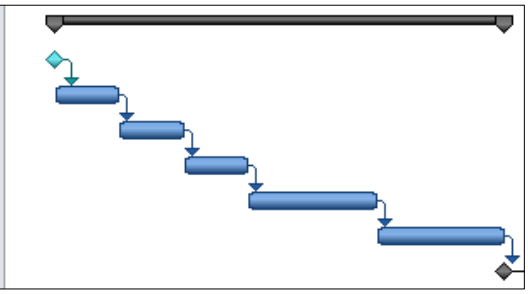


Imagen 2.3.10 Diagrama de Gantt de las obras en la estructura derivadora de caudal desde el canal Japdeva al canal Desvío.

Fuente: SENARA, Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el proyecto Limón Ciudad Puerto, 2013.

2.4 DESCRIPCIÓN DE INFRAESTRUCTURA A DESARROLLAR

2.4.1 Obras a realizar

Para disminuir la frecuencia con que se inunda la parte baja de la cuenca del río Limoncito se han planteado varias intervenciones que pretenden mejorar la capacidad hidráulica de algunos cauces de los ríos y canales de esta región, además se construirán otras obras que pretenden disminuir el caudal que llega a la zona urbana. A continuación se describen los tramos de cauces que se intervendrán según la descripción realizada por SENARA en el Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el Proyecto Limón Ciudad Puerto.

- El río Limoncito será intervenido en una longitud de 6.594 m, desde el puente de Ebais los Cocos hasta la intersección con la Quebrada Sin nombre.

- La quebrada Chocolate será intervenida en una longitud de 1.507 m, entre la intersección con el Río Limoncito y la intersección con la ruta 32.

- La quebrada Sin Nombre será intervenida desde la intersección con el Río Limoncito hasta una longitud de 1.044 m, aguas arriba de este punto.

- El canal Japdeva será intervenido entre los puntos comprendidos entre la intersección con el estero Cieneguita y la intersección con el río Limoncito en una distancia de 2.220 m.

- El canal Santa Rosa será intervenido en una longitud de 8.546 m, comprendidos entre el puente Westfalia y la intersección con el Río Limoncito.

- El nuevo canal desvío cuenta con una longitud de 1.395 m, este se construirá entre la intersección entre el canal Japdeva y el estero de Cieneguita hasta la desembocadura en el mar Caribe en el sector norte del Aeropuerto de Limón.

- El nuevo canal Trasvase será construido entre la intersección entre el río Limoncito y la quebraba Sin Nombre hasta la intersección con el Canal Santa Rosa, en una longitud de 1303 m. (SENARA, 2013, p. 28)

El proyecto consiste en la limpieza, extracción de sedimentos, rehabilitación de cauces existentes y construcción de dos canales nuevos. El proyecto demanda la construcción de 17 puentes distribuidos a lo largo de los distintos cauces a intervenir. También se requiere construir tres estructuras para distribuir los caudales de la forma planteada según el diseño. La primera estructura será construida en la intersección entre el río Limoncito y el nuevo canal Transbase, la segunda estará ubicada en la intersección del río Limoncito con el canal Japdeva y la tercera será construida al finalizar el canal Japdeva e iniciar el estero Cieneguita.

Además para controlar el nivel del agua dentro del humedal se construirán dos salidas de agua al mar mediante alcantarillas cuadradas de concreto. La primera salida se ubicará en la parte norte del Aeropuerto de Limón y la otra salida será ubicada un poco más al sur. En el mapa 2.4.1 se muestra la ubicación de las distintas obras a desarrollar.

2.4.2 Intervención en ríos y canales

Algunos cauces serán ampliados con el objetivo de mejorar su sección hidráulica. Cuando el borde del cauce deba quedar con una inclinación mayor a la que garantice su estabilidad, se colocará protección a borde para garantizar su estabilidad y evitar la erosión. Se colocarán dos tipos de protección: bloques de concreto articulado y Tablestacas metálicas.

Los bloques de concreto articulado son bloques de concreto unidos entre sí mediante un cable, estos se colocan sobre el talud. Las Tablestacas son láminas metálicas que se anclan en la margen del río. En el inciso 2.4.6 se describe ampliamente este tipo de protección.

2.4.6.1 Río Limoncito

El río Limoncito será intervenido a partir del puente Los Cocos (estación 0+943) hacia aguas arriba hasta la intersección con la quebrada Sin nombre (estación 7+537). Se ampliará la sección del cauce para aumentar la capacidad hidráulica, el río quedará con una forma trapezoidal en algunos casos y en otros con una sección rectangular; la forma de la sección dependerá de la protección que se coloque al talud, en la imagen 2.4.1 se muestran las secciones con las que quedará el cauce del río Limoncito. Cuando se coloque bloques de concreto articulados para proteger el talud se utilizará una pendiente del talud de 53.1 grados (0.75H: 1 V), cuando al talud no se le coloque protección (quede con suelo natural) el ángulo de inclinación del talud será 45 grados (1H: 1V) y cuando se utilicen tablestacas para proteger el talud el ángulo de inclinación será de 90 grados. En el mapa 2.4.2 se muestra como se distribuirá la protección del talud a lo largo de la zona a intervenir, en el mapa 2.4.2 se muestran los materiales que se utilizarán para proteger el borde, cada material se asocia a una inclinación de talud.

La obra que se ha planificado en este cauce consiste en la excavación y extracción de sedimentos y demás materiales que se encuentren a nivel del cauce hasta llevar la sección actual a una sección con un ancho de fondo de 12 metros desde la estación 0+943 (puente Ebais los Cocos) hasta la estación 6+250 (intersección con el canal Japdeva), con sección con taludes variables y pendiente una pendiente longitudinal de 0.0006 m/m y de esta estación y hasta la estación 7+537.11 (intersección con la quebrada Sin Nombre) el cauce continuará con un ancho de base del cana l de 10 metros, con talud 1H: 1V y con un pendiente longitudinal de 0.0006m/m. en el mapa 2.4.3 se muestra el ancho con que quedará el fondo de los ríos y canales.

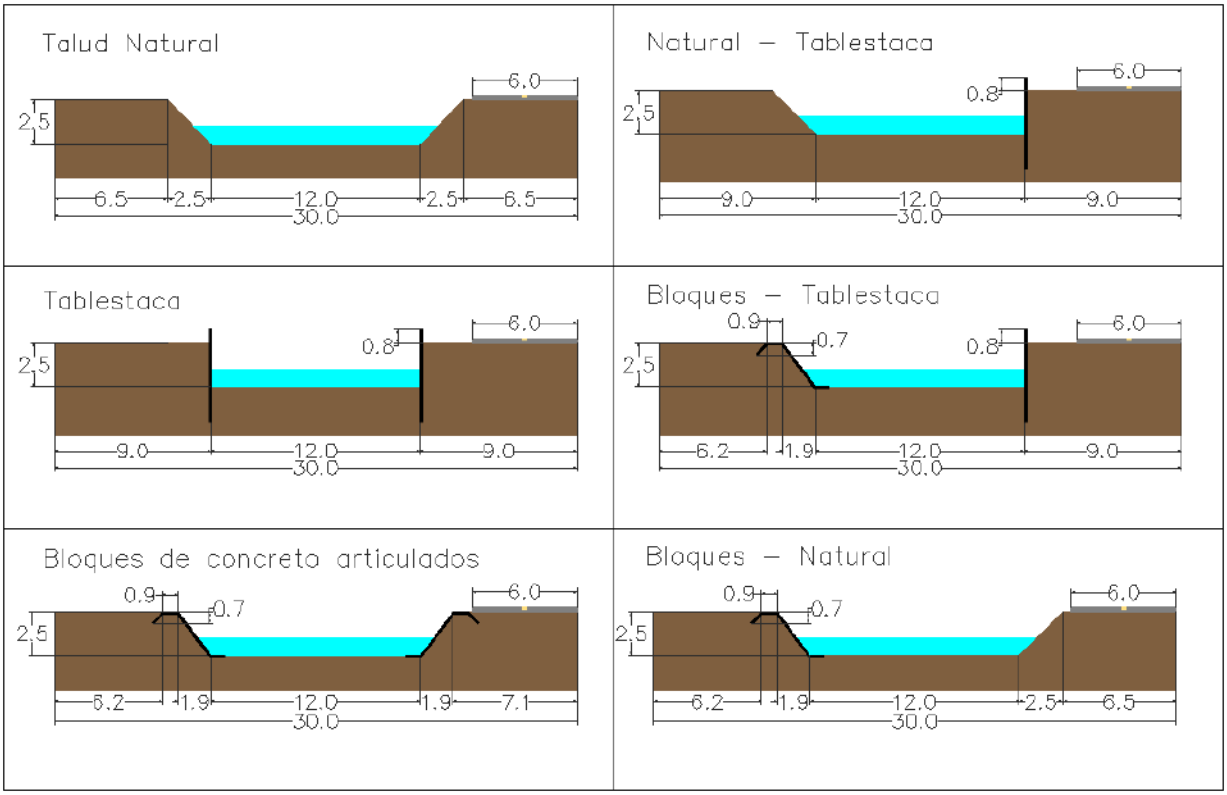


Imagen 2.4.1. Sección de cauce en función del tipo de protección que se coloque en el talud.
Fuente: Modificado de Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

2.4.6.2 Quebrada Chocolate

La quebrada Chocolate es principal afluente del río Limoncito en la zona urbana. La zona de protección de este río ha sido invadida con construcciones muy cerca del cauce por lo que se cuenta con poco espacio para realizar mejoras al cauce y la baja pendiente limita la posibilidad de hacer el cauce más profundo.

La quebrada Chocolate será modificada desde la intersección con el río Limoncito (estación 0+000) hasta su paso por la ruta nacional número 32 (estación 1+1542).El alineamiento del cauce será modifico desde el bar Chitá (estación 0+051) hasta el puente del Envaco (0+535). El cauce será alineado paralelo al cauce actual a una distancia promedio de ocho metros. Este nuevo alineamiento se realizará debido a que en la actualidad existen varios puentes en este tramo que presentan una intervención al flujo y contribuyen a la acumulación de basura por lo que al no existir mejorarán el transito del agua por el cauce. El resto de la zona intervenida quedará con el alineamiento actual.
La propuesta de intervención en este cauce se muestra en el mapa 2.4.2 y en la imagen 2.4.2 se muestran las secciones propuestas para ampliar la capacidad hidráulica.

Este cauce será intervenido entre la estación 0+000 y la estación 0+535 (Actual Puente ferrocarril Envaco), tendrá una sección transversal rectangular con paredes verticales en tablestaca de acero, con una base de 8 m, pendiente longitudinal de 0,001m/m.

A partir de la estación 0+535, la sección transversal es una sección trapezoidal con una base de 5 metros y con taludes con 45 grados de inclinación los cuales no tendrán protección con tablestacas ni con bloques de concreto articulado. La pendiente longitudinal varía desde la estación0+535 hasta la estación 0+987.46 a un 0,002m/m, y a partir de esta estación y hasta la estación 1+542.36 es de un 0,003 m/m. En el cuadro 2.4.1 se muestra un resumen de las secciones propuestas para este cauce.

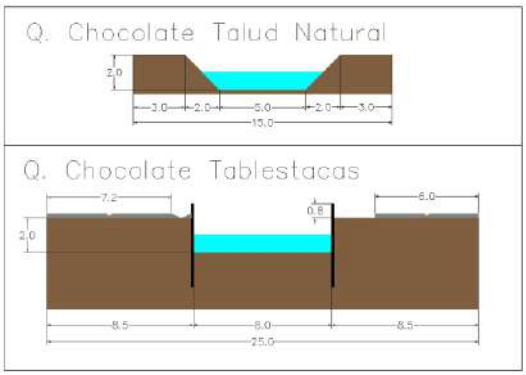


Imagen 2.4.2. . Secciones propuestas para la quebrada Chocolate.
Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

Cuadro 2.4.1. Resumen de las modificaciones planteadas en la quebrada Chocolate.

			Dimensiones sección propuesta				
Estación inicial	Estación final	Caudal (m3/seg)	Base (m)	Talud	Rasante (m/m)	Niv Rasan Inicio (m)	Niv Rasante final (m)
0+000	0+535.35	23	8	0	0.001	0.5	1
0+535.35	0+987.46	23	5	1	0.002	1	1.902
0+987.46	1+542.36	23	5	1	0.003	1.902	3.566

Fuente: SENARA, 2013
Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

En el cuadro 2.4.2 se muestra un desglose de las cantidades de materiales que se moverán en la intervención de la quebrada Chocolate.

Cuadro 2.4.2. Actividades a realizar en la intervención de la quebrada Chocolate

Detalle	UNIDAD	CANTIDAD
Recava de canal	m3	11.500,00
Demolición de estructuras (puentes, muros, etc.) en línea de cauce	m3	500.00
Acarreo de material de recava y de eliminación de estructuras a una distancia máxima de 25 km.	m3-km	7 200.000
Relleno de estructuras	m3	2 500.00
Suministro y colocación de tablestacado	ml.	1 070.00
Construcción de Aceras, ancho de 1.2 metros	ml.	500.00

Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

2.4.6.3 Quebrada Sin Nombre

En la quebrada Sin Nombre también conocida como quebrada Chinita, se realizará una mejora en el nivel de lasección transversal y de la rasante natural, para ello se propone una sección transversal con un ancho de fondo de 8m, con taludes con un ángulo de inclinación de 45 grados, estos no tendrán ninguna protección adicional. La pendiente longitudinal será de0.0007m/m. En la imagen 2.4.3 se muestra la sección propuesta. El tramo que se modificará inicia en la intersección de la quebrada Sin Nombre con el río Limoncito y termina 1044 metros agua arriba de este punto (ver mapa 2.4.3).En el cuadro 2.4.3 se muestra un resumen de las características de la sección propuesta.

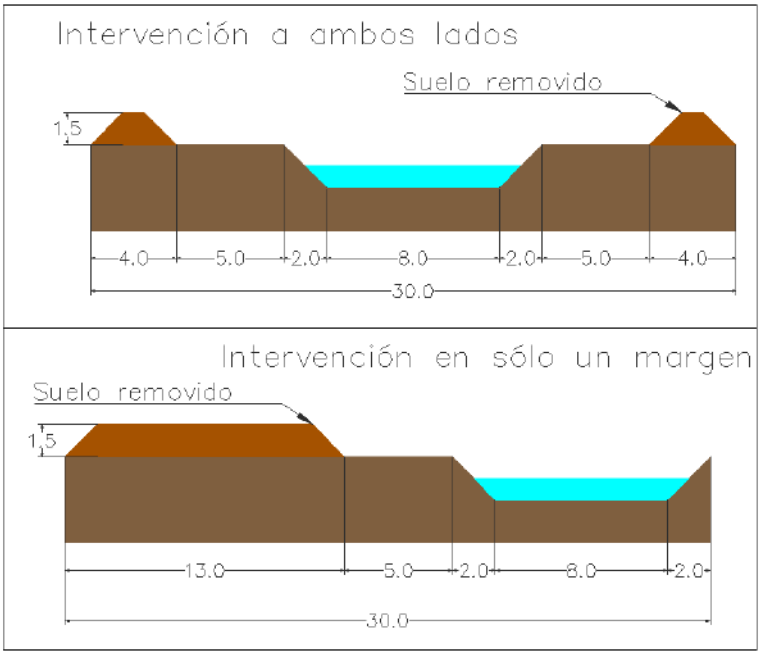


Imagen 2.4.3. Sección propuesta para la quebrada Sin Nombre.
Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

Cuadro 2.4.3. Características de la sección propuesta para la quebrada Sin Nombre

			Dimensiones seccion propuesta				
de	a	Caudal (m3/seg)	Base (m)	Talud	Rasante (m/m)	Niv Rasan Inicio (m)	Niv Rasante final (m)
0+000	1+044	32	8	1	0.0007	3.5	4.23

Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

Según SENARA (2013) el volumen a excavar en esta quebrada es de 7500 metros cúbicos.

2.4.6.4 *Canal Japdeva*

El canal Japdeva es un canal artificial el cual en la actualidad dirige aguas que son extraídas del río Limoncito y trasladadas hasta el estero Cieneguita (ver mapa 2.4.3). En la actualidad este canal presenta una sección un poco deteriorada por lo que el proyecto plantea realizar una mejora en la sección del canal. El canal tendrá una capacidad

hidráulica de 30 m^3/s, la sección será trapezoidal, esta tendrá una base de 10 metros y un talud con una inclinación de 45 grados, estos no tendrán ninguna protección adicional. La pendiente longitudinal del cauce seré 0.0005 m/m desde la intersección del canal Japdeva con el estero Cieneguita (estación 0+000) hasta la estación 2+166, después la pendiente longitudinal cambia a 0.03 m/m hasta la estación 2+195 y luego cambia a 0.1 m/m hasta llegar a la estación 2+236 (intersección con el río Limoncito), en el mapa 2.4.3 se muestra el tramo del canal que será intervenido. En el cuadro 2.4.4 se muestra un resumen de las modificaciones planteadas en el Canal Japdeva.

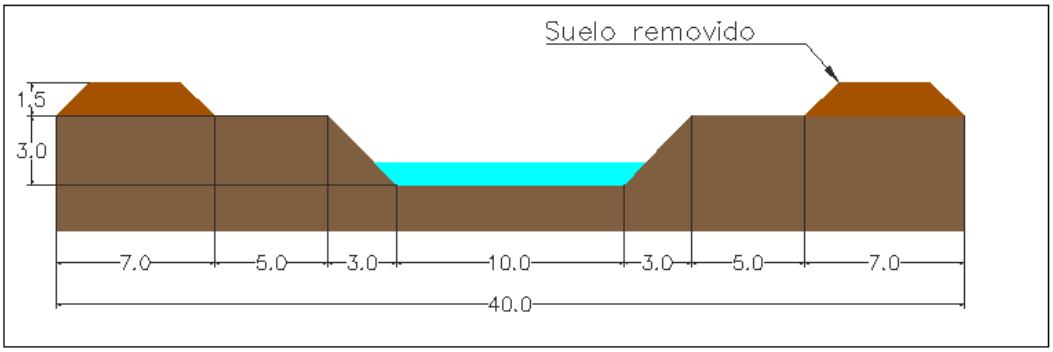


Imagen 2.4.4. Sección propuesta para el canal Japdeva.
Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

Cuadro 2.4.4. Características de las propuestas de intervención planteada en el canal Japdeva.

			Dimensiones seccion propuesta				
de	a	Caudal (m3/seg)	Base (m)	Talud	Rasante (m/m)	Niv Rasan Inicio (m)	Niv Rasante final (m)
0+000	2+166.18	30	10	1	0.0005	-1.500	-0.450
2+166.18	2+195.89	30	10	1	0.03	-0.450	0.520
2+195.89	2+236.53	30	10	1	0.1	0.520	3.000

Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

2.4.6.5 Canal Santa Rosa

El canal Santa Rosa es un canal artificial el cual presenta problemas de obstrucciones a lo largo de su cauce. En este cauce la intervención planteada es limpiar el cauce y ampliar la sección a una sección trapezoidal, esta sección tendrá un ancho de fondo de 12 metros y una pendiente del talud de 45 grados el cual quedará con suelo natural. La intervención se hará a partir del puente Wesfalia (estación 0+532) y se extenderá hasta la estación 9+008 ubicada 225 metros aguas arriba de la intersección del canal Santa Rosa con el río Limoncito. En el cuadro 2.4.5 se muestra el resumen de las características de la intervención planteada en el canal Santa Rosa. En la imagen 2.4.5 se muestra una sección transversal del canal Santa Rosa después de la intervención, se muestran las los montículos de tierra que se generarán por la limpieza del cauce.

Cuadro 2.4.5. Resumen de intervenciones planteados en el canal Santa Rosa.

			Dimensiones seccion propuesta				
de	a	Caudal (m3/seg)	Base (m)	Talud	Rasante (m/m)	Niv Rasan Inicio (m)	Niv Rasante final (m)
0+000	0+532.34	61	12	1	0.0006		
0+532.34	7+907.4	61	12	1	0.0006	-2.69	1.726
7+907.4	9+008.29	50	12	1	0.0006	1.726	2.386

Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

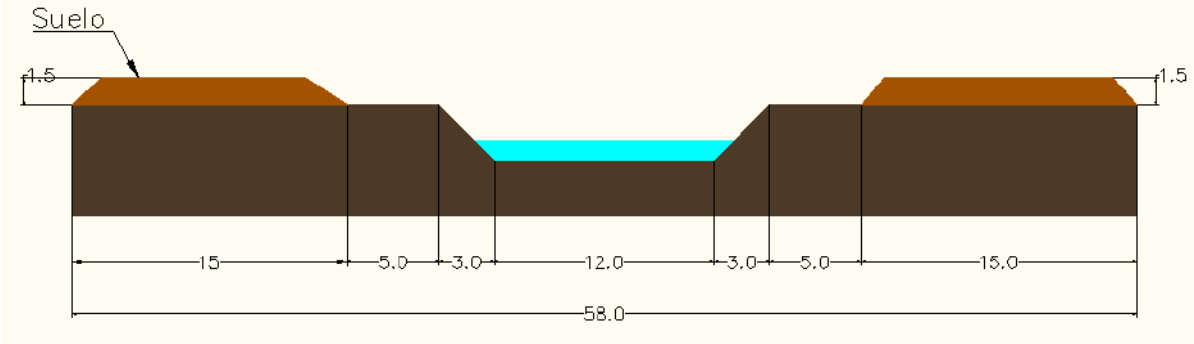


Imagen 2.4.5. Sección con la que quedará el canal Santa Rosa después de ser intervenido.
Fuente: ProDUS, 2013. Con base en descripción de Álvaro González.

2.4.6.6 Canal Trasvase

El nuevo canal Trasvase es un canal que se construirá desde el río Limoncito hasta el canal Santa Rosa, en el mapa 2.4.3 se muestra la ubicación exacta de este canal. El canal planteado es un canal trapezoidal de 8 metros de base y una inclinación de sus taludes de 45 grados, este canal tendrá una pendiente longitudinal de 0.002 m/m. El caudal de diseño de este canal es de 11 m^3/s.

En la actualidad los terrenos en los que se excavará este nuevo canal están cubiertos por potreros, por lo que no será necesario eliminar árboles para la construcción de esta obra.

2.4.6.7 Canal Desvío

El canal Desvío es un nuevo canal que se construirá al final del canal Japdeva y se extenderá hasta el sector norte de Aeropuerto de Limón.La finalidad es disminuir el caudal que llega a la parte baja de la cuenca. Este nuevo canal será diseñado para un caudal de 15 m^3/s el cual evitará que el estero Cieneguita se desborde pues este caudal hoy en día llega a éste estero.
El canal desvío tendrá una longitud de 1395 metros y una sección trapezoidal con una base de 8 metros y una pendiente de sus taludes de 45 grados los cuales quedarán en talud natural; además tendrá una pendiente longitudinal de 0.0009 m/m. La ubicación de este canal se muestra en el mapa 2.4.3.

2.4.3 Vertederos

Para lograr distribuir los caudales en los cauces de acuerdo a lo planteado en el diseño se diseñaron tres estructuras para distribuir el caudal de la forma adecuado. Estas estructuras serán construidas compactando suelo granular hasta alcanzar la forma deseada y posteriormente se recubrirá con bloques de concreto articulados.

La primera estructura se ubica en la intersección entre el nuevo canal Trasvase y el río Limoncito, por lo que se conoce como Vertedor Trasvase, la ubicación de la estructura se puede apreciar en el mapa 2.4.4 y en la imagen 2.4.6 se muestra la estructura que se construirá. En la sección 2.4.7-1, se muestra el plano de la estructura.

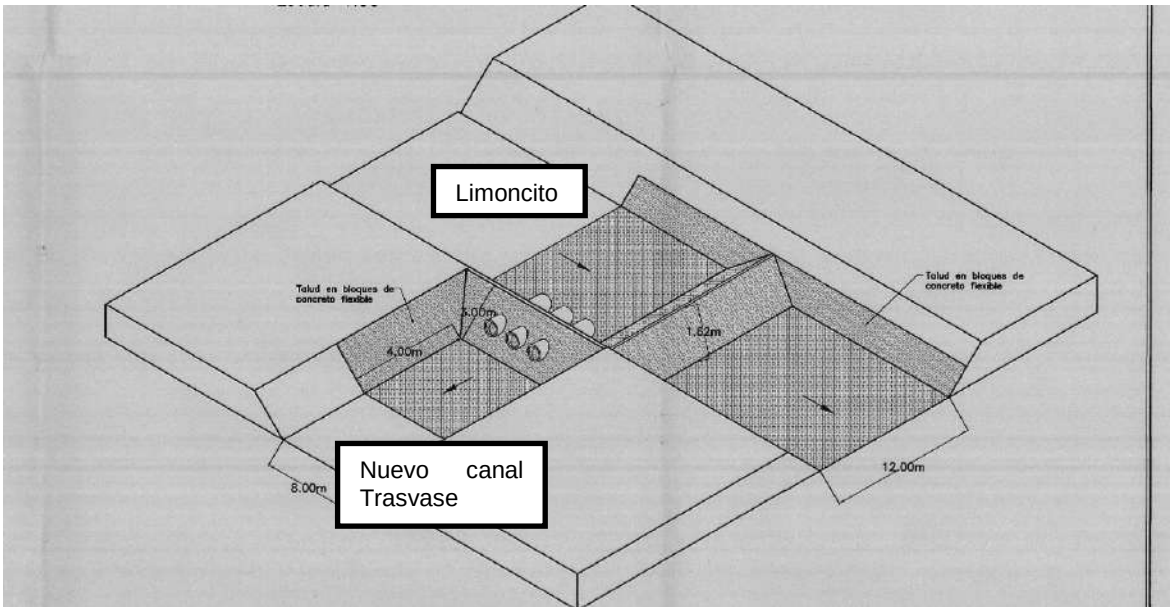


Imagen 2.4.6.

Imagen 2.4.7. Vertedor Transvasecolocado al inicio del canal Transvase entre el río Limoncito y el canal Santa Rosa.
Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

La estructura fue diseñada para un periodo de retorno de 25 años, a continuación se muestra la descripción realizada por SENARA en el Informe de Diseño de Cauces y Canales para el subcomponente de control de inundaciones en el PLCP.

*"La estructura consiste en 3 tuberías de concreto de 1 m de diámetro colocadas a 0,70 m sobre nivel de fondo del canal, con una pendiente de 0,005 m/m y en dirección hacia el Canal Trasvase. Sobre el Río Limoncito, inmediatamente después de las tuberías se construirá una barrera (Cortina) con un núcleo de material compactado y sección transversal trapezoidal y protegido geotextil y bloquesarticulados; la altura de la cortina es de 1,62 m de altura sobre el nivel de fondo del Río; esta cortina cuando el caudal sea muy bajo funcionará como una pequeña presa para provocar que el caudal circulante únicamente circule por el Canal Trasvase. Cuando se presente el evento máximo para el cual se ha diseñado la estructura (Tr=25 años) y el tirante antes de la estructura sea de 2,46m, la carga sobre las tuberías provocaran que se desvíen los 11 m3/s necesarios y el resto del caudal pasara sobre la barrera y verterá en el Río Limoncito". (*SENARA, 2013, p.47)

La segunda estructura será colocada en la intersección entre el río Limoncito y el canal Japdeva. La estructura se conoce como Vertedor Japdeva, esta tiene como objetivo regular el caudal que entra a al canal Japdeva y el que pasa directo por el río Limoncito. En la imagen 2.4.7 se muestra la estructura que se colocará en este sitio. En la sección 2.4.7 -1 se muestra el plano de estaestructura.

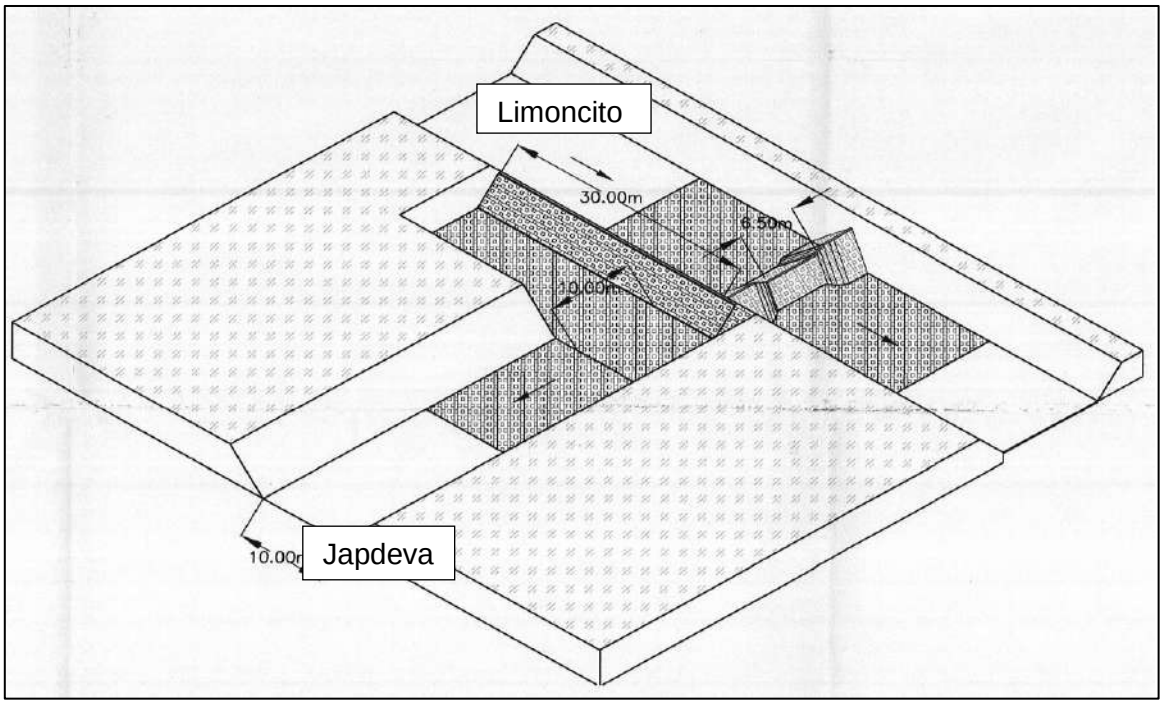


Imagen 2.4.8. Estructura vertedora que se colocará al inicio del canal Japdeva
Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

A continuación se muestra la descripción realizada por SENARA en el Informe de Diseño de Cauces y Canales para el subcomponente de control de inundaciones en el PLCP.

"La obra propuesta es una estructura tipo caja distribuidora en donde el caudal vertido o desviado depende de la longitud del vertedor y la carga hidráulica sobre el mismo, está conformada por dos cortinas vertedoras, una a nivel del Río Limoncito y otra (vertedor de excedencia) en el Canal Japdeva.
La cortina que vierte hacia el canal Japdeva tiene una altura de 1,5m sobre el nivel de fondo de Río Limoncito y una longitud de 30 m y se construirá con material compactado con protegido con geotextil y bloques articulados de concreto). Debido a que el canal Japdeva tiene una base de 10 m, se deberá construir un canal lateral con una base de 10m y una longitud de 30 m con taludes de Z:1, para recolectar el caudal vertido trasladarlo hacia el Canal Japdeva.

En el caso del vertedor o cortina a ubicar en el Río Limoncito la altura será una altura de 1,3m (0.2 m más bajo que el vertedor en el Canal Japdeva) , la longitud de la cortina vertedora es de 6,5 m y la altura de las extremos laterales será de 2 metros, de manera tal que no se sobrepase con los caudales de diseño esperados. Esta estructura se ha conceptualizado de manera que el flujo en condiciones normales se mantenga de una forma natural garantizando la permanencia constante de un caudal hacia el Río Limoncito. La estructura derivadora se ha diseñado de manera tal que cuando se presente eventos extremos, la mayor cantidad de caudal se dirija hacia el canal Japdeva."(SENSARA, 2013, p. 48)

La tercera estructura que se construirá estará ubicada al final del canal Japdeva y marcará el inicio del nuevo canal Desvío, por lo que se conoce como Vertedor Desvío. En el mapa 2.4.4 se muestra la ubicación exacta de esta estructura. El objetivo de construir esta obra es regular el caudal que ingresa al nuevo canal Desvío. En la sección 2.4.7-1 muestra el plano de esta estructura.

A continuación se muestra la descripción realizada por SENARA en el Informe de Diseño de Cauces y Canales para el subcomponente de control de inundaciones en el PLCP.

"La estructura de derivación a ubicar en la intersección entre el canal Japdeva (Est 0+000) y el Canal Desvío, tiene el objetivo de interceptar y reorientar hasta el sector norte del Aeropuerto de Limón un caudal de 15 m3/seg de 30 m3/seg que conduce el canal Japdeva; esto con el fin de mantener siempre un flujo hacia el estero Cieneguita.

La obra planteada consiste en un vertedor de excedencias, con una longitud de vertido es de 24 m, y un nivel de elevación de la cresta de 0.5 m. El cuerpo del vertedor está diseñado en material compactado, con protección de los taludes y cresta con geotextil y bloques articulados de concreto, además de una serie de delantal de protección a la salida dela estructura."(SENARA, 2013, p. 49)

2.4.4 Alcantarillas

Como parte del diseño del proyecto se consideró que el exceso de caudal del canal Santa Rosa se desbordara hacia el humedal, debido a esto también se diseñaron dos sistemas de evacuación de agua (alcantarillas) para evitar un aumento en el nivel del agua dentro del humedal. La ubicación de estos sistemas se muestra en el mapa 2.4.5. Estas alcantarillas transportaran el caudal del sector del humedal hasta el mar pasando por debajo de la ruta 36. En la imagen 2.4.8 se muestra una vista en planta de la alcantarilla que se colocará en el sector sur y en la sección 2.4.7-1 muestran los planos de cada una de las alcantarillas. Las alcantarillas serán construidas con concreto reforzado.

A continuación se muestra la descripción realizada por SENARA en el Informe de Diseño de Cauces y Canales para el subcomponente de control de inundaciones en el PLCP.

"Con el objetivo de disminuir al máximo la sobreelevación de los niveles de agua principalmente a nivel del área del RNMVSL, se contempla en el diseño del proyecto la instalación de dos baterías de alcantarillas, una ubicada en el sector norte del Aeropuerto de Limón, con la que se estaría regulando y evacuando el caudal generado por el Canal Desvío y el área norte del RNMVSL, y una segunda hacia el sector sur del Aeropuerto, con la que se controlaría el nivel y caudal de escurrimiento del sector Sur.

La Alcantarilla del sector Sur, se ha diseñado para evacuar un caudal de 10 m3/ seg, que se estima es el caudal que llegaría hasta esta alcantarillan en función de las distribución de las área de aporte.

Por su parte la alcantarilla Norte, se ha diseñado para un caudal de19 m3/seg, que considera tanto el caudal que transporta el Canal Desvío, como el caudal de escurrimiento del área de aporte de esta micro cuenca.

*Las estructuras propuesta para ambos casos consiste en alcantarilla dobles de cuadro con dimensiones de una luz de 3.05 y una altura de 2.13 m de altura."(*SENARA, 2013, p. 50*)*

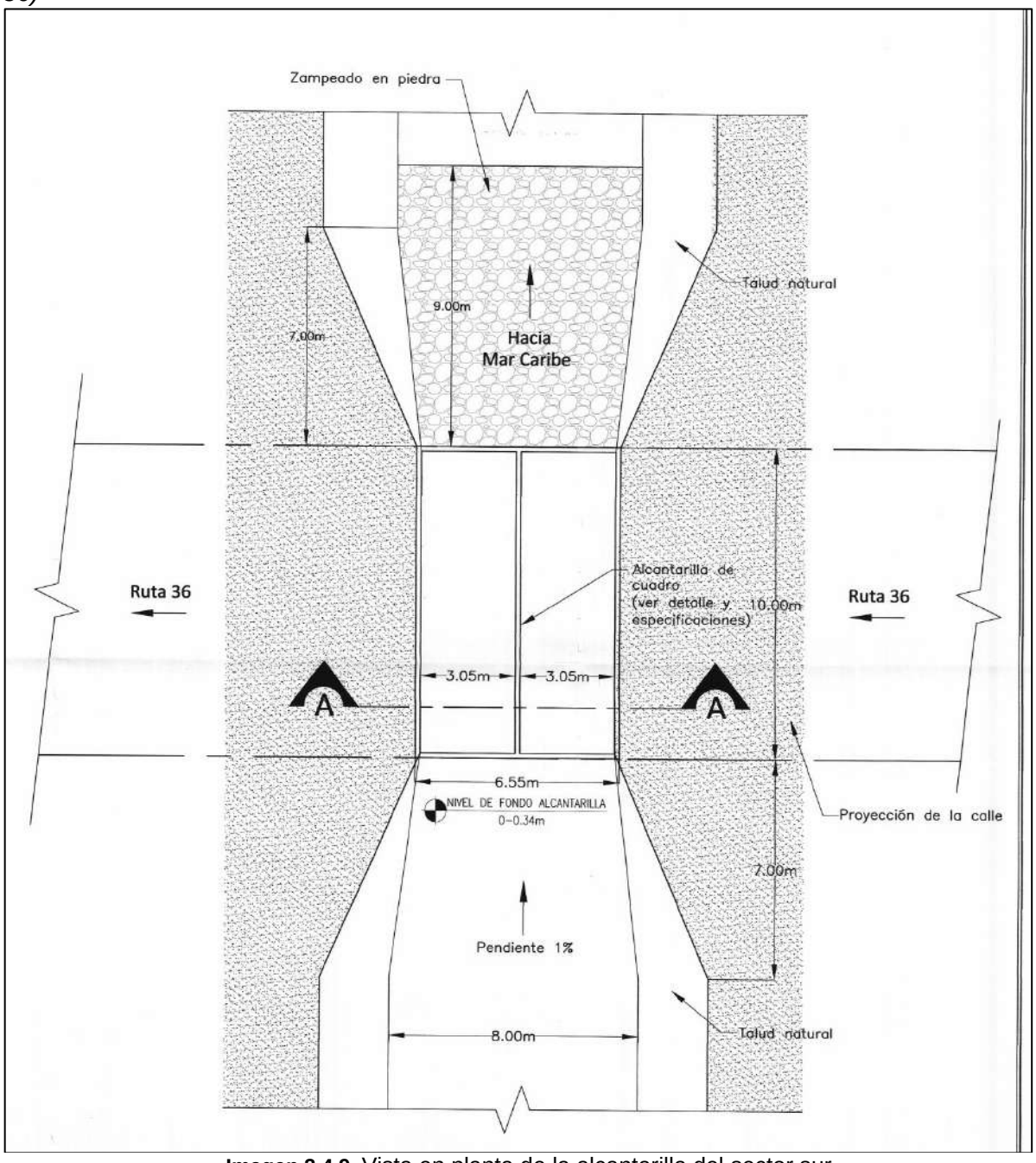


Imagen 2.4.9. Vista en planta de la alcantarilla del sector sur.
Fuente: Informe de diseño de cauces y canales SENARA, 2013

2.4.5 Puentes

Al ampliar los cauces será necesario eliminación de varios puentes y posteriormente deberán ser reconstruidos. Como parte del proyecto se intervendrán 17 puentes, 13 de estos 17 puentes ya tienen la viabilidad ambiental; los expedientes de los puentes tramitados son:

1. D1-9800-2013-SETENA en este expediente se tramitó la viabilidad ambiental de los puentes ubicados en el canal Japdeva.

2. D1-9801-2013-SETENA en este expediente se tramitó la viabilidad ambiental de los puentes ubicados en el canal Santa Rosa.

3. D1-9802-2013-SETENA en este expediente se tramitó la viabilidad ambiental de los puentes ubicados en el río Limoncito.

4. D1-9803-2013-SETENA en este expediente se tramitó la viabilidad ambiental de los puentes ubicados en la quebrada Chocolate.

En el mapa 2.4.6 se muestran los cuatro puentes que serán intervenidos durante la ejecución del proyecto que aún no tienen la viabilidad ambiental, los cuales están ubicados en el río Limoncito. Estos puentes se conocen como puente Cancha Paniagua, puente Taller, puente Almendro y puente Ceibón. Para la construcción de estos puentes no se modificará el cauce del río, ya que como parte de las obras para disminuir la frecuencia de inundaciones éste cauce será ampliado por lo que la construcción de los puentes será un complemento a esta ampliación.
En el cuadro 2.4.6 se muestran las principales características de los cuatro puentes que se construirán y que falta de tramitar la viabilidad ambiental.

Cuadro 2.4.6. Características de los puentes se reconstruirán

Puente	coordenadas		Ancho (m)	Longitud (m)	Número de vías
	Norte	Oeste			
Cancha Paniagua	9º58`43,17``	83º02`44,78``	4,3	18	1
Taller	9º58`43,78``	83º02`55,44``	4,3	15	1
Almendro	9º58`37,79``	83º02`59,39``	4,3	15	1
Ceibón	9º58`34,49``	83º03`04,73``	4,3	18	1

Fuente: SENARA,2013.

De los estudios de suelo se concluye que se deben colocar pilotes, pues es posible que se presenten problemas de licuefacción.

A continuación se muestran los croquis de los puentes que se construirán, en la sección 2.4.7 se muestra un croquis con más información de cada puente.

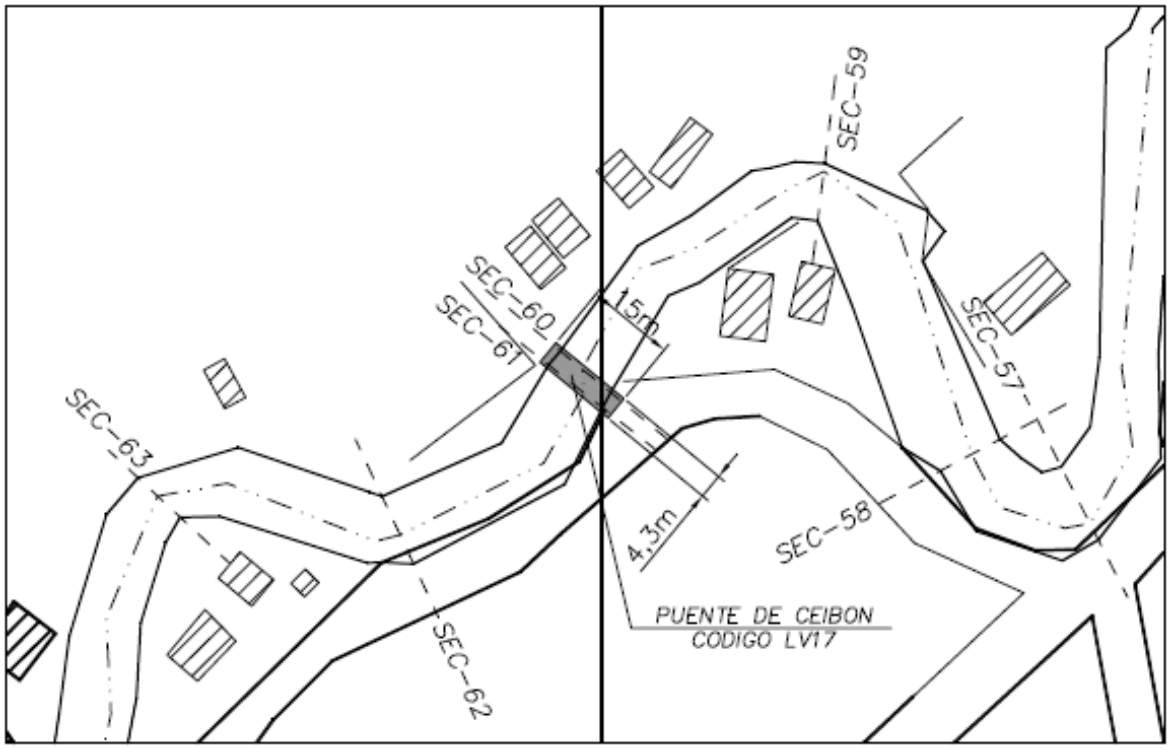


Imagen 2.4.10. Croquis del puente el Ceibón.
Fuente: SENARA, 2013

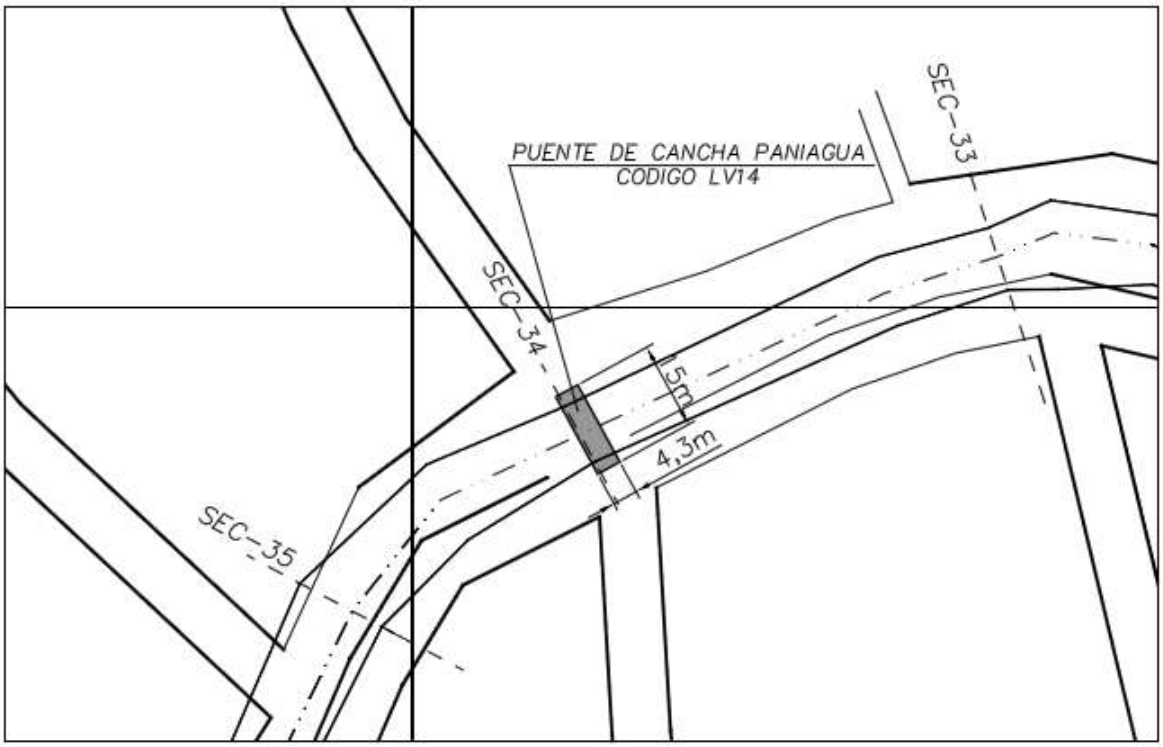


Imagen 2.4.11. Croquis de puente Cancha Paniagua.
Fuente: SENARA

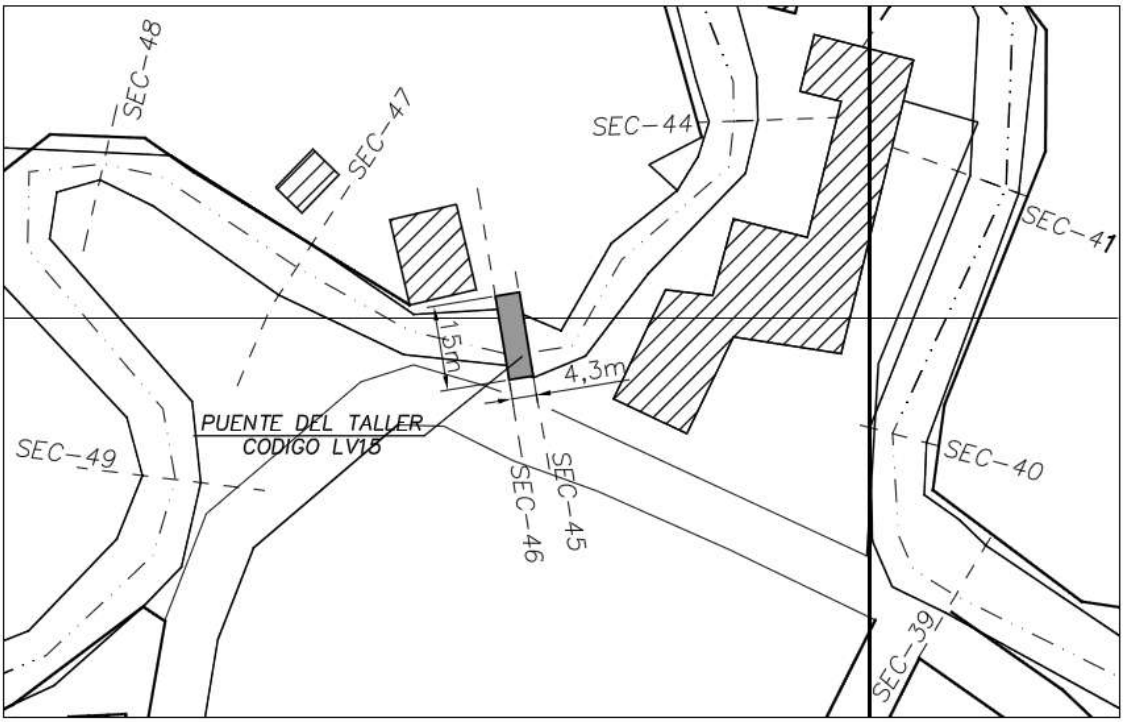


Imagen 2.4.12. Croquis de puente Taller
Fuente: SENARA

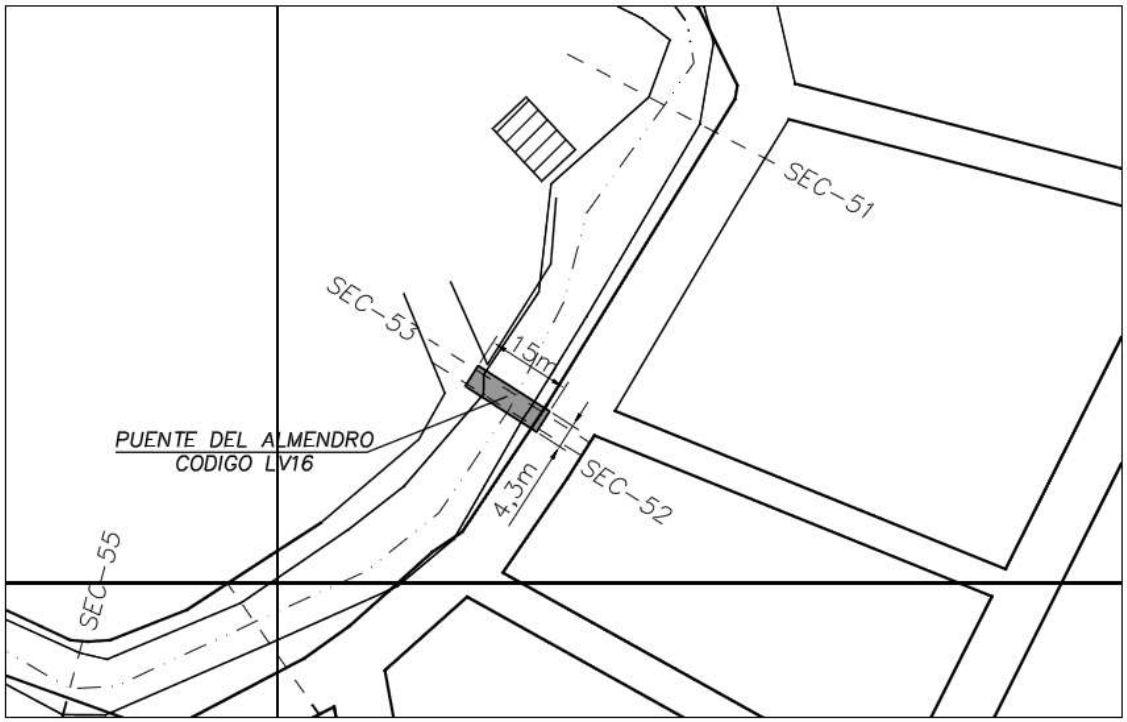


Imagen 2.4.13. Croquis puente Almendro
Fuente: SENARA

2.4.6 Métodos Constructivos

2.4.6.1. Bloques de concreto articulados

Sistema también conocido como Bloques Articulados. Para su colocación existen dos técnicas: la colocación de camas previamente armadas o la colocación con armado *in situ*.

2.4.6.1.1 Contemplaciones constructivas en el proceso

La preparación del terreno demanda la existencia de espacio o condiciones suficientes para la operatividad de la maquinaria, principalmente de la (s) excavadora (s) y de las vagonetas utilizadas para desplazar el material al punto de disposición.

El proceso de colocación requería de mano de obra poco especializada. Sin embargo, se requiere de espacio suficiente para la disposición de los bloques durante el proceso de colocación, el cual sería mucho más lento que si se disponen las camas de bloques articulados previamente armadas por el proveedor. Se debe disponer de patios para la colocación de los bloques y de área libre suficiente para las maniobras de los camiones que lo transporten.

2.4.6.1.2 Colocación con armado in situ

1. **Preparación del sitio, excavación, nivelación y compactación**: Previamente a la colocación de los bloques, el material de la base debe ser perfilado, nivelado y compactado (con equipo liviano) para obtener un acabado parejo. Es importante que todo tipo de obstrucciones, como raíces y rocas salientes, sean removidas para que la presencia de las mismas no afecte la calidad de la superficie final. El ángulo de reposo del material *in situ* no debe exceder la proporción de 1:1,5.

2. **Colocación manual de los bloques**: los bloques sueltos deben ser colocados con un patrón de unión lo más estrecho posible y ordenados a tizón y soga, con el fin de obtener un enclavamiento mecánico. En áreas como las entradas y salidas de alcantarillas, los bloques deben colocarse de manera que se permita el acceso a los ductos de colocación de los cables.

3. **Amarre *in situ*:** los cables de amarre se deben de pasar por los ductos y ser asegurados, agregando una arandela galvanizada en cada unión de bloques. La escogencia del tipo de cable (acero galvanizado o poliéster), así como su diámetro, dependen del tipo de aplicación. Se recomienda realizar amarres entre bloques de manera perpendicular al flujo del agua y de ser posible utilizar poliéster para evitar problemas de robo.

4. **Giro final de la amarra:** Se recomienda realizar un amarre por torsión, en el caso de los amarres con alambre galvanizado, al final de la cama con una longitud mínima de

100mm. En el caso de los cables de poliéster se recomienda realizar un nudo adecuado.

5. **Anclaje:** Los bloques de concreto articulado que sean colocados en pendientes empinadas podrían sufrir deslizamiento sobre las capas de geotextil (en caso de aplicarse) o sobre el mismo suelo si no son correctamente ancladas. El anclaje temporal o permanente se logra mediante la colocación de clavijas de acero o madera en los lazos de los cables superiores. De manera adicional, se recomienda que en la parte superior se utilicen al menos dos hileras de bloques enterradas debajo de la parte superior del talud.

6. **Acabado:** los bloques de concreto articulados sujetos a deslave por corrientes de agua deben ser sellados en sus uniones con una mezcla de arena y grava. Por encima del nivel normal del agua se recomienda la colocación de vegetación, lo que favorece tanto al amarre del relleno como al acabado visual final.

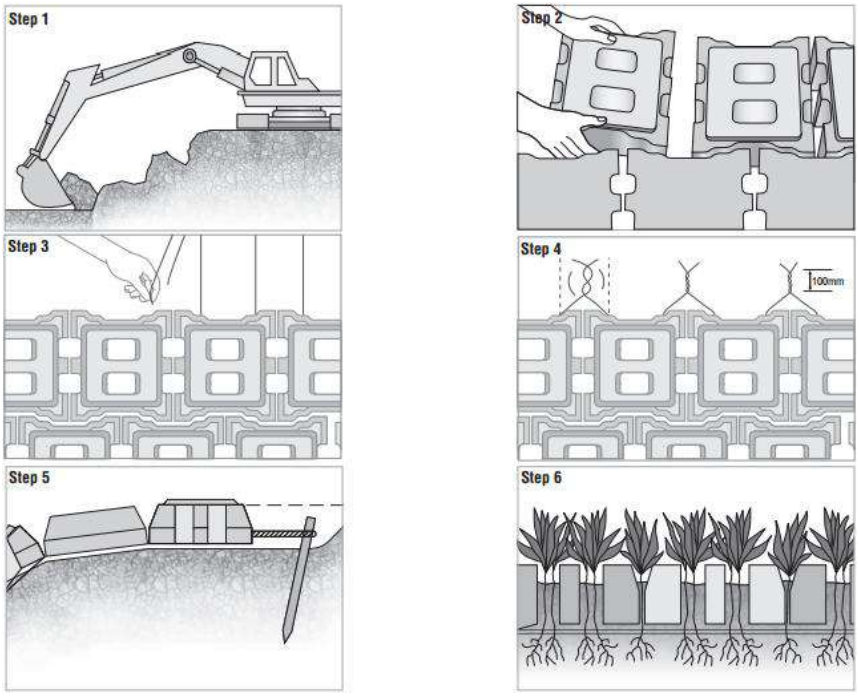


Imagen 2.4.14. Método constructivo del recubrimiento con bloques de concreto articulados armados *in situ.*
Fuente: Tecnicrete, 2013.

2.4.6.1.3 Colocación de camas previamente armadas

1. **Preparación del sitio, excavación, nivelación y compactación**: Al igual que para las camas armadas *in situ*, se debe preparar de manera adecuada el terreno, realizando los cortes, nivelados y compactados pertinentes y removiendo posibles raíces y rocas que interfieran con un acabado uniforme. Para este proceso se recomienda utilizar una excavadora con la capacidad de fuerza y maniobra adecuada para el proyecto.

2. **Entrega y descarga de las camas de bloques de concreto articulados:** en este caso los bloques arribarían a la obra como esteras previamente armadas. Lo ideal sería que conforme llega a la obra se vaya colocando en el lugar correspondiente, para lo cual la sub-base debe estar preparada. La descarga se realiza por medio de grúas móviles, mismas que se recomiendan para la colocación en sitio de las esteras. De manera opcional y dependiendo del tamaño de las esteras, se suele utilizar colgar de la pala de la excavadora en lugar de la grúa.

3. **Amarre:** debe asegurarse la continuidad de la estructura, por lo que entre cama y cama debe realizarse el trabajo manual de amarre con el fin de que las esteras funcionen como una sola. En este caso se aplica el método de amarre recomendado en la sección de *Armado In situ*, tanto para el amarre como para el giro final del cable.

4. **Anclaje y acabado:** se recomienda seguir el mismo procedimiento que en el caso de *Armado In situ*.

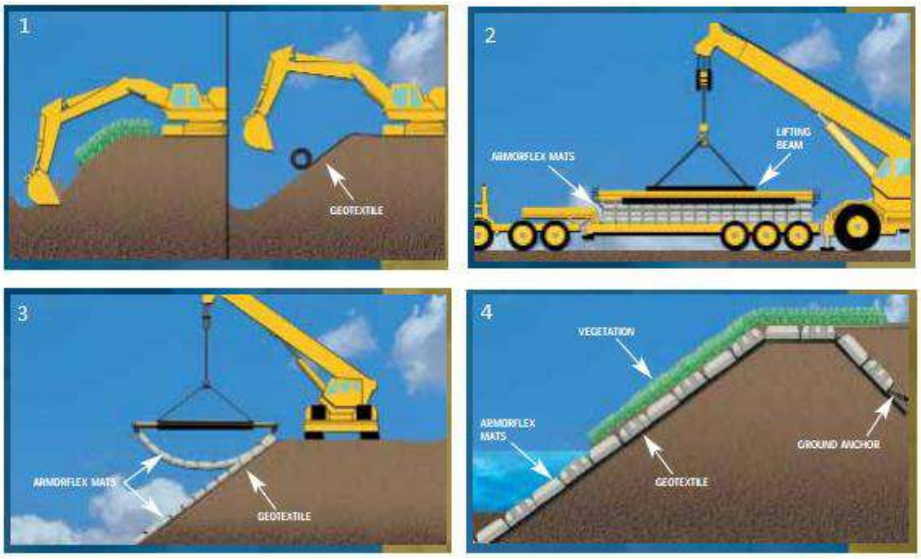


Imagen 2.4.15. Colocación de las camas de bloques articulados previamente armadas.
Fuente: Armortec, 2013.

2.4.6.1.4 Ventajas de los bloques de concreto articulados

- Al ser un sistema flexible, se adapta fácilmente a distintas inclinaciones y contornos del terreno, colocándose sin fractura y requiere sólo una preparación limitada del terreno
- Provee defensa contra la erosión en ríos con altas velocidades de flujo o márgenes expuestas al movimiento de oleaje, a la vez que permite disipar parte de la energía debido a la rugosidad de la superficie y la formación de remolinos en las celdas abiertas de los bloques
- El método contempla la colocación de los bloques sobre un geo textil permeable, lo que permite alivianar la presión hidrostática a atrás del muro (lo cual no es necesario en este caso, al tratarse de un río), en tanto que su capacidad de retención del suelo evita la lixiviación de materiales a través de la instalación.

2.4.6.1.5 Desventajas de los bloques de concreto articulados

- Debido a que es un sistema de bloques acoplados, se requiere que la superficie sobre la que se va a colocar tenga un acabado completamente uniforme, con el fin de evitar la presencia de desniveles que dejen bordes de bloques expuestos. De no realizarse de esta manera, la exposición de este borde es un posible punto de desgaste por el impacto del material sólido arrastrado por el cauce del río, siendo a la vez un posible punto de ruptura para la estructura si falla el bloque expuesto
- Al ser un recubrimiento simplemente apoyado sobre la superficie del terreno, el inicio y fin de la estructura puede verse lavado si no se realiza una correcta transición. Por lo general se recomienda enterrar al menos dos hileras de bloques para condiciones normales. En caso de protección de canales o ríos con alta energía en el flujo conducido, es recomendable construir una estructura de concreto que evite el socavamiento.
- Para su colocación se requiere de un área de trabajo amplia, debido a que se requiere acceder tanto con palas como con grúas para la colocación de las esteras.

2.4.6.1.6 Especificaciones del Proveedor

Según consulta con la empresa ADB Consultores, representantes de la empresa Contech en el país, existen datos específicos para este proyecto, lo que permite contemplar con mayor facilidad el posible impacto de la obra.

No existe un plan de trabajo específico de la obra, sin embargo se tiene contemplado que se utilizarían camas con dimensiones de 2,4 metros de ancho por 4,4 metros de largo. Cada manta estaría compuesta de 66 bloques (11 bloques de largo por 6 de ancho). Cada bloque, en este caso son bloques articulados marca Armorflex tipo 40, pesa 33,15kg por lo que la manta o cama pesa 2188kg. Debido al peso, se proyecta que las mantas se pueden manejar con una excavadora CAT 320 o alguna similar. Para esta operación, se requiere contar con un espacio mínimo en la corona del talud de 3 metros.

En las secciones donde por disponibilidad de espacio no sea posible manipular la maquinaria, existe la opción de realizar el montaje manual, utilizando una cuadrilla de al menos 4 personas. La diferencia entre ambos procesos hace que se pueda avanzar en la colocación de 10 a 15 mantas con el uso de maquinaria, en tanto que de forma manual el avance máximo sería el equivalente a 6 mantas (siempre pensando en una cuadrilla de 4 personas).

Los bloques se utilizan en función de su peso, por lo que no se anclan en la parte inferior del manteado. En la parte superior (y ocasionalmente en los laterales) se entierra en una trinchera la primera fila de bloques, con el fin de evitar que el agua superficial ingrese por debajo de los bloques. Dado que el sistema es flexible, se considera que cuenta con la capacidad de acomodarse a las posibles socavaciones que se puedan producir. Una vez que ya se acomoden los bloques, se genera un balance entre las fuerzas del flujo y la profundidad del bloque, con lo que se detiene el proceso de socavación.

La colocación del geo-textil se realiza con el fin de evitar el lavado del material fino del talud tras el bloque articulado, permitiendo eso sí el flujo del agua.

Al encontrarse puntos de variación en el ángulo del canal que se debe recubrir, se debe realizar la instalación manual, con el fin de completar la cobertura, tanto en ángulos cóncavos como convexos. En los espacios en los que la separación entre bloques sea mayor a 15 cm, se puede optar por colocar concreto (resistencia mínima de 210 kg/cm^2) para rellenar los vacíos. Otra opción es cortar los bloques, dejando espacios por debajo de los 15 cm de separación sin tener la necesidad de colocar concreto. Este caso es el único en el que se llega a utilizar concreto (sin acero de refuerzo) o se dan desperdicios de material (al quedar piezas de los bloques cortados que no son utilizables).

Se considera que la vida útil de una estructura de bloques de concreto debe superar los 50 años.

2.4.6.8 Tablestacas

Las tablestacas son estructuras de contención flexible, formadas por elementos prefabricados de acero, concreto, madera, aluminio o inclusive polímeros reforzados con fibra. La selección del tipo de tablestaca depende del tipo de proyecto y las condiciones a las que se verá expuesto el sistema. Su colocación se realiza por medio del sembrado (encumbrado) de cada pieza en el terreno, teniendo la ventaja de que no se requiere del desagüe del sitio para su colocación.

De forma general, las tablestacas de acero se utilizan en secciones que varían entre los 8 mm y 13 mm de grosor. Puede ser de tipo Z, arco profundo, arco bajo o de alma recta. Las conexiones entre secciones de tablestacas con forma machihembrada o de rótula, con el fin de que la unión sea hermética. Su capacidad de esfuerzo admisible alcanza hasta los 210 MN/m^2. Por tanto, se aprovecha su alta resistencia para colocarlas en suelos duros, donde se desarrollan grandes esfuerzos en el proceso de hincado. Para su instalación se podrían utilizar desde martillos vibratorios hasta el simple montaje con el empuje de la parte superior de una pala de back-hoe, dependiendo de la condición del suelo donde han de ser hincadas.

Para el proyecto del Sistema de control de inundaciones de la cuenca baja del río Limoncito, según lo indicado en los planos de los detalles finales, se pretende la colocación de Tablestacas tipo Anchor Wall de la marca Contech® o similar a la indicada.

El sistema Anchor Wall, está conformado por tablestacas tipo *ContechMetricSheeting* (ver imagen 2.4.15), que es el tipo de lámina que forma el cuerpo de la estructura y constituye la barrera entre el suelo y el agua o aire frente a la estructura. A esto se le suman anclajes (*DeadmanAnchors*) colocadas a las distancias recomendadas por el proveedor (según el tipo de suelo en donde se coloquen) que proveen rigidez y resistencia al movimiento. Estos anclajes de deben conectar por medio de tirantes de acero galvanizado. Se coloca una pieza de soporte superior (*WaleCap*) y, en caso de ser necesario, se colocan soportes frontales, con el fin de evitar el pandeo de la pared de tablestaca.

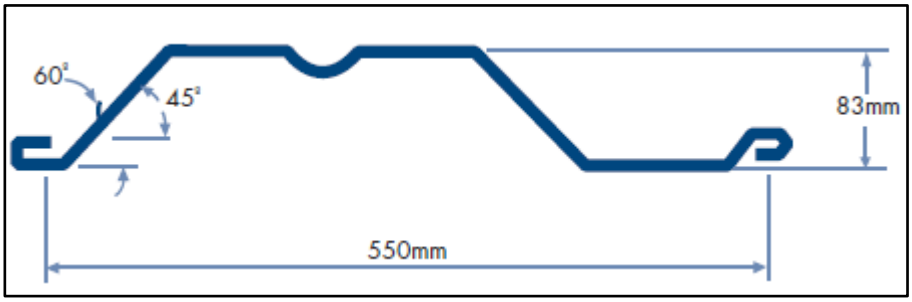


Imagen 2.4.16. Sección típica de la tablestaca tipo *ContechMetricSheeting*.
Fuente: Contech, 2013.

El tamaño disponible de este tipo de tablestacas varía desde 1,2 m a 12,2 m, siendo secciones de peso medio, trasladables manualmente. Las secciones de hasta 3,6 metros se encuentran disponibles pre-galvanizadas, en tanto que se le puede dar protección galvánica a todos los tamaños con el fin de evitar la corrosión. Las conexiones del sistema se realizan por medio de juntas machihembradas (ver imagen 2.4.16), lo que permite un cierre hermético entre piezas.

La conexión en las secciones donde el ángulo de avance varía se pueden lograr por medio de tablestacas especiales, ya sea que se utilicen ángulos prediseñados o secciones ajustables al ángulo requerido.

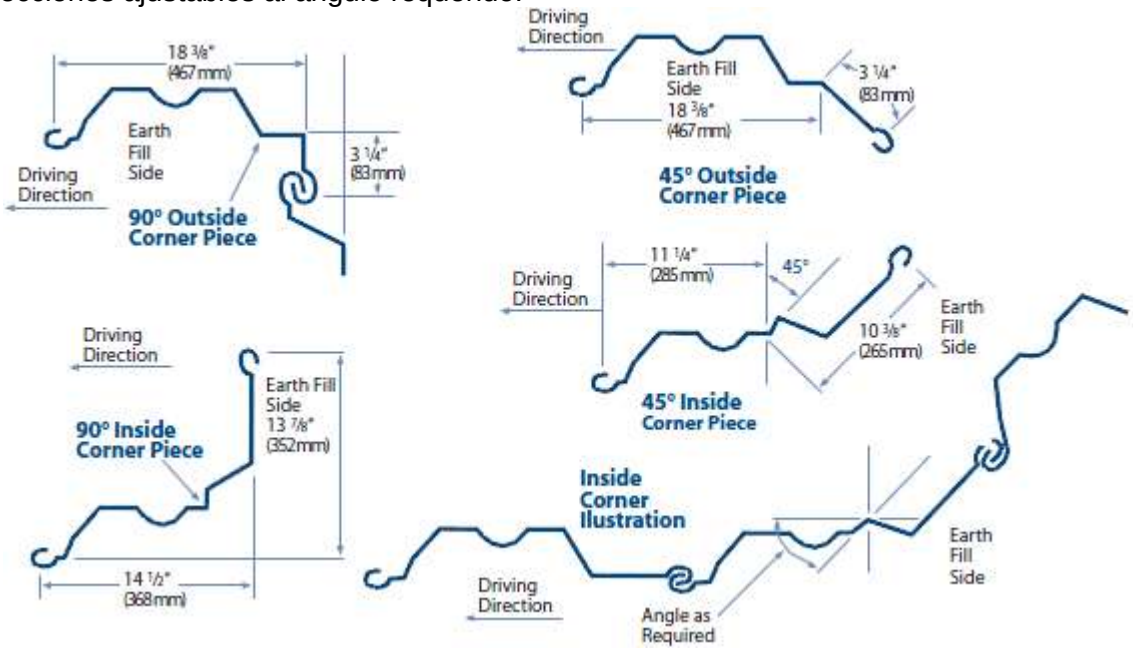


Imagen 2.4.17. Secciones prediseñadas para el cambio en la dirección de la estructura de tablestaca.
Fuente: Contech, 2013.

2.4.6.2.1 Métodos de construcción

Los métodos se dividen en dos tipos:

1. **Estructura Rellenada**: El proceso realiza una excavación profunda previa al hincado del pilote, lo que facilita el proceso de hincado al reducir la distancia que se introduce la tablestaca en el terreno. Los pasos a seguir son:
    a. Excavación del suelo *insitu* al frente y atrás de la ubicación propuesta para la tablestaca, hasta el nivel de fondo final al frente de la misma.
    b. Hincado de la tablestaca por medio de martillos vibratorios, convencionales o inclusive la pala de un backhoe, dependiendo de la condición del suelo
    c. Rellenado hasta el nivel del ancla y colocación del sistema de anclaje
    d. Rellenado hasta la parte superior de la pared.

El material de relleno debe tener la granulometría apropiada para dar la resistencia y el drenaje adecuado al terreno junto a la tablestaca. La representación gráfica de este método se observa en la imagen 2.4.17.

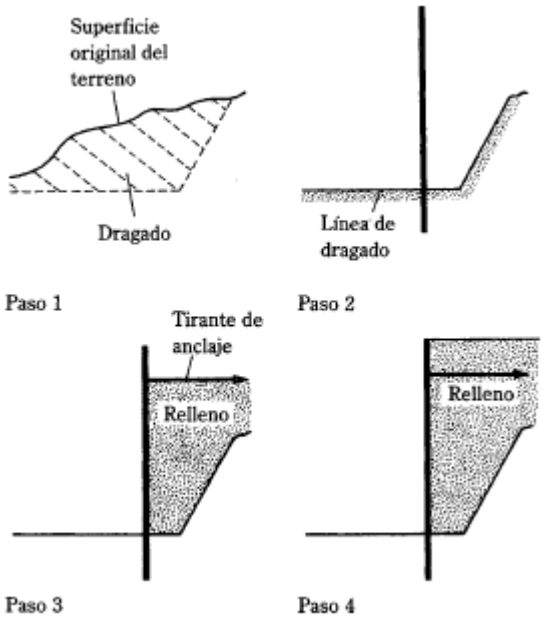


Imagen 2.4.18. Secuencia de construcción de una estructura de relleno.
Fuente: Das, 2001.

2. **Estructura Dragada**: Este método, pese a requerir un mayor esfuerzo y aplicación de energía en el proceso de hincado de las tablestacas, permite realizar el proceso en condiciones en las que la excavación del terreno a trasdós no es una opción viable.
    a. Hincado dela Tablestaca por medio de martillos vibratorios, convencionales o inclusive la pala de un backhoe, dependiendo de la condición del suelo
    b. Rellenado hasta el nivel del ancla y colocación del sistema de anclaje
    c. Rellenado hasta la parte superior de la pared
    d. Dragado al frente de la pared hasta el nivel final del terreno.

La representación gráfica de este método se observa en la imagen 2.4.18.

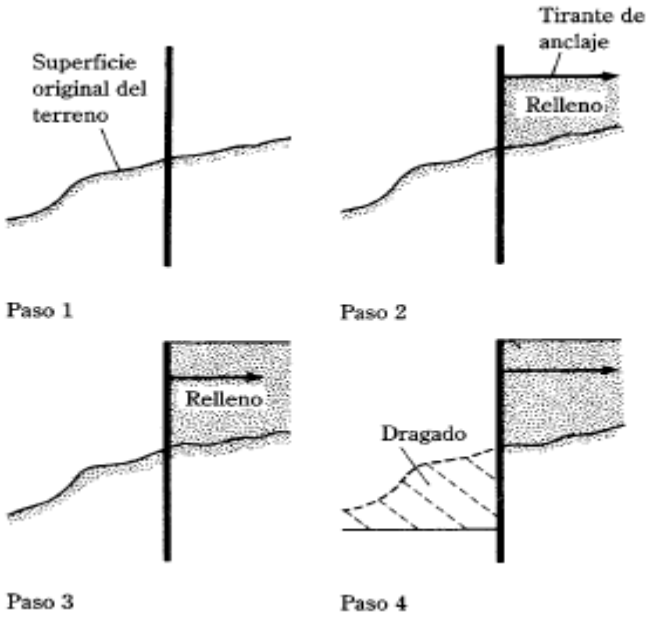


Imagen 2.4.19. Secuencia de construcción para una estructura dragada.
Fuente: Das, 2001.

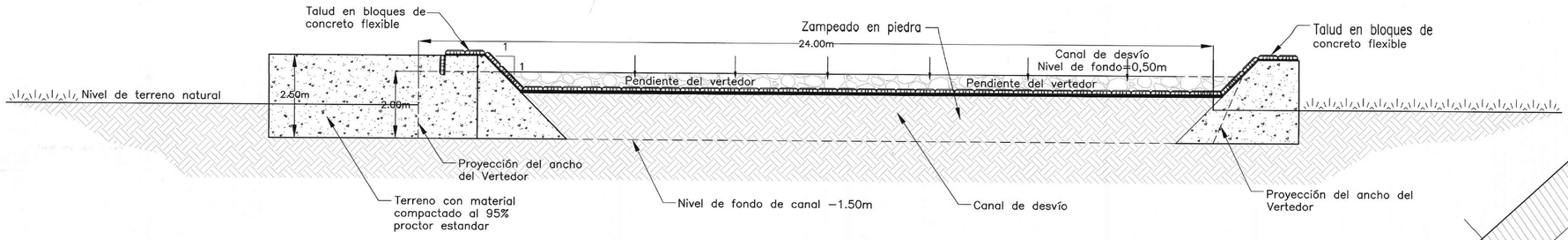
2.4.6.2.2 Ventajas de las Tablestacas

- El procedimiento de montaje se puede llevar a cabo sin necesidad de drenar la sección en la que se va a colocar la estructura.
- Permite realizar la protección del talud sin ocupar tanto espacio final como otros métodos.
- Evita la socavación del margen al mantenerse completamente cubierto el terreno atrás de la estructura.

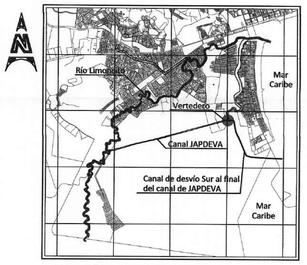
2.4.6.2.3 Desventajas de las Tablestacas

- No es recomendable en casos en los que la profundidad del talud exceda los 6 metros.
- Al ser un sistema que impermeabiliza el talud donde se coloca, retarda la disminución en el nivel freático del terreno en la parte posterior de la tablestaca, por lo que los suelos permanecen saturados por más tiempo.
- Para su colocación en campo se requiere de equipo especializado para lograr hincar los pilotes. Esto requiere que se cuente con el suficiente espacio para el acceso de la maquinaria.
- Si no se realiza el correcto cálculo de la profundidad de hincado se puede sufrir de socavación en la base por la acción erosiva de las corrientes de agua, lo que conlleva a la falla de la base de la misma.

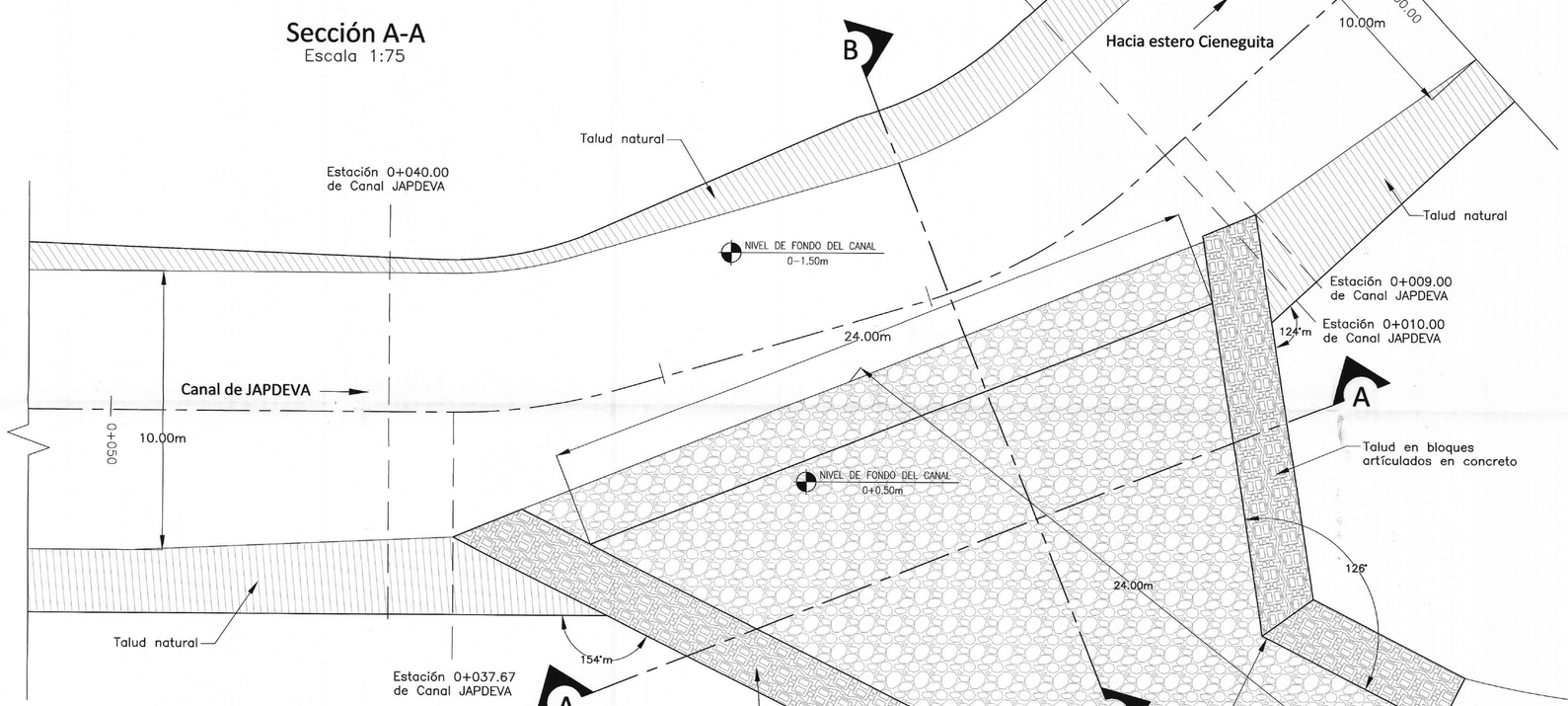
2.4.7 -1 Información Complementaria, Planos de Vertederos y Alcantarillas.

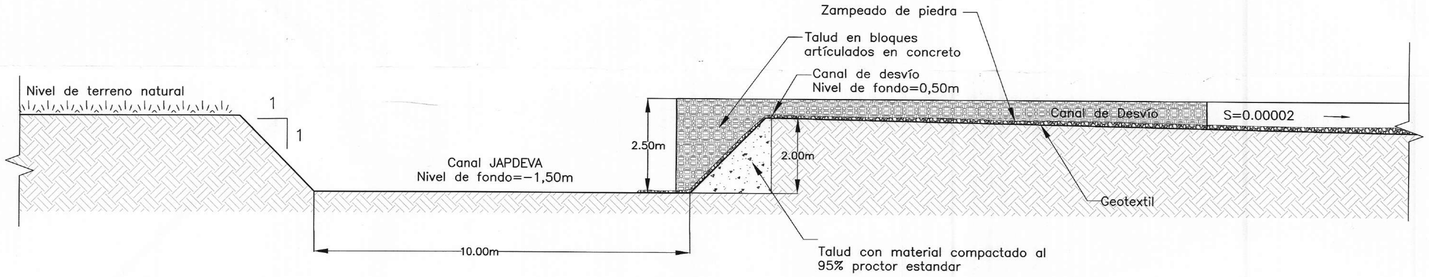


Sección A-A
Escala 1:75



Ubicación de detalle
Escala 1:50000



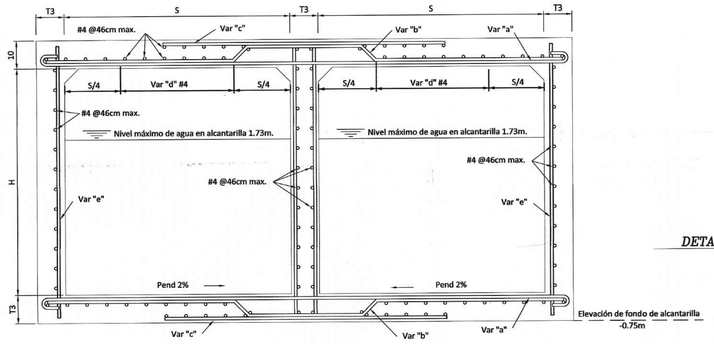


Sección B-B
Escala 1:75

Planta
Escala 1:100

Detalle de Vertedero en Canal de Desvío

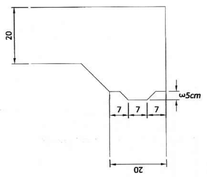
SENARA — I.N.D.E.P. DISEÑO					HOJAS DE REFERENCIA: CIUDAD DE LIMON ESC. 1: 10000
PROYECTO DE DRENAJE: LIMON CIUDAD PUERTO				UBICACION POLITICA: SITUADO EN LIMON; PROVINCIA: 7°LIMON; CANTON: 1°LIMON; DISTRITO: 1°LIMON	ESCALA: INDICADAS
CONTENIDO: DETALLES DE VERTEDERO					LAMINA No. DV−03
FECHA: JUNIO 2013	DIBUJO: M. VALLADARES	DISEÑO: Ing. A. GONZALEZ	REVISO:	APROBO: Ing. M. COTO	



SECCION A–A DE ALCANTARILLA NORTE DE CUADRO DOBLE

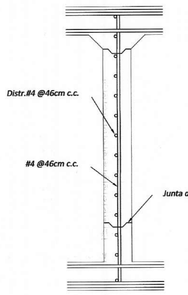
(SE INDICA REFUERZO PARA PARED INTERIOR DE ESPESOR IGUAL O MAYOR QUE 20cm)

LUZ (S)			cm	305		
ALTURA (H)			cm	213		
CLASIFICACION				A	B	C
MAXIMO RELLENO SUPERIOR				61	518	914
CONCRETO	LOSA SUPERIOR		T1	22	32	41
	Llosa INFERIOR		T2	21	35	43
	PAREDES		T3	15	17	18
ACERO DE REFUERZO	"a"	TAMANO	CM	6	4	4
		ESPACIAMIENTO	CM	28	24	25
		LONGITUD	#	681	681	683
	"b"	TAMANO	CM	6	7	8
		ESPACIAMIENTO	CM	28	24	25
		DIMENSION "x"	CM	658	668	678
	b	LONGITUD	#	653	668	678
	"c"	TAMANO	CM	6	7	8
		ESPACIAMIENTO	CM	28	24	25
		LONGITUD	#	320	323	323
	VARILLAS "d" #4	LOSA SUPERIOR	CANTIDAD	18	10	10
		LOSA INFERIOR	CANTIDAD	10	10	10
	VARILLAS "e"	TAMANO	#	4	4	6
		ESPACIAMIENTO	CM	36	15	20
	DISTRIBUCION #4	CANTIDAD			51	
CANT.	CONCRETO		M3/M LINEAL	3.79	5.47	6.62
	REFUERZO		Kg/M LINEAL	362	417	504
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS	AREA A		M2	13.00		
	RADIO HIDRAULICO R		M	0.63		
	PENDIENTE NEUTRA		%	0.52		
	FACTOR DE CARGA K=0.33 /1.25 R		1/M	0.60		
	CAPACIDAD DE ENTRADA Q10		M3/S	32.34		
	DESCARGA DE DISENO Q100		M3/S	53.29		

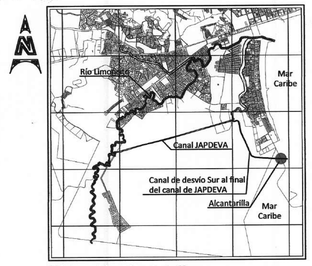


DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCION

NOTA :
PARA ALCANTARILLAS SIN RELLENO, EXTENDER LAS VARILAS "c" EN TODA SU LONGITUD SOLAMENTE EN LA LOSA SUPERIOR COLOCAR EL ACERO DE DISTRIBUCCION ADICIONAL @ +- 46c.c. Y AJUSTAR CANTIDADES

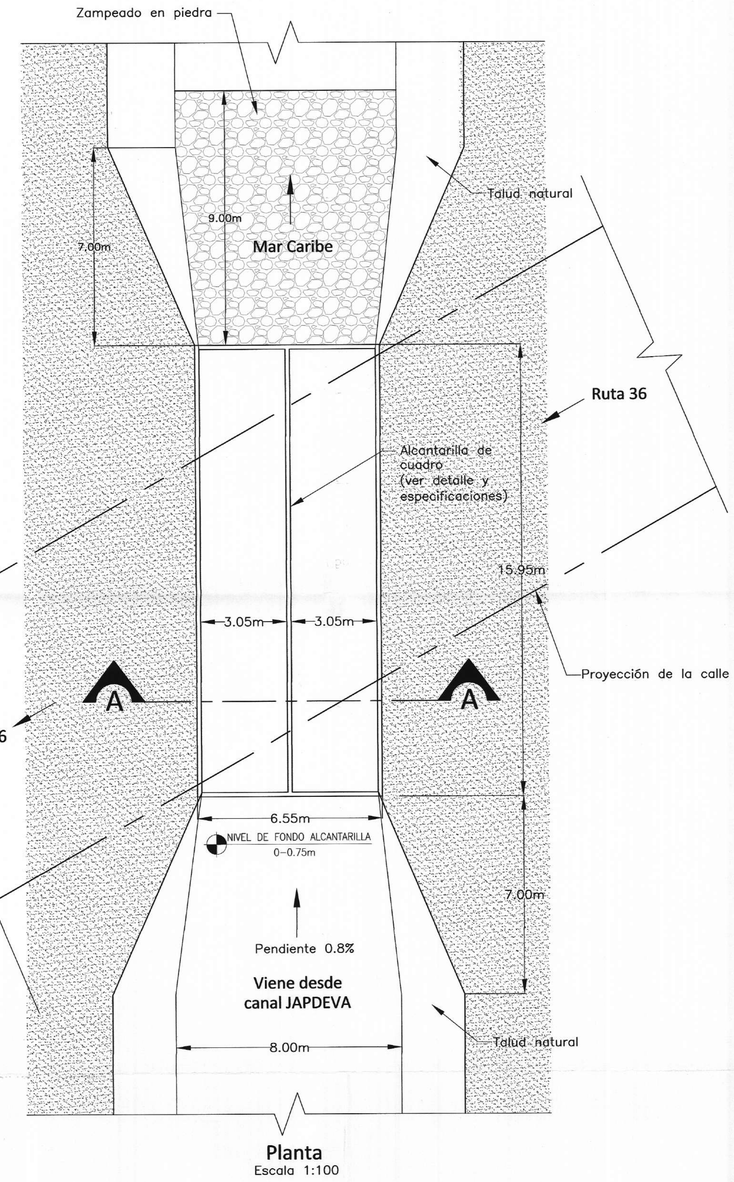


REFUERZO PARA UNA PARED INTERIOR CON UN ESPESOR MENOR DE 20cm



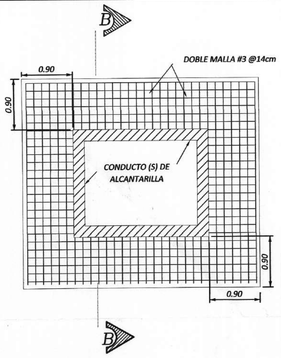
Ubicación de detalle
Escala 1:50000

MANPOSTERIA DE PIEDRA BRUTA UNIDA CON MORTERO			CONCRETO CICLOPEO			COMPRESION BASE PARTE DELANTERA
"A" (cm)	"B" (cm)	AREA (m2)	"H" (cm)	"A" (cm)	"B" (cm)	AREA (m2)	(kg/cm2)
40	50	0.47	90	30	50	0.39	4.18
40	70	0.72	120	30	70	0.63	5.57
40	90	1.04	150	30	90	0.93	6.97
50	110	1.50	180	30	110	1.29	8.36
50	130	1.95	210	30	130	1.71	9.75
50	150	2.46	240	30	140	2.07	11.15
50	160	2.90	270	30	160	2.59	12.54
50	180	3.51	300	30	180	3.18	13.93
50	200	4.31	340	30	200	3.94	15.33
60	220	5.24	370	40	220	4.84	16.72
60	240	6.06	400	40	240	5.63	18.11
60	260	6.94	430	40	260	6.48	19.50
60	270	7.65	460	50	280	7.62	20.90

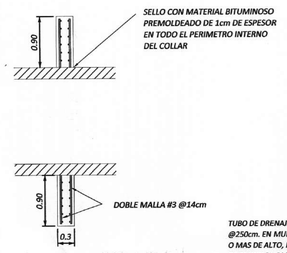


Planta
Escala 1:100

Detalle de alcantarilla de cuadro Norte en Canal de Desvío



ELEVACION



SECCION B– B

COLLARES PARA ALCANTARILLAS DE CUADRO

SIN ESCALA

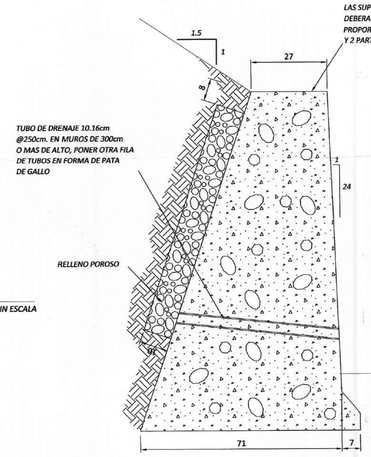
B – COLLARES

CONCRETO
EL CONCRETO SERA CLASE RN 225

VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO
LAS VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO DEBERAN CUMPLIR LOS REQUISITOS AASHTO M31 (ASTM A615), GRADO 40, Y SERAN DEFORMADAS SEGUN AASHTO M137 (ASTM A305)
TODAS LAS DIMENSIOENES SE REFIEREN AL CENTRO DE LA VARILLA

DETALLE DE CONSTRUCCION
LAS JUNTAS DE CONSTRUCCION SE DEBERAN PICAR Y LIMPIAR CUIDADOSA Y CORRECTAMENTE ANTES DE HACER EL SIGUIENTE COLADO. NO SE PERMITIRAN OTRAS JUNTAS SIN PREVIA APROVACION DEL INGENIERO DEL PROYECTO

DIMENSIONES
TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE DIFERENTE



CONCRETO CICLOPEO SIN REFUERZO

MURO DE RETENCION POR GRAVEDAD

NOTAS GENERALES

A – MUROS

ESPECIFICACIONES
ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS DE RIEGO Y AVENAMIENTO (SENARA, 1985) Y LAS ESPECIFICACIONES CR 77 EN AQUELLOS CASOS ESPECIALES INDICADOS EN LOS PLANOS
DISENO : ESPECIFICACIONES ESTANDAR PARA PUENTES DE CAMINOS (AASHTO 1981)
CARGAS : CARGA VIVA HS 20-44- SOBRECARGA INFINITA

CONCRETO DE LA BASE
EL CONCRETO DE LA BASE DE LOS MUROS DE MANPOSTERIA DE PIEDRA BRUTA UNIDA CON MORTERO, SERA CLASE RN 210

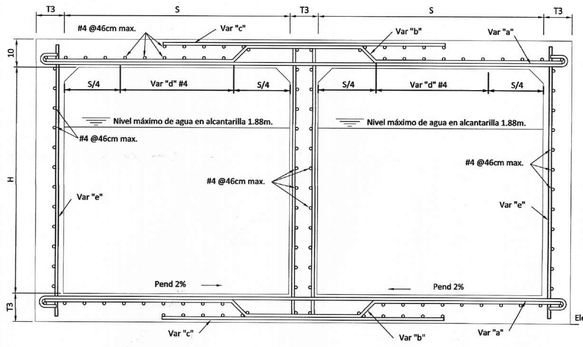
CONCRETO CICLOPEO
ESTARA FORMADO POR CONCRETO CLASE RN 180 CON INCLUSION DE PIEDRAS DE GRAN TAMANO, PREFERENTEMENTE AQUELLAS CON PESO APROXIMADO DE 30kg
LAS PIEDRAS QUE SE UTILICEN DEBERAN ESTAR LIBRES DE DEFECTOS NATURALES ASI COMO DE CUALESQUIERA MATERIAL EXTRANOS
LOS MATERIALES RESTANTES DEBERAN AJUSTARSE A LAS ESPECIFICACIONES CR 77

ELABORACION DEL CONCRETO CICLOPEO
TODA LA PIEDRA DEBERA LAVARSE Y SATURARSE CON AGUA ANTES DE SU COLOCACION
LA PIEDRA NO DEBERA DEJARSE CAER MI HUNDIRSE, DEBERA SER COLOCADA CUIDADOSAMENTE PARA NO CAUSAR PERJUICIO A LAS FORMALETAS, TUBOS DE DRENAJE, NI AL CONCRETO ADYACENTE EN PROCESO DE FRAGUA
LA SEPARACION MINIMA ENTRE PIEDRAS SERA DE 8cm Y NO DEBERAN QUEDAR A MENOS DE 30cm DE LA SUPERFICIE DE CORONAMIENTO DE LOS MUROS, NI A MENOS DE 8cm DE CUALQUIER OTRA SUPERFICIE O CORNISA DE LA ESTRUCTURA EN CONSTRUCCION

EXCAVACION
LA EXCAVACION PARA LOS CIMIENTOS DEBERA CORTARSE VERTICALMENTE A NO MAS DE 50cm DE LAS LINEAS NITIDAS DEL CIMIENTO.
LA VARIACION DE LOS BANCOS O TALUDES NATURALES DE LOS CAUCES NO SERA PERMITIDA, EXCEPTO POR INDICACION DE LOS PLANOS O AUTORIZACION EXPRESA DEL INGENIERO DEL PROYECTO.
LA PROFUNDIDAD DEL MURO EN EL TERRENO SE DEBE DETERMINAR DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES LACALES PERO NO DEBE SER MENOR DE 45cm.

PRESION EN LA CIMENTACION
LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL TERRENO Y LAS PRESIONES DE DISENO DE LOS CIMIENTOS ESTAN INDICADAS EN LOS PLANOS CORRESPONDIENTES A LAS CIMENTACIONES SI LA COMPRESION EN LA BASE EXCEDE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO, SE DEBE DISENAR UN TIPO ESPECIAL DE BASE

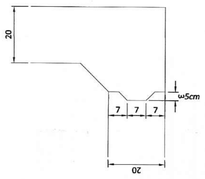
SENARA	I.N.D.E.P. DISEÑO		HOJAS DE REFERENCIA: CIUDAD DE LIMON ESC. 1: 10000	
PROYECTO DE DRENAJE: LIMON CIUDAD PUERTO		UBICACION POLITICA SITUADO EN: LIMON		ESCALA: INDICADAS
CONTENIDO: DETALLES DE ALCANTARILLA NORTE		PROVINCIA: 7°LIMON		LAMINA No. DA–01
		CANTON: 1°LIMON		
		DISTRITO: 1°LIMON		
FECHA: JUNIO 2013	DIBUJO: M. VALLADARES	DISEÑO: Ing. A. GONZALEZ	REVISO:	APROBO: Ing. M. COTO



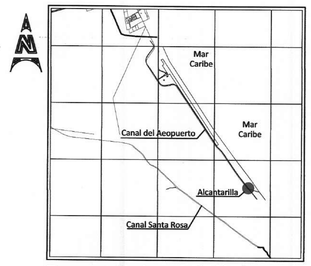
SECCION A–A DE ALCANTARILLA SUR DE CUADRO DOBLE

(SE INDICA REFUERZO PARA PARED INTERIOR DE ESPESOR IGUAL O MAYOR QUE 20cm)

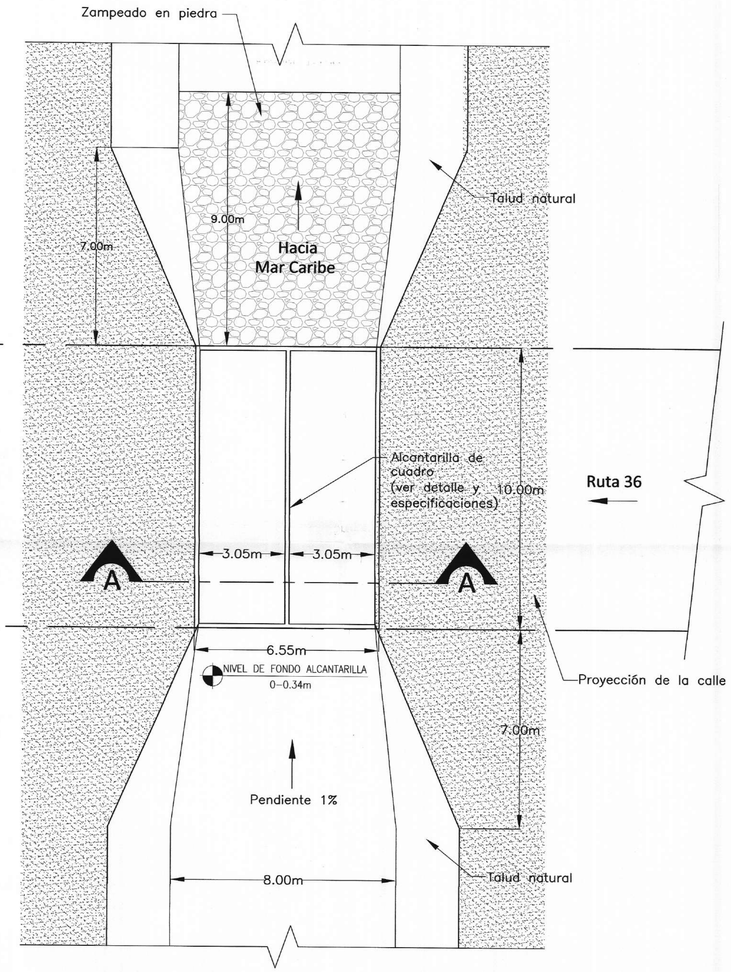
	LUZ (S)		cm		305	
	ALTURA (H)		cm		213	
	CLASIFICACION			A	B	C
	MAXIMO RELLENO SUPERIOR			61	518	914
CONCRETO	LOSA SUPERIOR		T1	22	32	41
CONCRETO	LOSA INFERIOR		T2	21	35	43
CONCRETO	PAREDES		T3	15	17	18
ACERO DE REFUERZO	"a"	TAMANO	CM	6	4	4
		ESPACIAMIENTO	CM	28	24	25
		LONGITUD	#	681	681	683
	"b"	TAMANO	CM	6	7	8
		ESPACIAMIENTO	CM	28	24	25
		DIMENSION "x"	CM	658	668	678
		LONGITUD	#	653	668	678
	"c"	TAMANO	CM	6	7	8
		ESPACIAMIENTO	CM	28	24	25
		LONGITUD	#	320	323	323
	VARILLAS "d" #4	LOSA SUPERIOR	CANTIDAD	18	10	10
		LOSA INFERIOR	CANTIDAD	10	10	10
	VARILLAS "e"	TAMANO	#	4	4	6
		ESPACIAMIENTO	CM	36	15	20
	DISTRIBUCION #4	CANTIDAD			51	
CANT.	CONCRETO		M3/M LINEAL	3.79	5.47	6.62
CANT.	REFUERZO		Kg/M LINEAL	362	417	504
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS	AREA A		M^2		13.00	
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS	RADIO HIDRAULICO R		M		0.63	
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS	PENDIENTE NEUTRA		%		0.52	
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS	FACTOR DE CARGA K=0.33 /1.25 R		1/M		0.60	
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS	CAPACIDAD DE ENTRADA Q10		M3/S		32.34	
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS	DESCARGA DE DISENO Q100		M3/S		53.29	



DETALLE DE JUNTA DE CONSTRUCCION



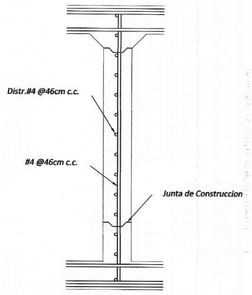
Zona mostrada en esta lámina
Escala 1:50000



Planta
Escala 1:100

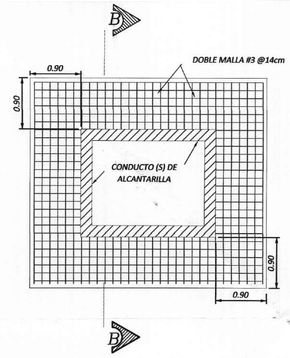
Detalle de alcantarilla de cuadro Sur en Canal de Desvío

NOTA :
PARA ALCANTARILLAS SIN RELLENO, EXTENDER LAS VARILLAS "c" EN TODA SU LONGITUD SOLAMENTE EN LA LOSA SUPERIOR COLOCAR EL ACERO DE DISTRIBUCION ADICIONAL @ +- 46c.c. Y AJUSTAR CANTIDADES

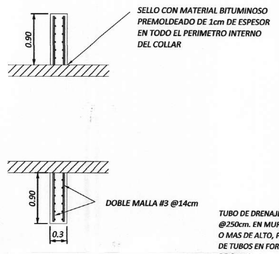


REFUERZO PARA UNA PARED INTERIOR CON UN ESPESOR MENOR DE 20cm

MANPOSTERIA DE PIEDRA BRUTA UNIDA CON MORTERO				CONCRETO CICLOPEO			COMPRESION BASE PARTE DELANTERA
"A" (cm)	"B" (cm)	AREA (m2)	"H" (cm)	"A" (cm)	"B" (cm)	AREA (m2)	(kg/cm2)
40	50	0.47	90	30	50	0.39	4.18
40	70	0.72	120	30	70	0.63	5.57
40	90	1.04	150	30	90	0.93	6.97
50	110	1.50	180	30	110	1.29	8.36
50	130	1.95	210	30	130	1.71	9.75
50	150	2.46	240	30	140	2.07	11.15
50	160	2.90	270	30	160	2.59	12.54
50	180	3.51	300	30	180	3.18	13.93
50	200	4.31	340	30	200	3.94	15.33
60	220	5.24	370	40	220	4.84	16.72
60	240	6.06	400	40	240	5.63	18.11
60	260	6.94	430	40	260	6.48	19.50
60	270	7.65	460	50	280	7.62	20.90



ELEVACION



SECCION B– B

COLLARES PARA ALCANTARILLAS DE CUADRO

SIN ESCALA

B – COLLARES

CONCRETO
EL CONCRETO SERA CLASE RN 225

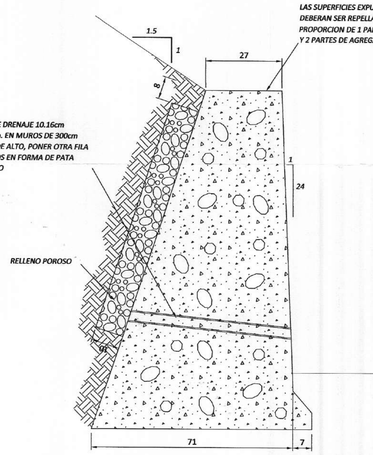
VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO
LAS VARILLAS DE ACERO PARA REFUERZO DEBERAN CUMPLIR LOS REQUISITOS AASHTO M31 (ASTM A615), GRADO 40, Y SERAN DEFORMADAS SEGUN AASHTO M137 (ASTM A305)
TODAS LAS DIMENSIOENES SE REFIEREN AL CENTRO DE LA VARILLA

DETALLE DE CONSTRUCCION
LAS JUNTAS DE CONSTRUCCION SE DEBERAN PICAR Y LIMPIAR CUIDADOSA Y CORRECTAMENTE ANTES DE HACER EL SIGUIENTE COLADO. NO SE PERMITIRAN OTRAS JUNTAS SIN PREVIA APROVACION DEL INGENIERO DEL PROYECTO

DIMENSIONES
TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN DADAS EN CENTIMETROS EXCEPTO DONDE SE INDIQUE DIFERENTE

TUBO DE DRENAJE 10.16cm @250cm. EN MUROS DE 300cm O MAS DE ALTO, PONER OTRA FILA DE TUBOS EN FORMA DE PATA DE GALLO

LAS SUPERFICIES EXPUESTAS A LA INTEMPERIE DEBERAN SER REPELLADAS CON MORTERO EN PROPORCION DE 1 PARTE DE CEMENTO PORTLAND Y 2 PARTES DE AGREGADO FINO POR VOLUMEN



CONCRETO CICLOPEO SIN REFUERZO

MURO DE RETENCION POR GRAVEDAD

NOTAS GENERALES

A – MUROS

ESPECIFICACIONES
ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS DE RIEGO Y AVENAMIENTO (SENARA, 1985) Y LAS ESPECIFICACIONES CR 77 EN AQUELLOS CASOS ESPECIALES INDICADOS EN LOS PLANOS
DISEÑO : ESPECIFICACIONES ESTANDAR PARA PUENTES DE CAMINOS (AASHTO 1981)
CARGAS : CARGA VIVA HS 20-44- SOBRECARGA INFINITA

CONCRETO DE LA BASE
EL CONCRETO DE LA BASE DE LOS MUROS DE MANPOSTERIA DE PIEDRA BRUTA UNIDA CON MORTERO, SERA CLASE RN 210

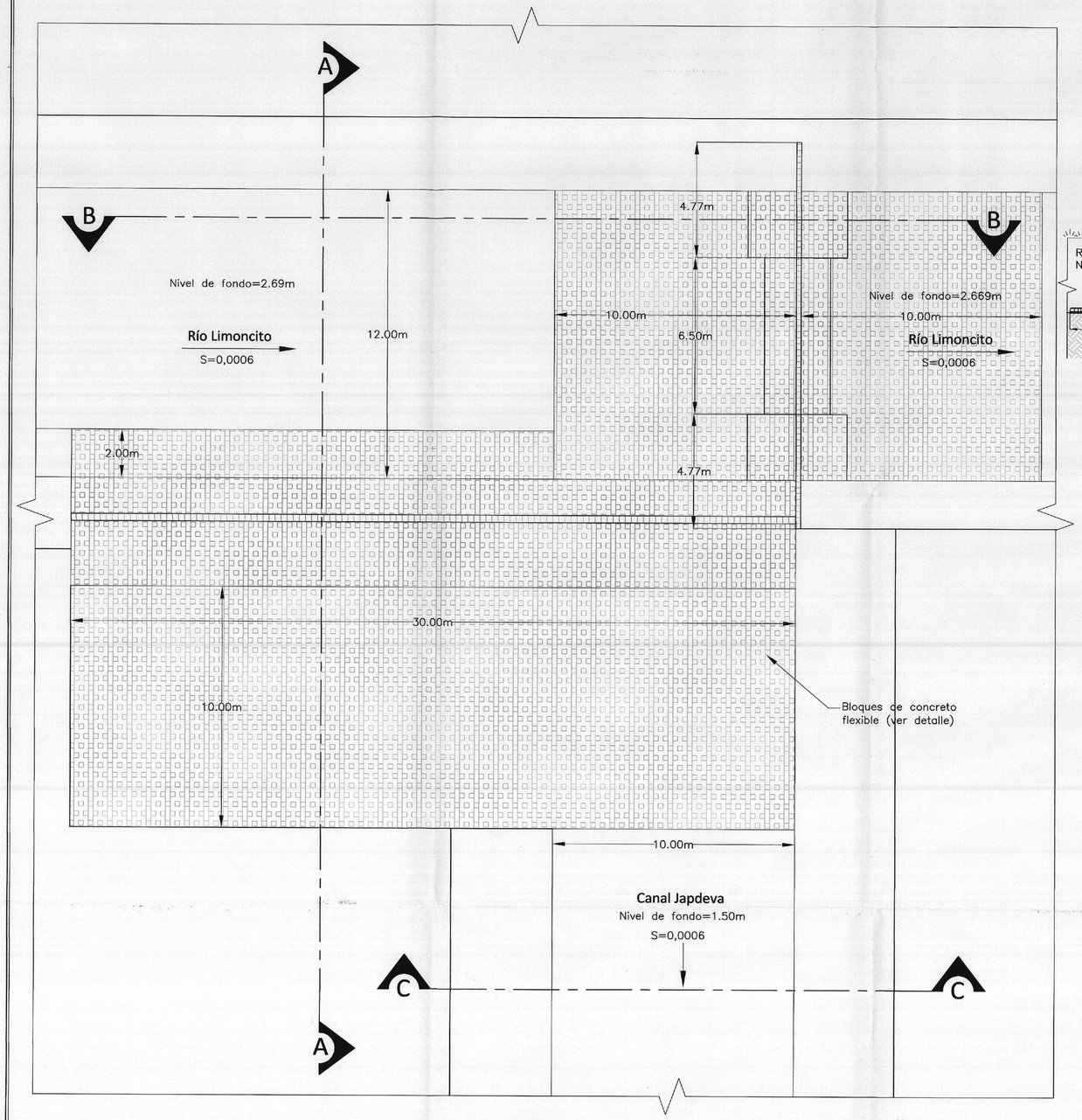
CONCRETO CICLOPEO
ESTARA FORMADO POR CONCRETO CLASE RN 180 CON INCLUSION DE PIEDRAS DE GRAN TAMANO, PREFERENTEMENTE AQUELLAS CON PESO APROXIMADO DE 30kg
LAS PIEDRAS QUE SE UTILICEN DEBERAN ESTAR LIBRES DE DEFECTOS NATURALES ASI COMO DE CUALESQUIERA MATERIAL EXTRANOS
LOS MATERIALES RESTANTES DEBERAN AJUSTARSE A LAS ESPECIFICACIONES CR 77

ELABORACION DEL CONCRETO CICLOPEO
TODA LA PIEDRA DEBERA LAVARSE Y SATURARSE CON AGUA ANTES DE SU COLOCACION
LA PIEDRA NO DEBERA DEJARSE CAER NI HUNDIRSE, DEBERA SER COLOCADA CUIDADOSAMENTE PARA NO CAUSAR PERJUICIO A LAS FORMALETAS, TUBOS DE DRENAJE, NI AL CONCRETO ADYACENTE EN PROCESO DE FRAGUA
LA SEPARACION MINIMA ENTRE PIEDRAS SERA DE 8cm Y NO DEBERAN QUEDAR A MENOS DE 30cm DE LA SUPERFICIE DE CORONAMIENTO DE LOS MUROS, NI A MENOS DE 8cm DE CUALQUIER OTRA SUPERFICIE O CORNISA DE LA ESTRUCTURA EN CONSTRUCCION

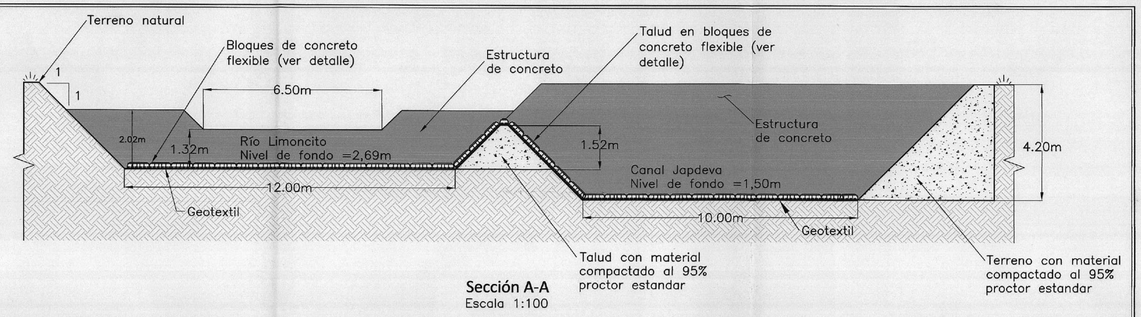
EXCAVACION
LA EXCAVACION PARA LOS CIMIENTOS DEBERA CORTARSE VERTICALMENTE A NO MAS DE 50cm DE LAS LINEAS NITIDAS DEL CIMIENTO.
LA VARIACION DE LOS BANCOS O TALUDES NATURALES DE LOS CAUCES NO SERA PERMITIDA, EXCEPTO POR INDICACION DE LOS PLANOS O AUTORIZACION EXPRESA DEL INGENIERO DEL PROYECTO.
LA PROFUNDIDAD DEL MURO EN EL TERRENO SE DEBE DETERMINAR DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES LACALES PERO NO DEBE SER MENOR DE 45cm.

PRESION EN LA CIMENTACION
LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL TERRENO Y LAS PRESIONES DE DISENO DE LOS CIMIENTOS ESTAN INDICADAS EN LOS PLANOS CORRESPONDIENTES A LAS CIMENTACIONES
SI LA COMPRESION EN LA BASE EXCEDE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO, SE DEBE DISENAR UN TIPO ESPECIAL DE BASE

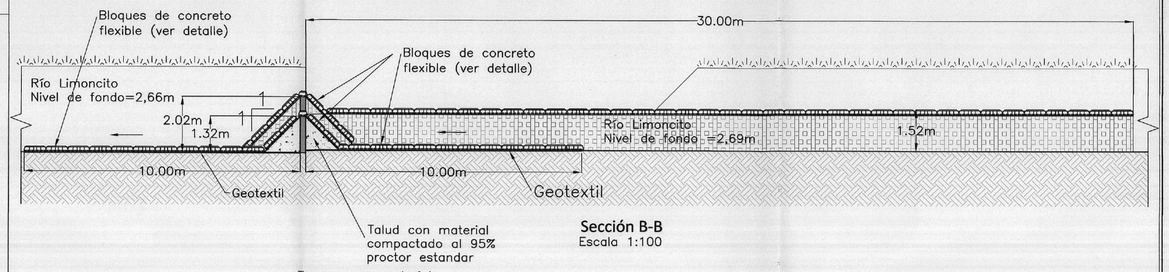
SENARA	I.N.D.E.P. DISEÑO			HOJAS DE REFERENCIA: CIUDAD DE LIMON ESC. 1: 10000	
PROYECTO DE DRENAJE: LIMON CIUDAD PUERTO				UBICACION POLITICA SITUADO EN: LIMON PROVINCIA: 7°LIMON CANTON: 1°LIMON DISTRITO: 1°LIMON	ESCALA: INDICADAS
CONTENIDO: DETALLES DE ALCANTARILLA SUR					LAMINA No. DA–02
FECHA: JUNIO 2013	DIBUJO: M. VALLADARES	DISEÑO: Ing. A. GONZALEZ	REVISO:	APROBO: Ing. M. COTO	



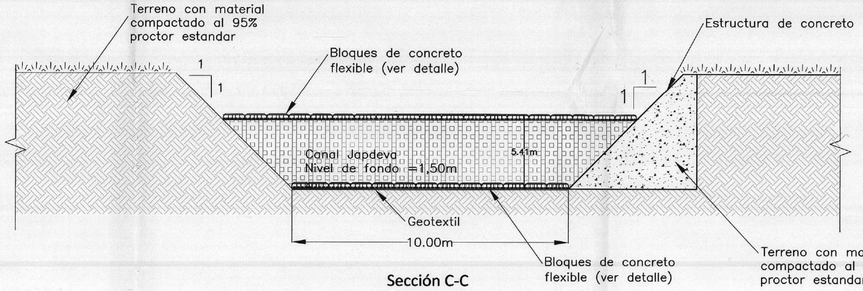
Planta
Escala 1:200



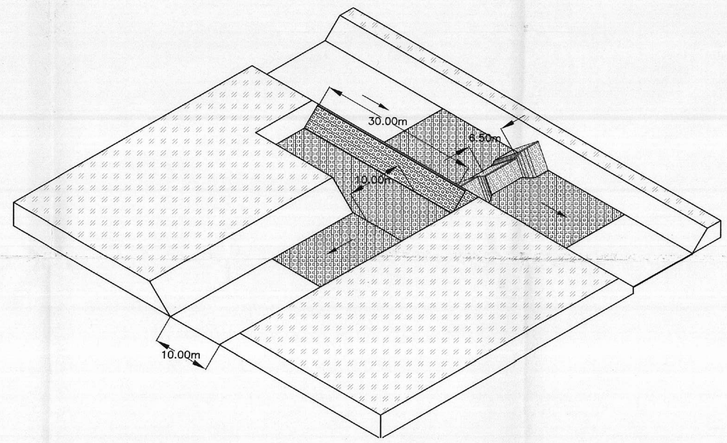
Sección A-A
Escala 1:100



Sección B-B
Escala 1:100



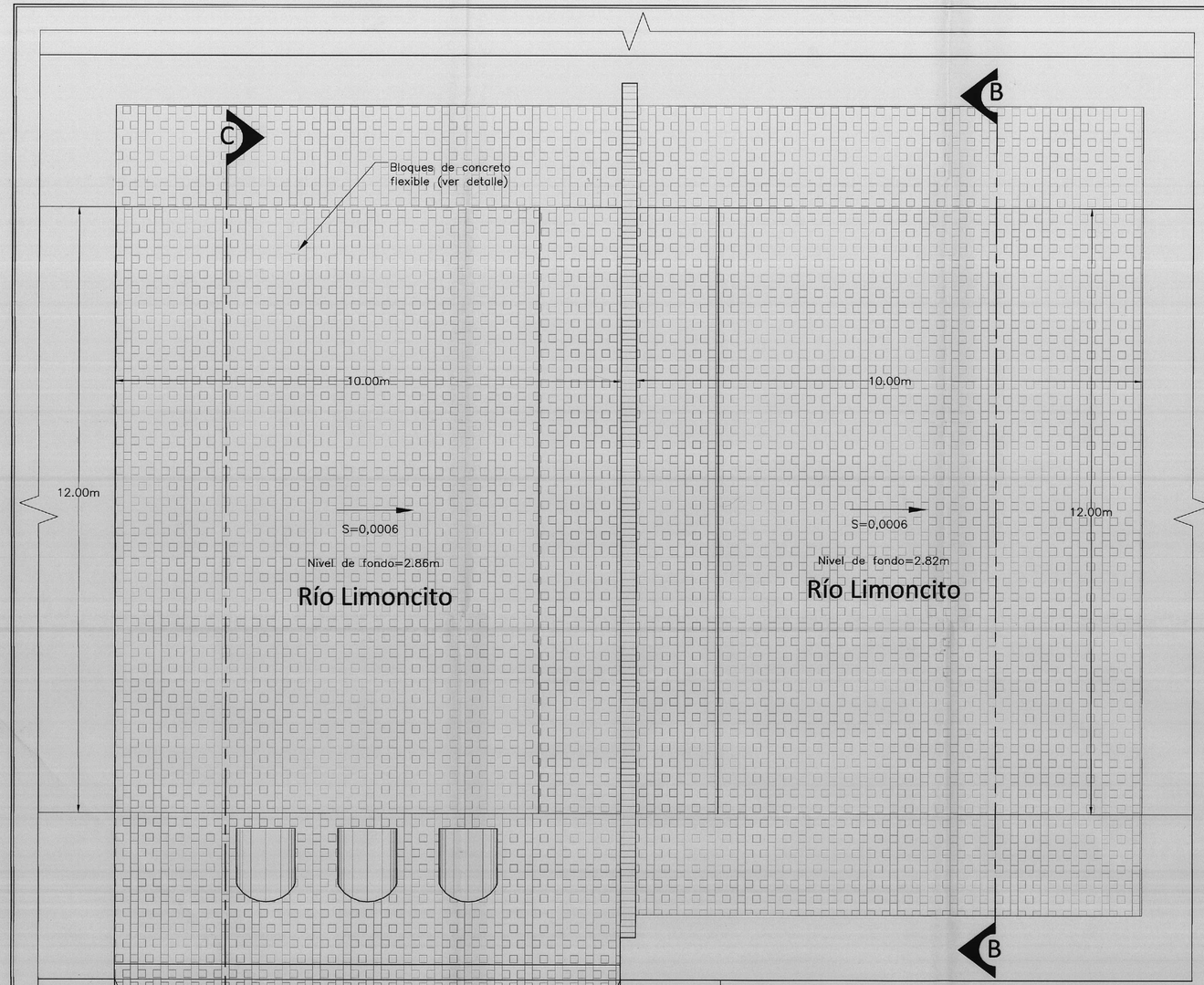
Sección C-C
Escala 1:100



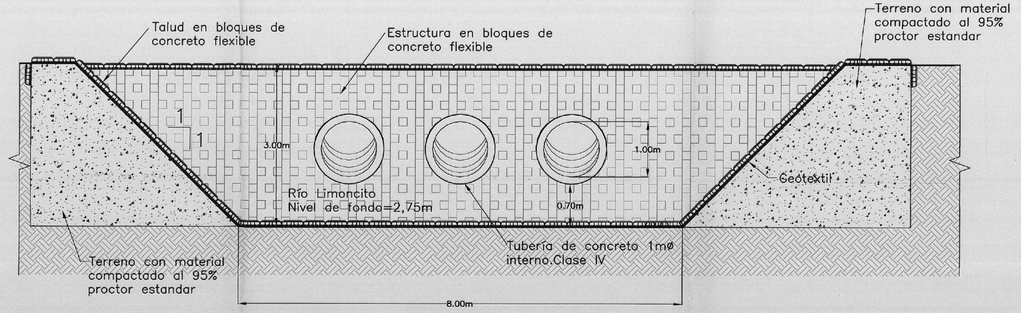
Isométrico

Detalle de Vertedero en Río Limoncito

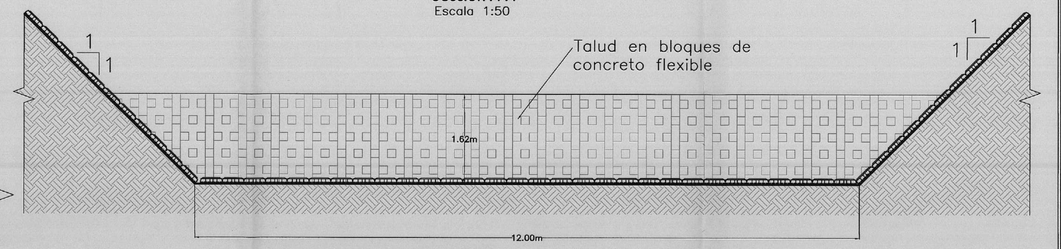
SENARA — I.N.D.E.P. DISEÑO				HOJAS DE REFERENCIA: CIUDAD DE LIMON ESC. 1: 10000	
PROYECTO DE DRENAJE: LIMON CIUDAD PUERTO				UBICACION POLITICA SITUADO EN: LIMON PROVINCIA: 7°LIMON CANTON: 1°LIMON DISTRITO: 1°LIMON	ESCALA: INDICADAS
CONTENIDO: DETALLES DE VERTEDERO					LAMINA No. DV–01
FECHA: JUNIO 2013	DIBUJO: M. VALLADARES	DISEÑO: Ing. A. GONZALEZ	REVISO:	APROBO: Ing. M. COTO	



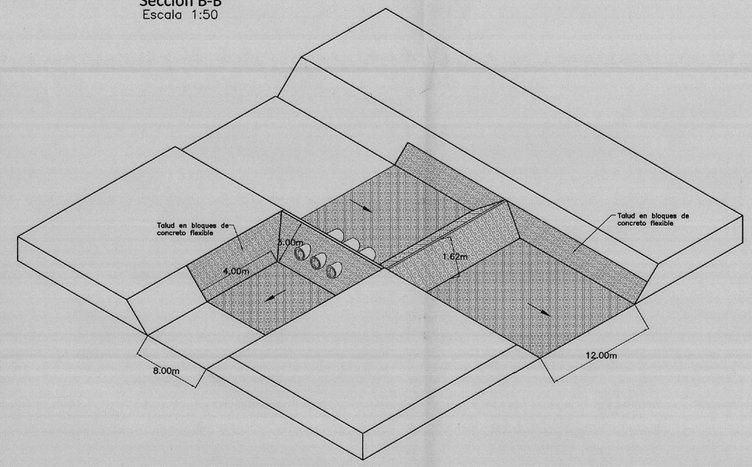
Planta
Escala 1:50



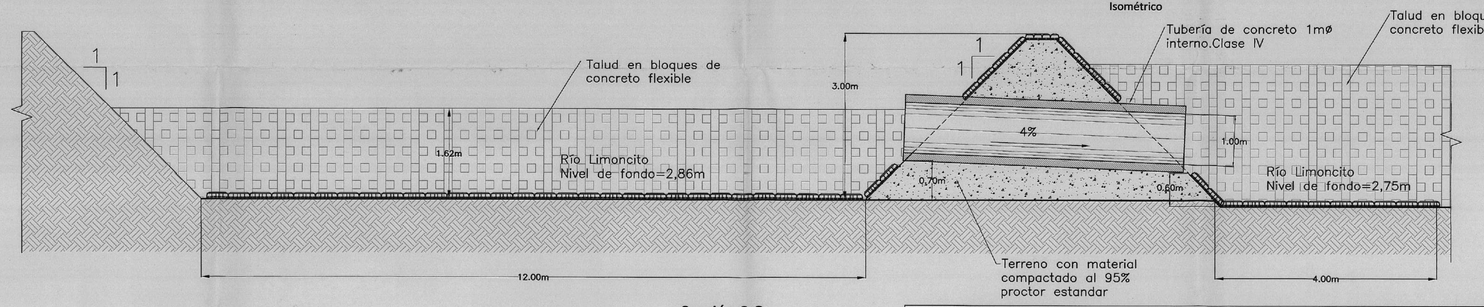
Sección A-A
Escala 1:50



Sección B-B
Escala 1:50



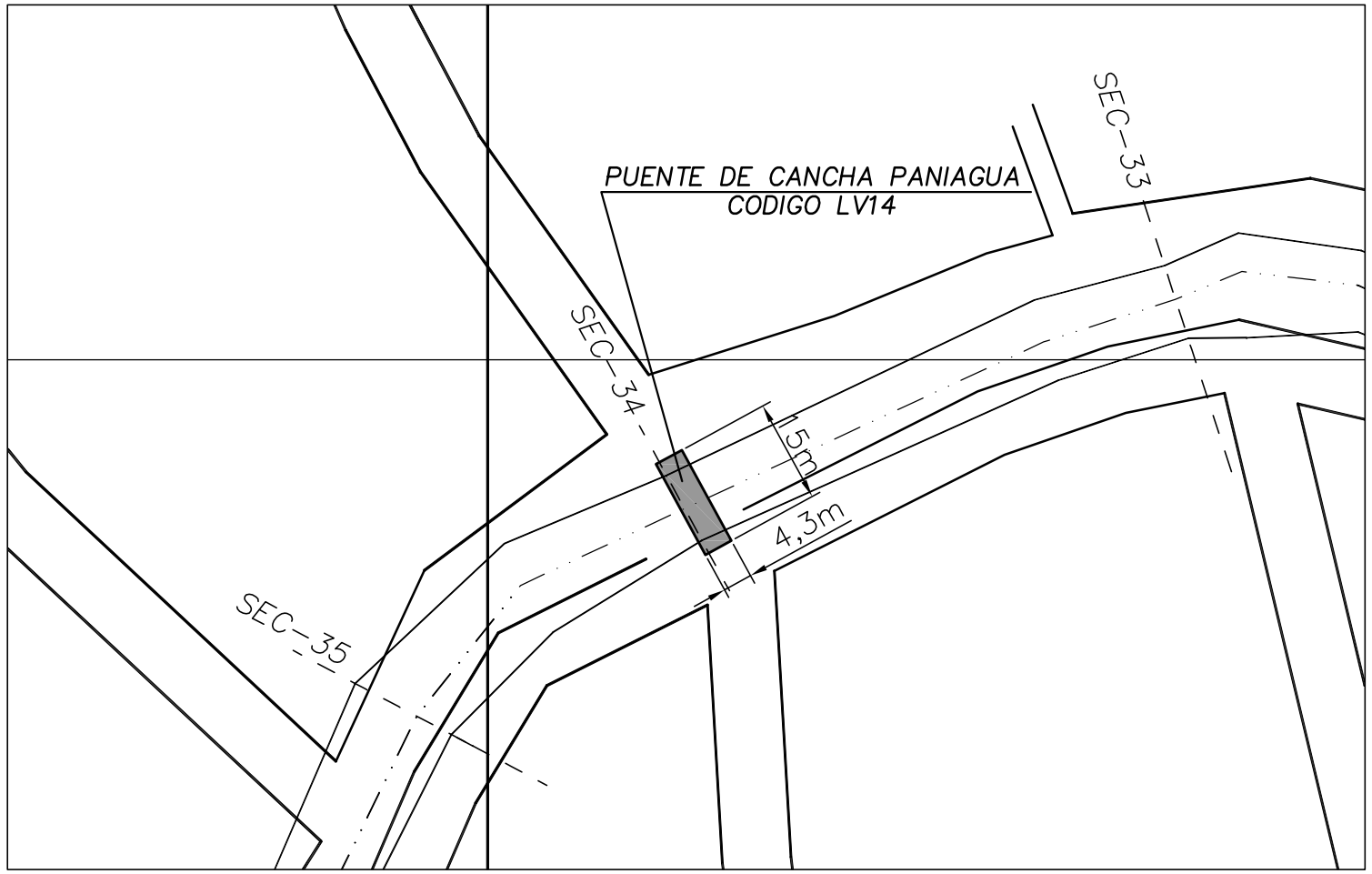
Isométrico



Sección C-C
Escala 1:50

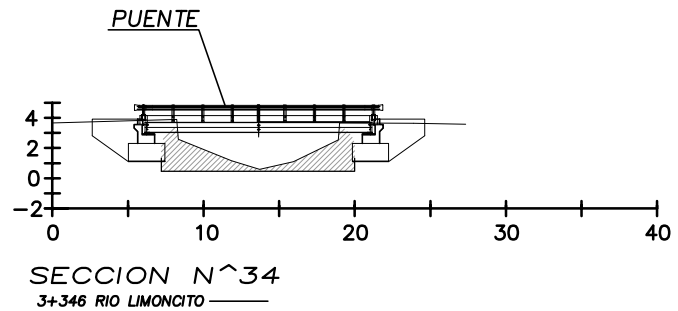
Detalle de Vertedero en Río Limoncito

SENARA — I.N.D.E.P. DISEÑO				HOJAS DE REFERENCIA: CIUDAD DE LIMON ESC: 1: 10000	
PROYECTO DE DRENAJE: LIMON CIUDAD PUERTO				UBICACION POLITICA SITUADO EN: LIMON PROVINCIA: 7°LIMON CANTON: 1°LIMON DISTRITO: 1°LIMON	ESCALA: INDICADAS
CONTENIDO: DETALLES DE VERTEDERO					LAMINA No. DV-02
FECHA: JUNIO 2013	DIBUJO: M. VALLADARES	DISEÑO: ing. A. GONZALEZ	REVISO:	APROBO: Ing. M. COTO	



LONGITUD (m) DE PILOTES PROPUESTOS
PILOTE IZQUIERDO 20.8
PILOTE DERECHO 20.2

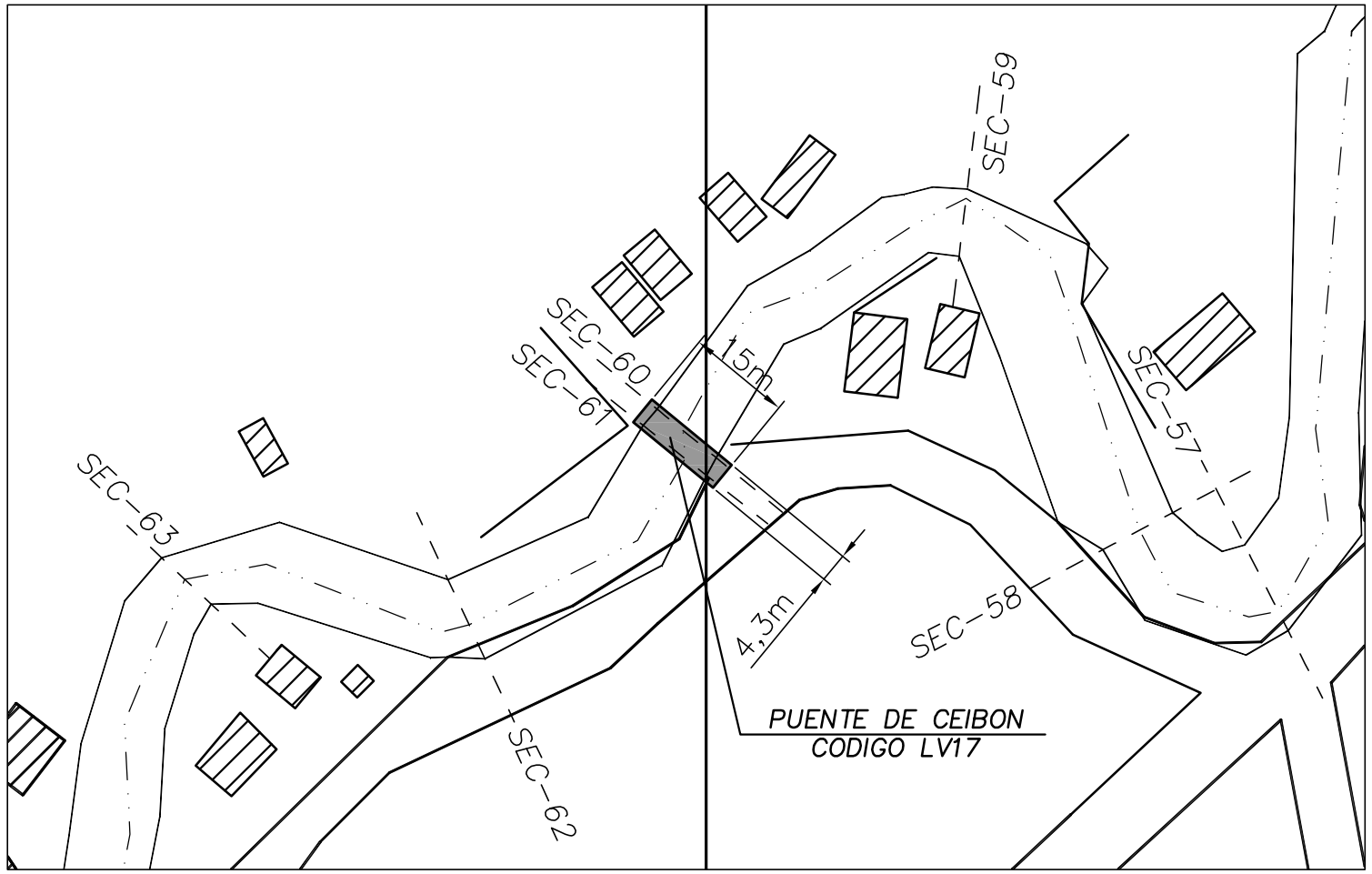
PLANTA
ESCALA 1:1000



SECCION N^34
3+346 RIO LIMONCITO

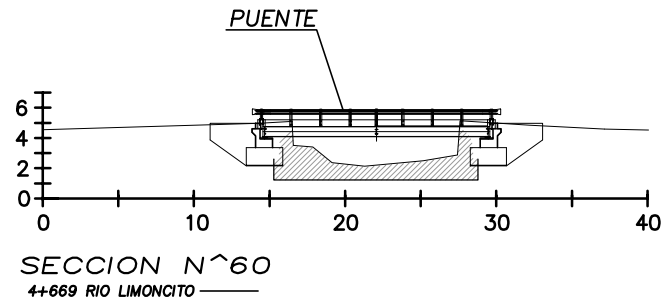
SECCIONES
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 500

SENARA	I.N.D.E.P. DISEÑO			HOJAS DE REFERENCIA: CIUDAD DE LIMON ESC. 1: 10000	
PROYECTO DE DRENAJE LIMON CUIDAD PUERTO				UBICACION POLITICA SITUADO EN LIMON PROVINCIA: 7^LIMON CANTON : 1^LIMON DISTRITO : 1^LIMON	ESCALA : INDICADAS
CONTENIDO : DETALLE DE PUENTE DE CANCHA PANIAGUA					LAMINA No. 4 / 4
FECHA: SETIEMBRE 2013	DIBUJO: M. VALLADARES	DISEÑO: Ing. A. GONZALEZ	APROBO: Ing. MARVIN COTO	CODIGO LV14	



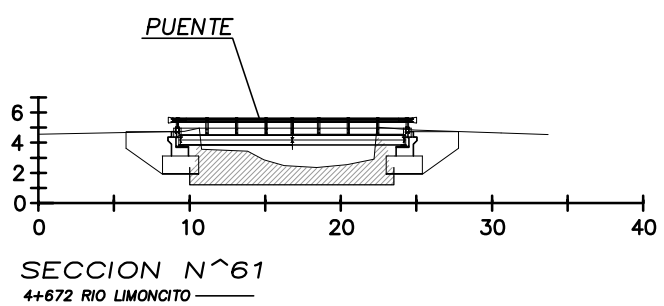
LONGITUD (m) DE PILOTES PROPUESTOS
PILOTE IZQUIERDO 24.3
PILOTE DERECHO 23.8

PLANTA
ESCALA 1:1000



SECCION N^60
4+669 RIO LIMONCITO

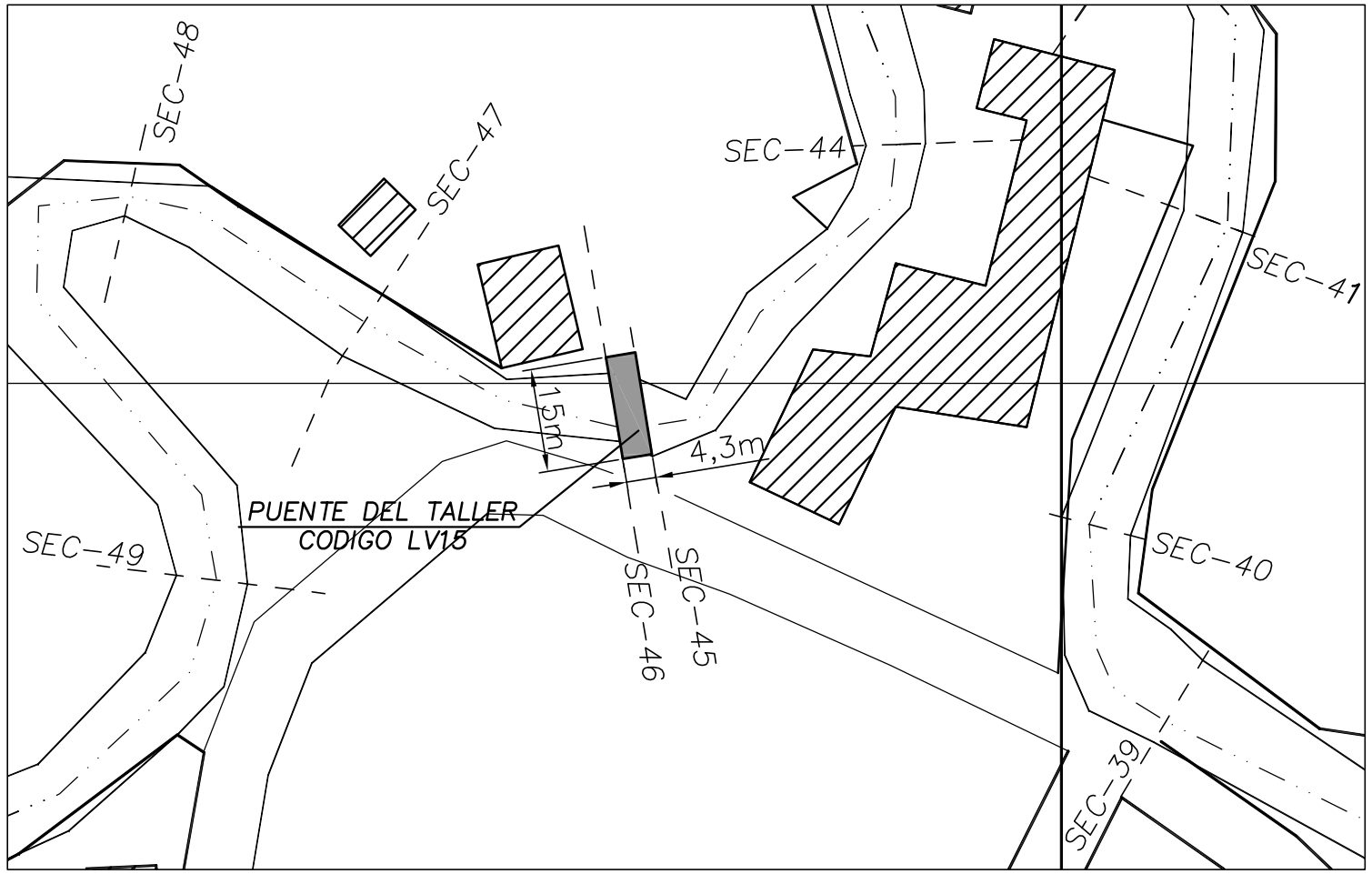
SECCIONES
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 500



SECCION N^61
4+672 RIO LIMONCITO

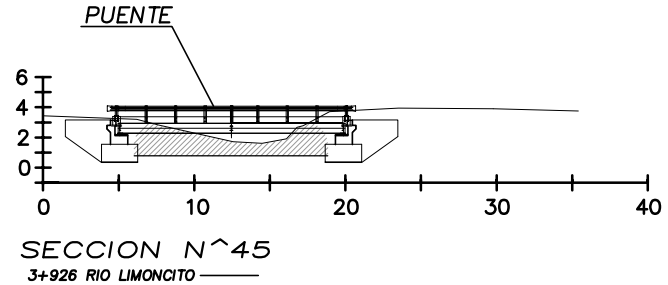
SECCIONES
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 500

SENARA	I.N.D.E.P. DISEÑO			HOJAS DE REFERENCIA: CIUDAD DE LIMON ESC. 1: 10000	
PROYECTO DE DRENAJE LIMON CUIDAD PUERTO				UBICACION POLITICA SITUADO EN LIMON PROVINCIA: 7^LIMON CANTON : 1^LIMON DISTRITO : 1^LIMON	ESCALA : INDICADAS
CONTENIDO : DETALLE DE PUENTE DE CEIBON					LAMINA No. 3/4
FECHA: SETIEMBRE 2013	DIBUJO: M. VALLADARES	DISEÑO: Ing. A. GONZALEZ	APROBO: Ing. MARVIN COTO	CODIGO LV17	



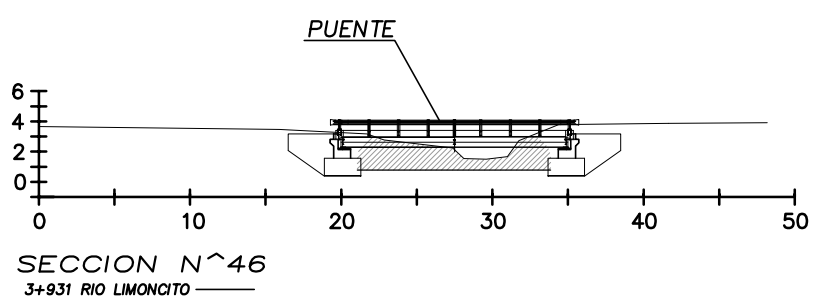
PLANTA
ESCALA 1:1000

LONGITUD (m) DE PILOTES PROPUESTOS
PILOTE IZQUIERDO 19.3
PILOTE DERECHO 19.8



SECCION N^45
3+926 RIO LIMONCITO

SECCIONES
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 500



SECCION N^46
3+931 RIO LIMONCITO

SECCIONES
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 500

SENARA | I.N.D.E.P. DISEÑO

HOJAS DE REFERENCIA:
CIUDAD DE LIMON
ESC. 1: 10000

PROYECTO DE DRENAJE
LIMON CUIDAD PUERTO

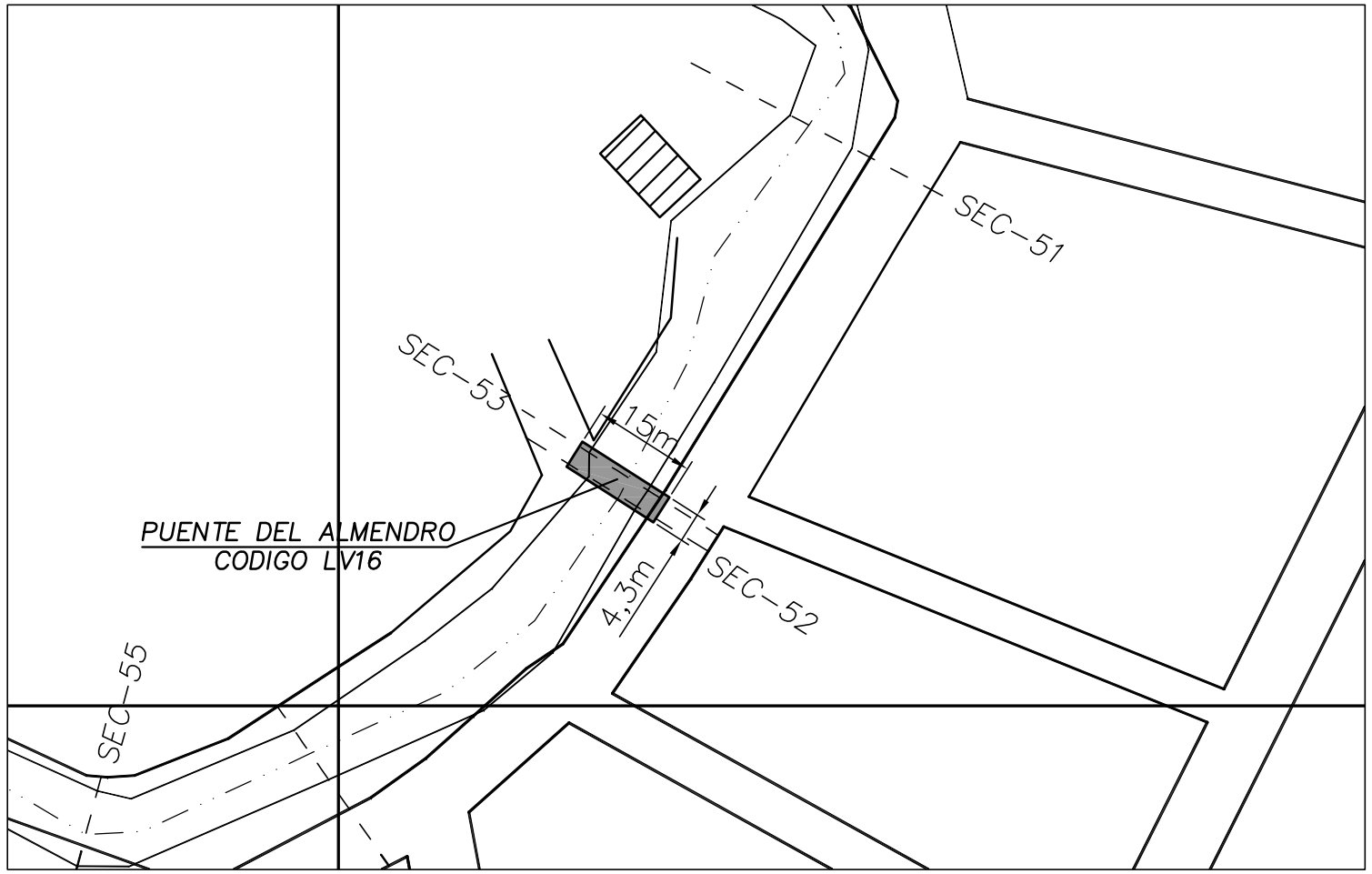
CONTENIDO :
DETALLE DE PUENTE DEL TALLER

UBICACION POLITICA
SITUADO EN LIMON
PROVINCIA: 7^LIMON
CANTON : 1^LIMON
DISTRITO : 1^LIMON

ESCALA :
INDICADAS

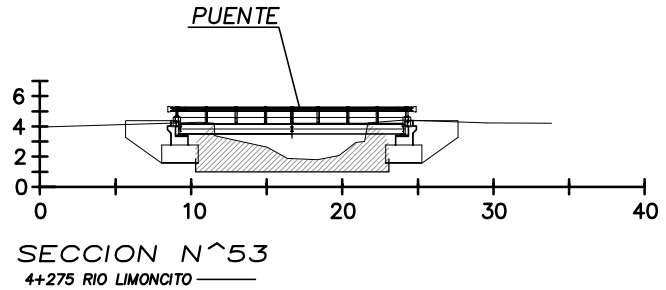
LAMINA No.
1 / 4

FECHA:	DIBUJO:	DISEÑO:	APROBO:	
SETIEMBRE 2013	M. VALLADARES	Ing. A. GONZALEZ	Ing. MARVIN COTO	CODIGO LV15



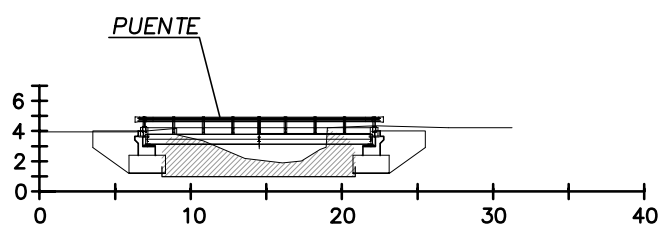
LONGITUD (m) DE PILOTES PROPUESTOS
PILOTE IZQUIERDO 16.8
PILOTE DERECHO 18.4

PLANTA
ESCALA 1:1000



SECCION N^53
4+275 RIO LIMONCITO

SECCIONES
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 500



SECCION N^52
4+277 RIO LIMONCITO

SECCIONES
ESCALA HORIZONTAL 1 : 500
ESCALA VERTICAL 1 : 500

SENARA | I.N.D.E.P. DISEÑO

HOJAS DE REFERENCIA:
CIUDAD DE LIMON
ESC. 1: 10000

PROYECTO DE DRENAJE
LIMON CUIDAD PUERTO

UBICACION POLITICA
SITUADO EN LIMON
PROVINCIA: 7^LIMON
CANTON : 1^LIMON
DISTRITO : 1^LIMON

ESCALA : INDICADAS

CONTENIDO :
DETALLE DE PUENTE DE ALMENDRO

LAMINA No. 2/4

FECHA:	DIBUJO:	DISEÑO:	APROBO:	CODIGO LV16
SETIEMBRE 2013	M. VALLADARES	Ing. A. GONZALEZ	Ing. MARVIN COTO	

Simbología

- Distritos
- Cuenca del Río Limocito
- Área de influencia directa
- R.N.M.V.S. Limoncito
- Ubicación de Estructuras

Mejoras hidráulicas

- Bloques Articulados
- Tablaestaca
- Talud Natural

Mar Caribe

Carreteras

- Cantonales
- Nacionales

Ríos

- Río
- Canales existentes
- Canales nuevos

Quebrada Chocolate
Río Limoncito
Quebrada Chinita
Río Limoncito
Canal Japdeva
Nuevo canal Desvío
Nuevo canal Transvase
Canal Santa Rosa
Vertedor Desvío
Vertedor Japdeva
Vertedor Transvase
Alcantarilla Norte
Alcantarilla Sur
240
32
241
802
36
N
O
E
S
635000
640000
645000
605000
610000
1105000
1100000
215000

Mapa 2.4.1. Obras a desarrollar durante la ejecución del proyecto

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0,6 0,3 0 0,6 1,2 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:35.000

Fuente:
-ATLAS (2008)
-SENARA (2013)
-ProDUS (2013)

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

Simbología

Cuenca del Río Limocito

Refugio de vida silvestre Limoncito

Puntos de referencia

Mejoras hidráulicas

Bloques Articulados

Tablaestaca

Talud Natural

Carreteras

Nacionales

Cantonales

Ríos

Ríos

Canales existentes

Canales nuevos

640000

605000

Afluente de Q.Chocolate

Quebrada Chocolate

Río Limoncito

Estero Cieneguita

Fuerz

Escuela Atilia Mata

EBAI Centro Comunal Los Cocos

Bar Chita

Puente ferrocarril

ENVACO

Punto 4 Lodos

Punto 3 Lodos

Plaza Paniagua

Punto 3 Verdadero

Iglesia Católica

Salón Parroquial Limoncito

Orfanato Los Cocos

Los Lírios (Barrio peligro)

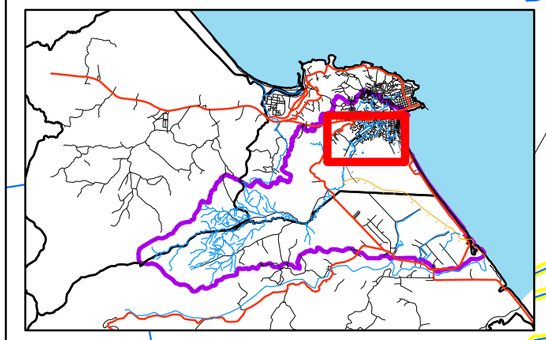
Barrio San Luis

Canal Japdeva

Nuevo canal Desvío

36

Toda la sección del río Limoncito que se intervendrá y no aparece en el mapa no tendrá proteccion en el talud por lo que quedará con el suelo natural



Mapa 2.4.2. Distribucion de la proteción del talud a lo largo del río Limoncito

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

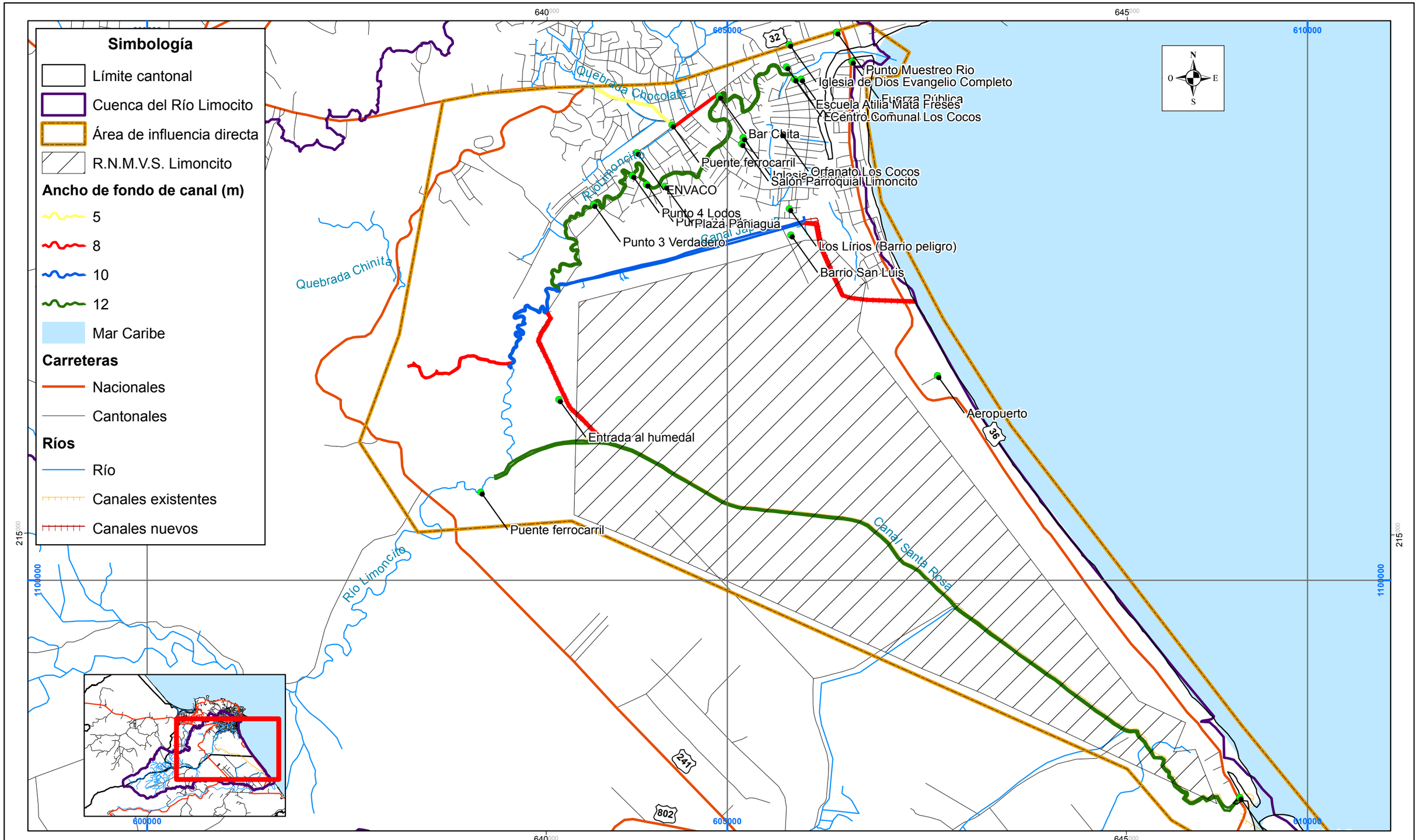
0,15 0,075 0 0,15 0,3 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:10.000

Fuente:
-ATLAS (2008)
-SENARA (2013)
-ProDUS (2013)

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 2.4.3. Ancho del fondo con que quedarán los distintos cauces

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

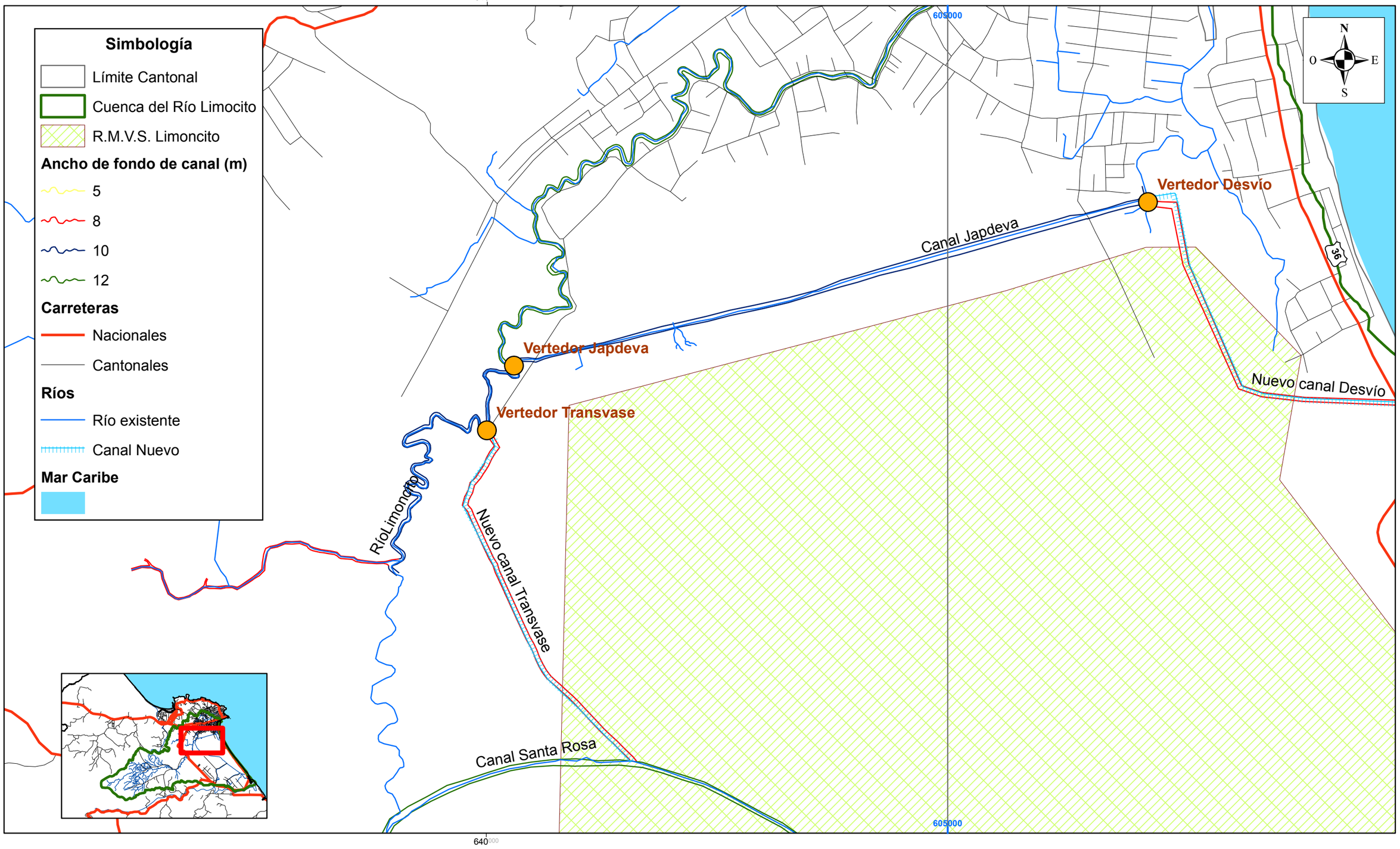
0,5 0,25 0 0,5 1 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:30.000

Fuente:
-ATLAS (2008)
-SENARA (2013)
-ProDUS (2013)

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 2.4.4. Ubicación de los vertededos

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0,2 0,1 0 0,2 0,4 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:12.000

Fuente:
-ATLAS (2008)
-SENARA (2013)
-ProDUS (2013)

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

640000
645000
605000
610000
215000
1100000

ENVACO
Punto 4 Lodos
Punto 2 Lodos
Plaza Paniagua
Punto 3 Verdadero
Canal Japdeva
Los Lírios (Barrio peligro)
Barrio San Luis
Nuevo canal Desvío
Quebrada Chinita
Aeropuerto
Entrada al humedal
Canal Santa Rosa
Puente ferrocarril
241
32

N
O
E
S

Simbología

- Límite Cantonal
- Cuenca del Río Limocito
- R.M.V.S. Limoncito
- Puntos de referencia
- Alcantarilla Norte
- Alcantarilla Sur

Ancho de fondo de canal (m)

- 5
- 8
- 10
- 12

Carreteras

- Nacionales
- Cantonales

Ríos

- Río existente
- Nuevo Canal

Mapa 2.4.5. Ubicación de las alcantarillas

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

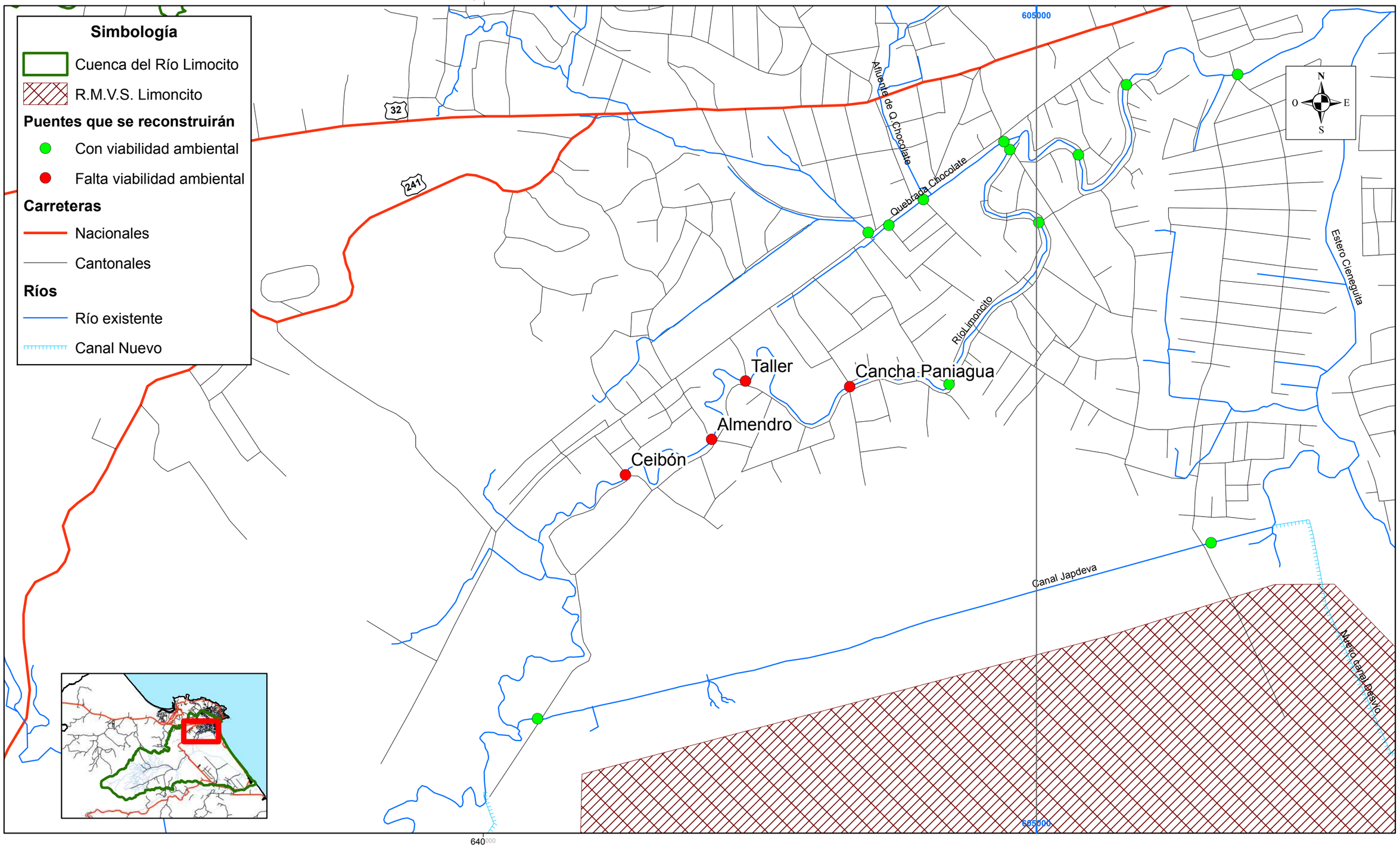
0,4 0,2 0 0,4 0,8 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:25.000

Fuente:
-ATLAS (2008)
-SENARA (2013)
-ProDUS (2013)

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



2.4.6 Puentes que se reconstruirán

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0,15 0,075 0 0,15 0,3 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:10.000

Fuente:
-ATLAS (2008)
-SENARA (2013)
-ProDUS (2013)

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

Anexo 3: Sección 3: Fases de construcción

3.1 EQUIPO Y MATERIALES A UTILIZAR

Durante el desarrollo del proyecto será necesario movilizar gran cantidad de materiales, tanto para construir obras, como para limpiar los distintos cauces. Para realizar esta movilización de todos los materiales y construir algunas obras será necesario utilizar distintos equipos, los cuales son descritos en el presente apartado. Es importante especificar que no se usarán materiales tóxicos o con algún peligro químico asociado.

3.1.1 Materiales

El principal material que se manejará y trasportará en el proyecto será suelo. Este será utilizado en todos los cauces a intervenir y en los dos nuevos canales que se construirán. Además será removido en las zonas donde se construirán las alcantarillas.

3.1.1.1 Río limoncito

Cuando se realice la ampliación del río Limoncito en la parte urbana (aproximadamente 3.900 m) se retirarán aproximadamente 54.600 m^3, estos deberán ser transportados a un sitio externo donde se depositarán. Existe también aproximadamente 2.800 metros de cauce que serán modificados pero que no se encuentran dentro del área urbana, en este tramo los suelos serán depositados en las márgenes de los cauces, el volumen a mover en este tramo será aproximadamente de 40.000 m^3.

También se demolerán 10 puentes los cuales generan un volumen de escombros aproximado a 750 m^3, para realizar la ampliación será necesario cortar ciertos árboles que están ubicados en los márgenes del cauce, los árboles que se cortarán son aproximadamente 370, estos deberán ser desechados en un sitio adecuado.

Para estabilizar el talud de las márgenes del río Limoncito se usarán tablestacas metálicas y bloques articulados de concreto. En total se colocarán 4.400 metros lineales de tablestacas y 7.000 metros lineales de bloques articulados.

Además sobre este río se construirán 10 puentes los cuales demandarán concreto, acero y pequeños movimientos de suelo.

3.1.1.2 Quebrada Chocolate

La quebrada Chocolate será intervenida desde su intersección con el río Limoncito hasta su intersección con la ruta nacional número 32. En el tramo del Bar Chitá al puente del Ferrocarril (aproximadamente 500 m) se realizará un cambio de alineamiento del río por lo que se deberán hacer movimientos de tierra de 25.000 m^3 para excavar el nuevo alineamiento y para rellenar el cauce actual. A partir del puente del ferrocarril y hasta la ruta nacional número 32 (aproximadamente 1.000 metros) se realizará una recava, debido a esta obra será necesario mover 11.500 m^3 de suelo.

Como parte de las labores de limpieza en el cauce también se demolerán puentes que generarán un volumen de escombros cercano a 500 m^3. Además para estabilizar el cauce se colocarán 1.070 metros lineales de tablestacas.

Sobre este río se construirán cuatro puentes los cuales demandarán concreto, acero y pequeños movimientos de suelo.

3.1.1.3 Quebrada Sin Nombre (quebrada Chinita)

En este cauce únicamente se realizará una recava para mejorar la sección hidráulica, se efectuará un movimiento 7.500 m^3, estos serán colocados en las márgenes del cauce por lo que no será necesario transportarlos a un sitio lejano.

3.1.1.4 Canal Japdeva

Este canal será ampliado para mejorar su sección hidráulica en un tramo de 2.300 metros, durante el proceso de recava se moverán 21.900 m^3 los cuales serán depositados en las márgenes del cauce.

También se demolerán dos puentes los cuales generarán aproximadamente 150 m^3 de escombros. Esos dos puentes se reconstruirán, para la reconstrucción de estos dos puentes serán necesarios concreto, acero y pequeños movimientos de suelo.

3.1.1.5 Canal Santa Rosa

Este canal será ampliado para mejorar su sección hidráulica en un tramo de ocho kilómetros, durante el proceso de recava se moverán 180.000 m^3 los cuales serán depositados en las márgenes del cauce.

También se demolerá un puente, esta demolición generará aproximadamente 80 m^3 de escombros. Este puente se reconstruirá, para la reconstrucción de este puente será necesario concreto, acero y pequeños movimientos de suelo.

3.1.1.6 Nuevo canal Trasvase

Para la construcción de este canal será necesario realizar una excavación de 22.800 m^3, la longitud de este canal será de 1.300 metros. Todo el suelo será depositado en las márgenes de los cauces.

3.1.1.7 Nuevo canal Desvío

Para la construcción de este canal será necesario realizar una excavación de 18.400 m^3, la longitud de este canal será de 1.400 metros cuadrados. Todo el suelo será depositado en las márgenes de los cauces.

3.1.2 Equipos

En el río Limoncito y en la quebrada Chocolate será necesario transportar parte del material extraído pues no se puede colocar en las márgenes por falta de espacio. Para transportar este material se utilizarán vagonetas; las rutas que se utilizarán para movilizar estos materiales se muestran en el Mapa 3.1.1, la frecuencia de movilización de las vagonetas será aproximadamente seis vagonetas por hora, una cada diez minutos. Estas vagonetas también serán utilizadas para trasportar todos los escombros que se generen en los puentes que se demolerán.

Para realizar las excavaciones se tiene planeado utilizar una excavadora modelo Caterpillar 320. Con el mismo se podrá hacer la recava en los demás ríos y canales; en caso de que no se utilice este modelo, se propone manejar una excavadora con dimensiones similares.

El hincado de los pitotes en los puentes se hará con un martillo de hidráulico, el mismo se instalará con una grúa móvil. Los puentes serán construidos con concreto colado en sitio, por lo tanto se utilizarán batidoras y camiones mezcladores en caso de que el concreto sea premezclado.

Para colocar bloques articulados se utilizará una retroexcavadora para levantar y colocar los paños de bloques. La colocación de las tablestacas se hará por medio de una grúa móvil y un martillo hidráulico.

Los vertederos serán construidos con suelo granular compactado y sobre este se colocará una protección con bloques. Para construir estas estructuras se utilizará un compactador de bota o una aplanadora vibratoria pequeña para realizar el proceso de compactación del suelo, además por medio de la retroexcavadora o un back hoe se colocarán los paños de bloques articulados que protegerán la estructura.

3.1.3 Rutas de movilización

Para movilizar los distintos equipos durante el proceso constructivo se utilizarán las rutas que se muestran en el Mapa 3.1.1. Estas rutas son angostas, pero si tienen el ancho requerido para el tránsito de vagonetas. Las rutas están ubicadas principalmente en las márgenes de los cauces para evitar invadir el resto de calles de la comunidad.

640000

Simbología

- Área de Influencia Indirecta (AII)
- Área de Influencia Directa (AID)
- Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito
- Puntos de referencia
- Ubicación de Vertederos

Rutas movilización

- Rutas de vagonetas y equipo
- Ruta alterna para camiones de Envaco

Mejoras hidráulicas

- Armoflex
- Tablaestaca
- Talud Natural

Carreteras

- Carreteras nacionales

Ríos

- Río existente
- Nuevo canal

N
O E
S

Iglesia de Dios Evangelio Completo
Fuerza Pu
Escuela Atilia Mata Freses
EBCentro Comunal Los Cocos
Bar Chita
Quebrada Chocolate
Puente ferrocarril
Río Chiquito
Orfanato Los Cocos
Iglesia Católica
Salón Parroquial Limoncito
ENVACO
Punto 4 Lodos
Punto 3 Lodos
Plaza Paniagua
Punto 3 Verdadero
Vertedor Desvío
Los Lirios (Barrio peligro)
Canal Japdeva
Barrio San Luis
Canal Desvío
Vertedor Japdeva
Vertedor Transvase
Quebrada Chinilla
Sitio de dispocisión de residuos sólidos
241
36
605000
640000

Mapa 3.1.1. Rutas de movilización

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0,2 0,1 0 0,2 0,4 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:13.000

Fuente:
SENARA, 2013; Google Earth; ProDUS, 2013

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

3.2.1 Agua potable (Fase Construcción)

A partir de información de la demanda de personal para la etapa de construcción del proyecto, brindada por SENARA (Cuadro 3.2.1-1), se estimó la cantidad de agua potable que demandará el personal durante los 18 meses de duración de la construcción del proyecto.

Cuadro 3.2.1-1. Demanda de personal para la etapa de construcción

Personal según actividad laboral	Mes																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Personal Administrativo	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**
Administrador	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Asistente Administrativo/Calculista	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1
Operadores de Equipo y Maquinaria	**4**	**8**	**9**	**9**	**9**	**11**	**29**	**30**	**26**	**29**	**25**	**18**	**10**	**7**	**7**	**7**	**7**	**2**
Operador Excavadora	1	1	1	1	1	2	5	4	3	6	3	2	2	1	0	1	0	0
Operador Back Hoe	1	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0
Operador vagoneta	1	1	1	1	1	2	10	10	8	8	8	4	1	1	1	1	1	1
Operador tractor	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	2	2	1	0	0	0	0	0
Operador compactadora	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	0
Operador Nivelador	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	0
Operador de Grúa	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0
Operador de chompipa	0	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	0	1	0	1	0	1	0
Operador camión de Agua	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0
Operador Camión	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Operador Equipo impregnación	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Operador Rotomartillo	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Operador Motosierra	0	0	0	0	0	0	1	2	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Otro personal	**9**	**15**	**15**	**19**	**19**	**19**	**37**	**34**	**27**	**21**	**25**	**23**	**13**	**10**	**10**	**9**	**9**	**7**
Peones	3	7	7	10	10	10	25	21	15	10	15	15	7	4	4	4	4	4
Maestro de obras	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	1	1	1
Armador	1	2	2	3	3	3	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Soldador	1	1	1	1	1	1	2	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1
Mecánico	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0
Asistente de mecánico	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	0
Operador camión de Agua	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Personal	**15**	**25**	**26**	**30**	**30**	**32**	**68**	**66**	**55**	**52**	**52**	**43**	**25**	**19**	**19**	**18**	**18**	**11**

Fuente: SENARA, 2013

La construcción del proyecto será una fuente de trabajo para los habitantes de la zona de estudio, por lo que se espera que la mayoría del personal sea local. Sin embargo, como algunos operarios deberán ser especializados (según el tipo de tarea), el reclutamiento de personal por parte de la empresa constructora dependerá de esta condición.

Según información no oficial brindada por SENARA, no se requerirán campamentos ni estaciones móviles grandes para albergar a operarios, pues se espera que en su mayoría residan muy cerca del sitio. Por este motivo, los cálculos de dotación de operarios no contemplarán actividades personales como: preparación de alimentos, ni lavado de ropa.

Para el caso de los operarios en campo, se utilizarán servicios sanitarios de tipo cabinas, por lo que no se estará contabilizando el agua para descarga de tanques de servicios sanitarios. Sin embargo, se debe realizar un buen manejo de las aguas residuales que se generen por parte de los operarios durante la construcción del proyecto, aspecto que será retomado en la **sección 3.3 Disposición de desechos y residuos ordinarios, especiales y peligrosos** de este documento.

Con respecto al manejo de los materiales, se construirán planteles donde se almacenarán los materiales y maquinaria. A pesar de que en ProDUS-UCR no se conoce la planificación y ubicación de estos planteles, posiblemente existirá alguna instalación de agua potable para el lavado de instrumentos, máquinas o aseo en general. Este tipo de agua se conoce como de tipo "Auxiliar", la cual no se contemplará en los cálculos.

Actualmente ProDUS-UCR no cuenta con la información referente a la cantidad de personal del área de ingeniería. Los cálculos de consumo de agua se harán suponiendo dos ingenieros en la obra. Así mismo, ProDUS-UCR no cuenta con la ubicación del personal del área administrativa y de ingeniería. Dos posibles maneras de ubicarlos durante el proyecto son: (a) alquilando una vivienda equipada cerca de la zona y utilizarla como oficina base, o (b) alquilando contenedores de camiones equipados como estaciones de oficina móviles.

En el caso de alquiler de una vivienda (para cuatro personas), el cálculo de dotación incluirá aspectos como: uso de servicios sanitarios, duchas, preparación de alimentos y otras, lo que correspondería a una dotación de 35 m^3/m/p (metros cúbicos por mes por persona) que equivale a 290,90 l/d/p (litros por día por persona) (Camacho, 2005). Para el caso de los operarios, se estima una dotación de 100,0 l/d/p (valor para trabajadores industriales del Manual Técnico del Departamento de Aguas del IMN, 2004).

Al realizar los cálculos de consumo de agua para todo el personal para la opción (a) de alquiler de una vivienda, el máximo consumo de agua se dará en el mes 7, con un consumo aproximado de 233 m^3/mes, lo que se asemeja al consumo de agua de 6 viviendas habitadas con cuatro personas.

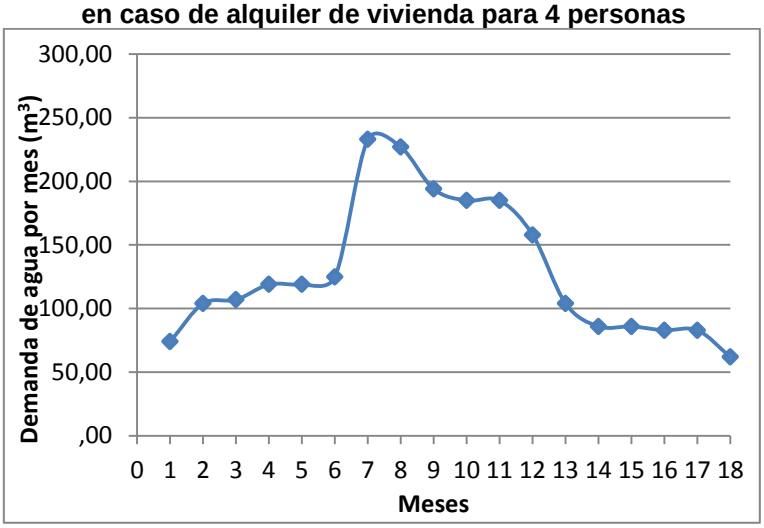
En el cuadro 3.2.1-2 se resumen los cálculos de cantidad de agua necesaria por mes, para consumo del personal en caso de alquiler de una vivienda para 4 personas (para el personal administrativo y de ingeniería) y con la cantidad de operarios indicados en la Tabla 3.2.1-1. Así mismo, en la Gráfico 3.2.1-1 se muestra de manera gráfica la información a lo largo de todo el período.

Cuadro 3.2.1-2. Consumo de agua por mes durante la construcción del proyecto en caso de alquiler de vivienda para 4 personas

Personal por tipo de labor	Meses																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Personal administrativo y de ingeniería por mes	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Operarios de maquinaria, peones, maestros de obra y otro personal por mes	13	23	24	28	28	30	66	64	53	50	50	41	23	17	17	16	16	9
Consumo de agua por mes (m^3/mes)	74	104	107	119	119	125	233	227	194	185	185	158	104	86	86	83	83	62

Fuente: Adaptado de SENARA, 2013. Elaborado por ProDUS-UCR.

Gráfico 3.2.1-1. Gráfico de consumo de agua por mes durante la construcción del proyecto en caso de alquiler de vivienda para 4 personas



Fuente: Adaptado de SENARA, 2013. Elaborado por ProDUS-UCR

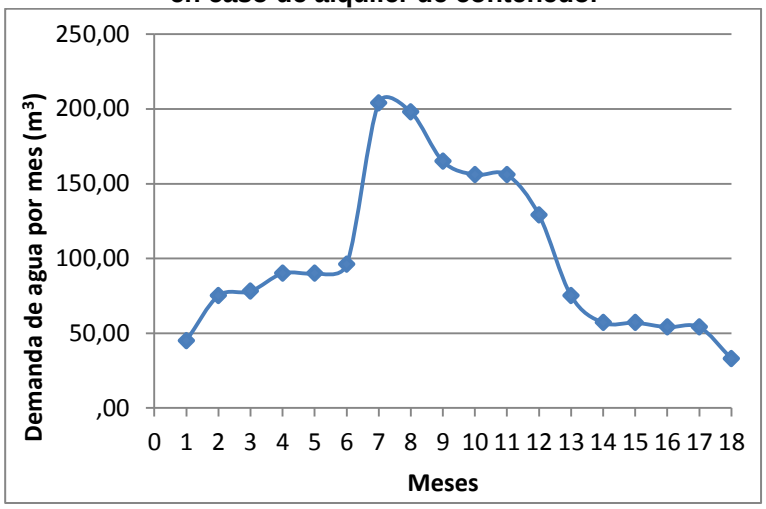
Para la opción (b) de alquiler de contenedor, al no contar con servicio sanitario, cocina equipada, ni espacio para lavado de ropa, los valores se reducen considerablemente, obteniéndose un consumo máximo en el sétimo mes de 204,0 m^3/mes, que equivale al consumo normal de 5 viviendas habitadas con cuatro personas cada una. En el cuadro 3.2.1-3 se muestran los resultados del cálculo y en la Gráfico 3.2.1-2 el gráfico correspondiente.

Cuadro 3.2.1-3. Consumo de agua por mes en caso de alquiler de contenedor

Personal por tipo de labor	Meses																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Total Personal laborando por mes	15	25	26	30	30	32	68	66	55	52	52	43	25	19	19	18	18	11
Consumo de agua por mes (m^3/mes)	45	75	78	90	90	96	204	198	165	156	156	129	75	57	57	54	54	33

Fuente: Adaptado de SENARA, 2013. Elaborado por ProDUS-UCR.

Gráfico 3.2.1-2. Gráfico de consumo de agua por mes durante la construcción del proyecto en caso de alquiler de contenedor



Fuente: Adaptado de SENARA, 2013. Elaborado por ProDUS-UCR

Como referencia, para las tareas y actividades propias de la construcción, según la Ing. Flor Muñoz de la Escuela de Ingeniería Civil de la UCR, se tiene que para la elaboración de mezcla de concreto, se requerirán aproximadamente 216 litros de agua por metro cúbico de mezcla de concreto (216 L/m^3). Este valor es un poco menor al estimado en el Valle Central (240 L/m^3), pues por el tipo de clima de la zona, los agregados tendrán mayor porcentaje de humedad, lo que reduce la cantidad de agua necesaria para una mezcla adecuada. Lo anterior considerando una relación de agua-cemento de 0.54.

Para establecer la cantidad de litros necesarios de agua para estas actividades, es indispensable la información de metros cúbicos de mezcla de concreto y mortero.

Cabe mencionar que, el agua calculada para el proceso constructivo en estudio, será una estimación aproximada, pues muchas diferentes actividades del proceso constructivo no se contemplan dentro de los cálculos.

3.2.2 Energía Eléctrica (Fase Construcción)

La disponibilidad de energía eléctrica es un servicio básico necesario para la realización del proyecto constructivo y para suplir las necesidades básicas de todo el personal del proyecto.

La mayor cantidad de actividades de construcción requerirán energía térmica producto de vehículos y maquinaria con motores de combustión interna, tales como: excavadoras, back-hoe, vagonetas, tractores, compactadores, niveladores, grúas, chompipa, camiones, motosierra, entre otras, las cuales utilizan como combustible principalmente el diésel.

Para este proyecto, los aspectos que requerirán energía eléctrica son principalmente: uso de equipo o maquinaria eléctrica (por ejemplo: máquina de soldar, algunos rotomartillos y taladros), iluminación de áreas de trabajo y señalización (para los casos que se requiera mayor iluminación), y para las actividades básicas de los operarios (por ejemplo alimentación).

Según lo indicado por el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA), el proyecto se realizará en horario diurno, lo que corresponde a un rango de horas desde las 6:00am hasta las 8:00 pm. Por lo tanto, aquellos trabajos que se realicen después de las 5:30pm deberán contar con iluminación, tanto en el área de trabajo como en el plantel, por lo que deberá contemplarse este aspecto a nivel de conexiones y consumo de energía eléctrica.

Mediante el análisis del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2011 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censo (INEC), se pudo determinar que hay cobertura del servicio eléctrico en la zona, por lo que se puede constatar que habrá acceso a electricidad para la realización del proyecto, esto principalmente en el área urbana.

En el Mapa 3.2.2-1: "Porcentaje de viviendas por UGM que cuentan con electricidad en el área de influencia directa" se puede observar que en la zona baja de la cuenca del Río Limoncito, el servicio eléctrico es abastecido por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y tiene una cobertura de más del 95% de las viviendas. En la sección media de la cuenca, hacia el Este, se encuentra el Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito (R.N.M.V.S. Limoncito) área que es cruzada por el Canal Santa Rosa, y que parte de ésta sección no cuenta con el servicio de energía eléctrica por las condiciones del sitio, lo que deberá contemplarse en caso de realizar trabajos en esta zona.

Para ampliar la información sobre energía eléctrica en el sitio, se puede revisar la sección 7.4.5. Energía Eléctrica (Línea Base) y el Mapa 7.4.5-1: "Porcentaje de viviendas por UGM que cuentan con electricidad en la zona de estudio".

Comentarios Finales

En general, la mayoría de las actividades de construcción requerirán necesidades de potencia eléctrica bajas, por lo que no se considera impacto negativo que afecte la demanda de energía que tiene la población que reside en la zona de realización del proyecto.

Simbología

- Poblados
- Ríos
- Carreteras Cantonales
- Carreteras Nacionales
- Área de influencia directa
- R.N.M.V.S. Limoncito
- Barrios
- Cuenca del Río Limoncito

Cobertura del servicio eléctrico

- ICE Completamente
- ICE Predominantemente
- Sin electricidad 47%, ICE 41%, otra fuente 12%
- Sin electricidad predominantemente
- Sin electricidad completamente
- ND

Urbanizacion 1
Cuare
Urbanización Gertrudis
Corales 1
Cielo Amarillo
Bambú
Quebrada Chocolate
Pueblo Nuevo
San Juan
Río Limoncito
Juan Pablo II
Los Cocos
Cieneguita
Colina
Juan Gobán
Limoncito
El Carmen
Cieneguita
El Trébol
En Ceibón
Los Lírios
Urbanización Atlantida
Canal JAPDEVA
San Lius
Quebrada Sin Nombre
Océano Atlántico
R.N.M.V.S. Limoncito
Santa Rosa
Westfalia
Canal Santa Rosa
Beverly

Portete
Piuta
Moín
Liverpool
Sandoval
Río Blanco
Colonia Santa Rita
Cieneguita
Santa Rosa
Westfalia
Trébol
Beverly
Bomba
Dondonia

Vista general de los UGM incluidos dentro de la cuenca del Río Limoncito.

Escala 1:200.000

Notas: (1) UGM: Unidades Geoestadísticas Mínimas. Divisiones utilizadas por el INEC para el Censo Nacional 2011.
(2) El término "completamente" incluye los porcentajes de cobertura mayores a 95%, mientras que "predominantemente" incluye los porcentajes de cobertura del 51% al 95% para cada UGM.

Mapa 3.2.2-1 Porcentaje de viviendas por UGM que cuentan con electricidad en el área de influencia directa

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"

0,6 0,3 0 0,6 1,2 Kilómetros

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:35.000

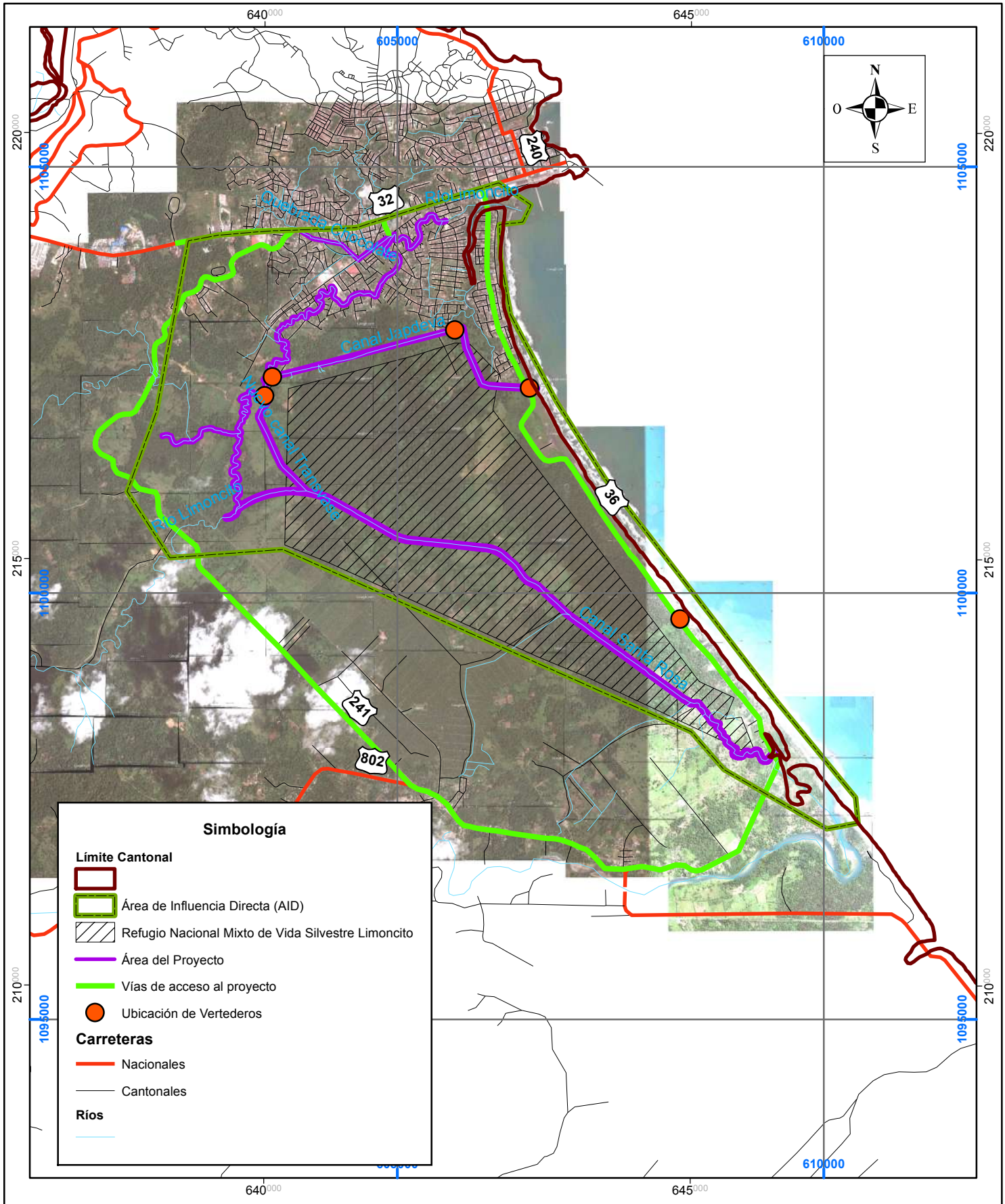
Fuente: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50.000,
INEC, Censo 2011.
SENARA, 2013.

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

3.2.3 Vías de acceso al proyecto

El proyecto se desarrollará en la parte sur de la ciudad de Limón ciudad de Limón, en el Mapa 3.2.3.1 se muestran las rutas utilizadas para ingresar al área del proyecto. La principal ruta de acceso es la ruta nacional número 32, esta está ubicada en la parte norte del AP, la calle es ancha y transitada, esta se utilizará para el ingreso de materiales al proyecto. Para llegar hasta la zona del puente Westfalia se utilizará la ruta nacional número 36 y en caso de existir algún problema con la ruta 36 se utilizaría la ruta nacional 241 como alternativa. Todas las rutas utilizadas poseen las características necesarias para que transiten camiones y vagonetas por lo que no será necesario realizar alguna modificación para que ingrese la maquinaría.

Una vez en el área del proyecto, la movilización se realiza en las calles que están paralelas a los cauces, estas están ubicadas en zonas residenciales y poseen un ancho reducido, no obstante es la única forma de accesar a los cauces. Las rutas utilizadas para la movilización dentro del área del proyecto se muestran en el apartado 3.1.



Mapa 3.2.3.1 Vías de acceso al proyecto

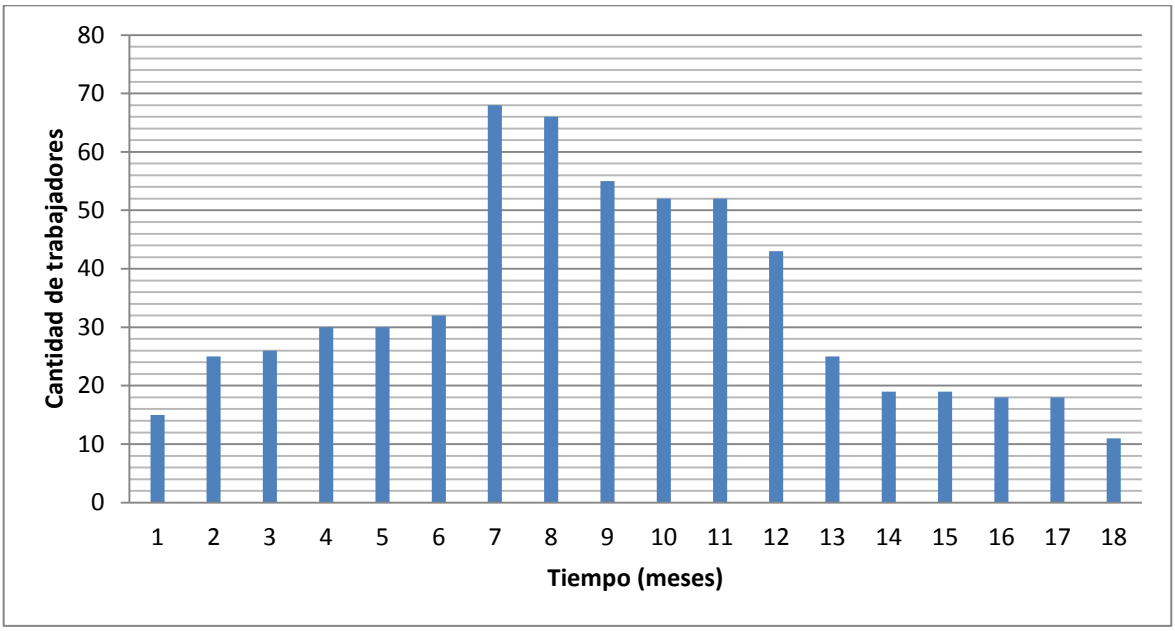
Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	1.000 500 0 1.000 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:60.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

3.2.4 Mano de obra y planteles

Debido a la magnitud del proyecto toda la mano de obra que se utilice será de la zona. La mano de obra estará compuesta por choferes de vagonetas, excavadora, back hoe, soldadores, armadores, mecánicos, peones, maestro de obras, entre otros. En la zona se cuenta con este tipo de mano de obra, por lo que no será necesario utilizar campamentos. Sin embargo se debe disponer de un lugar en el que los trabajadores puedan satisfacer las necesidades básicas. Este lugar debe ser proporcionado por la empresa encargada de la construcción, en el plan de mitigación de impactos se indicarán los requisitos que debe cumplir este lugar, con el fin de disminuir el impacto que éste pueda generar.

Gráfico 3.2.4.1 Cantidad de personal necesario para la construcción del proyecto.



Fuente: ProDUS, 2013

Para guardar la maquinaría que se utilice será necesario tener un plantel, la ubicación de éste se desconoce en la actualidad, no obstante en los términos de referencia de la licitación se establecerán los requisitos que debe cumplir este sitio.

3.3 DISPOSICIÓN DE RESIDUOS

La generación de residuos producto de las actividades constructivas como el movimiento y operación de maquinaria; extracción, almacenamiento y transporte de material, entre otras, se puede considerar como una de las causas más visibles de impacto ambiental que podría traer la realización del proyecto.

Es por esto que en esta sección se analizan los diferentes fuentes generadoras de residuos dentro del proyecto, con el fin de dar recomendaciones para su manejo y que se reduzca el impacto que estos puedan tener sobre el ambiente. Entre estas fuentes se pueden mencionar:

- Residuos generados por las excavaciones necesarias en la ampliación de los cauces que lo requieren: sólidos especiales (lodos provenientes del fondo del cauce, estos se deben disponer en un sitio de disposición que cumpla con los requisitos para hacerlo).
- Demolición de la infraestructura existente que así lo requiera: sólidos especiales (escombros),
- Residuos generados por los trabajadores del proyecto: sólidos ordinarios (empaques de comida, entre otros), líquidos ordinarios (excretas, manejo de los baños portátiles). Separar los residuos reciclables generados por los trabajadores del proyecto.
- Residuos gaseosos: polvos o partículas mínimas, producto de las actividades constructivas del movimiento y operación de maquinaria.

3.3.1 Manejo, traslado y disposición de lodos extraídos durante la limpieza y ampliación de las márgenes del cauce del río Limoncito y sus afluentes

Según la Real Academia Española, se define lodo como "*mezcla de tierra y agua, especialmente la que resulta de las lluvias en el suelo"* (RAE, 2013). En nuestro caso se entenderá *lodo de río* (o cieno) como la masa debida a la mezcla de tierra, agua y materiales disueltos, que se forma por deposición de los materiales en el fondo del río.

El lodo de río se obtendrá como resultado de los procesos de limpieza, emparejado y ampliación de las márgenes del río Limoncito y sus afluentes, donde la extracción de este material se realizará con el fin de mejorar la capacidad hidráulica del cauce del río y las quebradas que lo alimentan.

Debido a que la extracción de lodos de río en grandes volúmenes no es una práctica frecuente, no existen leyes que regulen las condiciones en las cuales se deben disponer, siendo lo más común que se sitúen en las mismas márgenes del río. Sin embargo, las condiciones urbanas alrededor del río Limoncito y sus afluentes, sumado a la ausencia de un correcto sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento, hacen que los cauces de agua citados sean usados como alcantarillas abiertas en las cuales se deposita todo tipo de aguas residuales y desechos sólidos. Esto hace que las concentraciones de elementos contaminantes sea mayor a la que regularmente se encuentra en la cuenca de un río (ver sección 5.4.1.1), repercutiendo en que los lodos de río a extraer necesiten de consideración especial al ser removidos y depositados en otro lugar, con el fin de no alterar el equilibrio ecológico en la zona donde se dispongan, esto no sólo por la

contaminación presente sino por sus características, que pueden diferir considerablemente de las particularidades del suelo en donde se dispongan.

Teniendo en consideración que el material puede ser dispuesto en diversas condiciones, se puede considerar utilizarlo como un suelo de desecho, en dicho caso se debería depositar en un relleno sanitario. Si el mismo presenta condiciones que lo acercan más a una tierra aprovechable para desarrollar actividades agropecuarias, se podría hacer su disposición en un campo abierto y posteriormente aprovecharlo para cultivo. Para determinar cuál es el tratamiento óptimo para el material se realizó un proceso de muestreo en el río Limoncito, con el fin de determinar la composición química del lodo y poder justificar con criterio técnico la recomendación de disposición del material.

3.3.1.1 Clasificación de lodos según su contenido de contaminantes

Debido a la diversidad de fuentes de donde puede provenir, el lodo se clasifica en función de su nivel de toxicidad, parámetro que también indica la forma de manejo que se le puede dar.

Dentro de esta clasificación, según cita Mendívil (2008), se encuentra:

Prioridad I: lodos orgánicos e inorgánicos con baja concentración de contaminantes tóxicos y fácilmente biodegradables. Este tipo de lodo puede ser reutilizado como fertilizante, dependiendo de su composición. De manera alternativa se sugiere su disposición en un relleno sanitario o su incineración, sin embargo el costo asociado a esta última opción la hace poco atractiva.

Prioridad II: lodos orgánicos e inorgánicos con bajas concentraciones de contaminantes tóxicos pero donde los orgánicos no son fácilmente biodegradables. En este caso es común que se den procesos de compostaje, o disposición en rellenos sanitarios.

Prioridad III: lodos orgánicos e inorgánicos que contienen contaminantes tóxicos. Su disposición suele hacerse en mono-rellenos (espacios dispuestos especialmente para la colocación de lodos, los cuales son dispuestos y cubiertos periódicamente).



Fotografía 3.3-1 Recolección de muestras en la quebrada Chocolate
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013.



Fotografía 3.3-2 Recolección de muestras en el río Limoncito.
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013.

Con el fin de caracterizar el tipo de lodo que se puede extraer del cauce del río Limoncito y la quebrada Chocolate, se realizaron muestreos en varias locaciones (ver Mapa 3.3.1-1) con el fin de conocer los valores de distintos elementos presentes en el suelo, realizándose los correspondientes ensayos en el Laboratorio de Suelos y Foliares de la Universidad de Costa Rica (UCR).

El proceso de muestreo se realizó siguiendo las recomendaciones del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica (CIA-UCR). Para esto se tomaron 15 muestras de lodo de puntos cercanos entre sí por cada sección del río a analizar. Estas muestras se mezclaron con el fin de garantizar similitud de condiciones con el lugar analizado y de aquí se obtuvieron los 4 especímenes de 0,5 kg cada uno, que se enviaron a analizar al Laboratorio de Foliares y Suelos del CIA-UCR.

3.3.1.2 Condiciones iniciales de los lodos

Existen ciertas condiciones que se deben considerar para el tratamiento y disposición final de los lodos, de acuerdo a las características presentes en los mismos. Como se indica en el Cuadro 3.3.1-1, los contenidos de materia orgánica, el contenido de agua en el lodo y los organismos potencialmente peligrosos se deben considerar para el uso y disposición final que se le pretenda dar al lodo.

Cuadro 3.3.1-1. Consideraciones en los lodos residuales.

Característica	Efecto
Alto contenido de materia orgánica fácilmente biodegradable	Putrefacción. • Imposibilidad de disponer en rellenos sanitarios • Malos olores • Atracción de vectores • Difícil secado natural
Elevado contenido de Agua	Gran Volumen. • Imposibilidad de disponer en rellenos sanitarios • Alto costo de transporte • Atracción de vectores
Presencia de organismos potencialmente peligrosos	Sanitario. • Particularmente importante si se evalúa un método de disposición a través del reúso agrícola

Fuente: www.guiaambiental.com.ar, 2013.

Para el caso de las condiciones físico-químicas del lodo, mostradas en el Cuadro 3.3.1-2, se obtienen valores elevados de humedad, como es de esperarse de lodos extraídos del lecho del río, en tanto que el pH se muestra estable según los estándares de suelos. Sin embargo, según recomienda Bertsch (2013), para su uso como abono orgánico la humedad debería de estar por debajo del 40%, por lo que sería necesario someterlo a procesos de secado para que cumpla con este criterio.

Cuadro 3.3.1-2. Condiciones físico-químicas generales de las muestras de suelo.

Muestra	Humedad	pH (potencial de hidrógeno)	Conductividad Eléctrica
	%		mS/cm
Río Limoncito Bajo	41	7,7	1,7
Río Limoncito Medio	70	6,7	1,0
Río Limoncito Arriba	40	8,0	0,6
Quebrada Chocolate	55	7,8	2,1

Fuente: Laboratorio de Suelos y Foliares, 2013.

Esta alta humedad debida al origen del lodo, hace que su traslado y disposición sean complicados, siendo necesario tener en consideración que no es recomendable trasladar un suelo con tal alto contenido de humedad en un transporte que permita la pérdida de volumen por derrame –considerar la calidad del agua de los ríos (ver sección 5.4.1.1) – como lo son camiones tipo cisterna o similares que garanticen que no habrá derrames al ser transportado de camino.

Es aconsejable que antes de la disposición final de los lodos, estos se sometan a procesos de secado, con el fin de facilitar su manejo y la estabilidad del terreno en caso de ser dispuestos en rellenos o como terrenos agrícolas. Con tal fin, se podría disponer de espacios abiertos (lechos de secado) con un sistema de drenaje adecuado, que permitan

la disposición de capas delgadas del material (menores a medio metro), de manera tal que se puedan dar procesos de drenaje y evaporación de manera conjunta. Se debe tomar en cuenta que este proceso es sensible a las condiciones climáticas, por lo que es recomendable hacerlo en época seca, o inclusive se puede contemplar en una espacio techado debido al clima de la zona. En condiciones propicias, se puede reducir hasta un 60% de la humedad inicial en cuestión de tres días (Guía Ambiental, 2010). Como consideración adicional, el proceso de secado se realiza con intervención de mano de obra, al ser necesario esparcir y recoger el material utilizando pala. Una forma sugerida para el proceso es incluir rocas tipo cantos en el lecho, con el fin de ampliar el área efectiva de contacto del lodo y acelerar el proceso de secado.

El potencial de hidrógeno (pH) en un suelo se considera como un indicador de la acidez (contenido de ion hidrógeno (H^+) o alcalinidad (contenido de ion hidroxilo OH^-) en solución acuosa, lo que es indicador de alta actividad química. Se considera que un valor de 7,0 es un pH neutral, en tanto que valores inferiores indican acidez y valores superiores son señal de alcalinidad. Los valores de suelos suelen ser levemente alcalinos, considerándose problemáticos cuando el pH está por debajo de 5,5 (Bertsch, 1995).

La conductividad eléctrica presente en los suelos es indicador de la presencia de sales solubles. En general, se considera que suelos con valores de conductividad eléctrica por debajo de 2 mS/cm tienen un efecto despreciable en las plantas debido a su salinidad (Hazelton & Muphy, 2007) y se consideran suelos no salinos, en tanto que los valores entre 2 y 4 mS/cm son considerados levemente salinos, existiendo la posibilidad de afectar cultivos sensibles a la salinidad del suelo.



Fotografía 3.3.1-3 Presencia de vegetación acuática en el cauce del río Limoncito.
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013.

Debido a la cantidad de material orgánico (se presentan puntos en el cauce del río donde la presencia de lirios y otro tipo de vegetación es considerable), es probable que se presente la emanación de malos olores del lodo cuando sea depositado por procesos de putrefacción. Esto añade nutrientes para la consideración de su disposición final como abono, pero limita la posibilidad de disponer inicialmente los lodos en lugares cercanos a la población.



Fotografía 3.3-4 Basura flotante y algas en el cauce del río Limoncito.
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013



Fotografía 3.3-5 Contaminación presente en la ribera de la quebrada Chocolate.
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

Otro factor determinante que afecta a estos lodos es su mezcla con todo tipo de desechos sólidos. La presencia de material no biodegradable en el río implica un problema de contaminación adicional no evaluable en las muestras de laboratorio, pero evidente en las observaciones de campo.

El manejo del lodo extraído para cualquiera de sus usos finales requerirá de un proceso de separación de la mayoría de estos desechos sólidos con el fin de poder disponer de forma satisfactoria de los mismos. Para esto podría aprovecharse el proceso de secado recomendado, durante el proceso de esparcido del lodo.

3.3.1.3 Composición química de los lodos y potencial de uso como abonos orgánicos

Existe gran diversidad de productos que pueden utilizarse como abonos orgánicos. Según su procedencia los hay naturales y fabricados. Dentro de los naturales destacan cualquier tipo de residuo agrícola, las excretas y subproductos de origen animal y los residuos urbanos (Bertsch 1998).

Para determinar la composición química de las muestras se realizó un análisis químico de abonos orgánicos. Las pruebas se efectuaron en el mes de junio del año 2013 en el Laboratorio de Suelos y Foliares del Centro de Investigaciones Agronómicas CIA de la UCR.

Elementos presentes en los abonos y resultados del análisis:

Cuadro 3.3.1-3. Contenido de niveles óptimos para abonos orgánicos

Característica	Nivel óptimo
% nitrógeno	> 2
% fósforo	0,15 – 1,5
CICE	(meq/100g) 75-100
C/N	< 20
Humedad	< 40%

Fuente: Paul y Clark (1996), citado por Soto y Meléndez, 2004.

Paul y Clark (1996) proponen como aceptable un porcentaje superior a 2% para N y de 0,15-1,5% para P como un ámbito óptimo. Por otro lado, mencionan que el porcentaje de cenizas debe oscilar de 10-20%, la relación C/N debe ser <20 y la humedad no debe ser >40%. Pese a ello, Schweizer et al. (2003) mencionan que un abono orgánico no debe exceder el 2% de N. Citado por Castro et al 2009.

Algunos autores señalan que el resultado de análisis de totales, no provee la información necesaria para conocer la disponibilidad de los nutrimentos; no siempre un abono que contenga más nutrimentos totales es el que los libera con más facilidad (Vandevivere y Ramírez 1995). Pese a ello, la tendencia general es que los abonos orgánicos con altas concentraciones de nutrimentos tienen mayor posibilidad de aportar igualmente mayores cantidades de nutrimentos al sistema, luego de su descomposición (Bertsch 1998).

El nivel de nitrógeno presente en las cuatro muestras se encuentra por debajo de los niveles de muchos de los abonos orgánicos que se fabrican comúnmente en Costa Rica. En el caso de utilizar los lodos como un fertilizante se debe reforzar el contenido de nitrógeno con la mezcla de algún material orgánico que contenga una alta concentración de nitrógeno.

En el caso del Potasio, los niveles de las muestras son bajos con respecto a los contenidos que presentan los abonos de la tabla 3-3.1.4.

En el caso del Magnesio, las muestras del río Limoncito y la Quebrada Chocolate presentan una alta cantidad de este elemento si se compara con los abonos orgánicos más comunes. Para el caso del Calcio las muestras pueden compararse con el nivel de este elemento que presenta un abono de compost de broza o los niveles más bajos de los abonos de bokashi y lombricompost.

A nivel de conclusión, los lodos se podrían utilizar como una enmienda en suelos que presenten niveles bajos de Calcio y Magnesio, sin embargo los lodos no pueden aportar nitrógeno significativamente al suelo debido a su bajo contenido.

Como se mencionó, es necesario considerar la baja cantidad de Nitrógeno presente en el suelo. Una de las posibilidades que se presenta es la adición de materia orgánica que ayudaría también a mejorar los aspectos del drenaje, la estructura, la textura, la composición de nutrientes, la aireación, la fauna del suelo. Berstch, 1998 expresa que la

adición de materia orgánica se asocia con la estimulación de la capacidad amortiguadora de la rizosfera, la adición de este material modifica la dinámica de los nutrientes al retenerlos en formas orgánicas y participa en la supresión de patógenos al favorecer la proliferación de microorganismos antagonistas.

Cuadro 3.3.1-4. Contenido de porcentaje de nutrientes para abonos orgánicos

Producto	%N	%P	%K	%Ca	%Mg
Bokashi	0,7-1,6	0,2-0,8	0,8-2,5	0,8-4,2	0,2-0,6
Gallinaza	1,5-4	1,0-2,9	1,5-3,5	2,3-10,7	0,2-1
Compost de broza	1,9	0,2	3	1,5	0,4
Compost de broza y cachaza	1,5-2	0,5-0,8	0,5	sin datos	sin datos
Compost de naranja	1,2	0,1	0,8	sin datos	0,1
Lombricompost	0,7-3,8	0,2-1,2	0,3-2,3	1,0-,37	0,3-0,9
Vermicompost de banano	1,3	0,2	0,9	0,8	0,8
Lodo de río Limoncito bajo	*0,17*	*0,11*	*>0,08*	*1,37*	*0,92*
Lodo de río Limoncito medio	*0,55*	*0,2*	*0,18*	*1,53*	*0,83*
Lodo de río Limoncito Arriba	*0,14*	*0,09*	*>0,08*	*2,84*	*0,88*
Quebrada Chocolate	*0,18*	*0,11*	*0,1*	*1,89*	*1*

Fuente: Meléndez y Molina, 2003, datos de análisis de muestras

Metales pesados:

Debido a la ausencia de una norma nacional que regule el contenido de los metales pesados en los lodos, los resultados obtenidos los análisis de laboratorio de las muestras se comparan con los valores establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (EPA, por sus siglas en inglés) para la disposición de suelos residuales provenientes de plantas de tratamiento, los límites establecidos por la Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada, España (DE-UG) para los suelos agrícolas, y los valores considerados por la Comunidad Económica Europea (CEE) para abonos orgánicos, compilados por Bertsch (2013).

En el Cuadro 3.3.1-5 se observan los contenidos de metales que podrían representar un riesgo para la salud o para los cultivos, comparando los resultados con los límites establecidos por la EPA, el DE-UG y la CEE.

Dentro de los resultados analizados se encuentran los contenidos de hierro total, los cuales pierden relevancia si se considera que para un suelo normal el contenido de hierro es siempre alto, siendo el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre y con valores que rondan el 5,1% del peso total (Juárez *et al*, 2007). Para los datos encontrados en las muestras, los valores rondan entre 3,9% y 5,6%.

No todos los análisis realizados tienen un límite establecido en la regulación de la EPA, el DE-UG ni en la CEE. Para los valores comparables de los parámetros se observa que los

compuestos presentes se mantienen por debajo de los límites establecidos, para lodos residuales según la EPA.

En el caso de los límites establecidos por el Departamento de Edafología de la Universidad de Granada, las muestras de campo están por debajo de los límites establecidos como máximos para los suelos agrícolas, aunque el nivel de referencia es superado para las concentraciones de cobre y zinc. Sin embargo, las concentraciones metálicas de las muestras no alcanzan los valores indicados para los cuales deben ser tratados para mejorar su condición. Es importante resaltar que para el caso del zinc, se presentan síntomas de toxicidad en diversos cultivos a partir de los 200 mg/kg de materia seca.

Cuadro 3.3.1-5. Contenidos totales de elementos metálicos de las muestras de suelo, en miligramos por kilogramo.

Muestra	Hierro (Fe)	Cobre (Cu)	Zinc (Zn)	Manganeso (Mn)	Boro (B)	Cadmio (Cd)	Cobalto (Co)	Cromo (Cr)	Níquel (Ni)	Plomo (Pb)
	mg/kg									
Río Limoncito Bajo	49094	54	188	463	97	ND	21,2	58,4	26,9	17,4
Río Limoncito Medio	55930	94	265	1078	117	ND	13,5	32,6	21,7	21,9
Río Limoncito Arriba	39759	78	81	672	80	ND	14,2	22,3	19,3	43,7
Quebrada Chocolate	51166	62	196	535	104	ND	0,9	57,8	26,1	23,5
Límites admisibles para la eliminación de lodos residuales según la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)										
Lodos residuales	-	4300	7500	-	-	85	-	3000	420	840
Departamento de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Granada, España										
Máximo aceptado en suelos agrícolas	-	140	300	-	-	3	-	-	75	300
Nivel de referencia	-	50	200	-	-	1	20	100	50	50
Suelo debe ser saneado	-	500	3000	-	-	20	300	800	500	600
Tolerancia en abonos orgánicos según la Comunidad Económica Europea										
Abonos orgánicos	-	450	5	-	-	3		270	120	150

ND = No detectado
Fuente: Laboratorio de Suelos y Foliares, EPA, DE-UG y CEE, 2013.

Para la aplicación como abono orgánico, los valores de zinc superan los límites establecidos por la Comunidad Europea. Se podría acudir a la fitorremediación (proceso por el cual se aplican plantaciones de cultivos específicos que consumen un tipo de compuesto químico del suelo) con el fin de reducir estos niveles, escogiendo el tipo de plantación adecuado para poder reducir el valor del zinc sin consumir en exceso los demás nutrientes ni crear problemas de plagas al introducir especies ajenas a la región donde se dispongan los lodos y que se puedan propagar.

En el caso de los compuestos boro (B) y manganeso (Mn), estos compuestos suelen formar parte de compuestos requeridos como nutrientes para las plantas en su proceso

de fotosíntesis. Si bien sus concentraciones no están reguladas en ninguno de los tres casos aquí citados, como se analizó para la cantidad disponible real, la cantidad de manganeso está por encima de lo recomendado, por lo que su uso para la agricultura estaría limitado por la susceptibilidad del cultivo a aplicar. Según recomienda Bertsch (2013), los límites de estos compuestos comúnmente no superan los 500 µg/kg para el boro y los 1000 µg/kg para el manganeso. Pese a que se supera para el valor obtenido del manganeso en la muestra del río Limoncito medio la diferencia es inferior al 10% del valor sugerido, por lo que se encuentra dentro de los rangos de variación normales.

3.3.1.4 Análisis de suelo e interpretación

Para evaluar los resultados como si se tratara de un suelo con fines agrícolas, se obtienen los valores correspondientes a la disponibilidad de los compuestos que podría ser extraída por las plantas. Para esto se recurrió a un análisis complementario realizado en el CIA-UCR, por medio de la prueba de extracción tipo *Olsen Modificada*, que permite verificar las concentraciones disponibles para la extracción de las plantas. Los resultados se muestran en el 6, donde se detallan los valores de los principales componentes orgánicos (en centimoles por litro), la capacidad de intercambio de cationes efectiva (CICE), la acidez del suelo y su porcentaje de saturación de la acidez (%SA), así como la concentración en miligramos por litro de los principales metales detectables en el suelo. Todos estos resultados se comparan con los niveles críticos preestablecidos para la interpretación de los análisis de suelos.

Cuadro 3.3.1-6. Tabla de interpretación de resultados de análisis de suelos.

Parámetro		Alto	Medio (-)	Medio (+)	Ideal (-)	Ideal (+)	Bajo
pH	**H_2O**	**≥**7	5	6	6	7	**≤**5
cmol(+)/L	**ACIDEZ**	**≥**1	0,3	1	0,3	0	**≤**0
	Ca	**≥**15	4	6	6	15	**≤**4
	Mg	**≥**6	1	3	3	6	**≤**1
	K	**≥**0,8	0,5	0,2	0,8	0,5	**≤**0,2
	Sum Bcs	**≥**21,8	5,5	9,2	9,8	21,5	**≤**5,2
	CICE	**≥**22,8	5,8	10,2	10,1	21,5	**≤**5,2
%	**SA**	**≥**0,3	0,1	0,3	0,1	0	**≤**0
Relaciones	**Ca/Mg**	**≥**5			2	5	**≤**2
	Ca/K	**≥**25			5	25	**≤**5
	Mg/K	**≥**15			2,5	15	**≤**2,5
	(Ca+Mg)/K	**≥**40			10	40	**≤**10
mg/L	**P**	**≥**50	12	20	20	50	**≤**12
	Zn	**≥**10	2	3	3	10	**≤**2
	Cu	**≥**20	0,5	1	1	20	**≤**0,5
	Fe	**≥**50	5	10	10	50	**≤**5
	Mn	**≥**50	5	10	10	50	**≤**5

Fuente: Laboratorio de Suelos y Foliares, CIA, UCR.

El Cuadro 3.3.1-6 muestra los parámetros que se deben utilizar para interpretar los resultados de los análisis de las muestras de suelo que se realizan en el laboratorio de foliares y suelos del Centro de Investigaciones agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Para cada elemento se presentan los valores altos, medios ideales y bajos.

Por nivel crítico de suelo se entiende aquella concentración extraída del suelo por encima del cual, las posibilidades de encontrar respuestas a la fertilización son muy bajas y por debajo de la cual muy probablemente los rendimientos serán pobres. Con una comparación entre el análisis y la Tabla de Niveles Críticos la mayor parte de la interpretación parece estar resuelta, ya que se puede decir cuales problemas tiene ese suelo, que es hasta donde precisamente se puede concluir con un análisis de suelos, sin embargo, en el tanto en que se trate de entender la causa de esos problemas, será posible mejorar las decisiones para subsanarlos. (Bertsch, 1998).

Según el Libro La Fertilidad de Suelos y su Manejo, de Bertsch, 1998, la secuencia lógica para realizar una interpretación de un análisis de suelos es:

- Identificar los problemas de acidez, ya sea por observación del pH, la acidez, el AL, las bases, calculando el % de Saturación de Acidez.
- Decisión de las necesidades del encalado en el suelo, dosis, épocas, métodos y fuentes
- Cálculo de las relaciones entre las bases Ca-Mg-K, estimación de posibles desequilibrios
- Identificación de los nutrimentos deficientes
- Estimación del comportamiento del N y S con base en la MO y las condiciones del clima
- Elaboración de una síntesis de los resultados

Cuadro 3.3.1-7 Resultados de los parámetros para medir los problemas de acidez.

Muestra	pH	cmol(+)/L			%
	H_2O	CICE	Acidez	Bases	SA
Río Limoncito Bajo	7,0	30,28	0,17	30,28	0,6
Río Limoncito Medio	7,1	32,58	0,21	32,58	0,6
Río Limoncito Arriba	7,2	20,49	0,13	20,49	0,6
Quebrada Chocolate	6,1	27,78	0,15	27,78	0,5
Nivel crítico	***5,5***	***0,5***	***5,0***	***5,0***	***10,0***

Fuente: Laboratorio de Suelos y Foliares, 2013

Cuadro 3.3.1-8 Resultados de las relaciones entre bases de las muestras analizadas.

Muestra	Ca/Mg	Mg/K	Ca+Mg/K	Ca/K
Río Limoncito Bajo	10,1	13,5	150,4	136,9
Río Limoncito Medio	9,5	14,0	147,1	133,0
Río Limoncito Arriba	14,7	5,6	88,1	82,5
Quebrada Chocolate	12,5	8,9	119,8	110,9
Nivel crítico	**(2-5)**	**(2,5-15)**	**(10-40)**	**(5-25)**

Fuente: Laboratorio de Suelos y Foliares, 2013

Cuadro 3.3.1-9 Resultados de los análisis para determinar los nutrientes en suelo.

Muestra	mg/L	cmol (+)/ha			mg/L			
	P	K	Ca	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn
Río Limoncito Bajo	40	0,20	27,38	2,70	7	161	60	24,7
Río Limoncito Medio	49	0,22	29,27	3,09	6	190	69	40,6
Río Limoncito Arriba	59	0,23	18,97	1,29	8	400	151	16,0
Quebrada Chocolate	36	0,23	25,51	2,04	11	384	300	45,6
Nivel crítico	**10**	**0**	**4**	**1**	**1**	**10**	**5**	**3**

Fuente: Laboratorio de Suelos y Foliares, 2013

Cuadro 3.3.1-10 Resultados de los kilógramos x hectárea de los nutrientes que contienen las muestras de suelo.

Kg/ha de nutrientes presentes en las muestras de suelo analizadas							
K	Ca	Mg	P	Zn	Cu	Fe	Mn
156	10.952	648	80	49	14	322	120
172	11.708	742	98	81	12	380	138
179	7.588	310	118	32	16	800	302
179	10.204	490	72	90	22	768	600

Fuente: Laboratorio de Suelos y Foliares, modificado por ProDUS, 2013.

Principales resultados de la interpretación del análisis de suelos:

Condiciones físico-químicas

- De acuerdo con la tabla de interpretación de análisis de suelos el pH de las muestras del río Limoncito se encuentra alto, el pH de la muestra de la quebrada Chocolate se encuentra en el nivel óptimo.
- La CICE de las muestras de Limoncito bajo, medio y quebrada Chocolate se encuentra dentro de los niveles consideraros altos.

Composición química

- Todas las muestras tienen altos los niveles de calcio.
- Todas las muestras presentan el potasio en niveles medios
- La relación Ca/Mg de todas las muestras se encuentra en los niveles altos
- La relación Mg/K se encuentra dentro de los parámetros ideales en todas las muestras
- Los resultados de la relación (Ca+Mg)/K se encuentra alta en todas las muestras
- Todas las muestras presentan altos los valores de la relación Ca/K
- El Hierro se encuentra sobre los niveles óptimos y llega a niveles altos
- El Zinc se encuentra alto.

- El Manganeso se encuentra alto.

Interacción con las plantas

- Debido a los resultados es posible que se generen problemas de absorción del K en la raíz de la planta debido a las cantidades altas de Calcio.
- En las relaciones Ca/K, Ca+Mg/K se está desfavoreciendo al K. El potasio es un elemento mayor y la planta lo requiere para su adecuado desarrollo fisiológico.
- Problemas de exceso de bases están generando desbalances en el CICE. Ante esta circunstancia el Fosforo puede generar junto con el calcio un problema al unirse mediante fosfatos de calcio por lo que no se encontraría disponible para su absorción.
- Niveles de calcio altos, esto genera un desbalance en las relaciones con el Mg y K

Priorización de problemas

N (nitrógeno) ≥ P (fósforo) ≥ K (potasio) ≥ basicidad

A nivel general se recomendaría la aplicación de urea en el suelo para aumentar la acidez, lo que permitiría que en ambientes más ácidos la entrada del potasio sea más fácil en las plantas. Esto compensaría la basicidad existente en el suelo. Adicionalmente la urea daría el aporte de nitrógeno al suelo.

En este aspecto se debe considerar que la presencia de microorganismos en el suelo es muy importante y se debe evaluar cuál es el estado de las poblaciones actuales antes de iniciar con los procesos de enmiendas en el suelo.

Al aplicar la urea al suelo se hidroliza y para que sea soluble necesita la presencia de la enzima Ureasa que es producida por las bacterias, actinomicetos y hongos. Con la reacción de la enzima, la urea se transforma en amonio y se fija a los complejos minerales del suelo donde luego es nitrificado por los microorganismos. Las urobacterias son aerobias y actúan con la alcalinización que causa la urea al aplicarse al suelo. Los géneros más importantes son: Bacillus, Clostridium, Pseudomonas, Micrococcus, Acromobacter y Sarcina. En suelos con poca fertilidad y una población baja de microorganismos la asimilación del amónio o su nitrificación es mínima y por lo tanto se necesitan aplicaciones frecuentes de urea para suplir las necesidades de nitrógeno en un cultivo establecido. El restablecimiento de una flora microbiana permite una mayor asimilación del nitrógeno por las plantas y por lo tanto la cantidad a utilizar puede ser menor. Delgado, 2009.

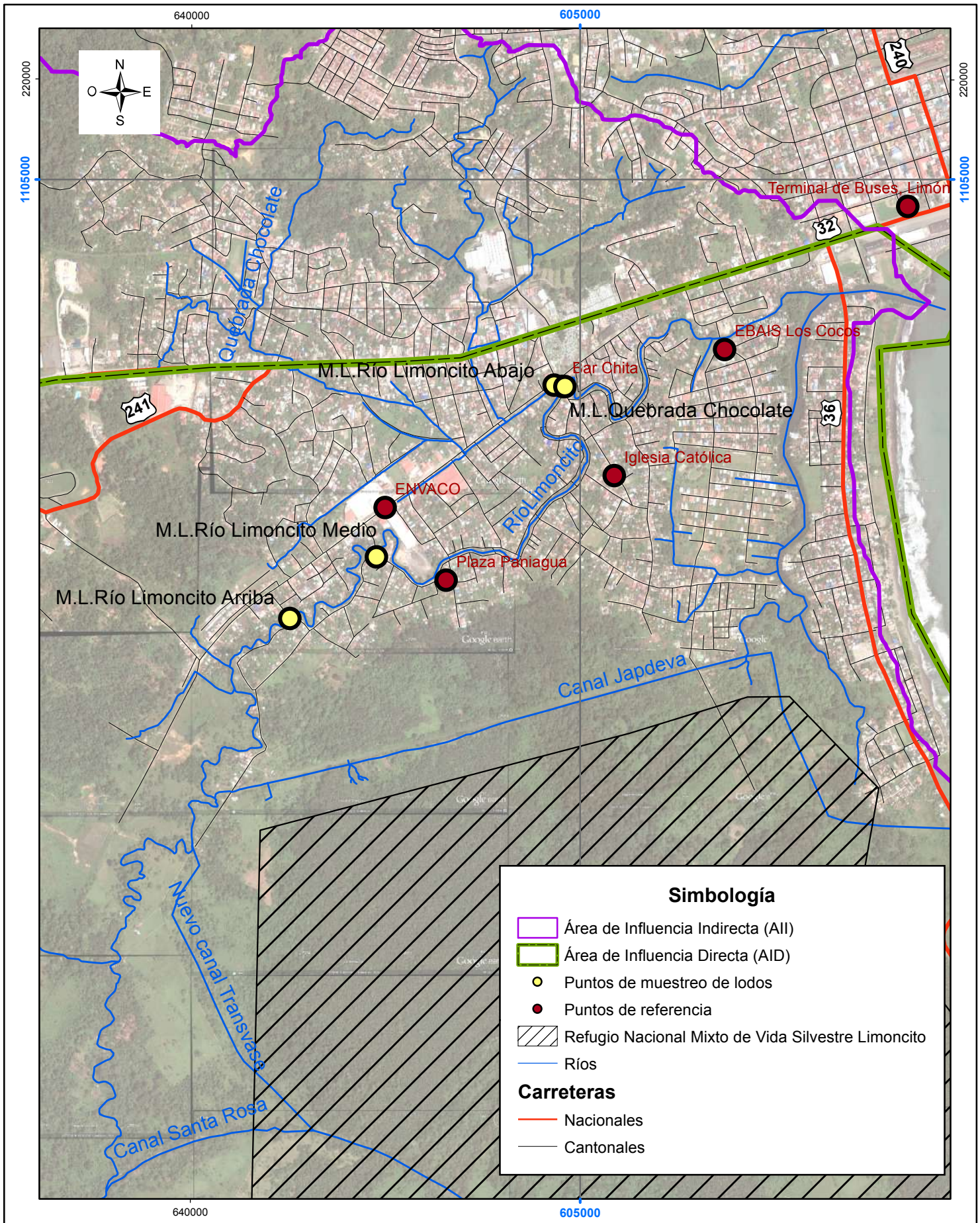
Se podría evaluar la aplicación de KCL para aumentar la disponibilidad del K en el suelo.

Es importante no olvidar que la parte nutricional de los suelos se complementa con el aspecto de microflora y fauna del suelo.

Delgado, 2009 cita que la microflora del suelo está compuesta por bacterias, actinomicetos, hongos, algas, virus y protozoarios. Entre las funciones más importantes que cumplen asociadamente en los procesos de transformación están:

- Suministro directo de nutrientes (Fijación de nitrógeno).
- Transformación de compuestos orgánicos que la planta no puede tomar a formas inorgánicas que si pueden ser asimiladas (Mineralización). Ejemplo: Proteína hasta aminoácidos y a nitratos.
- Solubilización de compuestos inorgánicos para facilitar la absorción por las plantas. Ejemplo. Fosfato tricálcico a Fosfato monocálcico.
- Cambios químicos en compuestos inorgánicos debido a procesos de oxidación y reducción. Ejemplo. Oxidación del azufre mineral a sulfato. Oxidación del nitrógeno amoniacal a nitrato.
- Aumento del desarrollo radicular en la planta que mejora la asimilación de nutrientes, la capacidad de campo y el desarrollo.
- Reacciones antagónicas, parasitismo y control de fitopatógenos.
- k Mejoramiento de las propiedades físicas del suelo.

Este aspecto debe tomarse en cuenta cuando se realicen los análisis para determinar las recomendaciones de fertilización específicas según sean los cultivos que se vayan a sembrar, en caso de declinarse finalmente por esta opción.



Mapa 3.3.1-1 Puntos de muestreo de la condición química de los lodos presentes en el río Limoncito y la quebrada Chocolate

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	380 190 0 380 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:20.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013	ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

3.4 INVENTARIO Y MANEJO DE MATERIAS PRIMAS Y SUSTANCIAS ESPECIALES

En esta sección se trata el análisis de la necesidad de explotación de sitios para la toma de materia prima (como por ejemplo el uso de material de préstamo, explotación de canteras) y el manejo de sustancias inflamables que puedan ser peligrosas para los trabajadores y los vecinos (como por ejemplo la manipulación de combustible) y sustancias especiales (como por ejemplo la extracción de lodos contaminados del cauce de los ríos y canales, etc.).

En cuanto a los sitios de préstamo, de acuerdo al planeamiento de la fase constructiva entregada y de los procedimientos y tecnologías a utilizarse para llevar a cabo las obras que se incluyen dentro del proyecto objeto de este estudio, estos no serán necesarios por lo que este tema no se analizará en el presente documento. Sin embargo, de llegar a utilizarse, deben cumplir con toda la normativa nacional referente a este tema.

Por su parte, la extracción de lodos y todo su manejo se incluyeron en la sección 3.3 del presente Estudio de Impacto Ambiental, que trata sobre la disposición de los residuos. Además, se proponen medidas para evitar la contaminación de los cuerpos de agua dentro de la sección 10.1 del Plan de Manejo de Residuos.

Finalmente, se determinó que de las actividades mencionadas anteriormente, el requerimiento y la manipulación de combustible es el único que se analizará en esta sección.

Al respecto, se tendrá maquinaria como retroexcavadoras y motosierras, las cuales necesitan de combustible para su funcionamiento. Para esto, se dispondrá del combustible directamente de las estaciones de servicio que se encuentran cercanas al proyecto, siendo este transportado en recipientes destinados para tal fin.

La cercanía de las estaciones de servicio con respecto al lugar donde se llevan a cabo las obras, evita que se tenga que dar un almacenamiento prolongado de los recipientes llenos de combustible, principalmente cuando se trabaje dentro de sitios con población alrededor como lo son el Río Limoncito y la Quebrada Chocolate.

Al llenar los tanques de los equipos que necesitan combustible para su funcionamiento, esto se debe realizar lejos de los cuerpos de agua para evitar su contaminación. Más información al respecto se encuentra dentro de la sección 10.1 del Plan de Manejo de Residuos.

3.5 RUIDO Y VIBRACIONES (FASE DE CONSTRUCCIÓN)

Durante la etapa constructiva del proyecto, se llevarán a cabo actividades que generarán fuertes ruidos, incluso algunas podrán generar vibraciones. Dependiendo de la actividad, se estarán llegando a niveles de ruido de alta magnitud, principalmente en el sitio de trabajo inmediato, y en menor medida, a distancias más alejadas del punto de emisión del ruido.

El deterioro de la capacidad auditiva depende de las siguientes variables: intensidad del ruido, su fluctuación y duración de la exposición. En el siguiente diagrama se pueden ver algunos ejemplos de niveles de presión sonora dB(A). Como se puede observar en la Figura 3.5-1, el límite umbral del dolor se presenta a un nivel de presión sonora a partir de 140 dB(A).

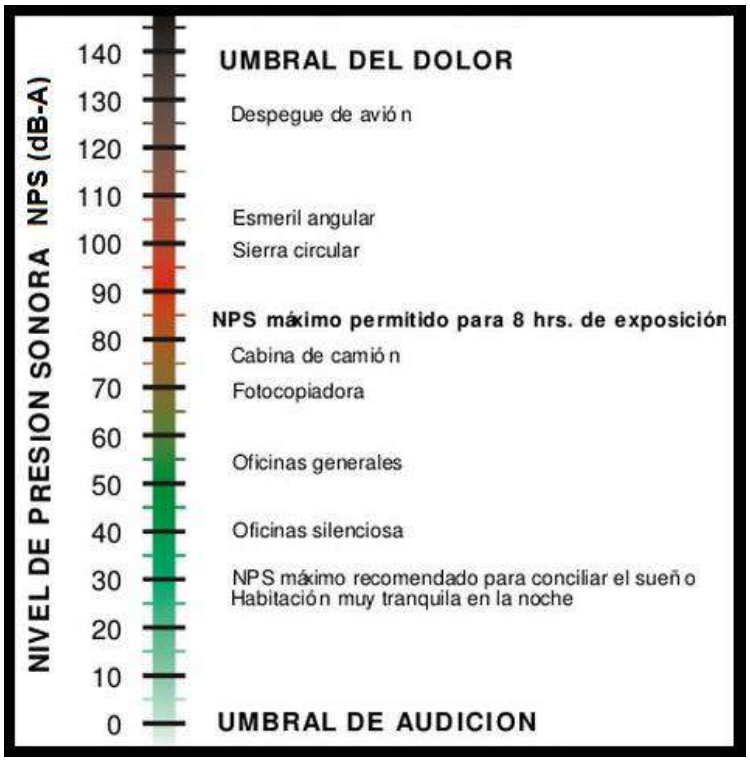


Imagen 3.5-1 Niveles de presión sonora en dB(A) y ejemplos
Fuente: http://www.slideshare.net/cerodano/proteccin-contra-el-ruido

Los niveles de ruido cambian según la distancia; el ruido de una excavadora niveladora es 94 dB(A) a una distancia de 3 m, mientras que a una distancia de 21 m, el ruido solamente es de 82 dB(A). Una grúa levantando una carga puede llegar a los 96 dB(A); en cambio, cuando está detenida, únicamente con el motor encendido, el ruido puede disminuir a menos de 80 dB(A). Por este motivo, este impacto será más pronunciado en los operarios de las maquinarias, pues se encuentran directamente expuestos a los focos de emisión de los ruidos y vibraciones. También se verá afectada la población que reside o trabaja cerca de los sitios de afectación, y la fauna que habita la zona. Un aspecto muy importante a considerar, es que las emisiones no deben provocar alteraciones en el receptor ni en sus actividades.

Según estudios del Centro de Protección de los Derechos de los Trabajadores de los Estados Unidos (Center to Protect Workers' Rights CPWR) a continuación se muestra el Cuadro 3.5-1 con los valores promedio de los niveles de ruido que pueden generar algunas de las máquinas utilizadas en labores de construcción.

Cuadro 3.5-1. Niveles de ruido en actividades de construcción

Equipo	Decibeles dB (A)
Martillo neumático	103-113
Perforador neumático	102-111
Sierra de cortar concreto	99-102
Sierra industrial	88-102
Soldador de pernos	101
Aplanadora de suelo	90-96
Grúa	90-96
Martillo	87-95
Niveladora	87-94
Cargador de tractor	86-94
Retroexcavadora	84-93

Fuente: Center to Protect Workers' Rights (CPWR) 2003.
http://www.cpwr.com/hazpdfs/kfnoise.PDF

La contaminación acústica no será producida únicamente por el uso de maquinaria, también se incrementará el paso de vehículos pesados para el transporte de materiales de construcción y movimiento de tierras o lodos dragados hacia los sitios de disposición final. Esto incrementará los niveles de ruido en las rutas que se destinen para estas actividades, siendo importante tomar las medidas necesarias para reducir los impactos a las viviendas que se encuentren cerca de dichas rutas.

3.5-1 Actividades del proceso constructivo que generarán contaminación acústica

Según el Informe Final de Diseño de Proyecto (agosto 2013), realizado por SENARA, algunas de las actividades que se realizarán y que deberán utilizar medidas de atenuación del ruido son las siguientes:

- **Desrame de árboles, trozado del tronco, y transporte del material cortado**

Estas actividades se llevarán a cabo en algunas secciones alrededor del Río Limoncito y la Quebrada Chocolate y se realizarán de manera manual y mecánica. En ambos casos, se estarán generando ruidos importantes, pues el uso de motosierras, taladores y cualquier otro equipo para la tala de árboles, son importantes fuentes de ruido. Para estos casos debe ser obligatorio el uso de casco de protección contra el ruido (Ver Figura 3.5-2 Casco antiruido) capaz de reducir el volumen sonoro al límite máximo de 85 dB (A).



Imagen 3.5-2 Ejemplo de casco antiruido
Fuente: http://www.nauticexpo.es/prod/gecko-headgear/cascos-de-proteccion-con-dispositivo-antiruido-34266-242787.html

- **Desmonte y limpieza de los cauces o canales**

Esta actividad se llevará a cabo en dos secciones: una en el Río Limoncito y otra en la Quebrada Chocolate (en la intersección con el Río Limoncito). Se removerán los obstáculos cercanos al cauce como: arbustos (mayores a 0,5 m de altura), residuos sólidos, materiales de construcción, escombros, y cualquier otro elemento que se necesite remover para la construcción de la obra, lo cual se realizará de forma manual o mecánica y generará ruidos de alta presión sonora. Además, los elementos removidos serán transportados a un sitio seleccionado por SENARA, lo que también generará ruido por el paso de vehículos de carga en las rutas establecidas para este fin.

- **Extracción de los cauces**

Los cauces serán recabados para aumentar la capacidad de éstos, extrayendo el material principalmente por medio de retroexcavadoras hidráulicas y colocándolo ya sea en los márgenes de los cauces o canales, o en camiones que lo trasladarán a los sitios dispuestos para este fin.

Es importante que la(s) excavadora(s) a utilizar cuente(n) con una cabina antivuelco cerrada (Ver Figura 3.5-3) para proteger al operador (además del vuelco y golpes por materiales) de la sordera momentánea producida por el ruido de la máquina, la inhalación de partículas y del stress térmico por insolación. En caso de que no se tenga este tipo de medida, el operador deberá usar casco antiruido o bien, auriculares, además de otros equipos de seguridad.



Imagen 3.5-3 Excavadora Caterpillar 320 con cabina antivuelco cerrada
Fuente: http://www.motorstown.com/imgs/53654-caterpillar-320-6.html

Esta actividad también generará ruido por el movimiento de camiones pesados que transportarán el material al sitio dispuesto.

- **Hinca de tablestacas**

Para algunas secciones del Río Limoncito y de la Quebrada Chocolate, se colocarán tablestacas para protección de las paredes de los cauces. Para esta actividad, se utilizará el sistema de "mazas de golpeo" (indicado por SENARA) con el cual se percuten las tablestacas para hincarlas y también se utilizarán aparatos vibradores. Esta actividad, a pesar de que es en tramos cortos del cauce, provocará altas presiones sonoras y vibración, pues las tablestacas deberán quedar bien hincadas para evitar problemas de fallas. Se deberá tomar las medidas correspondientes para afectar el mínimo a la población cercana a la colocación de las tablestacas.

- **Colocación de bloques articulados de concreto**

La colocación de bloques articulados se realizará de manera manual o mecánica, haciendo uso de grúas o excavadoras que colocarán segmentos de bloques armados. Tanto las grúas como excavadoras provocarán ruidos de intensidad alta durante su operación, por lo que los operarios deberán contar con las medidas de protección sonora en caso de ser necesario (si el ruido es mayor a 85dB(A) y durante más de 8 horas de operación de la maquinaria). Además, deberán atenuar la propagación de ruidos por medio de pantallas acústicas de amortiguamiento del ruido.

- **Relleno de estructuras**

A la margen de los ríos se harán rellenos con material de tajo, el cual deberá compactarse para asegurar su resistencia. Estas actividades requieren el uso de camiones que trasladen el material, además de excavadoras, compactadoras, entre otras. El uso de estas maquinarias cerca de viviendas, generará molestias por ruidos de alta intensidad (principalmente provocados por las compactadoras), por lo que deberán utilizarse medidas de protección sonora a los vecinos, tales como pantallas acústicas de

amortiguamiento del ruido, medida que a la vez atenuará la propagación de partículas de polvo suspendidas en el aire.

- **Demolición de estructuras**

En algunas secciones de los márgenes del Río Limoncito y la Quebrada Chocolate, se encuentra cierta infraestructura que limita la realización de los trabajos de construcción, tales como puentes, muros, etc. Esta infraestructura será demolida o removida únicamente de manera manual o mecánica, pues por las políticas del Banco Mundial, no está permitido el uso de explosivos en áreas urbanas.

Es indiscutible que la demolición de la infraestructura provocará ruidos elevados, pues posiblemente se hará uso de rotomartillos, grúa, vagonetas, entre otras. Además, el traslado de este material hasta el sitio identificado por SENARA como "escombrera", generará ruidos por el paso de camiones pesados en los barrios cercanos a la infraestructura que será removida y sobre la ruta de traslado de camiones.

Otras actividades que son parte del proyecto pero que no especifica su sistema constructivo en el Informe Final de diseño del Proyecto, y que generarán ruido por el tipo de actividad son: la construcción de nuevos puentes y la construcción del tramo de carretera paralela a la Quebrada Chocolate, por modificación del alineamiento del cauce (en el tramo comprendido entre la Estación 0+051.1 y el puente Envaco en la Estación 0+535).

3.5-2 Aspectos de regulación de control de contaminación acústica

Durante la realización del proyecto, se deberá contemplar toda la legislación nacional referente al tema de control de ruido, tanto a nivel laboral, como de afectación a la población de la zona. La regulación nacional que deberá cumplirse con respecto a este tema son:

- Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S del Ministerio de Salud.
- Reglamento de control de ruidos y vibraciones, Decreto N° 10541-TSS
- Convenio OIT 148: Protección de los trabajadores contra los Riesgos Profesionales debidos a la Contaminación del Aire, Ruidos y Vibración en el lugar de Trabajo, emitida por la Asamblea Legislativa, Ley 6550 Convenios Internacionales.

A continuación se muestra el Cuadro 3.5-2 donde se expresan los límites mínimos de presión sonora permitidos en horario Diurno (D) y Nocturno (N) para una fuente emisora de ruido de tipo industrial (en este caso las actividades de construcción se consideran de tipo industrial). La zona que se verá más afectada por la construcción del proyecto es de tipo Residencial, por lo que no se podrán exceder de 65dB en horario Diurno, así como se indica en el Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S.

Cuadro 3.5-2 Límites permitidos para los niveles de ruido según el "Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S"

Fuente emisora de ruido	***Zonas Receptoras*** *Límites máximos de presión sonora por zona receptora y horario en dB(A)*							
	Zona Residencial		**Zona Comercial**		**Zona Industrial**		**Zona Tranquilidad**	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Zona Industrial	65	45	70	65	75	75	50	45

Fuente: Tabla 3, Artículo 20 del Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S.

Según información de SENARA, las labores de construcción se realizarán únicamente en horario diurno. Sin embargo, en caso que se requiera algún trabajo en horario nocturno (que comprende entre las 20,00 horas y las 6,00 horas) se deberá cumplir con los límites establecidos para el horario nocturno según el Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S.

Anexo 4: Sección 4: Marco Jurídico

4. MARCO LEGAL

Esta sección tiene como finalidad determinar la normativa ambiental nacional e internacional aplicable tanto para el correcto desarrollo del presente Estudio de Impacto Ambiental como aquella aplicable a las actividades que se ejecutarán como parte de las obras del sistema de control de inundaciones.

4.1. Políticas internacionales aplicables al Estudio de Impacto Ambiental del Sistema de Control de Inundaciones

El Proyecto Limón Ciudad Puerto se enmarca en la Ley número 8275 denominada: "Aprobación del Contrato de Préstamo N° 7498-CR y sus Anexos, entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), para financiar el Proyecto de Limón Ciudad-Puerto".

Con fundamento en esta norma, todas las actividades a realizar como parte de la ejecución de Proyecto se encuentran sujetas (además de a la normativa nacional vigente), a las políticas emitidas por el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (en adelante, BIRF). De acuerdo con los términos de referencia de la consultoría, le son aplicables cinco Salvaguardas del BIRF, las cuales se sintetizan a continuación:

4.1.1. Evaluación Ambiental (OP 4.01)

El Banco Mundial no financia proyectos sin que exista una previa evaluación ambiental. Este instrumento evalúa las repercusiones de un proyecto en su zona de influencia, tomando en cuenta el ambiente natural, la salud y seguridad humanas, además de los aspectos sociales.

La OP 4.01 es la Política de Salvaguarda "sombrilla" del Banco Mundial que norma que los posibles impactos ambientales o sociales que pueden generar las diferentes actividades a financiarse con el Proyecto, sean prevenidos, mitigados y/o compensados, a través de una adecuada gestión y manejo ambiental y social del proyecto en todas sus etapas (planificación, construcción y operación). Para cumplir con esta Política, el cliente se debe realizar una evaluación del impacto ambiental de las obras, se debe preparar e implementar un Plan de Gestión Ambiental (PGA) que permita prevenir, mitigar y compensar los impactos ambientales y sociales de las obras, este plan debe incluir programas de monitoreo, seguridad ocupacional, contingencias, etc y deben de haber responsables durante la construcción de supervisar que se cumplan las medidas y debe el proyecto contemplar un presupuesto que financie el costo del PGA.

Son necesarias las consultas públicas, donde serán escuchados los grupos afectados por el proyecto. Antes de la consulta las personas deberán tener acceso a la información del proyecto, la cual deberá ser suministrada por el prestatario y estar escrita en forma comprensible para toda la población. Mientras se ejecuta el proyecto el prestatario deberá informar sobre el cumplimiento de las medidas establecidas en la Evaluación Ambiental, sobre la situación actual de las medidas de mitigación y sobre la conclusión de los programas de seguimiento.

4.1.2. Hábitats naturales (OP 4.04)

El Banco Mundial respalda la protección, mantenimiento y rehabilitación de los hábitats naturales. Es partidario de la aplicación del principio preventivo en el uso de recursos naturales para garantizar oportunidades de desarrollo sostenible.

Los estudios del Banco abarcan la identificación de problemas relativos a los hábitats naturales y necesidades especiales para la conservación de los mismos y medidas para proteger estas zonas en el contexto de la estrategia de desarrollo del país.

Los proyectos financiados por el Banco deberán buscar localizarse en tierras ya convertidas. El Banco no apoya proyectos que conlleven a un grado considerable de conversión de hábitats naturales.

El Banco promueve y apoya la conservación de los hábitats naturales y un mejor aprovechamiento del suelo mediante el financiamiento de proyectos dirigidos a integrar, en las políticas de desarrollo nacional y regional, la conservación de los hábitats naturales y el mantenimiento de las funciones ecológicas que éstos cumplen. Además, el Banco fomenta la rehabilitación de los hábitats naturales degradados. El Banco no presta apoyo a proyectos que, en su opinión, implican un grado importante de conversión o degradación de hábitats naturales críticos.

Las zonas consideradas como hábitats naturales críticos son las protegidas existentes, en las que la declaración oficial como zonas protegidas ha sido propuesta oficialmente por los gobiernos, las consideradas protegidas por comunidades locales tradicionales, las que mantienen condiciones vitales para la viabilidad de estas zonas y las identificadas mediante listas supletorias por el Banco u otra fuente autorizada.

Para decidir si apoya un proyecto con posibles repercusiones adversas en los hábitats naturales, el Banco tiene en cuenta la capacidad del prestatario para llevar adelante las medidas de conservación y mitigación apropiadas. Si existe la posibilidad de problemas potenciales en cuanto a la capacidad institucional, el proyecto incluye componentes que permiten fortalecer la capacidad de las instituciones nacionales y locales para poner en práctica una planificación y ordenación eficaces del medio ambiente.

El Banco espera que el prestatario tenga en cuenta los puntos de vista, las funciones y los derechos de los grupos involucrados, que se vean afectados por proyectos financiados por el Banco y que estén relacionados con hábitats naturales, y que promueva su participación en la planificación, el diseño, la ejecución, el seguimiento y la evaluación de tales proyectos.

4.1.3. Recursos culturales físicos (OP 4.11)

Los recursos culturales físicos son bienes muebles o inmuebles, u objetos naturales, los cuales tienen un valor cultural significativo. Estos recursos tienen valor histórico y científico, además de ser parte de la identidad cultural de una población.

El Banco insta a evitar o mitigar el impacto que generen los proyectos que financia, sobre este tipo de recursos. El prestatario incluirá en las Evaluaciones Ambientales lo referente

a los recursos culturales físicos, el desarrollo esta evaluación incluye una proyección, el desarrollo de términos de referencia, recolección de datos, evaluación de impacto, la formulación de métodos de mitigación y un plan de manejo.

Deberá realizarse una consulta pública sobre el proyecto, en estas participarán los grupos afectados, autoridades gubernamentales y organizaciones no gubernamentales relevantes para el recurso cultural físico en cuestión.

Se le dará divulgación a la Evaluación Ambiental, salvo que a criterio del Banco y de expertos en la materia, esta divulgación comprometa la seguridad e integridad del recurso cultural físico, en este caso la información que ocasione este riesgo será omitida de la publicación.

Cuando el Banco considere que los sistemas nacionales de protección ambiental y de salvaguarda social del prestatario cumplen los requerimientos del Banco, estos podrán ser utilizados en la ejecución del proyecto. Cuando el prestatario no se encuentra en capacidad de manejar sus recursos culturales físicos, el Banco podrá incluir componentes en el proyecto para aumentar esta capacidad.

4.1.4. Reasentamiento involuntario (OP 4.12)

El reasentamiento suele generar problemas económicos, sociales y ambientales. La política del Banco es que en la medida de lo posible se eviten o reduzcan los reasentamientos involuntarios. Cuando sean inevitables, debe tratarse que sean proyectos de desarrollo sostenible, generando recursos de inversión del cual se beneficien los desplazados. Debe darse un esfuerzo por devolverle a los reasentados el nivel de vida que tenían antes del desplazamiento.

Hay dos efectos previstos por el reasentamiento: la privación de tierras (vivienda, activos o fuentes de ingreso) y la pérdida de acceso a parques o zonas protegidas. En el primer caso deberá darse un plan de reasentamiento, en el segundo las medidas que se tomen serán con la participación de los afectados.

Cuando se dé privación de tierras a personas que la utilicen como medio de subsistencia, será preferible la estrategia de reasentamiento que contemplen la entrega de tierra, esta tierra deberá tener ventajas productivas equivalentes a la anterior propiedad. En caso de que esto no sea posible, deberá facilitarse empleo o autoempleo al desplazado, además de la correspondiente indemnización. En el resto de casos puede darse únicamente la indemnización al desplazado.

Entre las exigencias para el reasentamiento se encuentra la necesidad de información y consulta sobre la opciones de reasentamiento, tanto para la comunidad desplazada como para la de acogida; que el nuevo lugar cuente con los servicios públicos y la infraestructura necesaria para al menos mantener el nivel de vida anterior al desplazamiento; y se preservaran las organizaciones, instituciones sociales y culturales, tanto de los desplazados, como de la comunidad de acogida. Es necesario también realizar un censo para determinar a las personas afectadas por el proyecto.

Los instrumentos de planificación en estos casos son el plan de reasentamiento y el marco de políticas de reasentamiento en el caso de privación de tierras, mientras que

cuando se dé una pérdida de acceso a parques o áreas protegidas se harán normas de procedimiento. El Banco no financia las indemnizaciones económicas ni la compra de tierras, si financia la asistencia técnica necesaria para realizar el reasentamiento.

4.1.5. Síntesis de las políticas respecto del Estudio de Impacto Ambiental para el Sistema de Control de Inundaciones

Una vez analizadas y sintetizadas las Salvaguardas del BIRF establecidas en los Términos de Referencia de la Consultoría, se considera que las principales políticas aplicables a la ejecución del Estudio de Impacto Ambiental son las siguientes:

- La aplicación del principio preventivo en el uso de recursos naturales.
- Los proyectos deberán buscar localizarse en tierras ya convertidas. El Banco no apoya proyectos que conlleven a un grado considerable de conversión de hábitats naturales.
- El Banco tiene en cuenta la capacidad del prestatario para llevar adelante las medidas de conservación y mitigación apropiadas.
- Se deberá tomar en consideración los puntos de vista, las funciones y los derechos de los grupos involucrados, que se vean afectados.
- El Banco insta a evitar o mitigar el impacto que generen los proyectos sobre los recursos culturales físicos. Este aspecto deberá incluirse en las Evaluaciones Ambientales.
- En la medida de lo posible se eviten o reduzcan los reasentamientos involuntarios. Debe darse un esfuerzo por devolverle a los reasentados el nivel de vida que tenían antes del desplazamiento.

En el caso de la Política OP 4.09, esta no fue sintetizada dado que de la lectura de su contenido, se determina que para el Estudio de Impacto Ambiental a realizar no es necesario lo referente al Control de Plagas. Importante es destacar que desde una perspectiva general, las Políticas de Salvaguarda son complementarias a las regulaciones nacionales existentes, siendo que en muchos casos las refuerzan y aumentan los estándares de la Evaluación de Impacto Ambiental.

4.2. Régimen legal de las actividades a desarrollar en el área de protección de ríos y quebradas

De acuerdo con la información suministrada por el SENARA, la intervención a realizar en el proyecto, va a tener afectaciones sobre el área de protección del Río Limoncito, la Quebrada Chocolate y la Quebrada Sin Nombre.

Para el desarrollo de esta sección, se partirá del supuesto que las actividades a realizar en la margen del río y quebrada, serán principalmente las siguientes: (i) corta de árboles, (ii) taludes artificiales, (iii) tablaestacado y (iv) excavación.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 33 de la Ley Forestal número 7575 y sus reformas, las áreas de protección de los ríos y quebradas constituye una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado.

En el caso del Río Limoncito y la Quebrada Chocolate, sus características físicas permiten determinar que el área de protección será de diez metros a ambos lados de las riberas. Importante es destacar que actualmente existe una grave situación social de invasión de particulares en el área de protección. De acuerdo con la información brindada por SENARA, esta situación no será intervenida por el proyecto.

Respecto de lo anterior, es importante señalar que dicha realidad social se toma en consideración como un insumo para comprender el entorno existente, pero para efectos del Estudio se analizará únicamente el impacto de las actividades a realizar por el proyecto que causan algún tipo de afectación al área de protección existente; y en este caso en concreto, las regulaciones que deben cumplir.

La protección que establece en el artículo 33 de la Ley Forestal en cuanto a designar como áreas de protección las ya mencionadas, responde al impulso de usar, conservar y proteger de manera equilibrada al recurso hídrico. Por esta razón, se imponen las siguientes restricciones y deberes que implica la existencia de un área de protección:

- Prohibición en cuanto a corta o eliminación de árboles, impuesta por el artículo 34 de la Ley Forestal número 7575.
- Obligación de sembrar árboles en las márgenes de los mismos ríos, arroyos o manantiales a una distancia no mayor de cinco metros de las expresadas aguas, en todo el trayecto y su curso, comprendido en la respectiva propiedad, establecida en el artículo 148 de la Ley de Aguas número 476.

En este sentido, encontramos que sobre las áreas de protección de los ríos pesan dos obligaciones: una de no hacer y otra de hacer. En este caso, ambas obligaciones constituyen un régimen de protección completo en el cual se debe tanto evitar la deforestación como ejecutar la reforestación.

Ahora bien, sobre la corta o eliminación de árboles (en este caso, necesaria para la ejecución del proyecto), la Ley Forestal establece una excepción a dicha prohibición, al indicar lo siguiente:

"…se prohíbe la corta o eliminación de árboles en las áreas de protección descritas en el artículo anterior, ***excepto*** *en proyectos declarados por el Poder Ejecutivo como de* ***conveniencia nacional****."*

De igual manera, en el inciso m) del artículo 3 de la Ley de cita se define actividades de conveniencia nacional así: aquellas *realizadas por las dependencias centralizadas del Estado, las instituciones autónomas o la empresa privada, cuyos beneficios sociales sean mayores que los costos socio-ambientales. El balance deberá hacerse mediante los instrumentos apropiados*.

Complementariamente, indica el Reglamento a la Ley Forestal respecto de este concepto, lo siguiente:
"Las actividades de conveniencia nacional son aquellas relacionadas con el estudio y ejecución de proyectos o actividades de interés público efectuadas por las dependencias centralizadas del Estado, las instituciones autónomas o la empresa privada, que brindan

beneficios a toda o gran parte de la sociedad tales como: captación, transporte y abastecimiento de agua; oleoductos; construcción de caminos; generación, transmisión y distribución de electricidad: transporte; actividades mineras; canales de riego y drenaje; recuperación de áreas de vocación forestal; conservación y manejo sostenible de los bosques; y otras de igual naturaleza que determine el MINAE según las necesidades del país".

Respecto de este tipo de declaratorias, la Sala Constitucional en resolución 06922-2010 ha indicado que: *"el decreto de conveniencia nacional es un procedimiento de excepción previsto en la Ley Forestal y adoptado por el Poder Ejecutivo con plena certeza de los impactos y la validez de las medidas de compensación que sean propuestas."*

A su vez, la Procuraduría General de la República ha indicado que la esta potestad no debe ser entendida como una actividad discrecional de la Administración, sino como una diligencia excepcional, justificada y que no aplicaría en caso de existir medidas alternativas. En dictamen C-103-1998 señaló lo siguiente:

"En tales áreas de protección, sólo se permite la eliminación de árboles en proyectos declarados por el Poder Ejecutivo como de conveniencia nacional (artículo 34 ibídem), siempre y cuando dichas áreas no estén localizadas dentro de las áreas silvestres protegidas o en general dentro del patrimonio natural del Estado, pues en dicho caso también estarían amparadas por la prohibición absoluta de corta o aprovechamiento de árboles establecida por los artículos 1 y 18 de la misma ley. La corta de árboles en estos casos debe ser limitada, proporcional y razonable para el fin, debiendo llenarse un cuestionario de preselección ante la Administración Forestal del Estado, a fin de determinar la posibilidad de exigir una evaluación del impacto ambiental."

En el caso del Sistema de Control de Inundaciones propuesto, no se encontró dentro de la información remitida por la UTE-SENARA, el decreto de declaratoria de conveniencia nacional del proyecto a través del cual se autorice la corta de árboles que se tiene previsto realizar. Asimismo, se intentó encontrar dicho decreto a través de los sistemas de información jurídica existentes, sin contar con resultado alguno.

Así las cosas es de relevancia para el proyecto corregir esta situación a efectos de que se cumpla con los parámetros de legalidad establecidos por el ordenamiento jurídico costarricense. Dicha obligación se ve reforzada por las políticas de salvaguarda del BIRF relacionadas con hábitats naturales, las cuales indican la necesidad de respetar y proteger la flora y fauna existente.

En este sentido, es de vital importancia que la corta de árboles sea realizada de acuerdo con los parámetros técnicos biológicos a efectos de garantizar el cumplimiento de la obligación establecida para el Estado Costarricense por el artículo 145 de la Ley de Aguas número 276 y sus reformas, el cual señala que:

"Para evitar la disminución de las aguas producida por la tala de bosques, todas las autoridades de la República procurarán, por los medios que tengan a su alcance, el estricto cumplimiento de las disposiciones legales referentes a la conservación de los árboles, especialmente los de las orillas de los ríos y los que se encuentren en los nacimientos de aguas." (lo subrayado no es el original)

En esta misma línea, se indica en el Manual de Buenas Prácticas Ambientales emitido por el Tribunal Ambiental Administrativo que *"las actividades de eliminación de la cobertura vegetal deben desarrollarse únicamente en aquellos sitios estrictamente necesarios."*

Por otra parte, además del requerimiento anterior, es importante referir a la obligación establecida por la Ley de Aguas referente a la siembra de árboles en las márgenes de los ríos. Tal y como quedó establecido anteriormente, para la realización de varias de las actividades del proyecto, será necesaria la eliminación de algunos árboles.

Todo esto, deberá ser acompañado de un programa de reforestación en las márgenes de los ríos afectadas, con la finalidad de cumplir tanto con el referido artículo 148 de la Ley de Aguas, como con el objetivo de respetar la función ecológica que cumplen las áreas de protección de los ríos.

En relación con esta función, señala la doctrina que se define como *una cualidad inescindible de la función social de la propiedad y que encuentra su fundamento en la necesidad y el derecho que poseen los individuos a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado (artículo 50 de la Constitución Política) y como parte de la función económica y social que deben cumplir los inmuebles (artículo 8, Ley de Biodiversidad)*.[i]

Al respecto, señala el mismo Manual de Buenas Práctica Ambientales del Tribunal Ambiental Administrativo que "s*e debe elaborar un programa de reforestación, revegetación y restauración natural de las áreas que sean afectadas temporalmente por un proyecto o actividad. También debe procurarse la reforestación, revegetación y restauración de otras áreas que actualmente no tengan cubierta vegetal. En este proceso se deben utilizar especies nativas de la zona."*

Sobre este tema, ha hecho hincapié la Procuraduría General de la República en la OJ-33-1995 al señalar la importancia de este tipo de medidas complementarias, por ser *tendientes a asegurar volúmenes adecuados de agua, a través de la preservación y restablecimiento de áreas boscosas colindantes con los ríos.*

Dada por establecida la importancia del programa de reforestación para el cumplimiento del ordenamiento jurídico costarricense, es que en el presente Estudio de Impacto Ambiental se generan una serie de lineamientos generales para el planteamiento de la misma en las áreas a ser afectadas por el proyecto.

4.3. Caudal Ecológico y Caudal mínimo remanente

De previo a analizar la situación concreta del sistema de control de inundaciones propuesto, es relevante acotar la distinción entre dos términos que, a lo largo de muchos años, fueron asimilados como sinónimos: caudal ecológico y cauda mínimo remanente.

En el año 2004, se determinó la definición de caudal mínimo remanente, esto a través del Manual Técnico del Departamento de Aguas (actual Dirección de Aguas) publicado en La Gaceta número 98, el cual tiene como fin, contar con criterio técnico predefinido para la determinación de las necesidades o requerimientos de agua en las diferentes actividades y proyectos que dependen de este preciado líquido, y que requieren de una concesión de

uso de la misma; la cual es tramitada y recomendada por el Departamento de Aguas para su resolución por parte del Ministro del Ambiente y Energía (MINAE).

Sobre esta definición se indica lo siguiente:

*"**Caudal mínimo remanente**: Es el caudal no derivable de una fuente producto de la particularidad hidrográfica de cada región, de tal forma que se garantice un caudal mínimo continuo y permanente aguas abajo de todo aprovechamiento a lo largo del cauce. Conocido por sus siglas CMR."*

Su medición se realiza de acuerdo con lo estos parámetros:

- El tramo de la fuente del aprovechamiento entre el punto de toma y el punto de desfogue, no debe quedar seco en ningún momento, por tanto en ese sector deberá discurrir continua y permanentemente un caudal mínimo; que es el equivalente al 10% del caudal promedio anual de la fuente (0.10% Qa), según los datos del registro de caudales.
- El caudal mínimo (CM) estará conformado pro un caudal de rebose (CR) en el punto de toma, más el caudal aportado (CA) por los efluentes aguas debajo de la presa, hasta el punto de desfogue del proyecto. Este caudal aportado aguas abajo estará condicionado a la distancia respecto a la derivación de aguas del proyecto, y será proporcional a esta distancia; de acuerdo al resultado de la sumatoria del producto del caudal promedio anual aportado por cada afluente (qi); y la distancia (li) medida del punto de desfogue y al sitio de descarga del aporte, entre la distancia total desde el punto de toma al punto de desfogue del proyecto:

CM = CR + CA

Es apreciable que dicha definición se aplica a un caudal de reposición o de mantenimiento, de manera que una concesión de aprovechamiento de agua no implique que el cauce se quede seco y, más bien, procurar garantizar el flujo de una cantidad mínima de agua en el cauce del río aprovechado.

Tradicionalmente, ha sido aplicada para la determinación favorable para una concesión destinada a la generación hidroeléctrica y fue a través de la resolución 13461-2006, que se le empieza a denominar también caudal ecológico, indicando la Sala Constitucional respecto del caudal mínimo remanente que: *"…ese caudal mínimo o remanente es el necesario para el equilibrio y sostenimiento del ecosistema, la flora y la fauna de una corriente de agua."*

Es en el año 2008, que a través del artículo 3 del decreto 33903-MINAE-S denominado Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, se define específicamente caudal ecológico de la siguiente manera:

*"**Caudal Ecológico**: Caudal de mantenimiento, es el caudal que hay que dejar en un río aguas abajo de cada aprovechamiento de regulación o derivación (modificación del régimen natural) para que se mantenga un nivel admisible de desarrollo de la vida acuática."*

Tal y como se puede apreciar, esta definición es bastante más completa que la anterior, pues no supone únicamente actividades de aprovechamiento sino también aquellas de modificación del régimen natural, haciendo énfasis en el que sea posible mantener un nivel admisible de desarrollo de la vida acuática.

Ante esta distinción en las definiciones, es importante determinar la aplicable para el Sistema de Control de Inundaciones. Así las cosas, partiendo tanto de la realidad del Río Limoncito (y las desviaciones a las cuales ha sido sometido), así como de las obras a realizar como parte del proyecto es posible concluir que la definición más adecuada es la de caudal ecológico, lo anterior como un mecanismo a través del cual se permita el desarrollo de la vida acuática existente.

Ahora bien, es importante destacar que las obras realizadas con anterioridad al Río Limoncito no garantizaron la permanencia de un caudal ecológico. Por esta razón y a efectos de disminuir los impactos del proyecto, sería relevante que como parte de la gestión ambiental requerida se invierta en el desarrollo de infraestructura que produzca una condición de caudal ecológico en el Río Limoncito.

Esto de previo a la ejecución del sistema de control de inundaciones, cuya infraestructura deberá estar dirigida a desviar únicamente los excedentes de agua producto de eventos extremos y no el caudal normal del río.

4.4. Creación y modificación de infraestructura dentro del Refugio de Vida Silvestre Mixto Limoncito.

El Decreto Ejecutivo N° 23121 del 7 de febrero de 1994 creó el Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito, de propiedad estatal, al sur de la ciudad de Limón, con el fin de proteger los ecosistemas de humedales existentes en el área que comprende.

A la vez, autorizó a la entonces Dirección General de Vida Silvestre a suscribir convenios de cooperación con la Junta de Administración Portuaria y de Desarrollo de la Vertiente Atlántica para proteger el Refugio, ejecutar investigaciones biológicas y el pago de mejoras a poseedores dentro del área.

De acuerdo con la Opinión Jurídica 137-J de la Procuraduría General de la República, lo anterior se realizó *en virtud de ser JAPDEVA, a ese momento, propietaria de tierras ahí ubicadas cubiertas de yolillales y bosques inundados, que constituyen un hábitat con gran variedad de flora y fauna silvestre, que es necesario preservar.*

Posteriormente, el Decreto N° 23259-MIRENEM del 27 de abril de 1994 modificó la categoría del Refugio, para asignarle la de propiedad mixta. De acuerdo con la Ley de Conservación de la Vida Silvestre número 7317 y su reglamento, decreto ejecutivo 32633, un refugio de vida silvestre mixto se define como aquel en los cuales las áreas declaradas como tales pertenecen en partes al estado y otras son de propiedad particular.

Su régimen legal es entonces mixto entre propiedad privada y propiedad pública. La administración corresponde al Sistema Nacional de Áreas de Conservación respectivo quien, al igual que los particulares, deberá respetar lo establecido en el Plan de Manejo.

Para el caso concreto del Sistema de Control de Inundaciones y las obras a realizarse en el Refugio Mixto de Vida Silvestre Limoncito, en la 1.4. Concordancias con los planes del uso de la tierra, se analiza específicamente la correspondencia técnica entre lo permitido por el Plan de Manejo y algunas de las actividades previstas para el proyecto. Al respecto es importante señalar que mediante consulta telefónica al señor Mario Solano de la Gerencia de Manejo de Recursos Naturales[1] del SINAC, se nos indica que el Plan de Manejo remitido dentro de la información brindada por SENARA no se encuentra en vigencia pues está en estudio de aprobación por parte de la entidad.

No obstante lo anterior, desde el punto de vista legal, es importante acotar que de acuerdo con el artículo 82 de la Ley de Conservación de Vida Silvestre, las personas físicas o jurídicas que deseen realizar actividades o proyectos de desarrollo y de explotación de los recursos naturales, comprendidos en los refugios mixtos requerirán de la autorización de la Dirección General de Vida Silvestre.

El artículo 51 del Reglamento a la Ley de cita, señala que el MINAE a través del SINAC, podrá autorizar dentro de los límites de los Refugios de Propiedad Mixta, de conformidad con los principios de desarrollo sostenible planteados en los planes de manejo, las siguientes actividades:

a) Uso agropecuario.
b) Uso habitacional.
c) Vivienda turística recreativa.
d) Desarrollos turísticos, incluye hoteles, cabinas, albergues u otros que realicen actividades similares.
e) Uso comercial (restaurantes, tiendas, otros).
f) Extracción de materiales de canteras (arena y piedra).
g) Investigaciones científicas o culturales.
h) Otros fines de interés público o social y cualquier otra actividad que el SINAC considere pertinente compatibles con las políticas de Conservación y desarrollo sustentable

Del listado anterior se colige que el Sistema de Control de Inundaciones se categoriza como una actividad con fines de interés público o social, dado que las obras a realizar pretenden disminuir el impacto de las inundaciones en condiciones climáticas extremas. De esta manera, le aplicaría lo indicado en el artículo 151 del Reglamento en mención, el cual señala:

"Los interesados en realizar actividades de tipo a y h contempladas en el artículo 151 de este reglamento deben cumplir con los siguientes requisitos:

a) Presentar solicitud por escrito ante las oficinas del SINAC, en el Área de Conservación que corresponda.
b) Original y copia certificada de la escritura o concesión.
c) Original o copia certificada del plano catastrado. En la Zona Marítimo Terrestre, si la propiedad no está amojonada el SINAC solicitara al IGN dicho amojonamiento.

[1] Teléfono 2522-6500. Ext. 354

Si el documento no puede catastrarse por ausencia de amojonamiento, el SINAC solicitará copia de un plano y verificará mediante inspección de campo la posesión y verificación de límites.

d) Certificación de personería jurídica en caso de sociedades.

e) Presentación de la Viabilidad Ambiental otorgada por la SETENA.

f) *Plan de Manejo, tal como la establece la Ley de Biodiversidad."*

De esta manera, es trascendental para la ejecución de las obras del proyecto que se cuente con la debida autorización del SINAC, una vez otorgada la viabilidad ambiental del mismo. Esta exigencia legal, deberá ser incluida y contemplada en la elaboración de los Términos de Referencia a elaborar como parte de la Consultoría.

4.5. Síntesis de normativa a cumplir para la ejecución de las obras del proyecto de Control de Inundaciones en el área de Limoncito

Para los efectos de este acápite, se seleccionaron tres temas cuya legislación se considera de aplicación genérica a cualquier proceso constructivo, como lo son: ruido, salud ocupacional y manejo de desechos. En relación con dichos temas, se determinará el listado de regulación vigente así como una síntesis de aspectos que son de interés y aplicación en la ejecución del proyecto.

4.6.1. Regulación para el control de ruido

Normativa vigente

- Ley 5395, Ley General de Salud
- Decreto Ejecutivo 28718, Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido.
- Decreto Ejecutivo 32692, Procedimiento para la Medición de Ruido.
- Decreto Ejecutivo 10541, Reglamento para el control de ruidos y vibraciones

Resumen de normativa y aspectos relevantes para el proyecto.

La Ley General de Salud habilita al Ministerio de Salud a dictar normas en la materia, potestad de la cual se deriva la formulación los dos primeros decretos. El decreto sobre el Reglamento para el control de ruidos y vibraciones hace referencia a los ruidos dentro del ámbito laboral, siendo competencia del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. El Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido establece los decibeles máximos permitidos para la fuente emisora en cada una de las zonas receptoras. Hay varios conceptos que deben tomarse en cuenta en materia de medición de ruidos:

- **Decibelio o Decibel (dB)**: Unidad dimensional, usada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una de referencia, de esta manera el dB es usado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora.
- **dB(A)**: El total de la presión de sonido en decibeles de todos los sonidos medidos por un sonómetro con una referencia de presión de 20 micropascales, usando la escala de medición "A" del sonómetro y la unidad de medición se expresa como dB(A).
- **L10:** El nivel de sonido, en la escala A, dB(A), que es excedido en un diez por ciento (10%) del tiempo para un período bajo consideración.

Las fuentes emisoras se clasifican en zonas urbano-residencial, comercial e industrial; las zonas receptoras en residencial, comercial, industrial y tranquilidad, según la fuente emisora y la zona receptora, es que se establece el máximo de decibeles permitidos.

Cuadro 4. 2. Resumen de zonas receptoras, áreas y actividades.

Zonas receptoras	Áreas dentro de zonas receptoras	Actividades que se desarrollan en cada área
Zona Urbano Residencial	Residencial	Permanentes, rurales, de verano
	Viviendas comerciales	Hoteles y moteles, apartamentos alquilados, campamentos, cabañas, casas de huéspedes.
	Servicios a la comunidad	Instituciones de salud, asilos de ancianos, oficinas de Seguridad Pública, escuelas, preescolar, colegios, guarderías y otros centros educativos
Zona Comercial	Establecimientos comerciales	Restaurantes, comedores, cafeterías, heladerías, sodas, supermercados, pulperías, carnicerías, bares
	Estaciones de servicios de vehículos	Gasolineras, venta y renta de autos, estacionamientos, centro de lavado de carros, servicios de reparación (hojalatería, pintura y mecánica), lubricentros, servicios de autodecoración
	Servicios misceláneos	Funeraria, perreras y clínicas veterinarias, barberías, salones de belleza, lavanderías, oficinas, farmacias, ferreterías, almacenes fiscales, centros comerciales, bazares, tiendas, relojerías, zapaterías, joyerías, ventas de repuestos
	Centros de recreación y entretenimiento	Cines, gimnasios, salas de patinaje, lugares de diversiones y recreación, salones de bailes y discotecas
	Servicios comunales	Iglesias, centros culturales, salones comunales
Zona Industrial	Establecimientos de carga y descarga	Almacenes de ventas al por mayor, depósitos de materiales, terminal de camiones, patio de contenedores, aserraderos
	Área industrial	Minería, industrias livianas y pesadas, extracción de materiales de la corteza terrestre, industria farmacéutica, industria de calzado, procesamiento de agroquímicos, fabricación de cartón, almacenamiento de gas, maquiladoras, fundidoras, panaderías, molinos de café, maíz, trigo y otros cereales y leguminosas, fábricas de alfombras, trefilerías, fábricas de juguetes, fábricas de conservas, fábricas de bebidas no alcohólicas, embotellado de bebidas, fabricación de hilos, fabricación de muebles de metal, envasado de especies, industria de cerámica, industria de hipocloritos, industria metal-mecánica, industria de prefabricados de concreto
	Agricultura y ganadería	Granjas avícolas, de conejos, de abejas, porcinas, pisciculturas, lecherías, invernaderos, graneros, caballerizas, criadero de hongos, hortalizas y legumbres
Zona Tranquilidad		Hospitales, clínicas, hospitales de salud mental, Tribunales de Justicia.

El Reglamento en mención, determina los límites que deben cumplir la emisión de ruido, tomando en consideración tanto la fuente emisora como la zona receptora y la actividad de que se trate:

Cuadro 4. 3. Cantidad de decibeles máximos permitidos según fuente emisora, zona receptora y horario.

Fuente emisora	Zona Receptora							
	Residencial		Comercial		Industrial		Tranquilidad	
	D	N	D	N	D	N	D	N
Zona residencial	65	45	65	55	70	60	50	45
Zona Comercial	65	45	65	55	75	65	50	45
Zona Industrial	65	45	70	65	75	75	50	45

En el cuadro anterior, D hace referencia al periodo diurno, que abarca de las 6:00 horas a las 20:00 horas, y N al periodo nocturno, el cual va de las 20:00 horas a las 6:00 horas.

Está prohibida la emisión de niveles de sonidos que excedan los límites establecidos en la tabla, por un periodo mayor de diez por ciento (10%) del tiempo (L10) en cualquier período de medición, el cual no será menor de 30 minutos y realizado por el Ministerio de Salud, quien es a entidad competente para ello de acuerdo con lo establecido en el Decreto sobre Procedimiento para la Medición de Ruido.

En principio, siempre que exista una fuente emisora de sonido deberá tomarse las medidas que permitan su aislamiento acústico, para no exceder los límites señalados en la tabla.

Partiendo del supuesto de que las actividades a realizar como parte de la ejecución del proyecto del Sistema de Control de Inundaciones del Área de Limoncito serán en su mayoría constructivas, podrían considerarse como una fuente emisora de sonido industrial, la cual se va llevar a cabo en un área residencial. Lo anterior implica que la recepción de sonido **no puede superar los 65 decibeles en el día**, ni los **45 decibeles en la noche**.

4.6.2. Regulación sobre seguridad y salud ocupacional

Normativa vigente

- Ley 2, Código de Trabajo
- Ley 5395, Ley General de Salud
- Ley 6727, Ley sobre Riesgos del Trabajo (Reforma al Código de Trabajo).
- Decreto Ejecutivo 1, Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo
- Decreto Ejecutivo 10451, Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones
- Decreto Ejecutivo 11492, Reglamento sobre Higiene Industrial
- Decreto Ejecutivo 12715, Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología
- Decreto Ejecutivo 13961, Crea Concejo de Salud Ocupacional
- Decreto Ejecutivo 18379, Reglamento de Comisiones de Salud Ocupacional
- Decreto Ejecutivo 25235, Reglamento de Seguridad en Construcciones
- Decreto Ejecutivo 27434, Reglamento sobre las Oficinas y Departamentos de Salud Ocupacional
- Decreto Ejecutivo 26904, Plan Nacional de Salud Ocupacional

- Decreto Ejecutivo 33507, Reglamento de Salud Ocupacional en el Manejo y Uso de Agroquímicos

Resumen de normativa y aspectos relevantes para el proyecto.

Ley sobre Riesgos del Trabajo: Esta reforma al Código de Trabajo es la que incluye el concepto de Salud Ocupacional en esta norma. Según la misma norma, "tiene como finalidad promover y mantener el más alto nivel de bienestar físico, mental y social del trabajador en general; prevenir todo daño causado a la salud de éste por las condiciones del trabajo; protegerlo en su empleo contra los riesgos resultantes de la existencia de agentes nocivos a la salud; colocar y mantener al trabajador en un empleo con sus aptitudes fisiológicas y sicológicas"[2].

En esta norma se crean una serie de obligaciones de los patronos referentes a la Salud Ocupacional, como lo son el cumplimiento de la normativa sobre el tema, permitir que las autoridades realicen las inspecciones pertinentes, habilitar a los trabajadores para que se hagan exámenes sobre su condición de salud, facilitarles los equipos y elementos para a sus trabajadores para que estén seguros y verificar el correcto uso y funcionamientos de dichos materiales.

También se establecen obligaciones para los trabajadores, quienes deberán participar de los procesos de salud ocupacional, hacerse los exámenes pertinentes, utilizar los insumos que la empresa les da para su seguridad personal y abstenerse de realizar actos contrarios a los procesos de salud ocupacional.

Ley General de Salud: Existe una prohibición contenida en esta norma de asistir, entre otros lugares, a los centros laborales cuando se tenga una enfermedad transmisible, siendo responsabilidad tanto del trabajador como del patrono el cumplimiento de esta disposición.

Las operaciones que se realicen con materiales tóxicos o peligrosos, deberán realizarse de forma tal que se elimine o al menos disminuya el riesgo de afectar la salud y seguridad de las personas, lo cual incluye las operaciones que se realicen en un centro de trabajo.

En lo que corresponde a las actividades industriales, se establece además de la obligación de cumplir la normativa, la de limitar la insalubridad, peligro o incomodidad que puedan generar sus operaciones a los trabajadores, bajo pena de clausura del centro de trabajo.

Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo: Inicialmente, esta norma indica las obligaciones de los patronos en la materia, siendo estas asegurar el buen estado de las instalaciones, equipos y herramientas de trabajo, dotar a los trabajadores de equipo de protección personal, capacitar al personal en materia de seguridad e higiene y permitir las labores de las autoridades competentes en el centro de trabajo.

Se enumeran las obligaciones de los trabajadores, entre las que está hacer uso de los equipos de protección de protección tanto personal como de las maquinarias, cumplir con

[2] Artículo 273 del Código de Trabajo

las indicaciones referentes a seguridad e higiene y abstenerse de realizar acciones que dificulten el cumplimiento de las medidas de seguridad.

Sobre la ubicación, construcción y acondicionamiento de los centros de trabajo, estos deberán cumplir con los requisitos de seguridad e higiene que demanden la seguridad, integridad, salud, moral y comodidad de los trabajadores.

El Reglamento contempla diversos requisitos que deben cumplir los centros de trabajo tales como:

- Trampas, aberturas y zanjas: deberán estar cerrados o tapados, en caso de que no sea posible deberán rodearse de barandillas sólidas y de señalización de peligro.
- Iluminación: deberá ser adecuada para el mantenimiento de la seguridad y salud de los trabajadores.
- Trabajo en lugares subterráneos o semisubterráneos: deberá garantizarse suficiente iluminación y protección contra la humedad.
- Máquinas: el arranque, uso y parada de las máquinas no pueden ocasionar riesgos a la seguridad de los trabajadores. Las partes de las máquinas que puedan ocasionar algún riesgo deberán tener permanecer cubiertos. El mantenimiento de las maquinas debe darse en los momentos en que estas no estén en funcionamiento.
- Electricidad: toda operación que se realice con el sistema eléctrico debe ser realizada por personas competentes y contemplando las medidas de seguridad. El sistema eléctrico deberá contar con mecanismos de protección suficientes para garantizar la seguridad.
- Tuberías y conducciones: deberán tomarse las previsiones para evitar fugas.
- Servicios sanitarios: el centro de trabajo deberá tener inodoros o letrinas y mingitorios o urinarios separados para cada sexo, los cuales contarán con agua abundante y papel higiénico suficiente.
- Lavamanos: habrá uno por cada quince trabajadores, deberá haber jabón y toallas para el aseo.

Este reglamento contempla otras disposiciones, las cuales están dirigidas a trabajos que se realicen en lugares cerrados o para actividades concretas.

Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones: Se considera lugar de trabajo ruidoso a todo aquel donde se produzcan ruidos de una intensidad mayor a los 85 dB(A)[3]. Las maquinas que produzca ruido mayor a 85 dB(A) ubicarse en un área donde no afecte a los trabajadores que no tienen que intervenir directamente con su operación, además, la instalación de estas máquinas hacerse de forma tal que se reduzcan los ruidos y vibraciones.

Cuando se superen los 85 dB(A), los trabajadores deberán contar con equipo de protección personal, para lograr que se atenúe su intensidad hasta esta medida. No se

[3] dB(A): El total de la presión de sonido en decibeles de todos los sonidos medidos por un sonómetro con una referencia de presión de 20 micropascales, usando la escala de medición "A" del sonómetro y la unidad de medición se expresa como dB(A). Definición del Decreto Ejecutivo 28718, Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido.

expondrá a trabajadores a más de ocho horas de trabajo diurno o seis horas de trabajo nocturno cuando la intensidad del ruido sea mayor a 85 dB(A). El trabajador tiene la obligación de utilizar el equipo de protección personal que se le suministre.

Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología: Esta norma establece los colores convencionales para identificar riesgos físicos, objetos y tuberías, para los efectos de prevenir accidentes en las actividades humanas. Los posibles usos que pueden hacerse de los colores se describen en la siguiente tabla:

Color	Uso regular	Uso en tuberías
Rojo	Avisos de peligro Para indicar detención inmediata Para recipientes que acarrean materiales peligrosos Dispositivos de emergencia Equipo contra incendio	Protección contra incendios
Anaranjado	Identificación de partes peligrosas de máquinas	Vapor
		(con franjas verdes) Agua caliente y calefacción
Amarillo	Avisos de precaución Equipo en movimiento Obstrucción del paso Indicaciones como escaleras, desniveles y similares Barreras Bordes de fosos sin protección Bordes de plataformas de carga y descarga Partes salientes Dispositivos de sujeción	Gases y ácidos tóxicos o corrosivos
Verde	Avisos de seguridad Dispositivos de seguridad Botiquines Gabinetes de máscaras contra gases Botones de arranque de equipos	Agua (fría, potable, de río)
Azul	Indica que se deben tomar precauciones frente a equipos que se hayan detenido por reparaciones o que simplemente no deben moverse o ponerse en funcionamiento.	Aire, aire comprimido
Violeta	Riesgo de radiación	ND
Blanco	Señales de tránsito, orden y limpieza, información general	Entrada y salida de corriente de ventilación. Refrigeración
Gris/Negro	Señales de tránsito, orden y limpieza, información general	Para electricidad, luz, timbres, alta tensión, teléfonos, aguas negras y pluviales
Castaño	ND	Combustibles líquidos, gases y aceites lubricantes

La identificación de los productos conducidos por tuberías se deberá completar indicando con leyendas el nombre además del grado de peligrosidad de los mismos. Las leyendas se pintarán directamente sobre las franjas o se adosarán a las tuberías de pequeño diámetro por medio de carteles especiales y el color de las letras será el negro o el blanco, dependiendo del contraste que este logre con las franjas.

Reglamento de Seguridad en Construcciones. Este reglamento rige todo proceso constructivo en materia de seguridad. Entre las disposiciones que son de interés para el Proyecto del Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito, están las siguientes:

- **Almacenamiento de materiales:**
  - Deben apilarse de modo que no perjudiquen el tránsito de personas o la circulación de materiales o el ingreso de equipo para combate de incendios. Tampoco deben obstruir puertas de salida de emergencia y no provocar empujes sobre paredes que no estén diseñadas para tal fin.
  - En el almacenamiento de material a granel, suelto o embalado, la altura debe adecuarse a la estabilidad y a las características de cada producto o material, para facilitar su manipuleo.
  - Postes, tubos, cilindros etc., deben ser agrupados en camadas, con armazones de metal o madera para impedir cualquier movimiento de estos perfiles redondos y las piezas largas se colocarán siempre al fondo.
  - El almacenamiento de materiales pesados en lugares cercanos a zanjas o excavaciones deberá hacerse a una distancia respecto al borde no menor a 1,2 veces la profundidad de la excavación.
  - Para el almacenamiento de varillas, perfiles, tubos de diámetro pequeño, es necesario el uso de bastidores, que garanticen la estabilidad e inmovilidad del acopio.
  - El almacenamiento de tablones se hará en camas y con tablones dispuestos y salientes de manera que sirvan como escalones que permitan un fácil acceso y posterior manipulación.
  - Para el manejo manual de cargas, el límite será de 60 kilogramos por trabajador en el caso de transporte de carga individual para el levantamiento de pesos el límite será de 55 kilogramos por trabajador y esta operación ha de ser intermitente (hasta tres movimientos por hora). Para una frecuencia mayor, el límite de levantamiento de pesos será de 50 kilogramos por trabajador.

- **Excavaciones**
  - En toda excavación se garantizará la estabilidad de los taludes construyendo estos con una inclinación acorde con la naturaleza y condiciones del terreno, así como la forma de realización de los trabajos. Si por cualquier circunstancia la excavación se ejecuta con taludes más acentuados que los requeridos, se dispondrá de ademes que por su forma, materiales empleados y secciones, ofrezcan absoluta seguridad.
  - Las excavaciones con más de un metro y medio de profundidad, deben disponer de escaleras o rampas próximas a las áreas de trabajo, a fin de permitir, en caso de emergencia, la salida rápida del personal.
  - Deben ser tomadas en consideración para determinar la inclinación de los taludes y el cálculo del apuntalamiento las cargas o sobrecargas ocasionales, así como las posibles vibraciones.
  - En la excavación deberá señalizarse todo sitio peligroso como: acceso de vehículos, lugar de trabajo de maquinaria, paso de personas, ubicación de tuberías o cables eléctricos, entre otros.

- Las bocas de los pozos y las galerías de inclinación peligrosa, deberán ser convenientemente protegidas, mediante barandillas sólidas de cero noventa metros de altura y rodapiés que impidan la caída de materiales.
- Cuando se realicen trabajos de excavación o similares, al pie de taludes inestables o cuyo ángulo de inclinación sea mayor que el ángulo de reposo natural del terreno, deberá proveerse una protección colectiva a los trabajadores para evitar que sean sepultados por un desprendimiento del talud.
- Cuando se usen excavadoras para el movimiento de la tierra, la zona de peligrosidad respecto a la máquina será de cinco metros más de radio respecto al radio de giro de la máquina.

- **Servicios higiénicos:**
  - Se requieren vestidores y servicios sanitarios según el número de trabajadores. Estos últimos deberán tener papel higiénico, sus dimensiones serán de un metro por un metro veinte de superficie, y de al menos dos metros treinta de altura.
  - Deberá disponerse de medios para asearse a los trabajadores que laboren con concreto.
  - Se debe facilitar agua potable a los trabajadores.

- **Movimiento de cargas**
  - No se deben transportar cargas por encima de los trabajadores ni permitir que estos se encuentre debajo de la zona de carga.
  - Se prohíbe viajar sobre cargas, ganchos o eslingas vacías.

- **Electricidad**
  - Entre las medidas de seguridad que pueden utilizarse para evitar el contacto de los trabajadores para los elementos de tensión están: alejar las partes activas de la instalación a distancia suficiente de las personas para evitar contactos fortuitos, recubrir las partes activas con aislamientos apropiados, que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto a un valor no peligroso. Interponer obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación, estos obstáculos deben soportar los esfuerzos mecánicos usuales. Confinar en armarios protectores el sistema eléctrico, utilizar bajas tensiones
  - Se utilizarán para las tomas de corriente, bases y clavijas que por su diseño imposibiliten el contacto con elementos en tensión o proteger la instalación mediante interruptores diferenciales.
  - Se protegerán los conductores eléctricos de cualquier condición que pueda deteriorar su aislamiento.

- **Equipo de protección personal**
  - El patrono deberá proveer el equipo de protección personal, además de capacitar a los trabajadores sobre su uso.
  - Cuando se labore en medios húmedos, deberá proveerse de calzado y ropa impermeable.
  - Los trabajadores que trabajen con concreto emplearán zapatos y guantes apropiados para ello.

- Los trabajadores deberán usar correctamente el equipo de protección personal que le brinden.

4.6.3. Regulación sobre manejo de desechos

Normativa vigente

- Ley 5395, Ley General de Salud
- Ley 8839, Ley de Gestión Integral de Residuos
- Decreto Ejecutivo 21297, Reglamento para el Manejo de Lodos Procedentes de Tanques Sépticos
- Decreto Ejecutivo 27378, Reglamento sobre Rellenos Sanitarios
- Decreto Ejecutivo 36093, Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios
- Decreto Ejecutivo 35933, Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos
- Decreto Ejecutivo 37567, Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos
- Decreto Ejecutivo 37757, Reglamento sobre valores guía en suelos para descontaminación de sitios afectados por emergencias ambientales y derrames

Resumen de normativa y aspectos relevantes para el proyecto.

Ley General de Salud. Se establece la obligación de tratar o disponer de los residuos que provengan de todo tipo de actividad, además de prohibir su acumulación o arrojo en lugares no autorizados. Se establece como competencia de las municipalidades mantener el aseo de los lugares públicos. Se establece la obligación de los propietarios a tener los terrenos desocupados sin acumulación de desechos, además de ubicar la basura para su adecuada recolección.

Ley de Gestión Integral de Residuos. Establece la obligación para los generadores de residuos de intentar reducir los mismos, o al menos evitar grandes cantidades y su toxicidad. La gestión de los residuos deberá hacerse de conformidad con las normas respectivas. Los residuos ordinarios son manejados por la Municipalidad mediante su sistema de recolección, los de manejo especial tendrán un manejo diferenciado con el fin de que no causan daños a la salud ni el ambiente.

Reglamento sobre Rellenos Sanitarios. Se especifican las condiciones para la creación y manejo de algo de los rellenos sanitarios, entre las cuales destaca el manejo separado que debe hacerse de ciertos tipos de residuos, los cuales podrían ocasionar problemas si se tratan con el resto de desechos. Se separan en siete grupos dependiendo del efecto nocivo que puedan causar, dentro del grupo 1, el cual incluye elementos puedan generar calor o reaccionar de forma violenta, se incluyen el lodo de acetileno, lodo ácido y lodo de cal, dentro dos los otros grupos se incluyen elementos que inflamables, explosivos o tóxicos.

Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios. Es obligación de los generadores de desechos, separar y calificar los residuos según las normas municipales, no combinar los residuos ordinarios con los especiales, colocar los residuos en el

recipiente de recolección en el horario de que establezca la Municipalidad, además de cumplir con cualquier otra disposición que esta determine.

Los residuos especiales son aquellos cuyo volumen, cantidad, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje o valor de recuperación no se recomienda ser tratados como ordinarios, tendrán un manejo diferenciado de los ordinarios, para evitar afectaciones al ambiente y a la salud. Su forma de recolección será determinada por la Municipalidad, lo cual se deberá tener en consideración al momento de ejecución de las obras.

Reglamento sobre valores guía en suelos para descontaminación de sitios afectados por emergencias ambientales y derrames. Este Reglamento contiene el listado de sustancias químicas que podrían provocar alteraciones perjudiciales a la calidad del suelo, a fin de evitar daños a la salud pública y al ambiente, además establece los procedimientos administrativos para la gestión del riesgo en casos de contaminación de suelo y medios con los que éste tenga contacto.

Para ello se determinan valores guías máximos en zona agrícola, residencial o industrial, estos valores pueden ser de prevención (concentración de sustancias que puede ocasionar alteraciones perjudiciales a los suelos o la salud) o de intervención (concentración de sustancias que puede ocasionar problemas a la salud humana).

Las personas que usen las sustancias químicas que señala el Reglamento deberán monitorear regularmente que en sus terrenos no se superen los valores guías de dichas sustancias. En caso de que se superen los valores de prevención, el Ministerio de Salud calificará la zona como probablemente contaminada, en ese caso deberá aprobarse un Plan de Monitoreo que deberá contener medidas para mitigar y controlar la contaminación. En caso de que se superen los valores de intervención, el Ministerio de Salud calificará la zona como contaminada, para lo cual deberá proponerse un Plan de Remediación.

Anexo 5: VI Línea Base

5.1.1. ASPECTOS GEOLÓGICOS

Según Campos (1985) en el AP y sus alrededores afloran materiales de origen sedimentario pertenecientes a las Formaciones Senosri, Uscari, Río Banano, Limón y Suretka, así como los depósitos recientes de origen aluvial y coluvial.

Como se observa en el respectivo Mapa Geológico (mapa 5.1.1), el proyecto se desarrollará principalmente sobre los depósitos recientes.

5.1.1.1. Formación Senosri (Campos, 1985)

Corresponde a una secuencia carbonatada siliciclástica redepositada de edad Oligoceno – Mioceno Inferior.

Está constituida por tres miembros:

a) Miembro Inferior: consiste de lutitas ricas en foraminíferos.

b) Miembro Medio: es transicional hacia el inferior y consta de intercalaciones de calizas bien estratificadas alternantes con lutitas y con horizontes ocasionales de calizas bioclásticas.

c) Miembro Superior: consiste de intercalaciones de calizas orgánicas cristalinas con lutitas y areniscas. Hacia el techo predominan las lutitas, señalando el contacto transicional hacia la Formación Uscari sobreyacente.

Esta formación se caracteriza por una abundante fauna pelágica, con predominio de foraminíferos planctónicos, en tanto que en las facies de calizas bioclásticas abundan las algas calcáreas y los macroforaminíferos.

En el área de estudio afloran tan solo las Facies de Depósitos de Turbiditas Siliciclasticas, las cuales Corresponde con una secuencia turbiditica siliciclástica, compuesta fundamentalmente por alternancias regulares de areniscas y lutitas. Su espesor es de 300 metros. Sus principales afloramientos se encuentran en el área de los ríos Tercero y Victoria.

Dos tipos de depósitos conforman esta secuencia: a) alternancias de areniscas y lutitas, y b) gruesos estratos de areniscas. Ambos definen dos tipos de subfacies, los cuales se intercalan irregularmente.

5.1.1.2. Formación Uscari (Campos, 1985)

Corresponde con una secuencia de 2.000 m de espesor de lutitas y lutitas arenosas, ambas de color gris verdoso con algunas intercalaciones arenosas y de lentes de caliza y lutitas calcáreas ricas en microfauna y de color café. Se subdivide en los siguientes miembros:

a) Miembro Brai: está conformado por las típicas lutitas de Uscari, color gris verdoso a café, localmente ricas en microfauna y con abundantes concreciones calcáreas color amarillo mostaza.

b) Miembro Yorkin: constituye las facies de transición de la Formación Río Banano y está constituida por una serie alternante finamente estratificada de lodolitas y areniscas finas.

La edad de la Formación Uscaries del Oligoceno Superior hasta el Mioceno Inferior, y su contacto es transicional con las formaciones subyaciente y sobreyaciente.

En el área de estudio, se reconocen las siguientes facies de esta formación:

- **Facies de Depósitos de LutitasHemipelagicas**

Está constituida por cerca de 50 m de lutitas, levemente calcáreas y laminadas finamente. Sus principales afloramientos se encuentran en el Río Victoria – Blanco. Composicionalmente, varían desde arcillitas limosas con foraminíferos hasta limolitas arcillosas con foraminíferos. Su color es gris verdoso oscuro; de estratificación gruesa hasta muy gruesa, con estratos de base y techo planos, bien diferenciables, debido, posiblemente a leves variaciones en la composición.

- **Facies de Depósitos de Lutitas de Plataforma y Talud Deposicional**

Está constituida por una secuencia de cerca de 700 m de espesor de lutitas silíceas, laminadas y macizas. Sus principales afloramientos se encuentran en los cauces de los ríos Segundo, Tercero, Banano, Peje, Victoria y Limoncito, y en las quebradas Andarivel, Tigre y Zeledón. Su sección más completa se encuentra en el Río Peje. Se caracterizan dentro de ellas las siguientes subfacies:

  - **Subfacies de lutitas silíceas**: varían desde arcillitas hasta limolitas arcillosas. Son de color café oscuro. Su estratificación es maciza (hasta de 3 m), pero generalmente es difícil de observar. No presentan intercalaciones arenosas. Internamente pueden mostrar fina laminación horizontal o ser de aspecto macizo, sin laminaciones. Presentan frecuentes trazas de tubos verticales y bolsas o concentraciones locales de biodetrito (menor de 2 mm) de delgadas conchas de bivalvos. Son comunes las concreciones calcáreas de formas tabulares y longitudes centimétricas hasta decimétricas.

  - **Subfacies de alternancias de areniscas y lutitassinsedimentariamente deformadas:** constan de alternancias regulares de areniscas y lutitas con estratificación muy delgada a muy gruesa. Las areniscas son de grano medio a fino, siliciclásticas, ocasionalmente enriquecidas por espículas de esponjas, con típico color crema. Internamente no están organizadas o bien presentan laminación horizontal. La base de sus estratos muestra el desarrollo de marcas de compactación diferencial. Las lutitas son, silíceas, macizas, sin laminacionesy de color gris oscuro. Estas alternancias están afectadas por una deformación sinsedimentaria, caracterizada por el desarrollo de un plegamiento disarmónico y una intensa fracturación en bloques, lo cual es particularmente

notable en los niveles con estratificación delgada, mientras que en los niveles con estratificación gruesa, es menos palpable.Afloran únicamente en el área de Andarivel.

5.1.1.3. Formación Río Banano (Campos, 1985)

Consiste de unos 1700 metros de espesor de rocas predominantemente arenosas. Estos sedimentos se caracterizan por su contenido en fósiles de moluscos de aguas someras, cuarzo detrítico y glauconita en porcentajes variables y por su intensa bioturbación.

Esta formación se encuentra conformada por tres unidades:

a) Unidad basal: consiste de alternancias irregulares de areniscas y lodolitas, siendo su contacto transicional hacia la Formación Uscari subyacente.

b) Unidad media: se compone de areniscas guijarrosas y fosilíferas; su espesor es muy potente.

c) Unidad superior: consiste de interestratificaciones de lodolitas y areniscas finas con intercalaciones de capas de carbón centimétricas. En las zonas más cercanas a la costa actual, las facies carbonosas son más escasas, en su lugar predominan las facies arenosas fosilíferas.

La Formación Río Banano, de edad Mioceno Superior – Plioceno, muestra un contacto transicional con la subyacenteFormación Uscari,un contacto concordante con la Formación Limón y discordante bajo la Formación Suretka.

En el área de estudio afloran las siguientes facies:

- **Facies de Depósitos de Areniscas de Plataforma Interna**

Es una secuencia compuesta por alternancias regulares de areniscas y lutitas, que hacia el techo pasan a unidades dominantemente arenosas. Su espesor promedio es de 800 metros. Sus principales afloramientos se encuentran en los cauces de los ríos Peje, Toro, Brazo Seco, en las cercanías de los poblados La Bomba y Quitaría. Su estratotipo se localiza en la margen derecha (aguas abajo) del Río Banano, sobre el camino Quitaría – La Bomba, aproximadamente 200 m al E de Quitaría.

Con base al tipo de estratificación, granulometría dominante, abundancia relativa de macro fauna de moluscos, estructuras sedimentarias y desarrollo de concreciones, esta facies se ha dividido en 4 subfacies:

  - **Subfacies de alternancias de areniscas y lutitas con estratificación delgada a media:** corresponde con una secuencia de cerca de 350 m, compuesta por alternancias regulares de areniscas y lutitas, estratigráficamente equivalentes al denominado miembro Yorkin de la Formación Uscari. Las areniscas, son de grano fino a medio, de composición siliciclástica, ricas en cuarzo y con cemento calcáreo. Se presentan en estratos de espesores variables, generalmente centimétricos a la base y decimétricos hacia el techo de la secuencia. Internamente pueden estar fuertemente desestratificados por

bioturbación indiferenciada, o bien presentar laminación horizontal y eventualmente laminación inclinada por "ripples" y laminación convoluta. Las lutitas, de color amarillo mostaza, granulométricamente varían desde arcillas limosas hasta limolitas arenosas, son siliciclásticas, con cemento calcáreo. Su estratificación es centimétrica. Internamente son macizas o bien están finamente laminadas. La laminación es horizontal y se caracteriza por la presencia de abundantes láminas de biodetrito vegetal. Estas ocasionalmente están enriquecidas con láminas de biodetrito de 'tests' de bivalvos de pared delgada, así como foraminíferos planctónicos y bentónicos.

- **Subfacies de alternancia de areniscas y lutitas de estratificación gruesa a maciza:** intercalaciones irregulares de areniscas y lutitas, con estratificación gruesa a maciza, que conforman una secuencia de cerca de 100 m de espesor. Las areniscas, composicionalmente son semejantes a las de las subfaciesanterior, con abundante cuarzo y biodetrito vegetal, además de asociaciones alotópicas de bivalvos desarticulados y gastrópodos. Internamente los estratos son macizos, posiblemente desestratificados por bioturbación, aunque eventualmente pueden presentar laminación horizontal milimétrica. Los estratos son tabulares, con base y techo planos. Sus espesores varían de 30 cm hasta más de 1 m. Las lutitas, granulométricamente son limolitas arcillosas, de composición silícea con cemento calcáreo y de color gris verdoso. Internamente no presentan estructuras, pero presentan asociaciones faunísticas similares a las de las areniscas. Sus estratos tienen de 30 a 50 cm de espesor.

- **Subfacies de areniscas bioturbadas con estratificación gruesa a maciza:** secuencia de aproximadamente 250 metros de espesor, compuestas por areniscas de grano fino a grueso, de estratificación muy gruesa hasta maciza y sin intercalaciones finas. Internamente no están organizadas, debido a una intensa desestratificación por bioturbación indiferenciada. Estas areniscas, de color gris verdoso azulado, son siliciclástica, de moderada a bien seleccionadas. Presentan asociaciones tafocenóticasalotópicas de formas juveniles y adultas de bivalvos y gastrópodos indiferenciados, generalmente mal preservados (ya sea como conchas enteras o como fragmentos). La fauna se presenta irregularmente dispersa en los estratos (constituyendo menos de un 10 % del volumen), o bien como concentraciones locales, formando el relleno de "Shell Nests". En estos últimos, además de la fauna se presentan acumulaciones locales de gránulos de cuarzo y glauconita detríticos. También dentro de los estratos de arenisca, en ciertos niveles de areniscas finas, se encuentra detrito de madera e incluso improntas de hojas.

- **Subfacie de areniscas bioturbadas de estratificación maciza con intercalaciones tempestíticas:** consiste de una secuencia de aproximadamente 100 metros de espesor, compuesta fundamentalmente por areniscas finas, bioturbadas, que presentan irregularmente interestratificadas capas de areniscas ricas en conchas. Son de color gris verdoso, moderadamente seleccionadas, de grano fino, aunque en ciertos niveles pueden pasar a areniscas con guijarros, y presentarían delgadas intercalaciones de lutitas, no cementadas, carentes de macrofauna de moluscos. Internamente, son de forma tabular con la base y el techo planos, están fuertemente bioturbadas a lo largo de casi toda la sección y únicamente en el techo de la

misma se observan areniscas con estratificación horizontal y desarrollo de foreset planares decimétricos de alto ángulo (20° - 30°). Mediciones de paleocorrientes de estos foresets señalaron rumbos NW – SE, indicadores de una dirección costa paralela.

- **Facies de Depósitos de Areniscas de Faja Costera**

Consiste de aproximadamente 850 m de espesor de areniscas gruesas hasta guijarrosas, fosilíferas de estratificación métrica, que hacia el techo se hacen cada vez más carbonatadas. La secuencia está mejor expuesta en la quebrada Brazo Seco.

En base a la granulometría predominante y la variación del contenido faunístico, esta facies se divide en dos subfacies principales:

- **Subfacies de alternancia de areniscas y areniscas guijarrosas:** consiste de unos 500 m de alternancias irregulares de areniscas finas a medias y areniscas guijarrosas. Su estratificación es maciza (1,5 m de espesor como promedio). Ocasionalmente se intercalan lentes de longitud métrica y espesor centimétrico de limolitas ricas en detrito vegetal (limolitas carbonosas).Tanto las areniscas como la "matriz" de areniscas guijarrosas, son de grano fino a medio, y eventualmente grueso. Su color es gris verdoso, de moderadas a mal seleccionadas y de composición siliciclástica, siendo por lo general, ricas en cuarzo y glauconita. Los guijarros de las areniscas guijarrosas, tienen un tamaño promedio de 1 – 3 cm, formas bien redondeadas y una típica esfericidad discoidal. Los clastos son de cuarzo y volcanogénicos, algunos de formas subangulares también.Ambos tipos de sedimentos, contienen asociaciones alotópicas de gastrópodosy bivalvos desarticulados, generalmente mal preservados.Internamente los estratos, están desestratificados por bioturbación indeferenciada. Aunque, eventualmente se observa laminación plana horizontal. Los estratos son tabulares, de base y techo planos. Hacia el techo las areniscas guijarrosas se hacen más frecuentes.

- **Subfacies de alternancia rítmicas de areniscas y areniscas coquinoides:** consiste de unos 350 m de alternancias rítmicas de areniscas de grano fino hasta grueso y areniscas coquinoides (40% - 50% de fósiles) fuertemente cementadas. La estratificación es muy gruesa a maciza. Hacia arriba, se patentiza con mayor regularidad de los niveles coquinoides. Las areniscas son de grano fino a grueso, mal seleccionadas, color gris verdoso, siliciclásticas con cuarzo, y fuertemente cementadas por calcita, formando estratos de concreciones. Ambos tipos de rocas contienen fósiles de fauna marina somera irregularmente distribuidos. Los restos esqueletógenos se presentan en porcentajes de 10% – 15% en las areniscas y de 40% – 50% en los niveles coquinoides.Las asociaciones tafocenóticas son de isotópicas a alotópicas. La fauna se compone, además de los bivalvos desarticulados y gastrópodos, de balanídeos, corales solitarios y detrito de espongiarios, lo que las hace fácilmente diferenciables de las subfacies infrayacentes. Internamente los estratos de ambos depósitos, sin macizos, sin estructuras. Sus estratos son tabulares, de base y techo planos.

5.1.1.4. Formación Limón (Campos, 1985)

Está constituida por una Facies de Depósitos Carbonatados Someros de edad Plioceno, la cual consiste de una sección de cerca de 100 m de espesor de calizas "arrecifales". Son depósitos de apenas unos kilómetros de extensión lateral. Aflora principalmente en el área de Finca Islas, la quebrada Brazo Seco y los bajos de la quebrada Chocolate. Se compone de dos tipos de sedimentos carbonatados, que conforman dos subfacies principales:

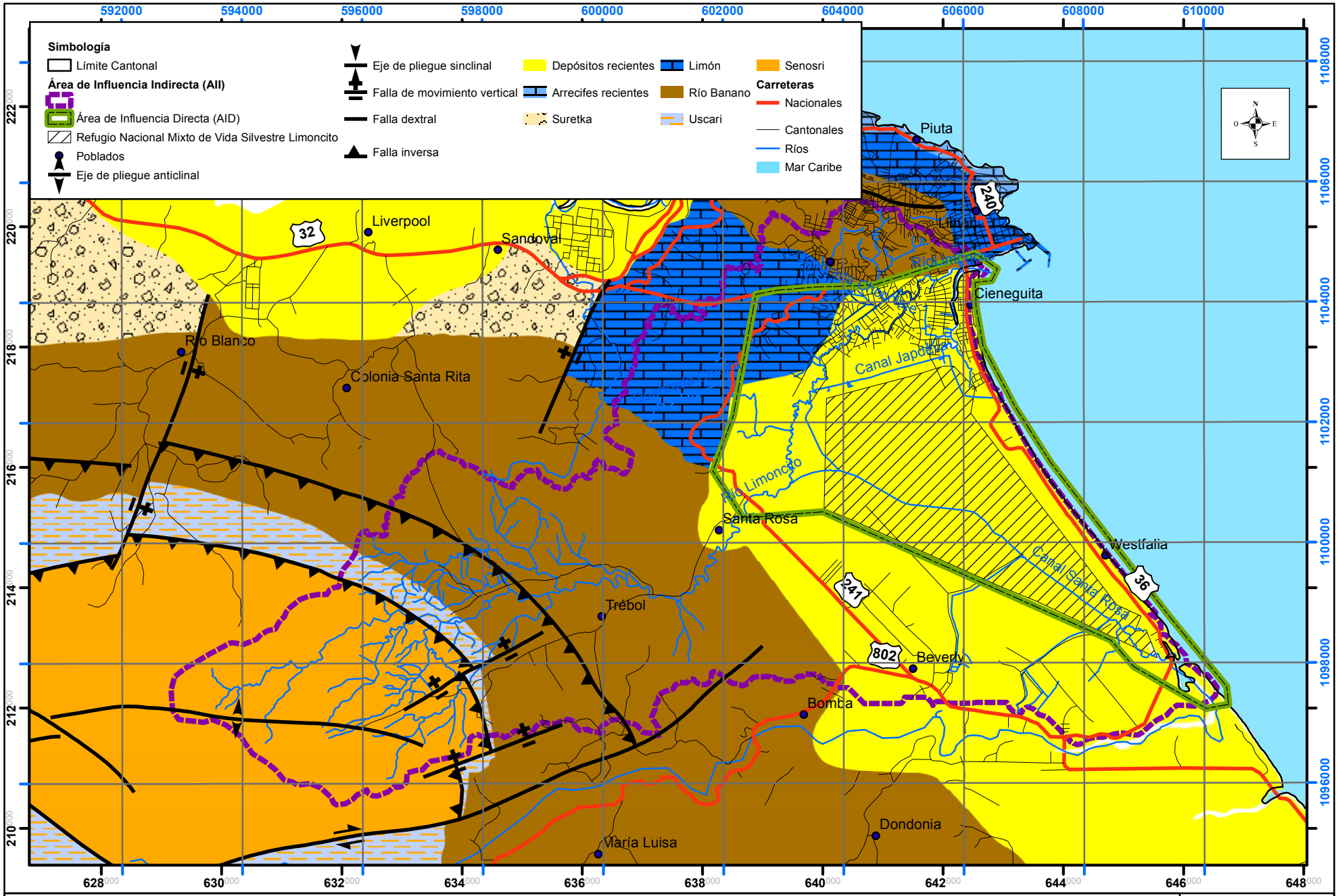
- **Subfacie de calizas tipo "Floatstone":** consiste de dos niveles tabulares, con base y techo planos, de calizas tipo "floatstone", con estratificación maciza que alcanza hasta un 40% de la roca.El nivel inferior, de 2 m de espesor, consiste de una tofocenosisalotópica de bivalvos, gastrópodos y fragmentos de corales coloniales, indiferenciados. El nivel superior, de 4 m de espesor, se compone principalmente de asociaciones de corales solitarios, indiferenciados, levemente orientados por la influencia de corrientes.

- **Subfacie de Calizas tipo "Bafflestone":**de aproximadamente 100 m de espesor, consiste de dos estructuras arrecifales estratigráficamente separados por un paquete de limolitas y areniscas fosilíferas. La estructura arrecifal inferior, corresponde con un "patchreef" de 2 m de espesor observado de estructura homogénea, que se halla muy meteorizado. Sobreyace concordantemente a un paquete de limolitas color café rojizo, ricas en fauna (bivalvos, gastrópodos, indiferenciados y ostras de hasta 12 cm de longitud).La estructura arrecifal superior, cuenta con unos 40 m de espesor, consiste de calizas del tipo "bafflestone", constituidos casi exclusivamente por corales coloniales.

La sección clástica intercalada entre ambos cuerpos arrecifales cuenta con unos 60 m de espesor, consiste de areniscas medias a finas, siliciclásticas, ricas en cuarzo, con laminación horizontal, ricas en megafauna y con estratificación muy gruesa a métrica.

5.1.1.5. Formación Suretka (Campos, 1985)

Es una secuencia siliciclástica de cerca de 200 m de espesor que constituye la facies de transición entre los depósitos marinos y continentales. Aflora en la quebrada Brazo Seco, en los ríos Toro, Bartolo y Madre y el Tajo Sandoval. Se refiere a una secuencia predominantemente conglomerática de origen molásico, asociada a la erosión de la cordillera emergida en forma total a finales del Mioceno Superior – inicios del Plioceno.



Mapa 5.1.1. Mapa Geológico del AP y alrededores.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:85.000 — 1 0,5 0 1 Kilómetros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 Campos (1985), Geología.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

5.1.2. Análisis estructural y evaluación (Campos, 1985)

Como se observa en el Mapa Geológico del área de estudio (mapa 5.1.1), Campos (1985) ha identificado tres tipos de estructuras originadas por esfuerzos tectónicos: compresión, distensión y de cizalle. Las primeras han tenido su origen en la tectónica de gravedad que se produjo a raíz del ascenso de la Cordillera de Talamanca, esto a finales del Mioceno Superior principios del Plioceno.

Las estructuras de distensión y de cizalle se originaron como una respuesta mecánica de reacción a los esfuerzos compresivos generados en una etapa ligeramente anterior.

5.1.2.1 Estructuras de Compresión (Campos, 1985)

El Frente de Corrimiento Asunción, está conformado por fallas inversas de alto ángulo y sus pliegues asociados. Este frente de corrimiento constituye la terminación norte del Cinturón de Plegamiento, el cual posee un rumbo general NW – SE y se extiende a todo lo largo de la Cuenca Limón Sur. En el área de estudio adquiere una forma ligeramente curvada de orientación general E – W, con su parte cóncava hacia el sur.

El Cinturón de Empuje del Atlántico consiste de una asociación de fallas inversas, las cuales son de alto ángulo y están asociadas con anticlinales. Los pliegues probablemente son causados por arrastre y abultamiento en las cercanías del trazo de fallas. En cuanto al Frente de Corrimiento Asunción, éste consiste de una imbricación de fallas inversas con una relativamente poca deformación asociada en su parte delantera. Dicha deformación se manifiesta en la forma de pliegues suaves: Anticlinal domiforme Victoria – Peje, Sinclinal Venado y Anticlinal Limón.

La Falla San Francisco es la .más importante de este sistema de corrimiento. Es trazable al menos por unos 12 km, y cóncava hacia el Sur, tiene un rumbo general E – W. Esta falla hace sobreyacer a la Formación marga Senosri (Oligoceno – Mioceno Inferior) sobre la Formación Lutita Uscari (Mioceno Medio – Superior).

La Falla Río Segundo corresponde a otra zona de fallas de corrimiento y buzantes al SW. En el lado sur de la falla aflora la Formación marga Senosri (Oligoceno – Mioceno Inferior) que sobrecorre a las Formaciones Lutita Uscari y Arenisca Río Banano (Mioceno Medio – Superior y Mioceno Superior – Plioceno, respectivamente) aflorantes en el lado Norte de la falla.

Se asume que los corrimientos observados no han sido generados por fuerzas tectónicas compresivas a nivel cortical, sino que su emplazamiento obedece a un deslizamiento de la cobertura sedimentaria al momento de levantarse la Cordillera de Talamanca.

Los pliegues más importantes en el área investigada son el Anticlinal Limón, el Anticlinal domiforme Victoria – Peje, y el Sinclinal Venado. Todos los pliegues muestran una disposición general de sus ejes en sentido E – W, la cual es paralela al rumbo general de las fallas.

El Anticlinal domiforme Victoria – Peje ocupa la mayor parte del área de estudio, extendiéndose desde el área de Victoria y del Río Limoncito hasta el área del Río Peje, de carácter asimétrico tiene unos 12 km de ancho y 15 km de largo y se encuentra más

claramente definida en los alrededores de Victoria, en la Fila Asunción. En su área crestal de buzamientos muy suaves, están expuestas rocas del Mioceno Inferior. El flanco norte presenta rocas de las Formaciones Lutita Uscari y Arenisca Río Banano; este flanco está afectado por el sistema de fallas inversas San Francisco y Trébol por lo que la sección sedimentaria aparece anormalmente engrosada.

En el flanco sur están expuestas rocas de las Formaciones Marga Senosri y Lutita Uscari. Este flanco se encuentra muy fracturado y es más empinado que el flanco norte. Está limitado por la falla transcurrente dextral del Río Banano, la cual causó su deformación.

La Falla Asunción separa a este pliegue en dos sectores: Victoria y Peje. El cambio de litología de margas bien estratificadas en el primero a lutitas generalmente macizas en el segundo, dificulta la delineación de la estructura en el sector de Peje.

El Anticlinal Limón tiene un rumbo general E – W, y actualmente es difícil de cartografiar debido a los asentamientos urbanos que han cubierto los afloramientos en los alrededores de Puerto Limón. Este anticlinal está constituido en su región central por rocas dela Formación Río Banano, y por la Formación Limón en sus flancos.

El Sinclinal Venado es una pequeña estructura de unos 3 km de largo por unos 2 km de ancho. Su eje sigue un rumbo casi E – W franco y está ligeramente curvado al SE. En su parte central afloran rocas de la Formación Arenisca Rio Banano y en sus flancos rocas de la Formación Lutita Uscari. Su flanco Sur limita contra la zona de falla Río Segundo.

5.1.2.2 Estructuras de Distensión

Las fallas normales conforman un sistema conjugado que corta transversalmente al frente de Corrimiento Asunción. Una familia de fallas sigue un rumbo predominantemente NW – SE, y la otra un rumbo general NE – SW.

Entre las primeras las más importantes son las fallas: Peje, Mona, Torcida y Andarivel. Estas fallas presentan el rasgo común de que su bloque descendido es el bloque NE. Son de longitud kilométrica y buzantes al NE.

5.1.2.3 Fallamiento activo

Aunque Campos (1985) aporta los trazos de una serie de estructuras geológicas en el AP y sus alrededores, es Denyer et al. (2009) quien aporta no solo el trazo de estructuras geológicas, sino que también las ha clasificado de acuerdo a su edad.

Por tanto, de las estructuras aportadas por Denyer et al. (2009), son relevantes aquellas de edad Cuaternaria, ya que aún afectan unidades geológicas en plena formación.

Siguiendo este mismo concepto, CNE (2013) indica que el AP se localiza dentro de una región sísmica caracterizada por la presencia de importantes fallas, las cuales en diversas ocasiones, han generado eventos sísmicos de importancia llegando a causar daños de consideración en el cantón.

El último evento de importancia ocurrió el 22 de abril de 1991 (Terremoto de Limón), cuyo epicentro se localizó al sur del cantón de Limón con una magnitud de 7,5 grados. Este

evento causó daños importantes tanto a viviendas como a líneas de comunicación y servicios básicos importantes para la región (carreteras, puentes, líneas de ferrocarril, tendido eléctrico, acueductos, entre otros).

CNE (2013) indica que los efectos geológicos más importantes de este evento fueron el levantamiento de la costa (que en algunos lugares fue hasta de 1,5 m), licuefacción (en muchos lugares cercanos a la costa), deslizamientos (sobre todo en las partes altas de las principales cuencas), surgimientos de lodo y arena.

En términos generales, CNE (2013) considera como los efectos más importantes de un sismo en los AP y sus alrededores, lo siguiente:

- Amplificaciones de la onda sísmica en aquellos lugares donde el tipo de suelo favorece este proceso (terrenos conformados por arenas, aluviones, etc.). Los poblados más vulnerables son: Nueve Millas, Moín, Limón, Búfalo, Río Blanco, Liverpool, Sandoval, Limoncito, Asunción, María Luisa, Bomba, Westfalia, Bananito Norte y Sur, El Hueco, San Andrés, Miramar, Vesta, Cuen, Fortuna, Pandora, Penshurt, Boca Estrella, Tuba Creek.
- Licuefacción del suelo (comportamiento del suelo como un líquido debido a las vibraciones del terreno), sobre todo en aquellas áreas cercanas a la costa donde los terrenos están conformados por acumulación de arenas. Los poblados más vulnerables son: Tuba Creek, Boca Estrella, Río Seco, San Clemente, Miramar, San Andrés, El Hueco, Westfalia, Cieneguita, Limoncito, Piuta, Portete, Moín, Nueve Millas.
- Deslizamientos de diversa magnitud sobre todo en las partes medias y altas de los principales ríos, cerca de los siguientes poblados: Río Blanco, Bomba, Quitarí, Cuen, Bocuares, Armenia, Pleyadas, Bonifacio, Penshurt.
- Tsunamis o maremotos, que afectarían aquellos poblados localizados a lo largo de la costa caribe, tales como: Boca Estrella, El Hueco, Westfalia, Cieneguita, Limón, Portete, Moín, Nueve Millas.
- Asentamientos de terrenos, en aquellos sectores donde se han practicado rellenos mal compactos o existen suelos que por su origen son poco compactos (aluviones, arenas, etc.).
- Fracturas en el terreno, con daños diversos a la infraestructura.

De los efectos indicados, los deslizamientos no se consideran una amenaza directa hacia el AP, ya que el proyecto se desarrollará principalmente en terrenos de baja pendiente (casi horizontales). Sin embargo, es posible que las zonas montañosas ubicadas agua arriba del AP, los materiales deslizados puedan llegar represar los cursos de agua, potenciando que posteriormente ocurran flujos de lodo que afecten no solo las obras civiles a desarrollar, sino también la población vecina a los cauces a intervenir con el proyecto.

En apartados posteriores, se aporta el respetivo Mapa de Estructuras Geológicas, el cual está basado en el Mapa de Amenazas Naturales del Cantón de Limón (CNE, 2013).

Se seleccionó este mapa por encima del aportado por Campos (1985), ya que las estructuras consignadas en él coinciden casi a la perfección con las aportadas por Denyer et al. (2009). Por otro lado, los mapas aportados por la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) tienen un carácter vinculante, ya que es la

institución pública rectora en lo referente a la coordinación de las labores preventivas de situaciones de riesgo inminente, de mitigación y de respuesta a situaciones de emergencia.

5.1.3. Caracterización Geotécnica y Estabilidad de Taludes

Para la caracterización geotécnica del área de estudio se procedió a revisar diversos estudios de suelos realizados en la zona con el fin de tener parámetros representativos de las características geomecánicas del material presente.

Mora (2007) realizó un estudio sobre suelos expansivos en la ciudad de Limón, que contiene un mapa de suelos en donde la zona del presente trabajo se localiza en su totalidad dentro de la Unidad de suelos Limoncito. Como característica principal se menciona que está compuesta por arcillas delgadas de plasticidad intermedia, limos con arena, arenas medias a finas y gravas. Además se mencionan espesores máximos detectados de 81m.

Como información más específica se tienen estudios que corresponden principalmente a sondeos para la construcción de puentes a lo largo de la red vial, lo cual brinda la ventaja de brindar datos referentes a los suelos cercanos a los márgenes de ríos y quebradas. En el cuadro 5.1.3-1 se muestran las perforaciones realizadas y algunas de las características generales.

Cuadro 5.1.3-1 Perforaciones realizadas en los estudios de suelos

ID	Nombre	Perforación	Coordenada Norte	Coordenada Este	Profundidad (m)
1	Puente Bar Chita (Limoncito)	P-1	1104143,23	604929,56	23,7
2	Puente Bar Chita (Limoncito)	P-2	1104161,63	604914,88	19,95
3	Puente Westfalia (Ubicado en Limón)	P-1	1097832	609723	18,45
4	Puente Westfalia (Ubicado en Limón)	P-2	1097859	609701	24,4
5	Puente Los Lirios	P-1	1103017,15	605460,98	18,25
6	Puente Los Lirios	P-2	1103051,55	605455,4	18,3
7	Puente Vertedero	P-1	1102539,24	603603,73	17,85
8	Puente Vertedero	P-2	1102559,55	603614,64	19,35
9	Alcantarilla Norte	P-1	1102424,29	604664,05	18,2
10	Alcantarilla Sur	P-1	1099722,98	608257,81	18,25
11	Puente Bar Chita (Chocolate)	P-1	1104161,63	604914,88	19,95

Coordenadas CRTM05 (metros)

Cuadro 5.1.3-1 Perforaciones realizadas en los estudios de suelos (Continuación)

ID	Nombre	Perforación	Coordenada Norte	Coordenada Este	Profundidad (m)
12	Puente Bar Chita (Chocolate)	P-2	1104178,19	604903,87	22,7
13	Puente Cancha Paniagua	P-1	1103476,42	604478,26	18,75
14	Puente Cancha Paniagua	P-2	1103492,99	604469,08	17,55
15	Puente Taller	P-1	1103492,16	604182,16	16,2
16	Puente Taller	P-2	1103508,75	604180,29	17,55
17	Puente Ceibon	P-1	1103238,65	603852,11	22,1
18	Puente Ceibon	P-2	1103244,14	603837,47	23,85
19	Puente Envaco	P-1	1103915,3	604519,03	18,15
20	Puente Envaco	P-2	1103931,92	604528,12	18,2
21	Puente Quebrada Chocolate II	P-1	1103935,77	604586,59	18
22	Puente Quebrada Chocolate II	P-2	1103943,13	604581,09	17,25
23	Puente Quebrada Chocolate I	P-1	1104006,12	604686,9	21,15
24	Puente Quebrada Chocolate I	P-2	1104015,31	604679,56	25,1
25	Puente Casa del Recodo	P-1	1103499,36	604761,46	21,6
26	Puente Casa del Recodo	P-2	1103504,86	604750,48	20,55
27	Puente Escuela Limoncito	P-1	1103964,64	605006,83	19,35
28	Puente Escuela Limoncito	P-2	1103960,92	604994,05	18,75
29	Puente Metálico Limoncito	P-1	1104145,59	605104,99	22,2
30	Puente Metálico Limoncito	P-2	1104153,01	605121,42	18,45
31	Puente Barrio Quinto	P-1	1104328,54	605254,31	18

Coordenadas CRTM05 (metros)

Cuadro 5.1.3-1 Perforaciones realizadas en los estudios de suelos (Continuación.)

ID	Nombre	Perforación	Coordenada Norte	Coordenada Este	Profundidad (m)
32	Puente Barrio Quinto	P-2	1104345,1	605243,3	18,45
33	Puente Almendro	P-1	1103329,67	604091,25	18,75
34	Puente Almendro	P-2	1103342,55	604083,91	18,3

Coordenadas CRTM05 (metros)

La ubicación de los puntos de perforación se muestran en el mapa 5.1.3-1.

La metodología utilizada por la empresa para la realización de los sondeos fue acorde con las especificaciones ASTM D-1586, correspondientes al sistema de penetración estándar (SPT), con casin lavado y trépanos de punta (cono dinámico) en algunos tramos de las perforaciones; con muestras cada 0.90 metros que luego fueron llevadas al laboratorio.

El sistema de penetración estándar, SPT (Standard Penetration Test), consiste en recolectar muestras inalteradas de los estratos del subsuelo de sitio, por medio de liners de bronce, los cuales se introducen en un muestreador de acero, el mismo se adjunta a una barra de acero y la misma es hincada por medio de un mazo de 140 lbs de peso, que cae desde una altura de 76 cm, extrayendo las muestras de suelo cada 45 cm, en 3 tramos de 15 cm cada uno, y contando el número de golpes de cada tramo, para luego obtener el valor de Nspt, que es la suma del número de golpes de los dos últimos tramos y de esa forma relacionar este valor del Nspt y las características de resistencia de los suelos y sus propiedades físicas.

Cuando los suelos son muy duros y se necesita perforar hasta una determinada profundidad, en lugar de usar el sistema de penetración estándar, se utilizan los trépanos de punta de acero (cono dinámico), para llegar a las profundidades necesarias, verificar la continuidad de soporte de los estratos, y traspasar estratos que contienen piedras pequeñas, para luego continuar con el sistema de perforación estándar, en algunos casos cuando el trépano de punta no sirve para traspasar los estratos duros, se utilizan perforaciones a rotación con diamante.

Los liners de bronce conservan la humedad natural de las muestras extraídas, hasta que son llevadas al laboratorio y se sacan de los mismos, para practicar ensayos tales, como:

- Compresión inconfinada (ASTM D-2166)
- Humedad natural (ASTM D-2216)
- Límites de Atterberg (ASTM D-4318)
- Análisis granulométrico (ASTM D-1140)
- Contenido de orgánico (ASTM D-2974)

(Castro & DeLaTorre, 2012)

Un resumen de las principales características se aprecian en las figuras 5.1.3-1 a 5.1.3-8

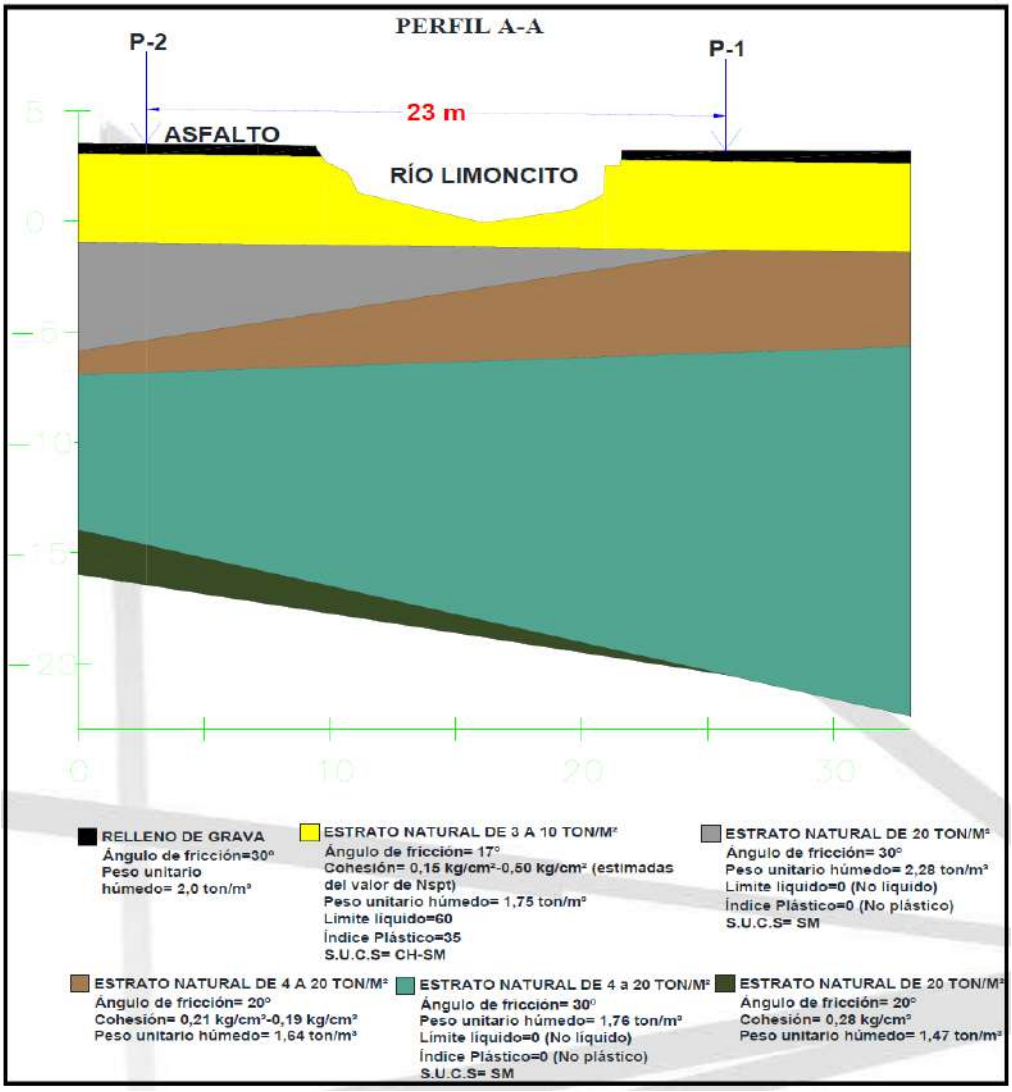


Imagen 5.1.3-1 Perfil estratigráfico del sitio Bar Chita.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

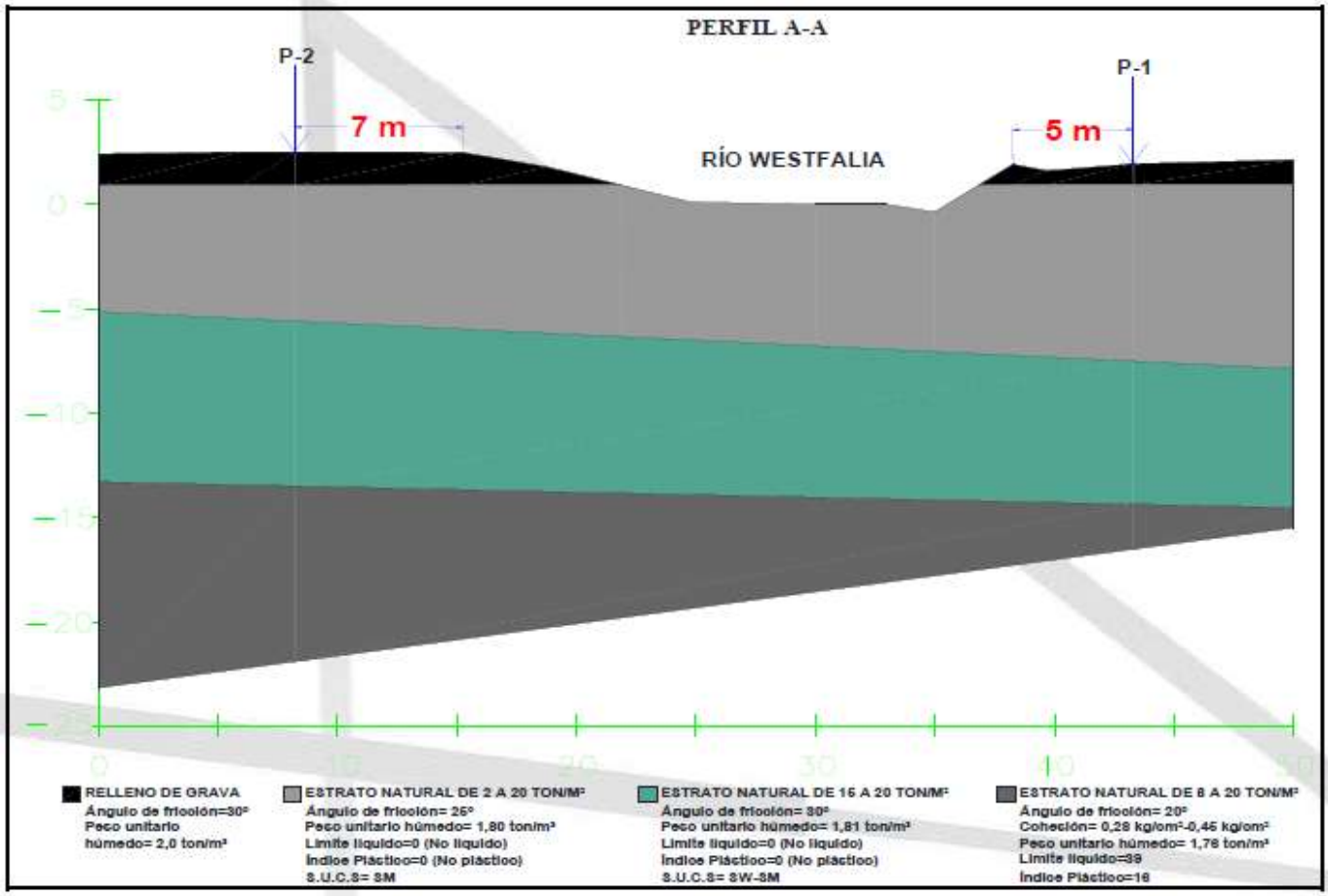


Imagen 5.1.3-2 Perfil estratigráfico del sitio Puente Westfalia.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

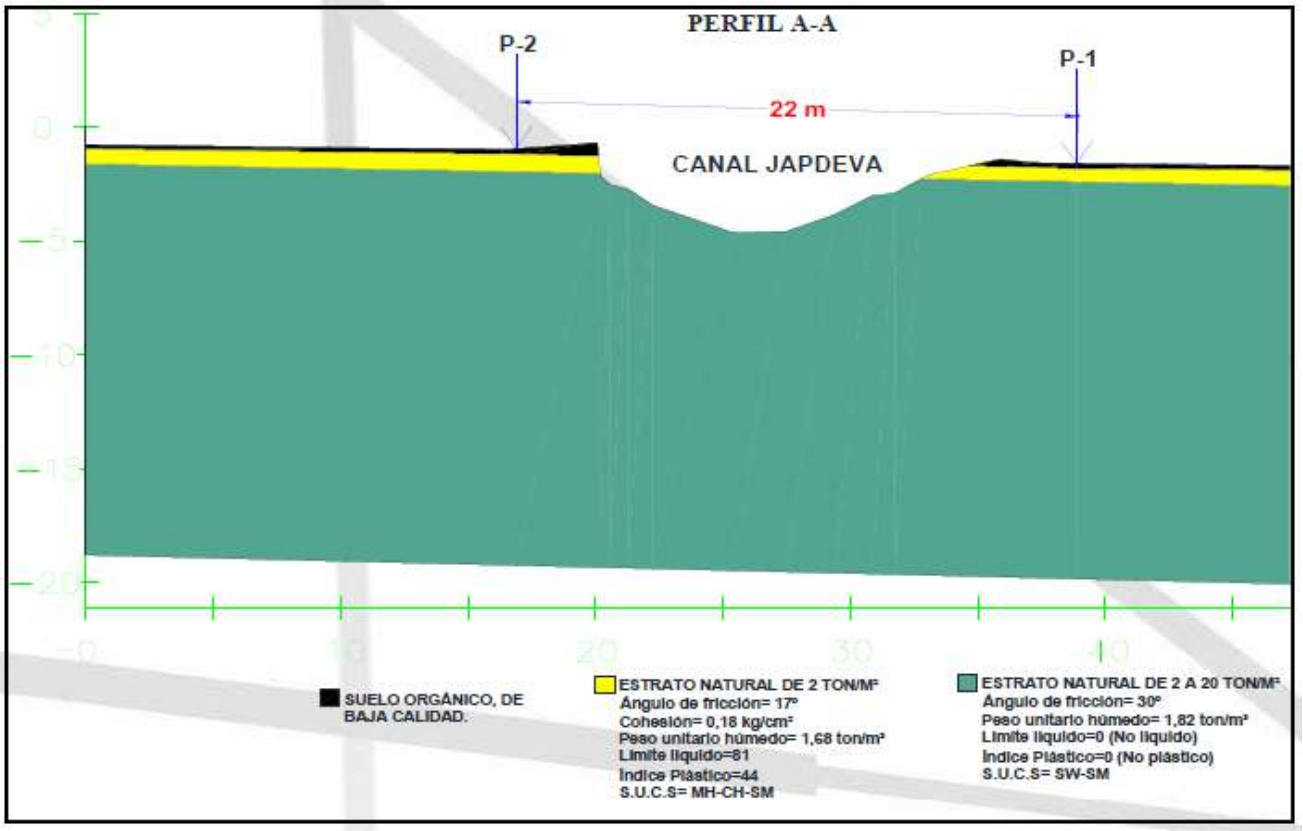


Imagen 5.1.3-3 Perfil estratigráfico del sitio Puente Los Lirios.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

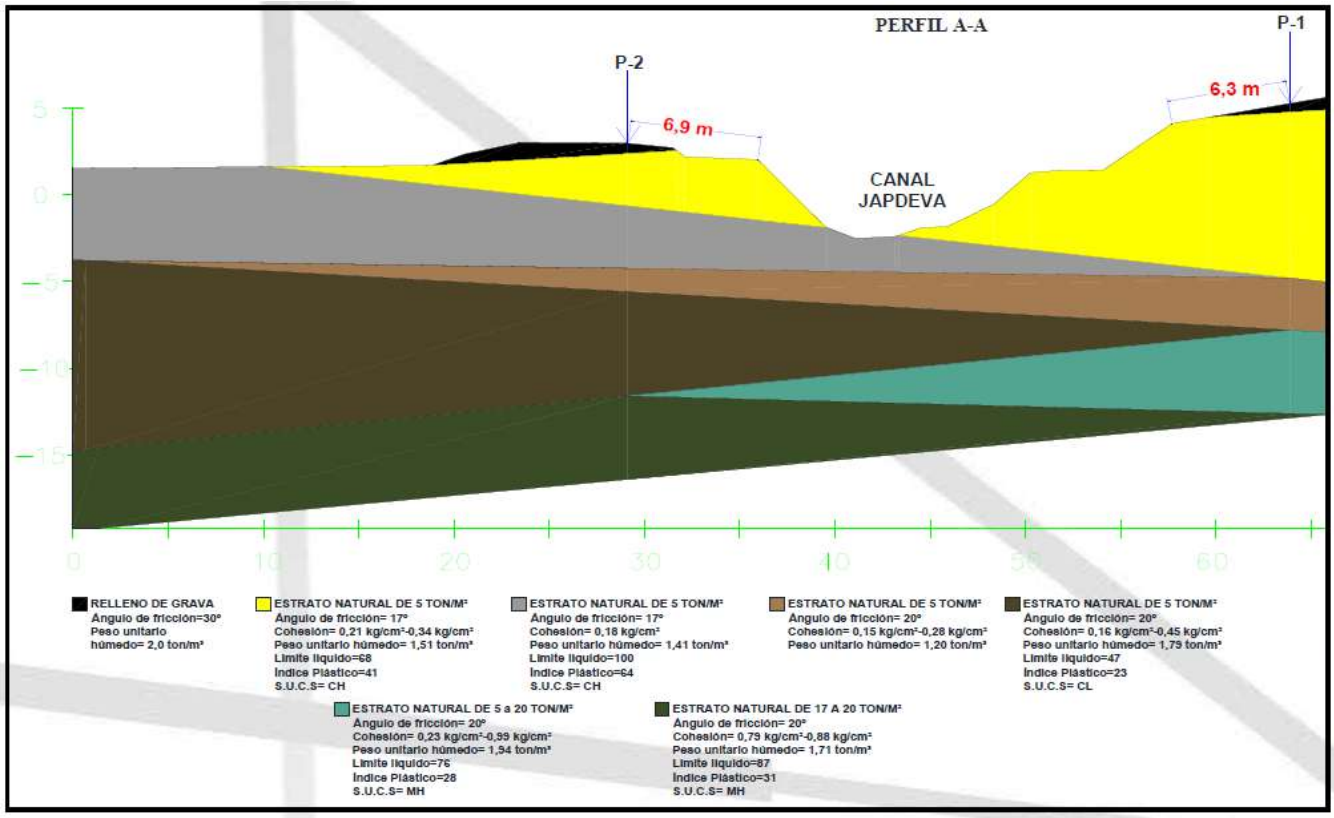


Imagen 5.1.3-4 Perfil estratigráfico del sitio Puente Vertedero.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

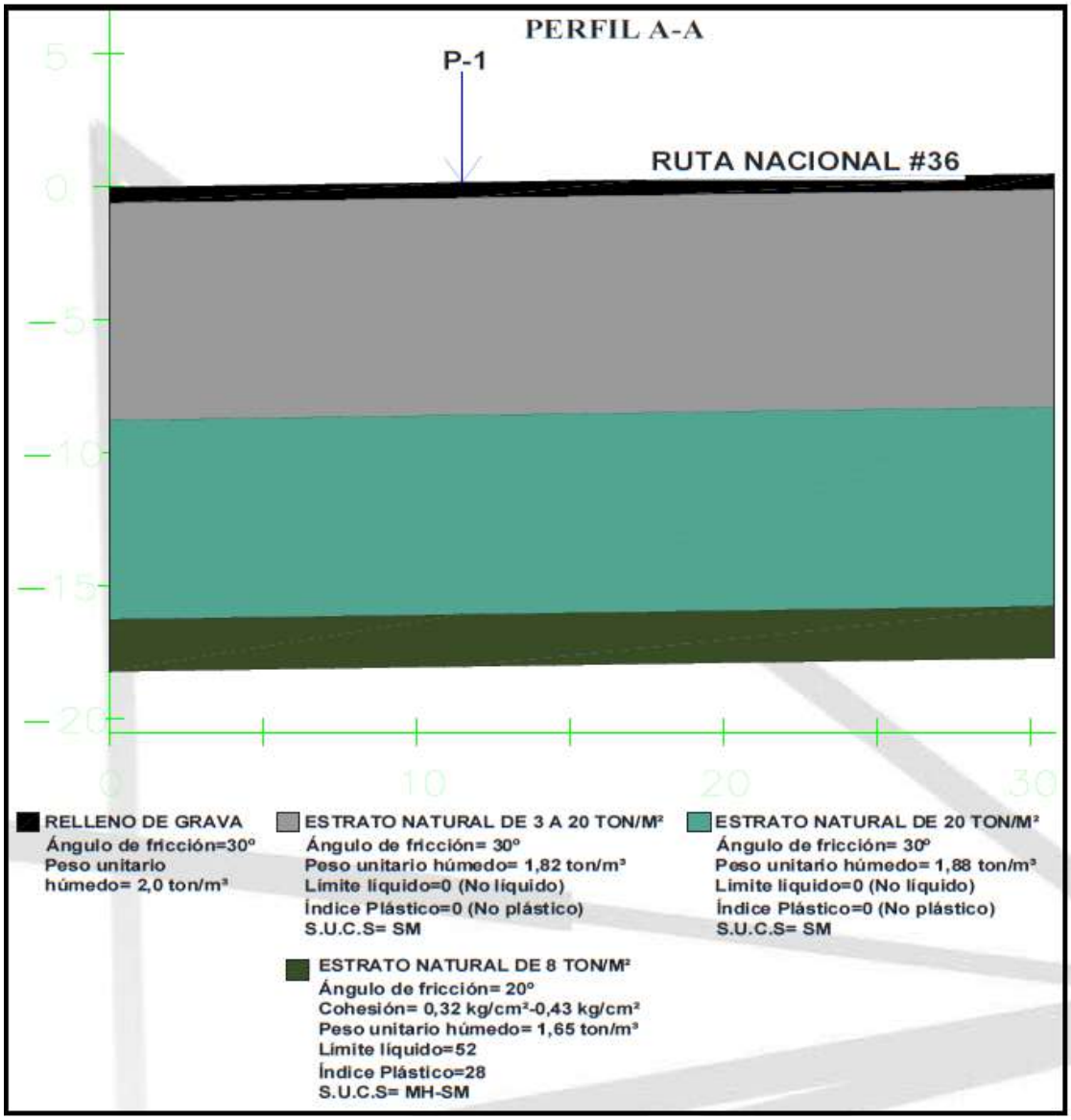


Imagen 5.1.3-5 Perfil estratigráfico del sitio Alcantarilla Norte.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

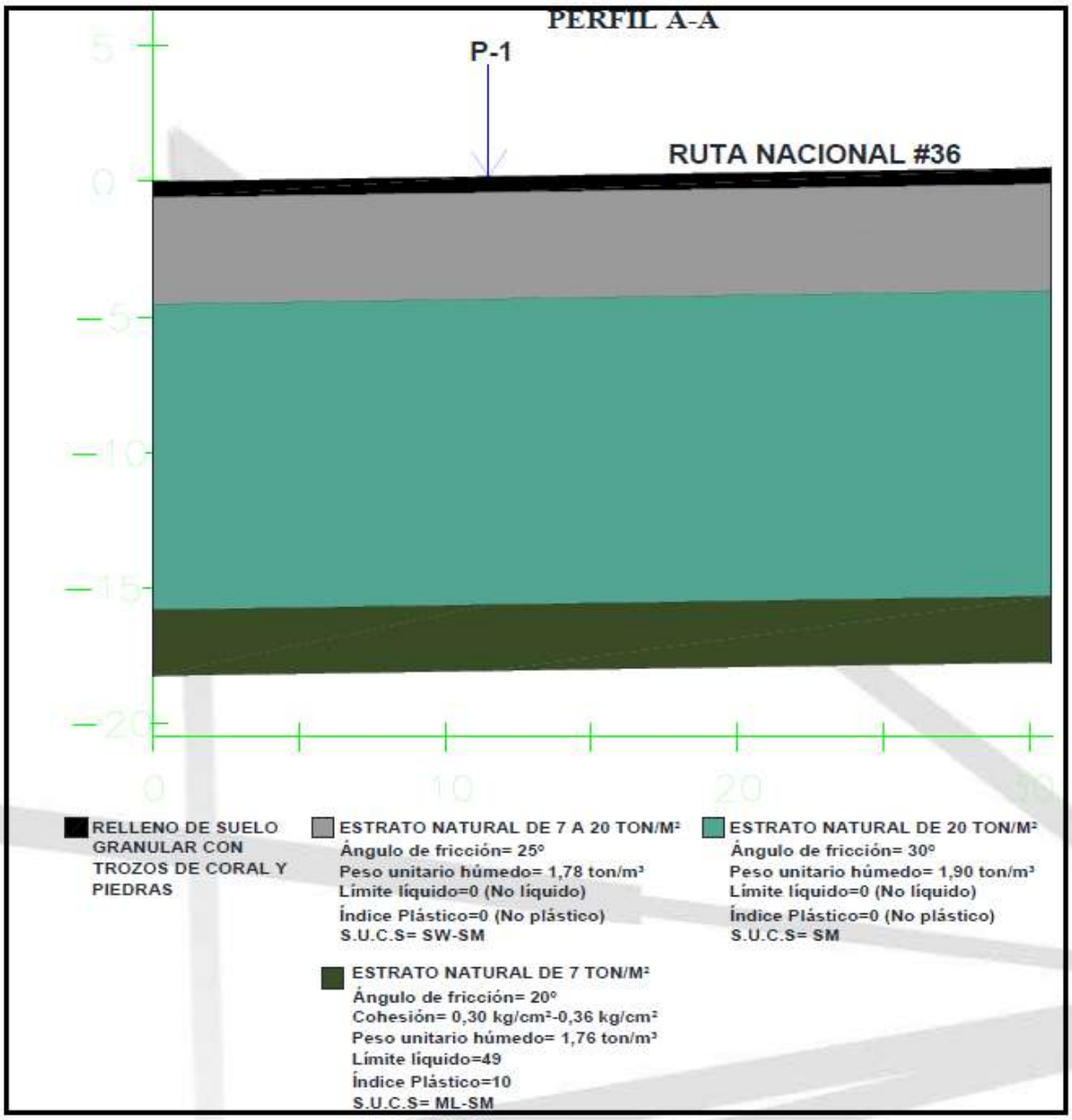


Imagen 5.1.3-6 Perfil estratigráfico del sitio Alcantarilla Sur.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

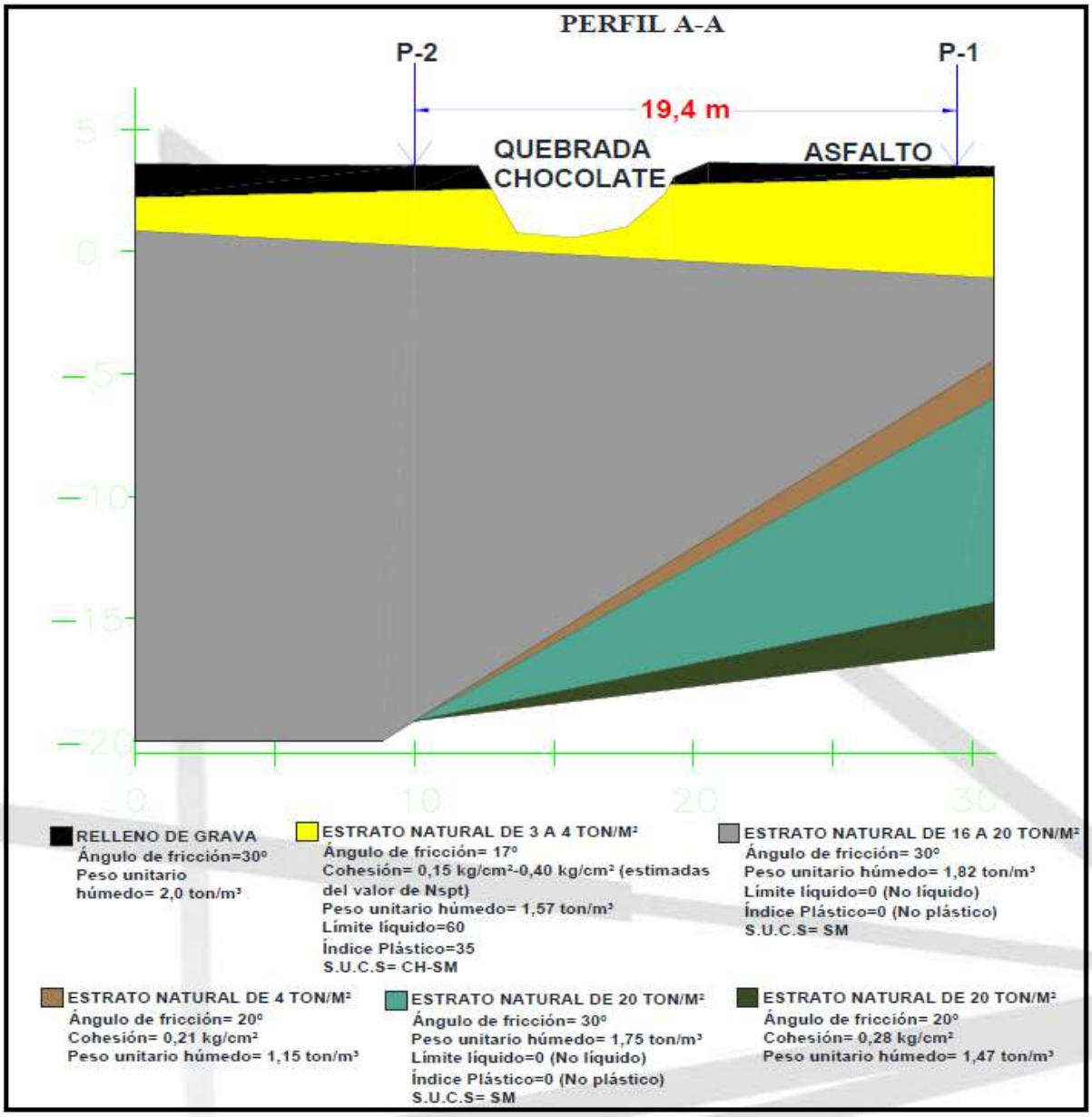


Imagen 5.1.3-7 Perfil estratigráfico del sitio Puente Bar Chita (Chocolate). Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

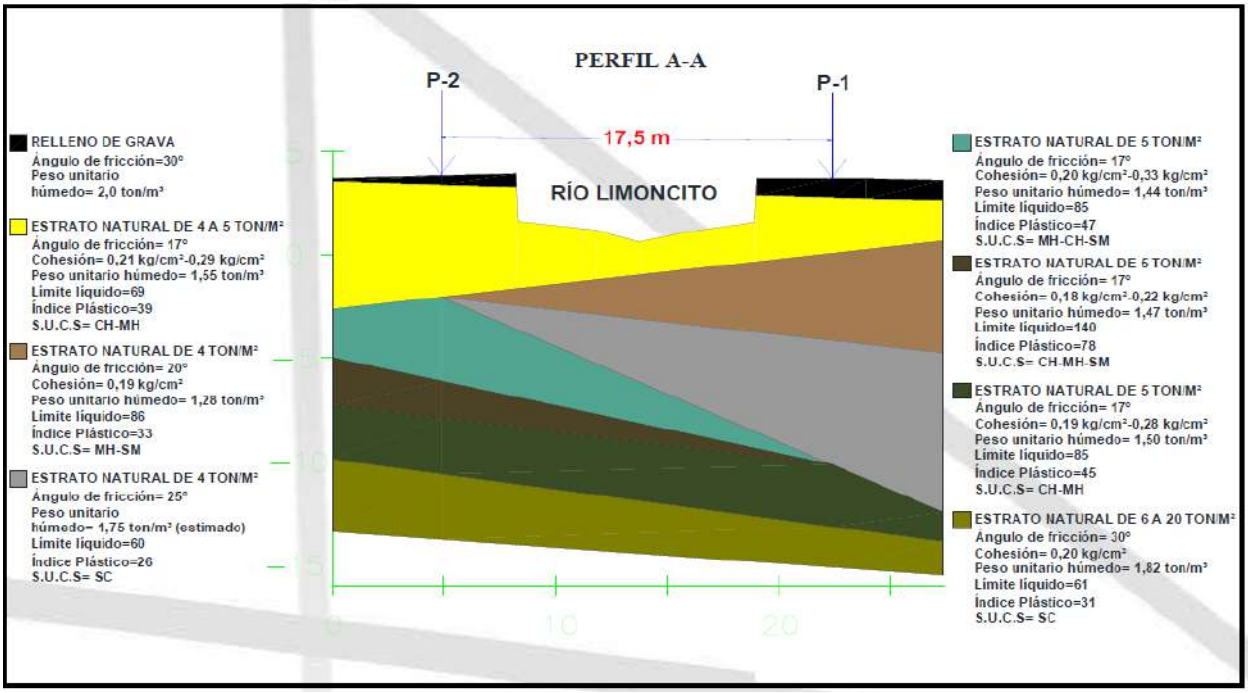


Imagen 5.1.3-8 Perfil estratigráfico del sitio Puente Cancha Paniagua.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

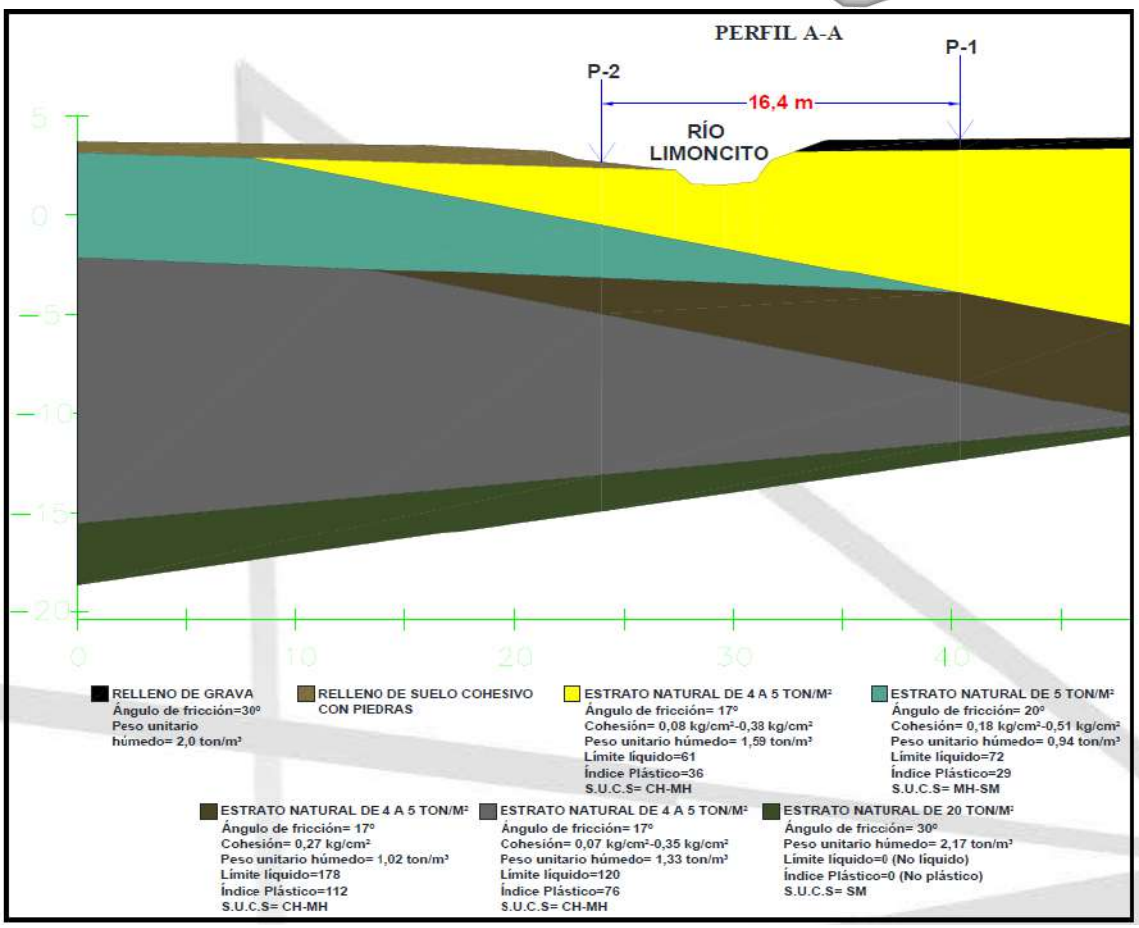


Imagen 5.1.3-9 Perfil estratigráfico del sitio Puente Taller.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

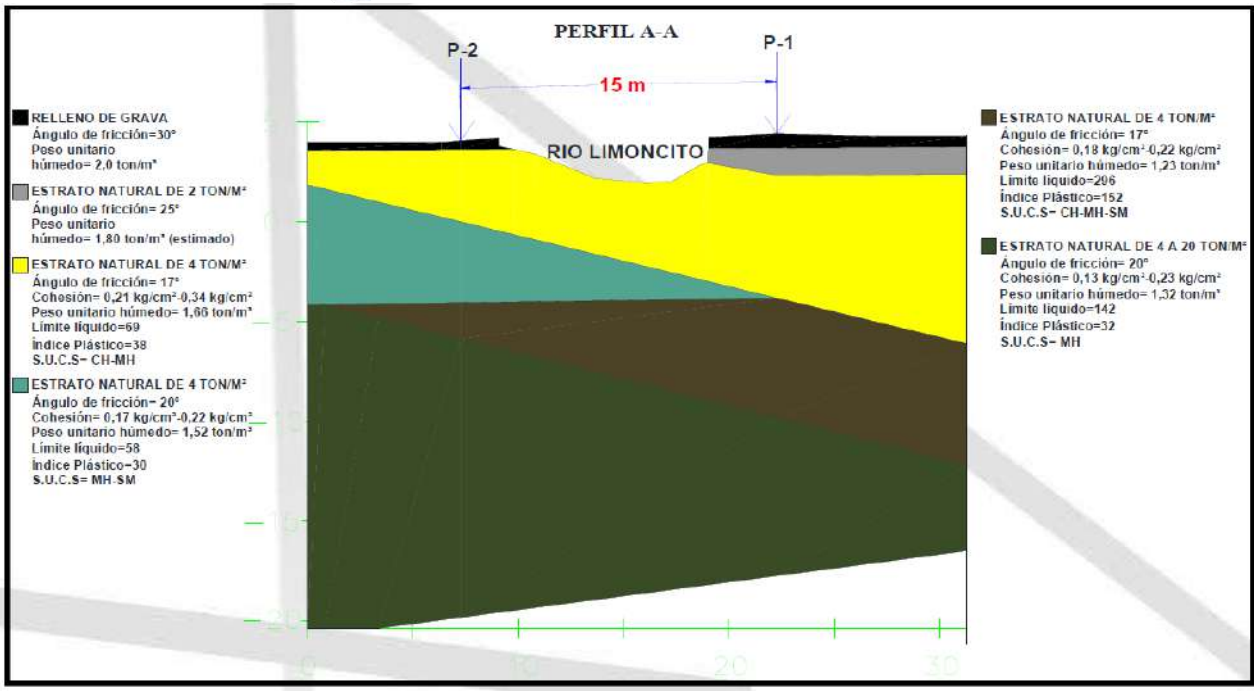


Imagen 5.1.3-10 Perfil estratigráfico del sitio Puente Ceibón.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

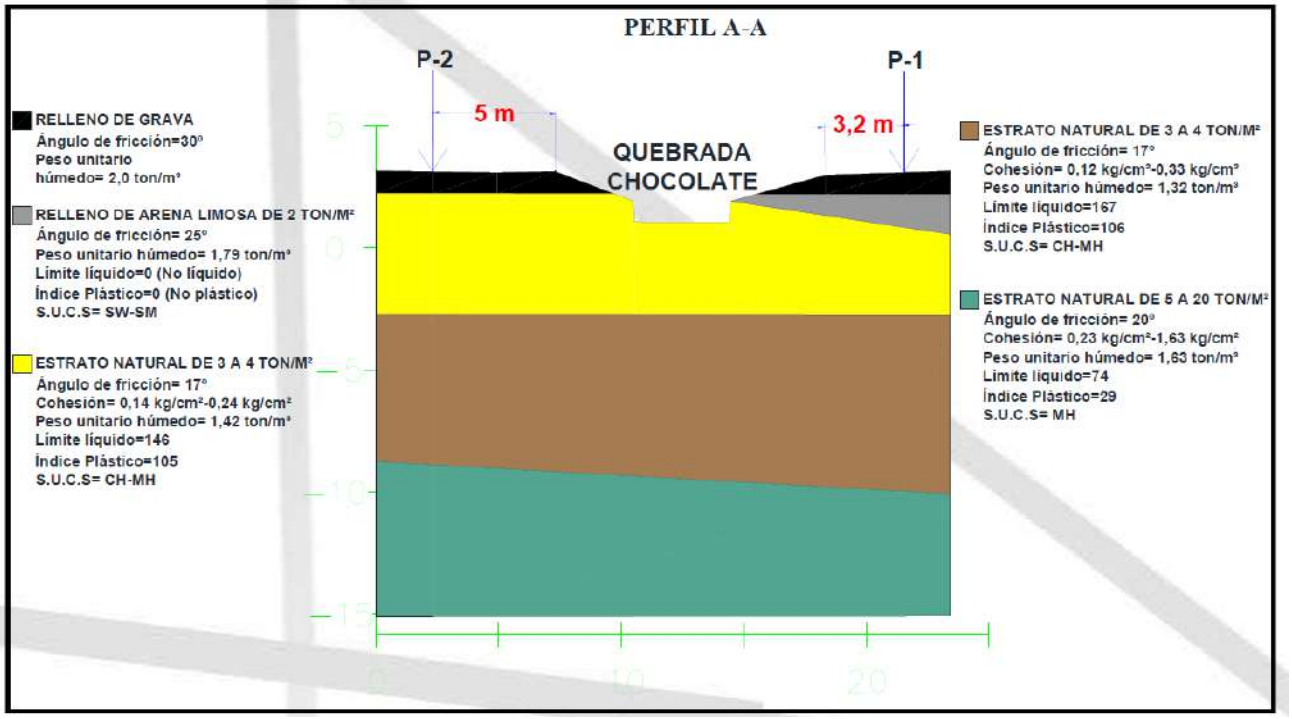


Imagen 5.1.3-11 Perfil estratigráfico del sitio Puente ENVACO.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

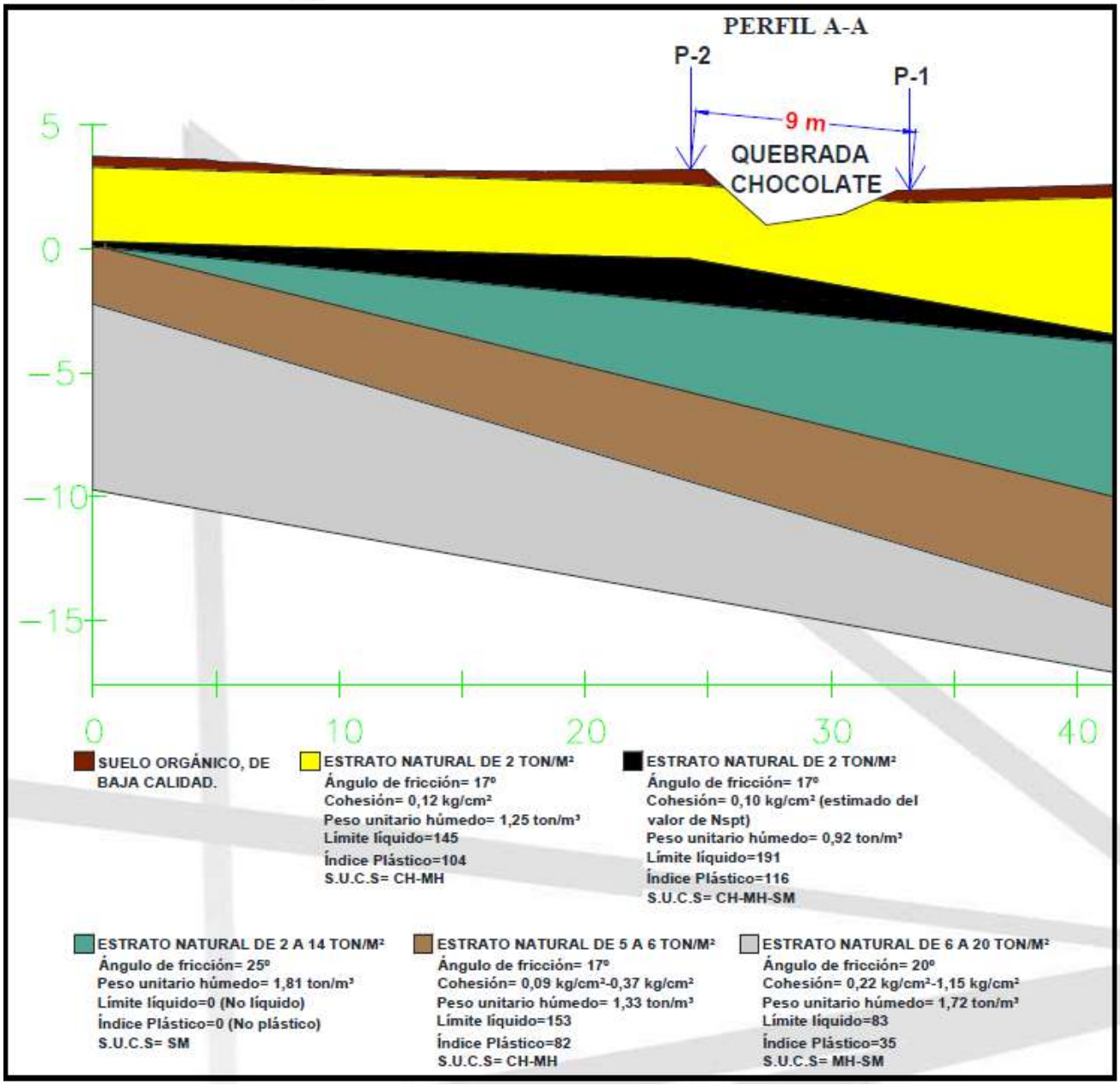


Imagen 5.1.3-12 Perfil estratigráfico del sitio Puente Quebrada Chocolate II.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

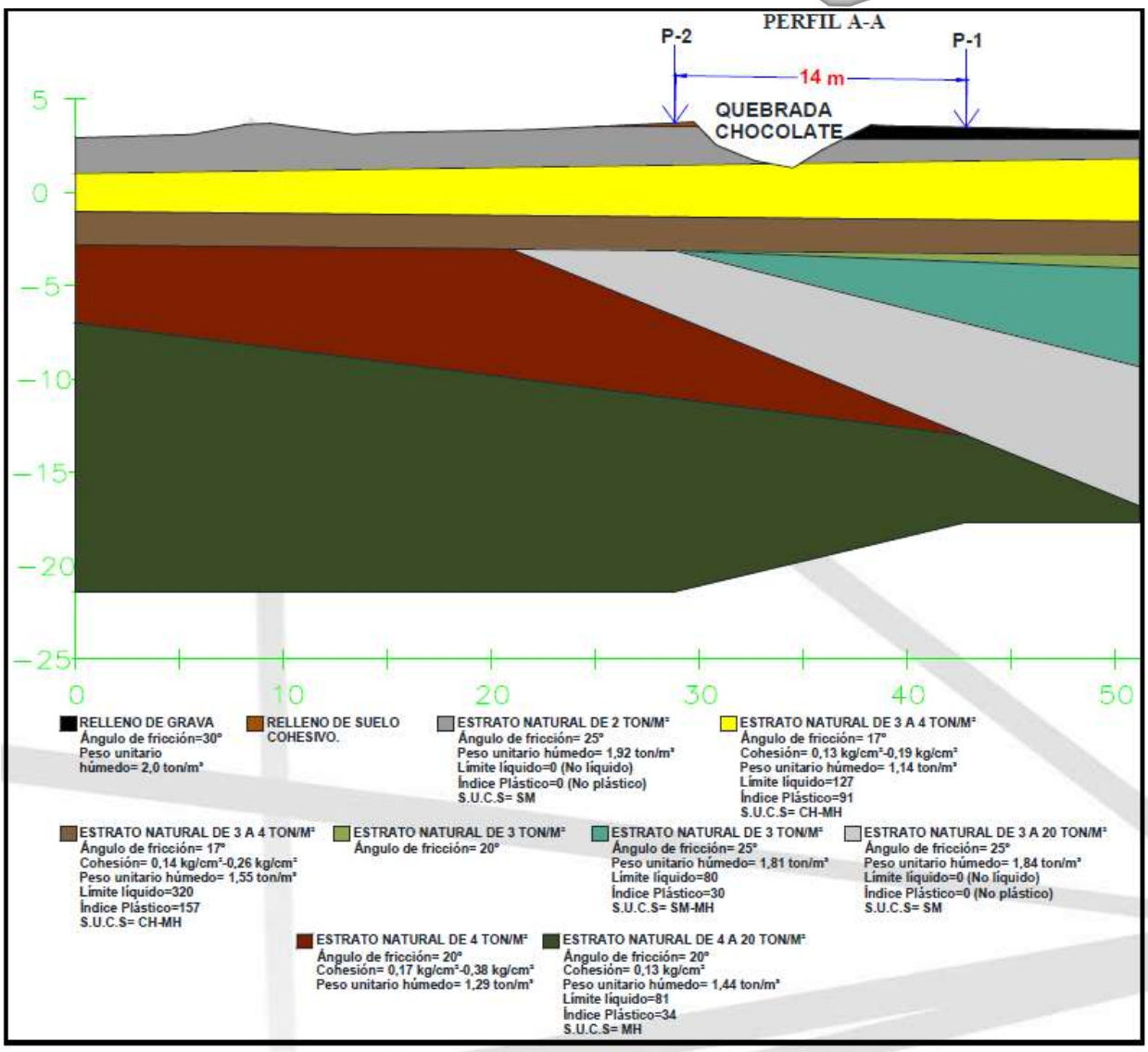


Imagen 5.1.3-13 Perfil estratigráfico del sitio Puente Quebrada Chocolate I.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

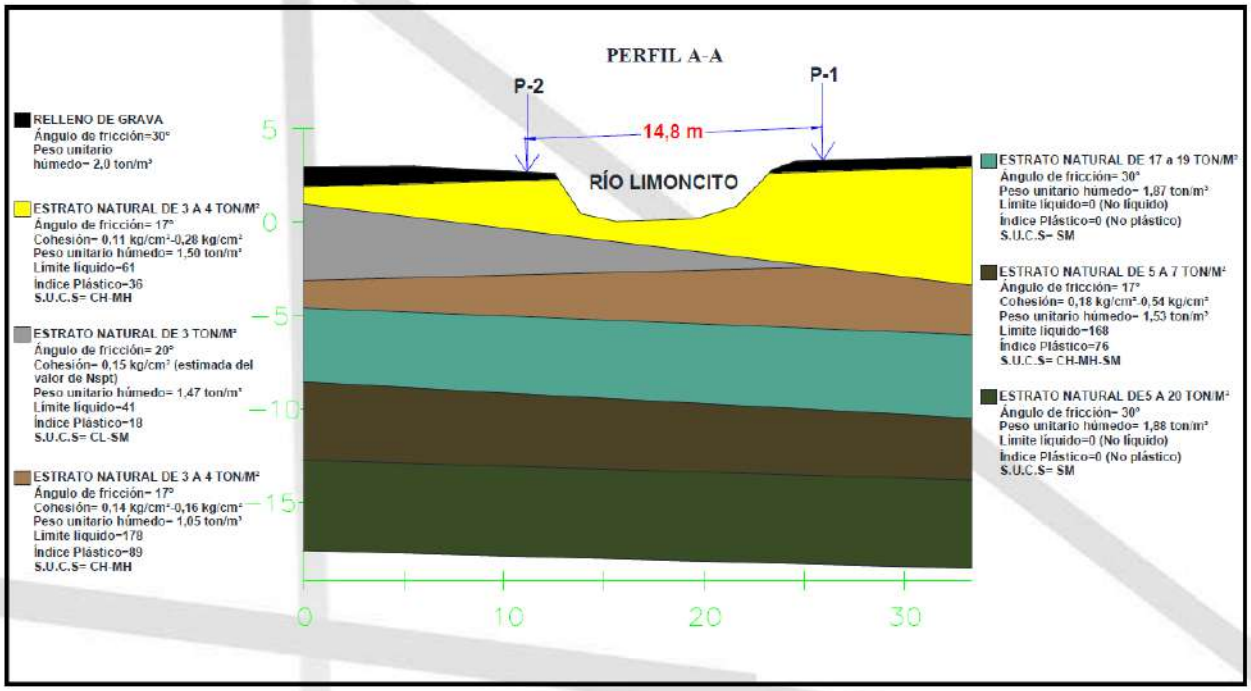


Imagen 5.1.3-14 Perfil estratigráfico del sitio Puente Casa del Recodo.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

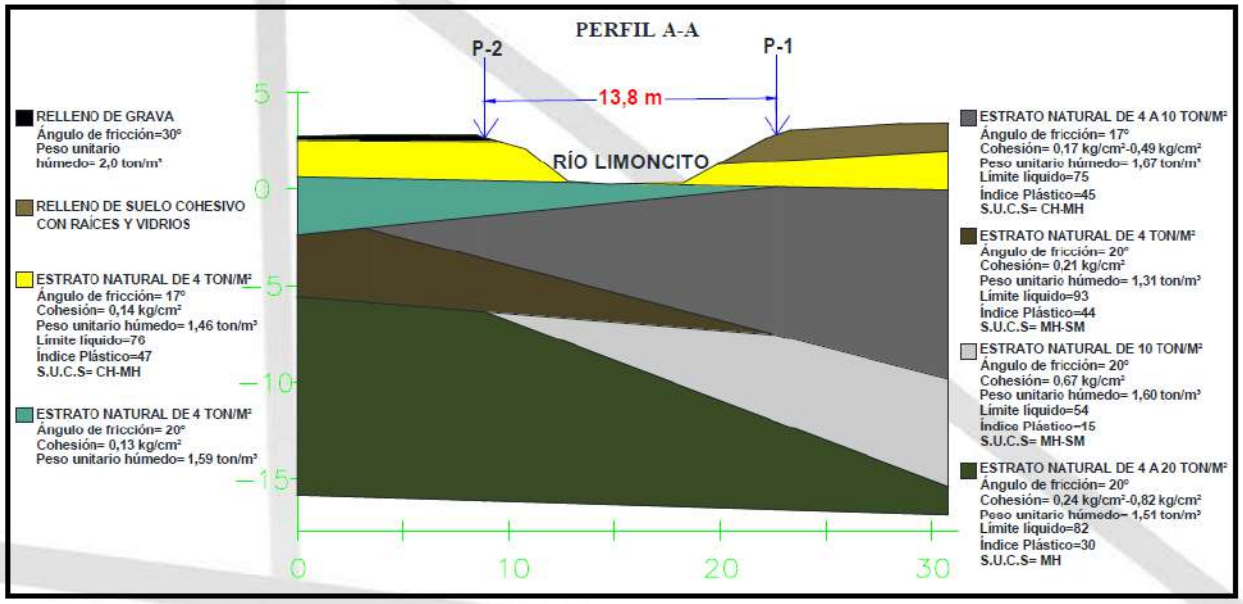


Imagen 5.1.3-15 Perfil estratigráfico del sitio Puente Escuela Limoncito.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

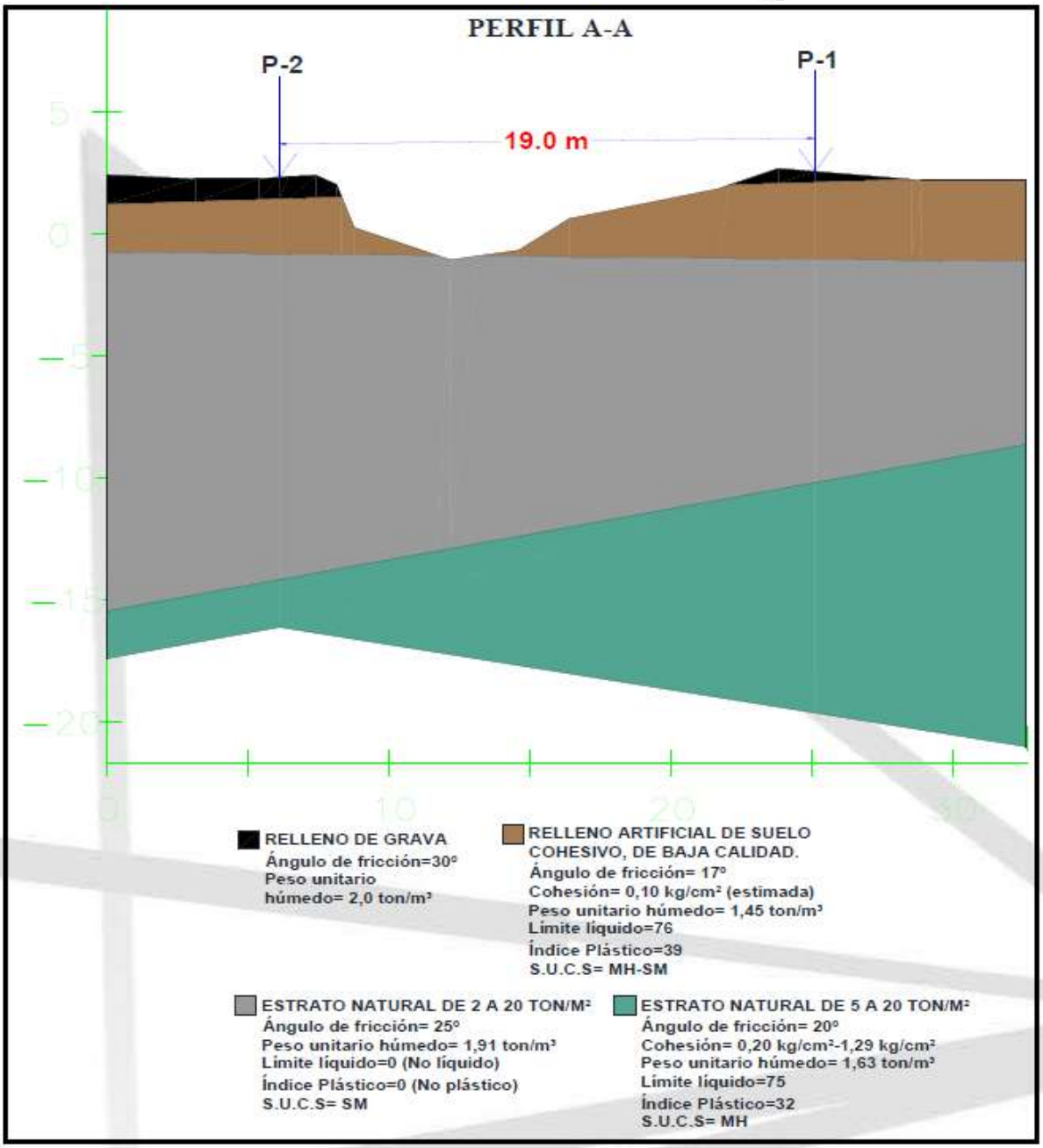


Imagen 5.1.3-16 Perfil estratigráfico del sitio Puente Metálico.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

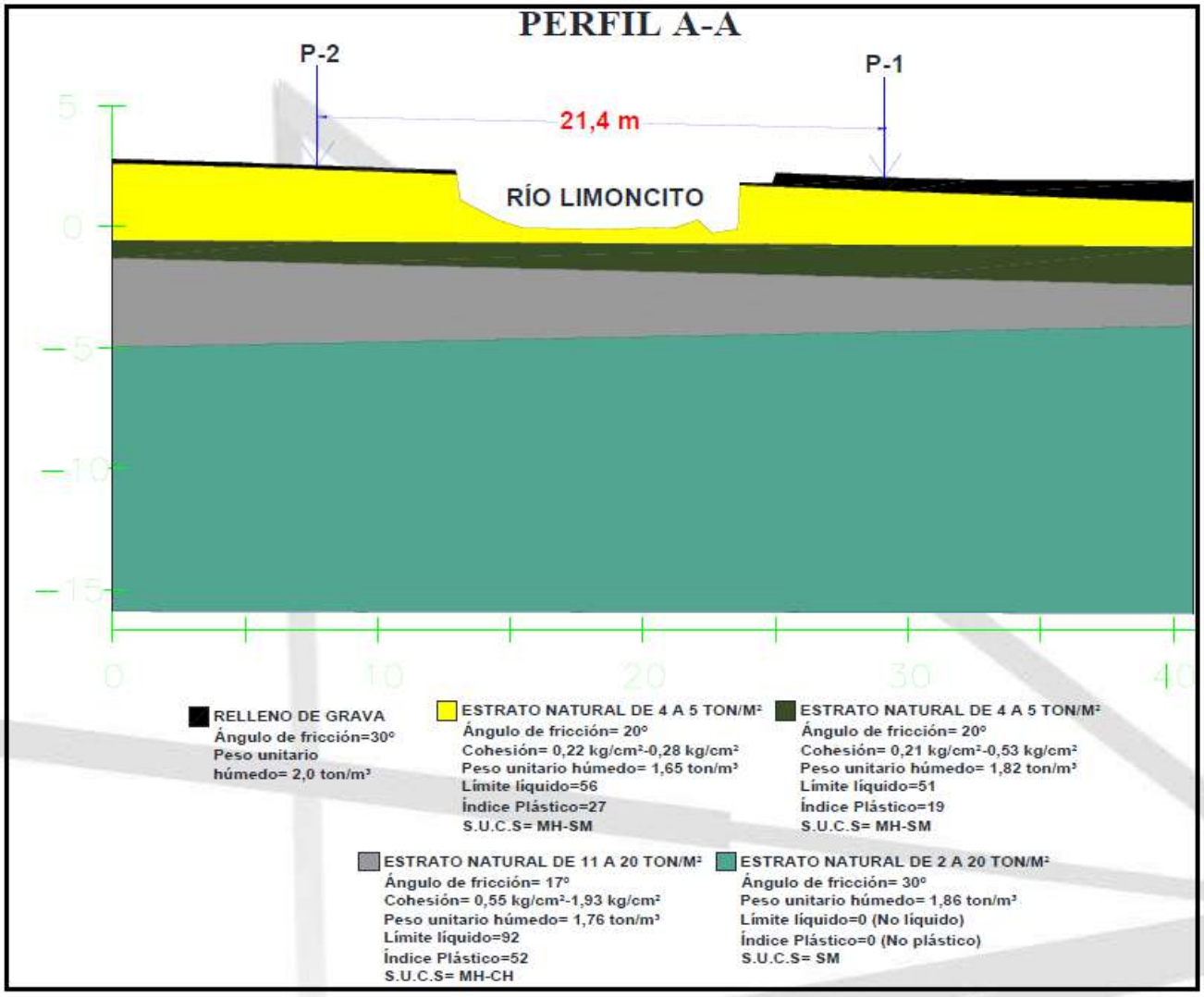


Imagen 5.1.3-17 Perfil estratigráfico del sitio Puente Barrio Quinto.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

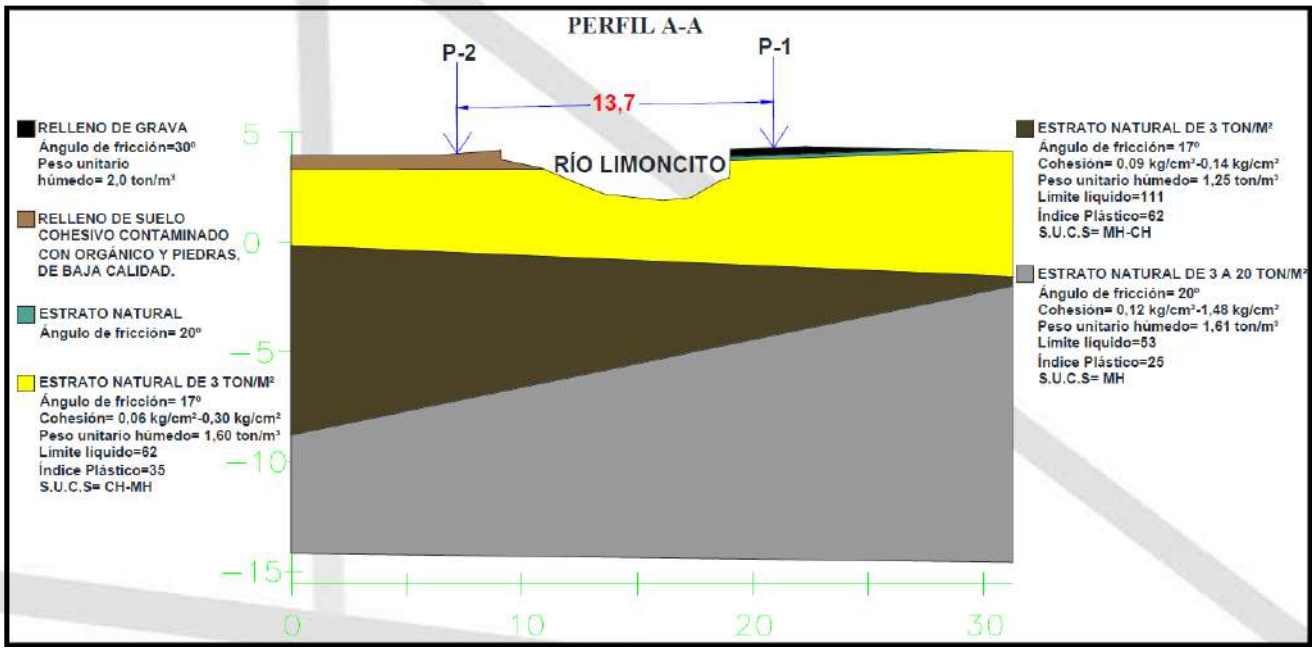


Imagen 5.1.3-18 Perfil estratigráfico del sitio Puente Almendro.
Fuente: Castro & DeLaTorre, 2012

En el mapa 5.1.3-2 se muestra la clasificación de los suelos presentes a lo largo del cauce del río y quebradas a partir del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) desarrollado por Casagrande (1942) y que permite separar los suelos dependiendo del tamaño del grano (grueso o fino) y la presencia de material orgánico. Como se puede apreciar, la mayoría corresponden a suelos del tipo arcillas y limos de alta plasticidad (CH-MH), aunque también hay presencia en ciertos lugares de arenas limosas y bien graduadas, principalmente hacia el sur del área de estudio.

A partir de las características geomecánicas de los suelos presentes, se procede a realizar una interpolación espacial, con el fin de tratar de predecir las propiedades del suelo a lo largo del área de estudio. Para ello existen distintas metodologías, en este caso se aplicó el método de interpolación de Kriging el cual, a diferencia de otros modelos de interpolación matemática como el inverso de la distancia (IDW por sus siglas en inglés), es un modelo geoestadístico, por lo que toma en consideración la variación espacial de la propiedad del suelo interpolada.

Para la aplicación del modelo se utilizaron los parámetros de las capas de suelo con presencia mayoritaria a lo largo del cauce del río o quebrada (según fuera el caso), esto con el fin de tener una caracterización del material mayoritariamente presente a lo largo de las obras a realizarse; se asumió una superficie continua y sin fronteras límite, esto debido a que se consideró que el área de estudio no era lo suficientemente extensa para presentar grandes variaciones, además los mapas geológicos y geomorfológicos así lo demuestran.

Se generaron mapas correspondientes a ángulo de fricción (ϕ), peso unitario (γ) y cohesión (c) máxima y mínima, esta última estimada a partir de los valores de SPT realizados en las pruebas. Los resultados se muestran en los mapas 5.1.3-3 a 5.1.3-6.

Además, es importante mencionar la presencia de capas de materiales expansivos, estas fueron determinadas a partir de los resultados de los límites de Atterberg (índice de plasticidad y límite

líquido). En resumen, estas corresponden a la capa B (arcilla expansiva con lentes arenosos) del sitio puente bar Chita-Limoncito, la capa B (Arcilla expansiva de color café amarillento con vetas gris verduzcas) y C (Arcilla expansiva de color gris verduzco) del sitio puente Vertedero y la capa B (arcilla expansiva con lentes arenosos) del sitio puente bar Chita-Chocolate. De construirse infraestructura sobre estos suelos, es necesario tomar las medidas pertinentes para evitar daños que puedan producirse en la infraestructura debido a movimientos de expansión y contracción.

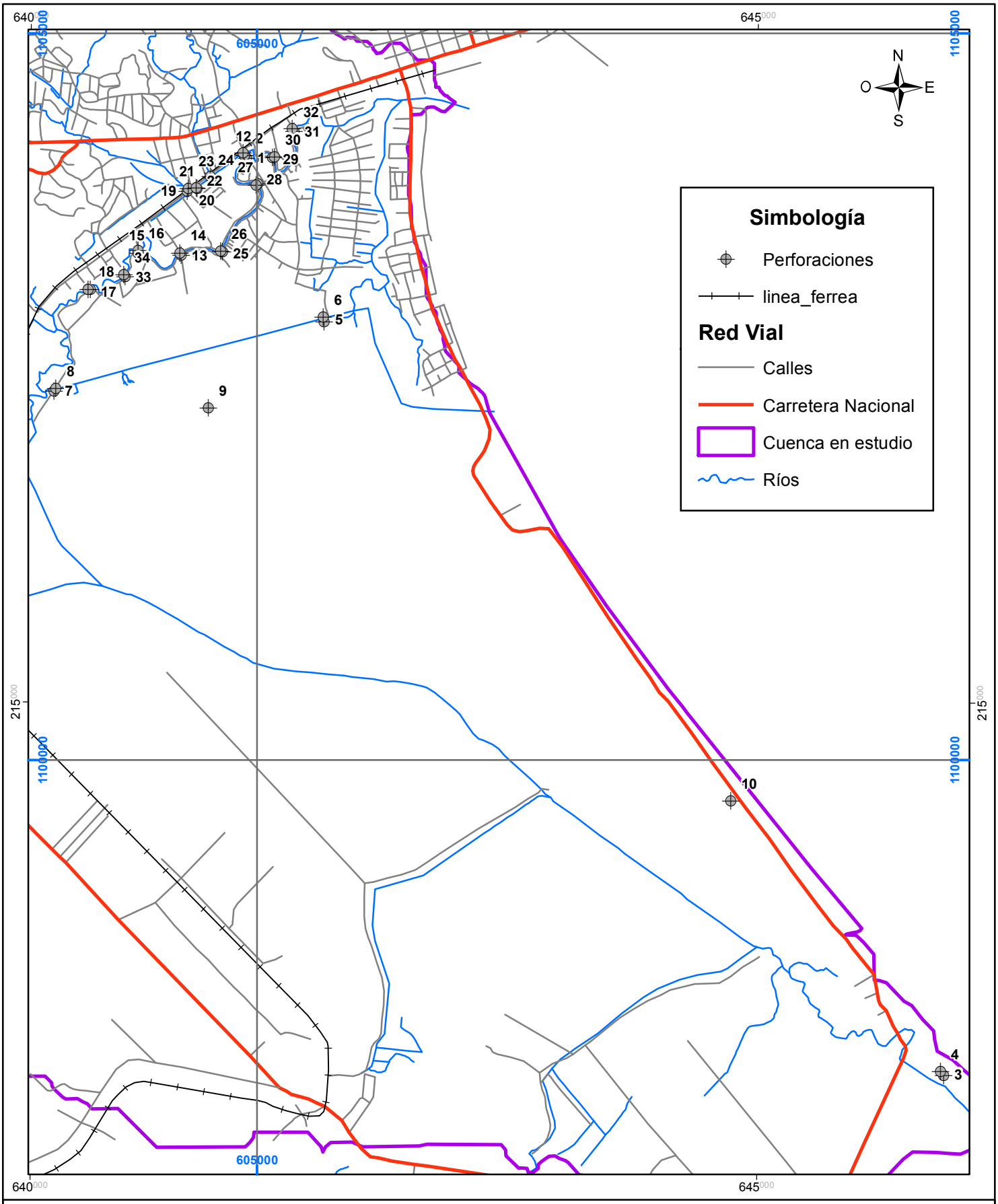
Además de problemas por expansión a la hora de saturarse el suelo, es importante tener en cuenta también la condición contraria, en donde se reseca la arcilla y se produce agrietamiento, este es de especial consideración en zonas de pendiente (como taludes) ya que puede presentarse desprendimiento de material.

En lo que respecta a la estabilidad de taludes de la zona de estudio, se deberá tomar en consideración las recomendaciones dadas por Castro & DeLaTorre, 2012, entre ellas se mencionan:

Para conformar taludes de poca altura, lo más estables posibles en cortes, se recomienda acostarlos como mínimo a una inclinación de 3:1 (Horizontal: Vertical), debiendo evitar por completo el escurrimiento e infiltración de aguas pluviales y servidas, ya que ello ocasionaría erosionamiento, y por ende desestabilizaría los taludes.

Como excepción de la inclinación anterior, se tiene la capa D (arcilla limo arenosa color gris oscuro) del sitio puente Westfalia, la capa D (limo plástico arenoso de color gris verduzco) del sitio alcantarilla norte, la capa D (limo arcilloso arenoso de color gris verduzco) del sitio Alcantarilla Sur, la capa D (limo plástico arenoso de color gris verduzco) y F (limo plástico de color gris verduzco con conchas) de puente Ceibón, la capa E (limo plástico de color gris claro) de puente ENVACO, capa F (limo plástico arenoso de color gris claro) de puente quebrada Chocolate II, capa J (limo plástico de color gris claro) de puente quebrada Chocolate I, capas D (limo plástico arenoso), F (turba de limo plástico arenoso), G (limo plástico arenoso) y H (limo plástico de color gris claro) del sitio puente escuela Limoncito; capa D (limo plástico color gris verduzco) del puente metálico Limoncito, capas A (relleno de grava fina en matriz arenosa), B (limo plástico arenoso) y C (limo plástico arenoso) del puente Barrio Quinto; y la capa F (limo plástico color gris) del sitio puente Almendro; en todas estas capas se recomiendan taludes con inclinaciones de 2:1 (horizontal: vertical), con las mismas características de manejo de agua pluvial y de escorrentía.

Si por motivo de espacio no pudieran conformar los taludes con las gradientes recomendadas, estos se podrían proteger total o parcialmente su altura, por medio de muros de retención, o una combinación muro-talud.



Mapa 5.1.3-1. Ubicación de puntos de perforación para estudios de suelos

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

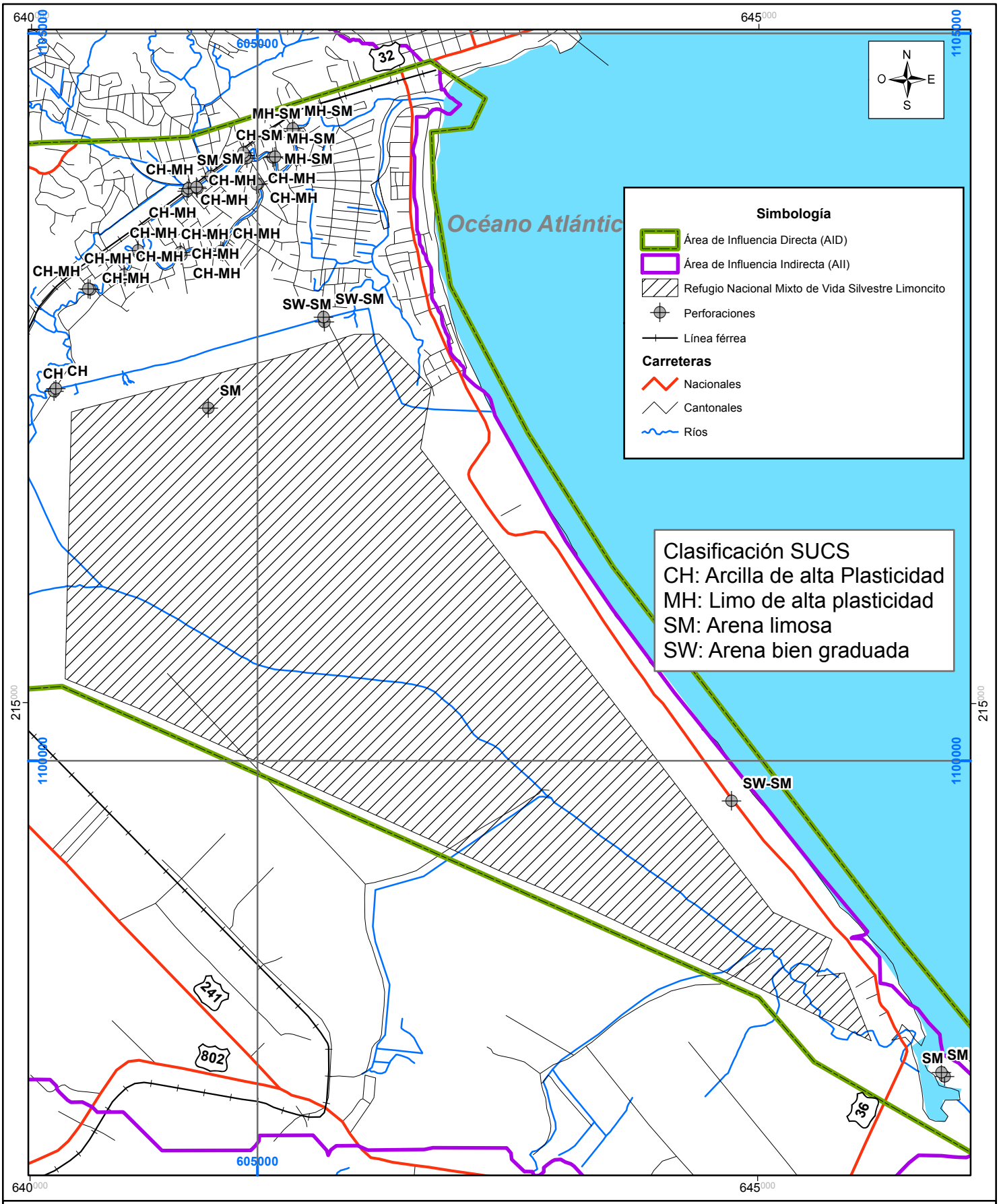
640 320 0 640 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:35.000

Fuentes:
IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000;
Castro & DeLaTorre, 2012.

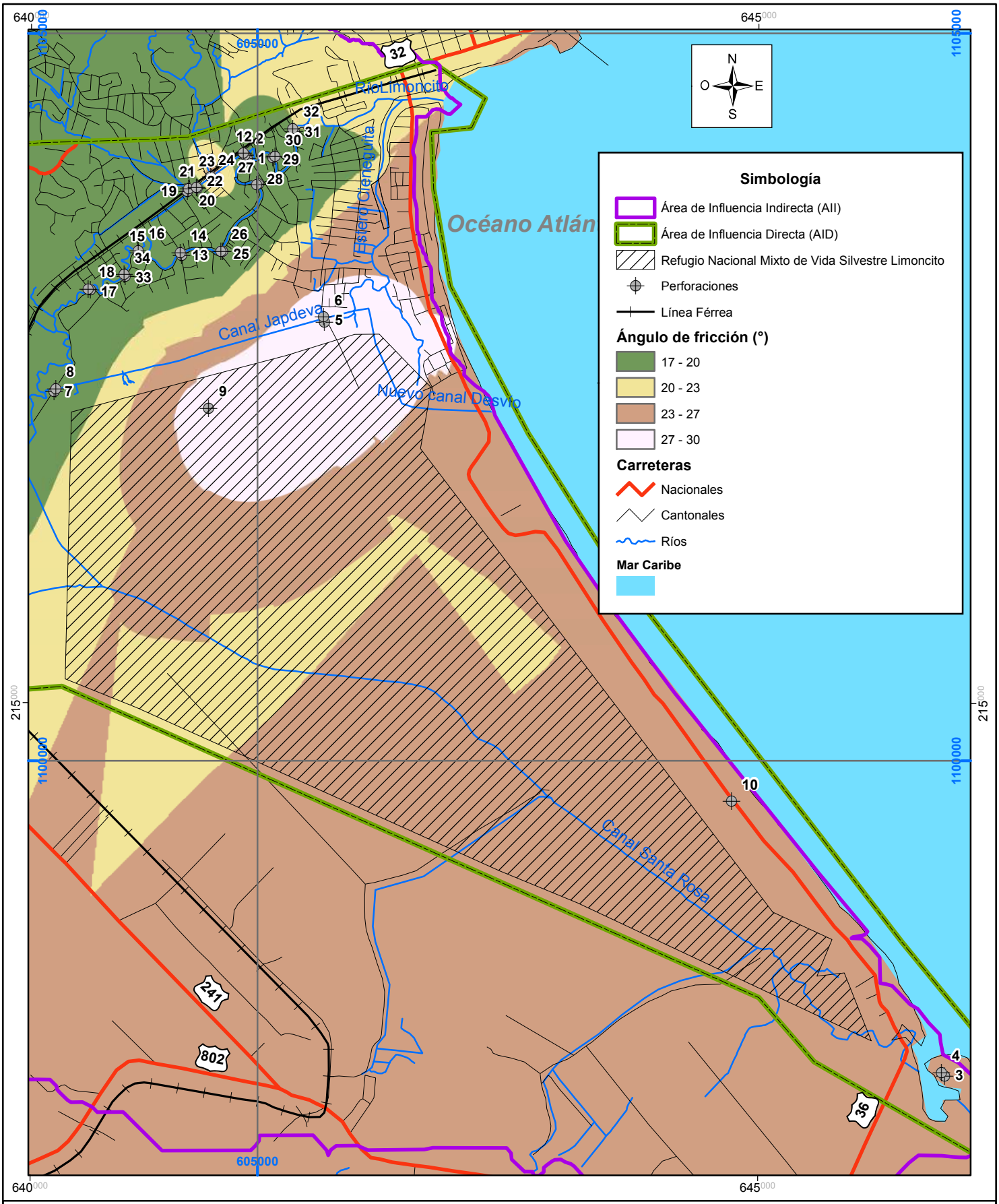
ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 5.1.3-2. Clasificación SUCS de la capa de suelo predominante en el área de estudio

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	650 325 0 650 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:35.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Castro & DeLaTorre, 2012.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 5.1.3-3. Ángulo de fricción en la capa predominante del área de estudio

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

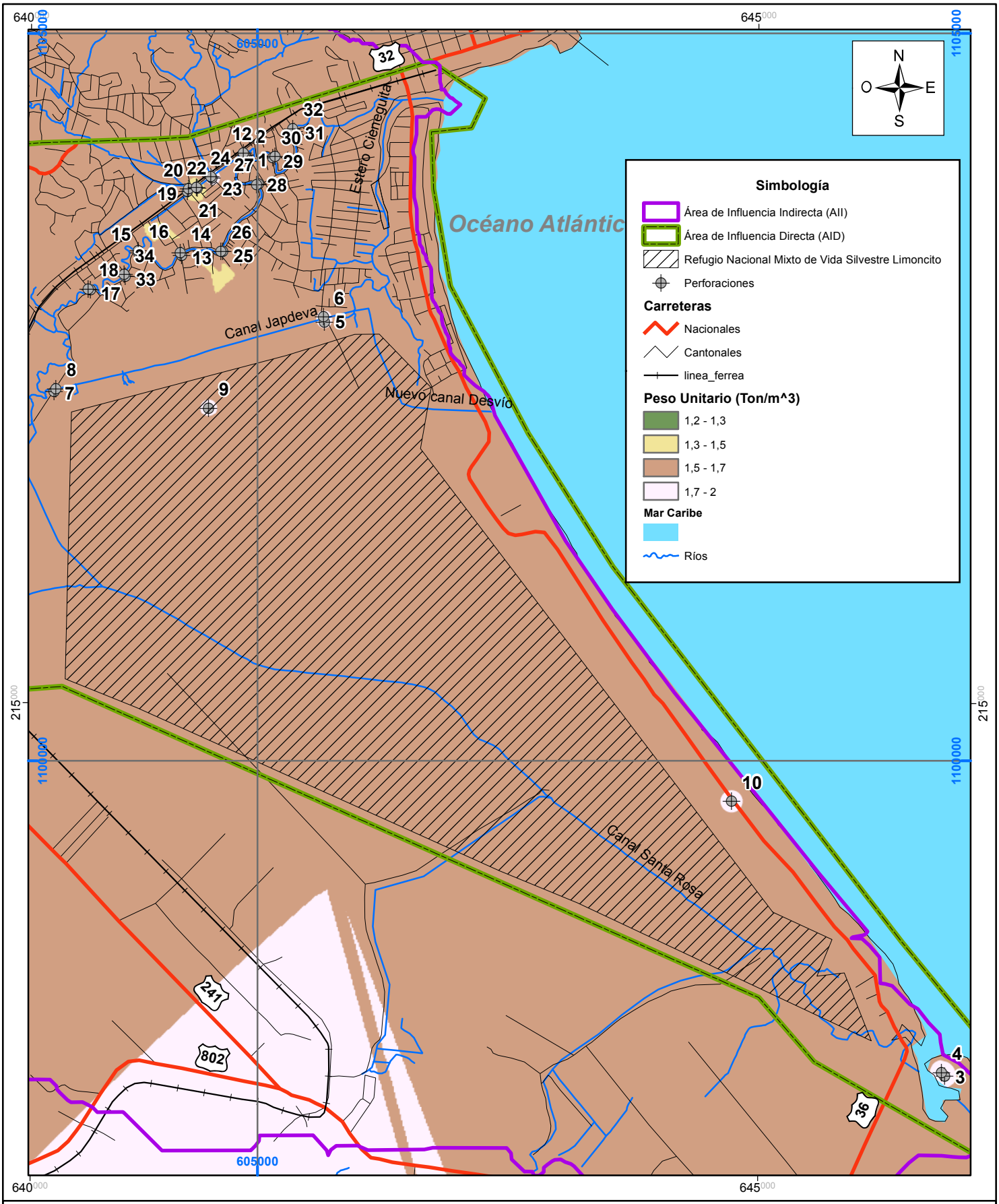
650 325 0 650 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:35.000

Fuentes:
IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000;
Castro & DeLaTorre, 2012.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 5.1.3-4. Peso unitario en la capa predominante del área de estudio

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

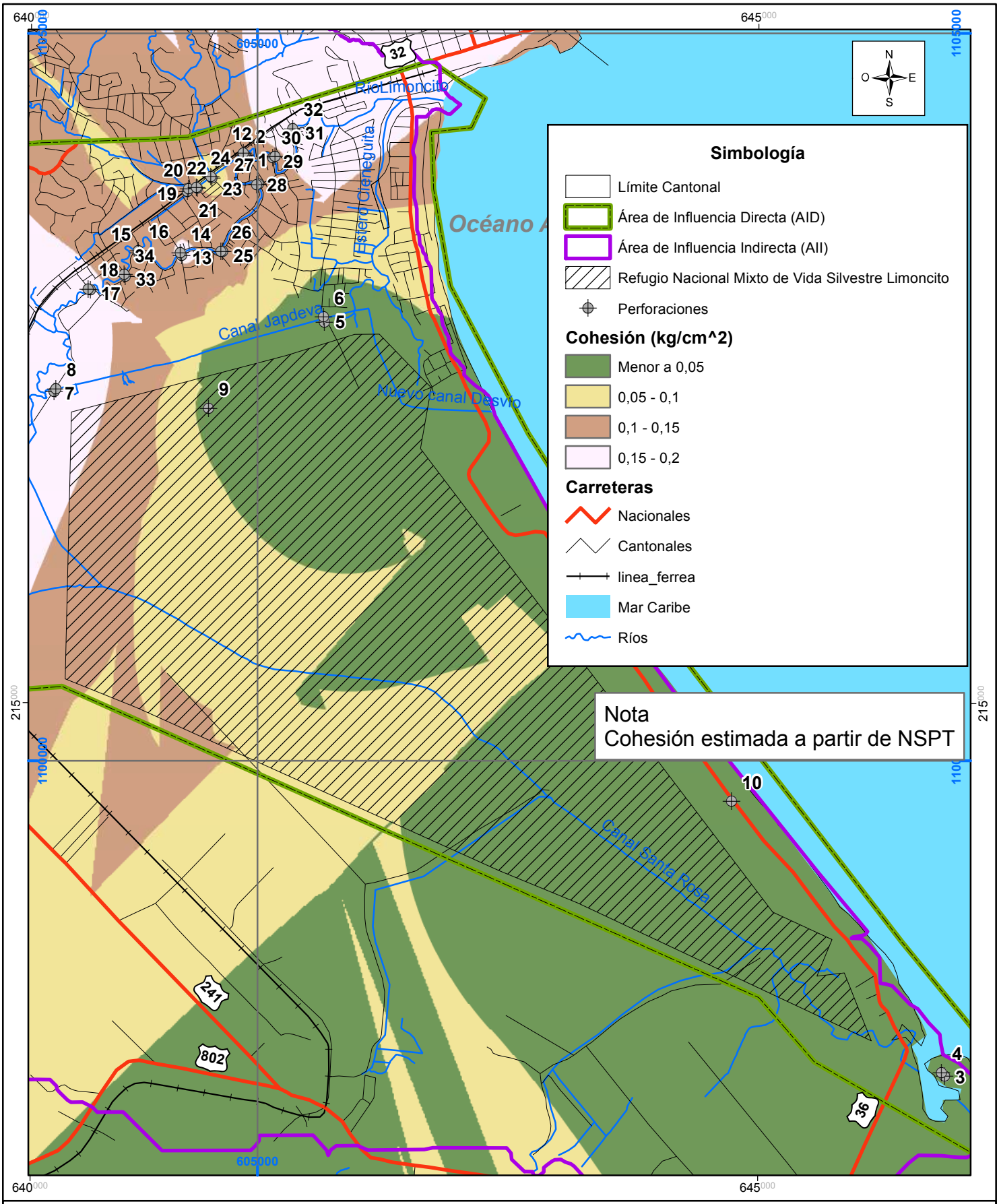
640 320 0 640 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:35.000

Fuentes:
IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000;
Castro & DeLaTorre, 2012.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 5.1.3-5. Cohesión mínima en la capa predominante del área de estudio

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

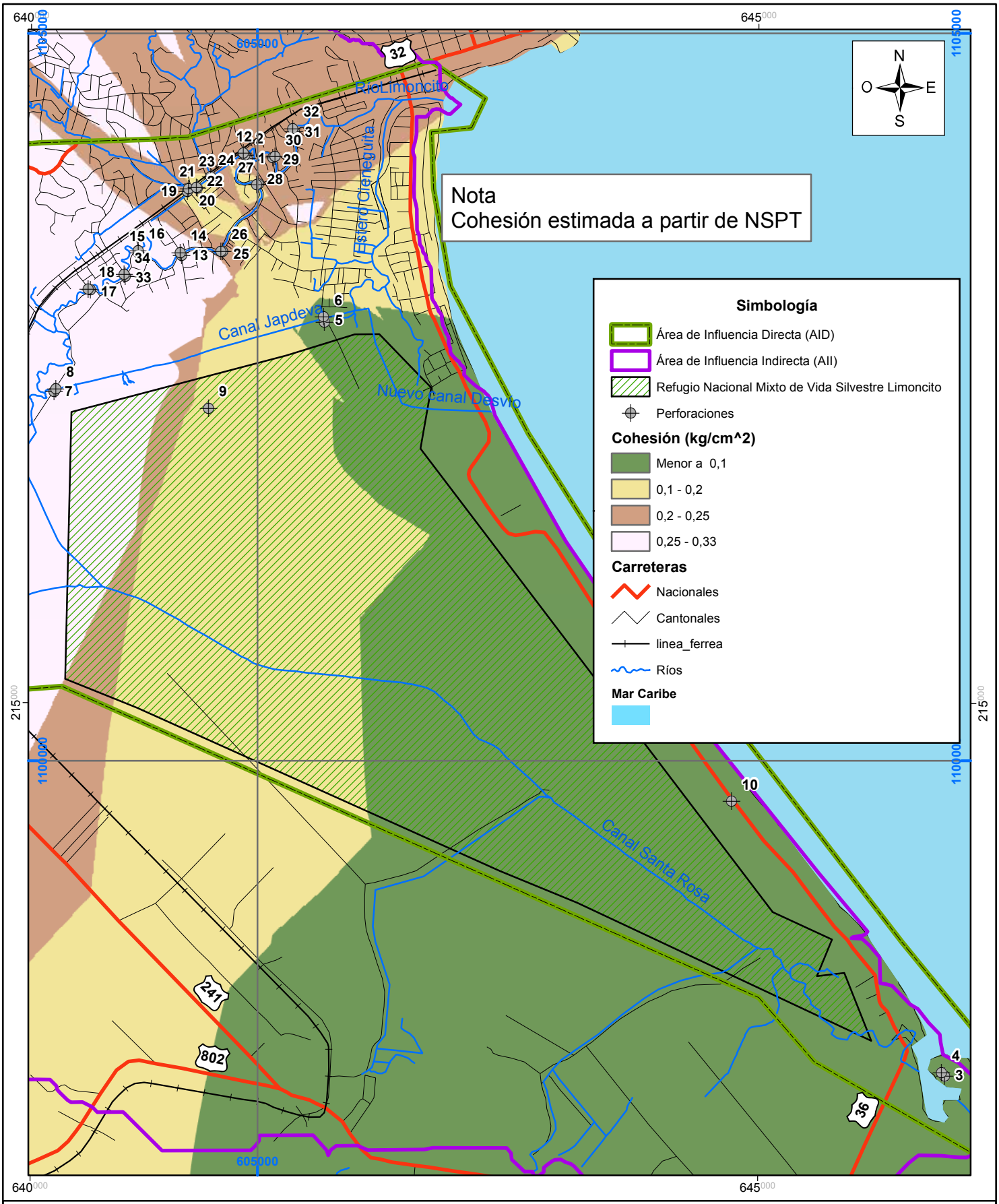
640 320 0 640 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:35.000

Fuentes:
IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000;
Castro & DeLaTorre, 2012.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 5.1.3-6. Cohesión máxima en la capa predominante del área de estudio

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

640 320 0 640 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:35.000

Fuentes:
IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000;
Castro & DeLaTorre, 2012.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

5.2.1 DESCRIPCIÓN DEL CASO

El presente informe incluye únicamente la descripción de la geomorfología del área de estudio y la correlación del relieve con el proyecto. La resolución del problema supera el alcance de este informe, este funciona únicamente como insumo para el resto de las partes del estudio.

La totalidad del proyecto, consiste en un estudio EsIA donde se trata de determinar el posible impacto ambiental generado por la construcción de canales y modificación de cauces, en la zona ubicada entre Santa Rosa, Pueblo Nuevo y Cieneguita. La importancia del estudio radica en la conservación de la zona de humedal.

El objetivo de los canales consiste idealmente como una medida de control de las inundaciones, o de mitigación del efecto causado por las mismas. Tómese en cuenta que se trata de una zona costera, por lo tanto existe el factor del aumento de marea.

En la zona existen ya dos canales (JAPDEVA y Santa Rosa), en el mapa 5.2.1 se observa el trazo donde se pretende la creación de los canales.

5.2.2 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

El contexto morfológico del área de estudio consiste de una zona costera, la cual presenta un relieve plano en la zona de humedal justamente donde se considera realiza la construcción de canales para drenar el exceso de agua que genera inundaciones durante época lluviosa en confluencia con marea alta. En las zonas más elevadas presentan formas plano-onduladas y laderas que drenan las aguas en general en direcciones sureste y noreste, lo que aporta agua al humedal.

El origen de las formas es denudacional hacia la cordillera de Talamanca, y estructural en Limón donde se erosionan rocas expuestas acción tectónica (Fernández et, al., 1994). Finalmente la erosión de estas unidades forma depósitos aluviales de baja pendiente y baja elevación donde existe un mal drenaje y por lo tanto se consideran áreas inundables.

Mediante criterios geomorfológicos, utilizando como material base datos digitales: curvas de nivel, imágenes aéreas, modelos de elevación y mapas previos se elaboró el mapa geomorfológico mostrado a continuación (mapa 5.2.2).

Las formas definidas dentro del área de estudio se clasificaron según el cuadro 5.2.1.

Cuadro 5.2.1 Unidades geomorfológicas definidas para el área de estudio

Origen de las formas	Unidades geomorfológicas
Denudacional	Cerros relictos
	Laderas denudacionales de moderada pendiente
Estructural	Lomerío estructural
Aluvial	Planicie aluvial
Marino-aluvial	Planicie de inundación

Fuente: Elaboración propia, ProDUS 2010.

5.2.2.1 Descripción de las unidades definidas

A grandes rasgos la composición de las unidades rocosas son del tipo sedimentarias, formadas por areniscas con intercalaciones carbonosas, litorales y sublitorales del Mioceno-Pleistoceno y Calizas arrecifales del Plio-Pleistoceno (Denyer & Alvarado, 2007). Lo cual se correlaciona con las unidades geomorfológicas definidas como: Cerros relictos, Lomerío estructural y Laderas denudacionales de moderada pendiente.

Y en general para las unidades de Planicie Aluvial y Planicie de Inundación, se componen de sedimentos aluviales acarreados por los ríos y la escorrentía.

A continuación se describe la geomorfología local del área de estudio:

5.2.2.1.1 Cerros relictos

- Ubicación: Se encuentran distribuidos desde Santa Rosa hasta Pueblo Nuevo.

- Morfografía: Corresponden cerros redondeados los cuales se presentan prominentes (levemente) sobre el terreno circundante. Presentan poca elevación (aproximadamente 40 m.s.n.m.). Estos son remanentes de erosivos de la misma composición de las unidades adyacentes.

- Morfogénesis: Se forman a partir de la depositación de las unidades sedimentarias y su posterior erosión diferencial, la cual genera formas prominentes las cuales corresponden con las zonas más resistentes a la erosión.

- Patrón de drenaje: De sub dendrítico y tiende a radial.

5.2.2.1.2 Laderas denudacionales de moderada pendiente

- Ubicación: Se localizan en entre los las localidades de Trébol, Quitaria y Santa Rita.

- Morfografía: Corresponden con zonas con topografía plano-ondulada, de pendiente moderada a baja. Presenta patrones de drenaje subdendríticos, los cuales drenan principalmente hacia al sureste.

- Morfogénesis: El origen de estas formas ocurre a partir de la denudación de las rocas sedimentarias que conforman la unidad.

- Patrón de drenaje: Subparalelo y subdendrítico, donde los cauces principales presentan una dirección noreste.

5.2.2.1.3 Lomerío estructural

- Ubicación: Se localizan entre los poblados de Buenos Aires, Pueblo Nuevo, Limón y Cieneguita.

- Morfografía: Consisten de pequeñas lomas de muy baja pendiente en direcciones sur, sureste. Las cuales se encuentran levemente prominentes sobre los sedimentos aluviales. Se infiere una influencia estructural de su origen (Fernández et, al., 1994).

- Morfogénesis: El origen de estas formas ocurre a partir de la exposición de las rocas por efecto estructural, y la posterior erosión de las mismas.

- Patrón de drenaje: Subparalelo a rectangular.

5.2.2.1.4 Planicie aluvial

- Ubicación: Se ubican y consiste de los valles de los cauces principales (Limoncito, Quebrada sin Nombre y quebrada Chocolate).

- Morfografía: Corresponden con planicies de baja pendiente, donde predominan los procesos sedimentarios por efecto aluvial, que deposita materiales finos en las zonas más distantes de la fuente.

- Composición: Sedimentos retrabajados y depositados por acción fluvial.

- Morfogénesis: Se forma a partir de la depositación de materiales finos, los cuales son transportados por efecto de la escorrentía, además del efecto de las inundaciones cercanas a los cauces de mayor caudal.

- Patrón de drenaje: Meándrico a irregular.

5.2.2.1.5 Planicie de inundación

- Ubicación: Se ubican y comprende lugares como: Filadelfia, Beverly, Westfalia, Cieneguita y Limoncito. Dentro de esta unidad se encuentra la zona de humedal.

- Morfografía: Presenta un relieve plano con pendientes muy bajas, adyacente a los cauces importantes donde ocurre el desbordamiento de las aguas y la inundación de la zona.

- Composición: Sedimentos finos retrabajados y depositados por acción fluvial.

- Morfogénesis: Se forma a partir de la depositación de sedimentos por el efecto del desbordamiento de los ríos.

- Patrón de drenaje: Meándrico a irregular. Además consta de drenaje artificial formado por los canales de JAPDEVA y Santa Rosa.

5.2.2.2 Alineamientos

En la información disponible, se observan divisorias y cauces alineados en direcciones preferenciales noroeste-sureste principalmente. Subordinadamente se observan alineamientos más alargados en sentido de la pendiente (hacia el este) donde drenan la mayoría de los cauces, los cuales en zonas se presentan desviados en direcciones noroeste-sureste.

5.2.2.3 Patrón de drenaje

En las zonas más elevadas en las cercanías de la localidad de Asunción, se observan patrones de drenaje subdendríticos, los cuales drenan las aguas superficiales hacia el colector principal (Río Limoncito). En las zonas más bajas como Trébol, Finca Waghope hasta Limoncito los cauces cambian a patrones meándricos o irregulares los cuales se mantienen hasta la costa. Cabe recalcar, la existencia de canales artificiales los cuales modifican y alteran el desagüe natural de las aguas.

5.2.2.4 Observaciones respecto a la creación de canales en la zona del humedal

El patrón de drenaje se encuentra subordinado a la geomorfología, debido a que la forma del relieve y la composición del mismo, dirige la escorrentía en direcciones preferenciales de acuerdo al sentido de la pendiente. Además las diferencias granulométricas que influyen en la permeabilidad de los materiales se encuentran reflejadas en las formas del

terreno, como las depresiones rellenas de sedimentos finos, y las zonas de pie de monte con sedimentos de mayor granulometría, por ejemplo.

Se encuentra la limitante del grado de detalle de la topografía disponible en la zona del humedal y el pueblo de Limoncito, ya que los canales no solo sirven para captar el agua que entra por un extremo del mismo, sino que transversalmente intercepta la escorrentía y la desvía de su dirección original lo cual puede ser útil reconocer para efecto real sobre el humedal y la velocidad de evacuación del agua de las zonas.

Tomando en cuenta únicamente la geomorfología la afectación del humedal no es determinable. Es necesario tomar en cuenta los parámetros hidrogeológicos e hidráulicos para modelar el efecto resultante de la obra e incorporar aspectos forestales y faunísticos, respecto a la variación de los niveles de agua subterránea y superficial en la zona del humedal.

Respecto a la geomorfología se puede concluir, que la forma del relieve de la zona genera naturalmente dichas zonas inundables, ya que se trata de una zona plana ubicada a una menor elevación hacia donde se drenan las aguas de las zonas más elevadas, lo cual se puede ver incrementado por el efecto del aumento de la marea. Además, la desviación de aguas superficiales mediante canales genera una evacuación acelerada dependiendo de la pendiente de los canales disminuyendo el nivel de los mismos.

5.2.2.5 Recomendaciones

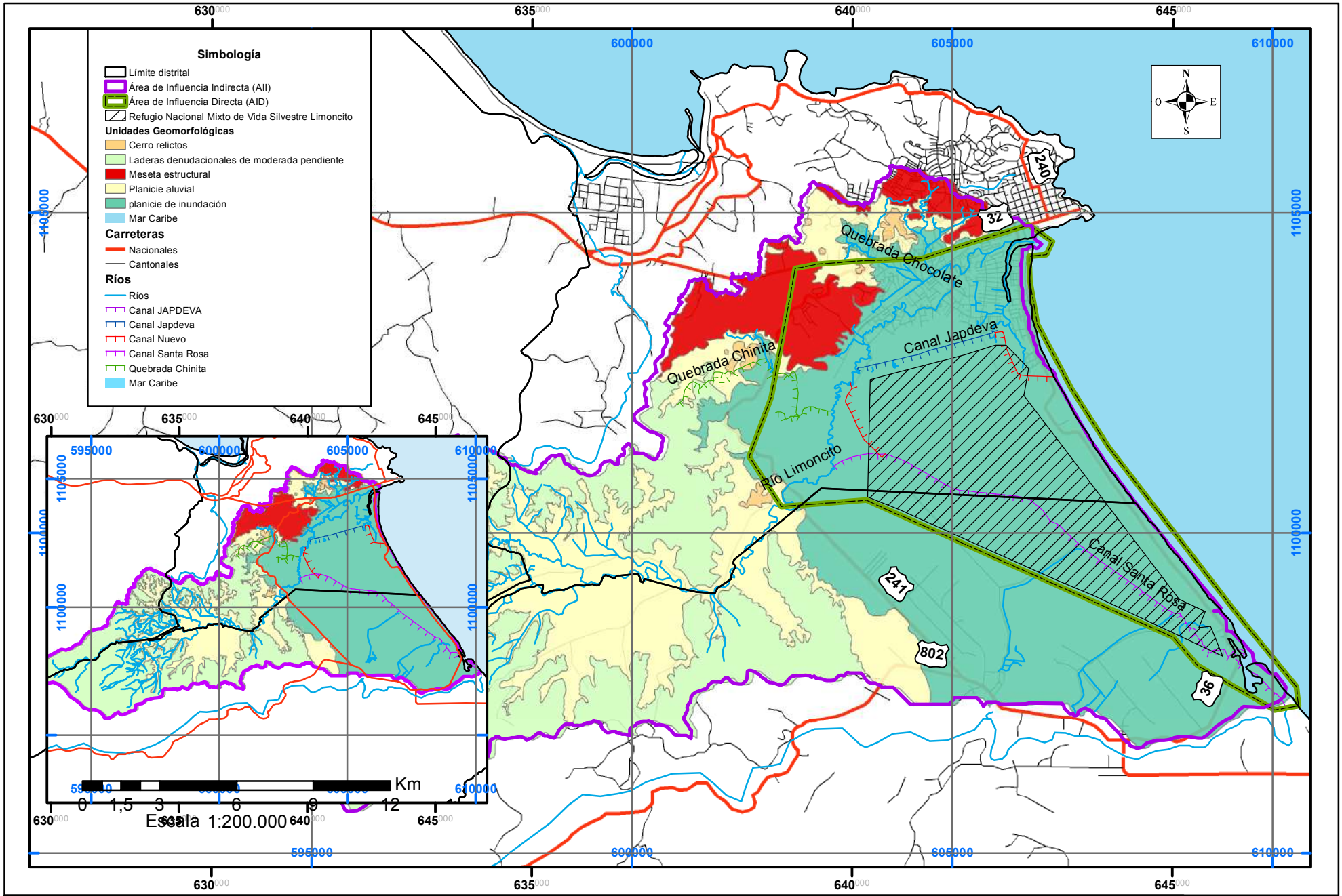
Considerar efecto del aumento de la marea, ya que no es posible hacer una disminución en el nivel del agua por debajo del nivel del mar. Si existen zonas donde periódicamente ocurra esto, la construcción de canales, ni la modificación de cauces generará algún efecto en dichas zonas.

A partir de un levantamiento topográfico detallado se puede modelar de manera precisa la dirección de las aguas superficiales, para analizar la ubicación óptima de nuevos canales de manera que se pueda drenar el agua solo de la zona afectada y no del humedal.

En el caso de la creación de los canales, diseñar de manera que los canales adicionales, drenen el agua que sobrepase el nivel mínimo que requiera la zona del humedal para su conservación.

Tomar en cuenta los efectos estacionales de las lluvias, de manera que el diseño de los canales evacúe solamente el excedente de agua necesaria para disminuir el efecto de las inundaciones sin disminuir los niveles de agua necesarios para reservar el humedal.

Los efectos de las lluvias e incluso la dinámica de los ríos se encuentran sujetos a variaciones climáticas, por lo tanto tomar en cuenta la efectividad real del proyecto respecto a las zonas inundables y el ordenamiento territorial.



Mapa 5.2.1. Geomorfología del área de estudio

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja de río Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:80.000 — 1 0,5 0 1 Kilómetros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 ProDUS, 2013

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

5.3. CLIMA

En la cuenca del río Limoncito predomina el clima tropical húmedo sin presencia de un periodo seco bien definido. Es característico de este régimen climático la precipitación abundante, alta humedad relativa y altas temperaturas. Dentro de la categoría de zonas de vida de Holdridge considerada como de Bosque muy húmedo premontano transición a basal (Ver sección **6.1.2 Zonas de Vida** de Ambientes terrestres).

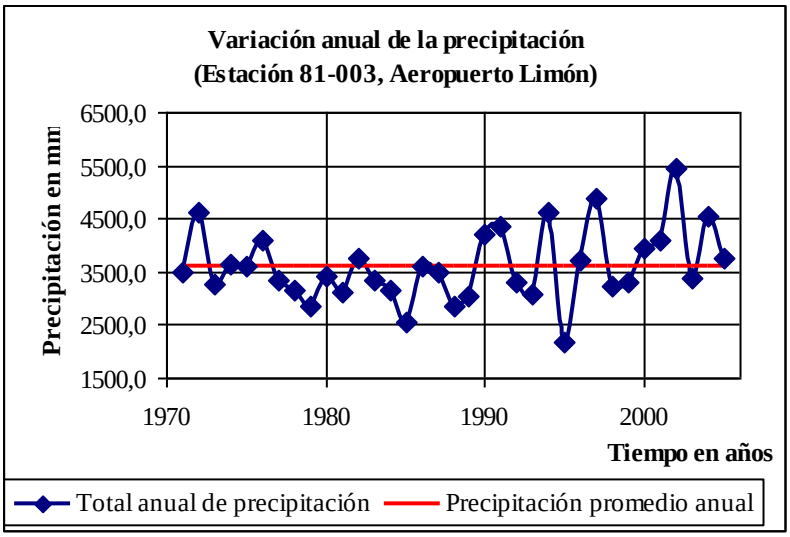
La cuenca del río Limoncito se puede caracterizar por medio de los registros de clima de la Estación Meteorológica del Instituto Meteorológico 81-003: Aeropuerto Limón, cuya ubicación por coordenadas es 09°57 Norte y 83°01 Oeste, y tiene una elevación de 5msnm. Esta estación es de tipo mecánica.

5.3-1. Precipitación

El sistema de vientos alisios trae humedad del mar Caribe en forma constante, lo que genera precipitaciones sobre toda la vertiente Caribe. En la cuenca del río Limoncito la precipitación promedio anual es de 3577,1 mm para el período comprendido entre 1970 y 2011.

En términos anuales, el total anual de precipitación oscila entre 2500 mm y 5000 mm, eliminando el año más seco del registro, con una precipitación total anual de 2193 mm y el año más húmedo con un total anual de precipitación de 5434mm. Se puede observar en el Gráfico 5.3-1, que los ciclos de años secos y años húmedos son bastante extensos y que los totales anuales de precipitación se mantienen en una banda entre los 3000mm y los 4000mm.

Gráfico 5.3-1. Variación anual de la precipitación, Estación Meteorológica Aeropuerto Limón



Fuente: Consultores en Ingeniería Ambiental y Sanitaria (CIAS S.A.)

A continuación se presenta el resumen mensual de la serie histórica de precipitación media, con un período del 01 de enero de 1970, al 31 de diciembre de 2011 (Cuadro 5.3-1 y Gráfico 5.3-2).

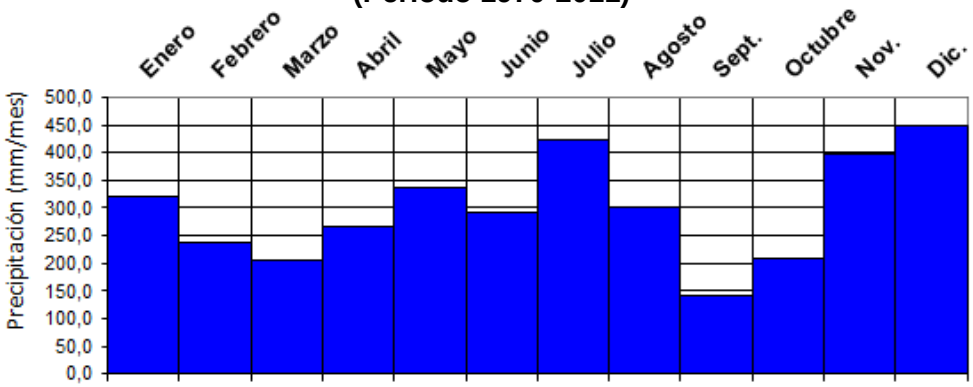
Cuadro 5.3-1. Datos de precipitación media para la estación Aeropuerto Limón
(Periodo 01/01/1970 a 31/12/2011)

Mes	Precipitación total media (mm)	Promedio de días con lluvia
Enero	319,7	19
Febrero	238,6	16
Marzo	206,9	17
Abril	264,8	16
Mayo	336,2	19
Junio	290,6	19
Julio	424,1	22
Agosto	301,0	19
Septiembre	142,2	14
Octubre	208,4	17
Noviembre	396,9	18
Diciembre	447,7	21

Fuente: http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?__EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=14

Gráfico 5.3-2. Gráfico de precipitación media mensual para la estación Aeropuerto Limón

(Período 1970-2011)



Fuente: http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?__EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=14
Elaborado por: ProDUS-UCR

Como se puede apreciar en el Gráfico 5.3-1, la zona mantiene un alto perfil de humedad durante todo el año, no se tiene una época efectivamente seca. Los meses de marzo, septiembre y octubre son los meses con menos precipitación, con aproximadamente 207mm para marzo y octubre y 142mm para septiembre. Los meses más húmedos son

julio y diciembre con 425mm y 450mm de precipitación promedio mensual, aproximadamente.

5.3-2. Temperatura

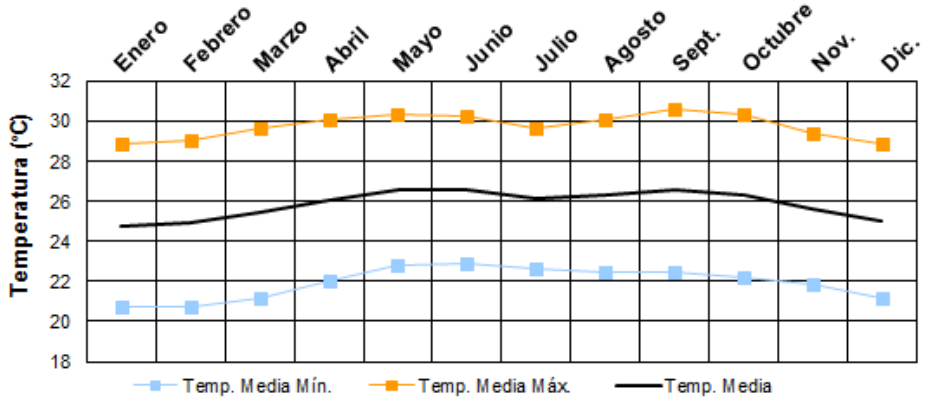
La temperatura en la zona es poco variable, pues varía de 20,7°C a 30,6°C en todo el año. En la siguiente tabla se muestra el resumen mensual de la serie histórica de temperatura media, con un período del 01 de enero de 1970, al 31 de diciembre de 2011 (Cuadro 5.3-2 y Gráfico 4).

Cuadro 5.3-2. Datos de temperatura mensual para la estación Aeropuerto Limón (Periodo 01/01/1970 a 31/12/2011)

Mes	Temperatura media (°C)	
	Mínimo	Máximo
Enero	20,7	28,9
Febrero	20,7	29,1
Marzo	21,2	29,7
Abril	22,0	30,1
Mayo	22,8	30,4
Junio	22,9	30,3
Julio	22,6	29,7
Agosto	22,5	30,1
Septiembre	22,5	30,6
Octubre	22,2	30,4
Noviembre	21,9	29,4
Diciembre	21,2	28,9

Fuente: Trabajo de campo, ProDUS 2010 (estilo del texto: Fuente de infografía)

Gráfico 5.3-3. Gráfico de temperatura media mensual para la estación Aeropuerto Limón (Período 1970-2011)



Fuente: http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?__EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=14
Elaborado por: ProDUS-UCR

Como se observa en el Gráfico 5.3-3 el registro de temperatura promedio mensual, de 1970 al 2011, muestra que la temperatura máxima promedio mensual varía de 28,9°C a 30,6°C y la temperatura mínima promedio mensual varía de 20,7°C a 22,9°C.

Se observa que los meses con menor temperatura promedio mensual son diciembre, enero y febrero. Los meses con mayor temperatura corresponden a mayo, junio y setiembre.

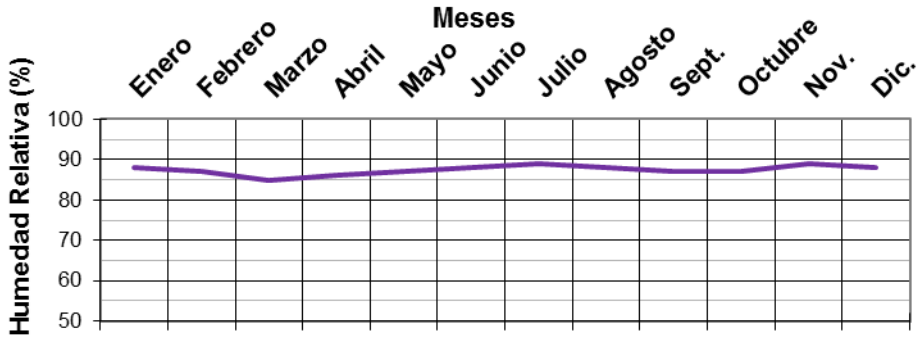
5.3-3. Humedad Relativa

Según el Informe Final Evaluación Hidrológica de la Cuenca del río Limoncito para el Control de Inundaciones y el Ordenamiento Territorial, realizado por Consultores en Ingeniería Ambiental y Sanitaria (CIAS S.A.), la cuenca se ve afectada directamente por los vientos alisios que constantemente traen humedad del Caribe a esta área de drenaje, por lo que la humedad relativa oscila entre 85% y 92%.

Según datos de la Estación Limón para el período de 1970-2005, durante los meses más secos la humedad tiene un medio mínimo de 85% (marzo y abril), y durante los meses más húmedos (junio, julio, agosto, noviembre y diciembre) se alcanzan valores promedio mensuales superiores al 88%.

A nivel anual, los valores medios más bajos son de 85% y los valores más altos de 89%, para una humedad relativa promedio anual de 87.40%.

Gráfico 5.3-4. Gráfico de humedad relativa mensual para la estación Aeropuerto Limón (período 1970-2005)



Fuente: IMN
Elaborado por: ProDUS-UCR

5.3-4. Viento

La cuenca del río Limoncito está afectada por los vientos alisios, lo que constantemente trae humedad del Caribe sobre el área de drenaje de la cuenca del río Limoncito. Según el Informe Final Evaluación Hidrológica de la Cuenca del río Limoncito para el Control de Inundaciones y el Ordenamiento Territorial, realizado por CIAS S.A., la medición de la dirección y velocidad del viento está afectada por el fenómeno conocido como el rotor de Limón.

En la estación Aeropuerto Limón la dirección del viento es variable, pero con una marcada tendencia en las direcciones oeste y suroeste, comportamiento influenciado por la

presencia de la fila Asunción y la fila Matama. El valor promedio anual de velocidad del viento es de 6.98 km/h esto para el período de 1971 a 1997.

5.3-5. Brillo solar

El brillo solar en la zona también es bastante uniforme. Según el Informe Final Evaluación Hidrológica de la Cuenca del río Limoncito para el Control de Inundaciones y el Ordenamiento Territorial, realizado por CIAS S.A., el mes con menor cantidad promedio de horas de sol diarias es julio con 3,9 horas, seguido por noviembre y diciembre con 4,7 horas y 4,8 horas, respectivamente. Para los demás meses, el promedio de horas de sol diarias oscila entre 5 horas y 6 horas.

5.3-6 Escenarios de cambio climático en la zona de estudio

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costas Rica, que forma parte del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), ha publicado una serie de documentos relacionados con las distintas áreas del Cambio Climático. Este Instituto, es el ente encargado de realizar los diferentes modelos de proyección de las variaciones climáticas con respecto al cambio climático en el país, ha ejecutado evaluaciones de escenarios climáticos, usando la última tecnología de modelos climáticos dinámicos como el "PRECIS": un modelo de escala regional, desarrollado en el Centro Hadley de la Oficina de Meteorología del Reino Unido.

En el tema de escenarios, el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) publicó en el 2007, el "IV Reporte de Evaluación del Cambio Climático" (Fourth Assessment Report: Climate Change 2007) conocido como el "AR4". En dicho estudio se evalúan varios escenarios de emisiones, los cuales se clasifican según se muestra en el Cuadro 5.3-3.

Cuadro 5.3-3. Familias de Escenarios del Cambio Climático según el IPCC

AR4	Enfoque Económico	Enfoque más medioambiental
Globalización (Mundo homogéneo)	**A1** Crecimiento Económico Rápido (A1T, A1B, A1F1)	**B1** Sostenibilidad del medio ambiente mundial
Regionalización (Mundo heterogéneo)	**A2** Orientación Regional y Desarrollo Económico	**B2** Sostenibilidad del medio ambiente local

Fuente: IPCC, 2007

En el año 2012, el IMN publicó el estudio "Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica", elaborado por los autores Luis F. Alvarado, Wilke Contreras, Maynor Alfaro y Estefanía Jiménez. Dicho estudio es el único que se ha realizado en el país, a nivel de cuencas y regiones climáticas, donde se simularon diferentes escenarios por el modelo PRECIS hasta el 2100, a partir del escenario A2[1] del IPCC para generar los

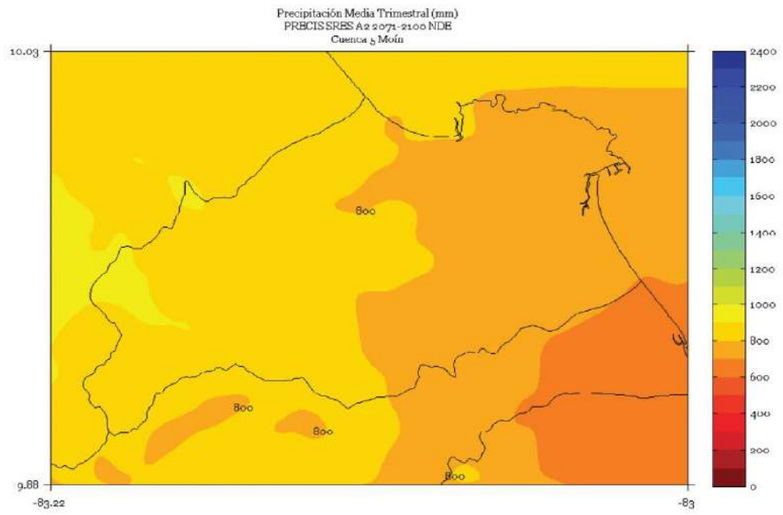
[1] Escenario A2: La familia de líneas evolutivas y un mundo muy heterogéneo. Sus características más distintivas son la autosuficiencia y la conservación de las identidades locales. Las pautas de fertilidad en el

distintos modelos, utilizando una resolución de 1 km de latitud y 1 km de longitud, mejorando los resultados que se habían obtenido en estudios anteriores.

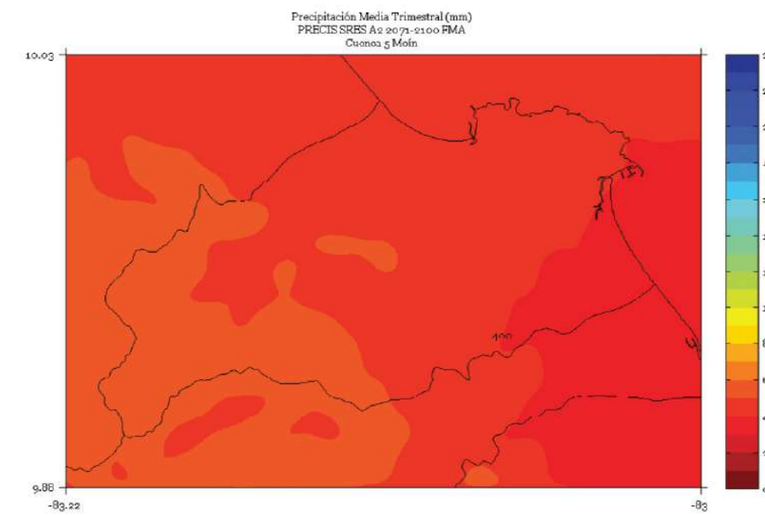
Para el área de estudio, el Río Limoncito es parte de la subcuenca del Río Moín-y otros-, por lo que a continuación se muestran los resultados del modelo para dicha subcuenca (Figuras 5.3-1 y 5.3-2).

conjunto de las regiones convergen muy lentamente, con lo que se obtiene una población mundial en continuo crecimiento. El desarrollo económico está orientado básicamente a las regiones, y el crecimiento económico por habitante así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas. **Escenarios de emisiones, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (2000)**

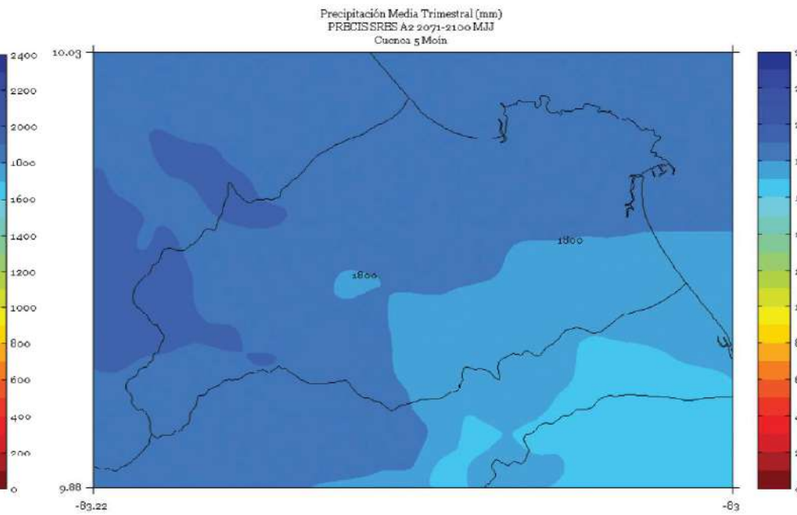
Figura 5.3-1. Climatología de 1 km de resolución de la precipitación media (mm) del período 2071-2100 en la cuenca Moín y otros ríos, simulado por el modelo PRECIS con el escenario de emisiones A2.



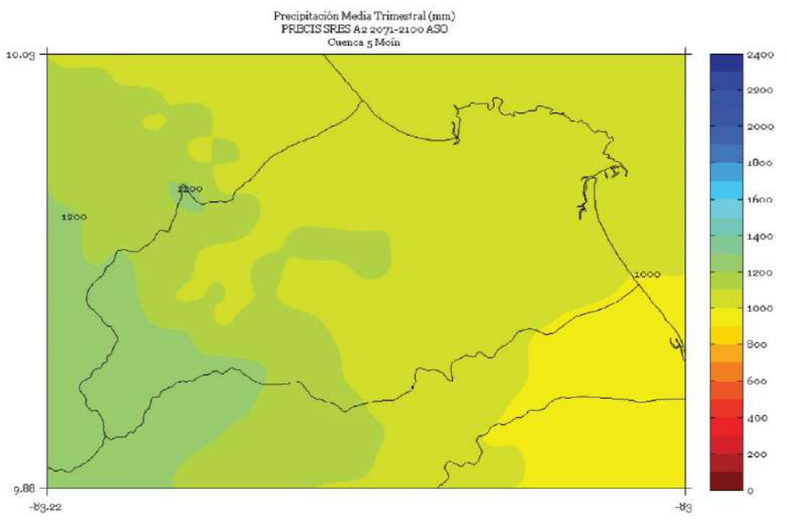
a. Trimestral: meses de noviembre - diciembre – enero.



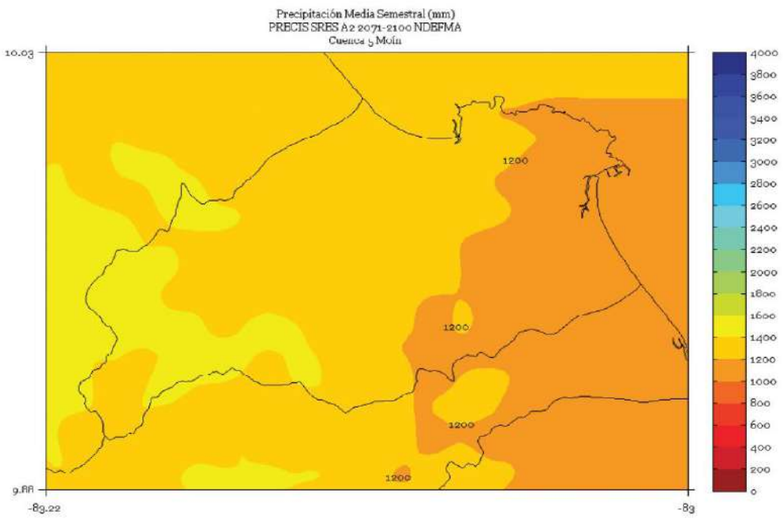
b. Trimestral: meses de febrero - marzo – abril.



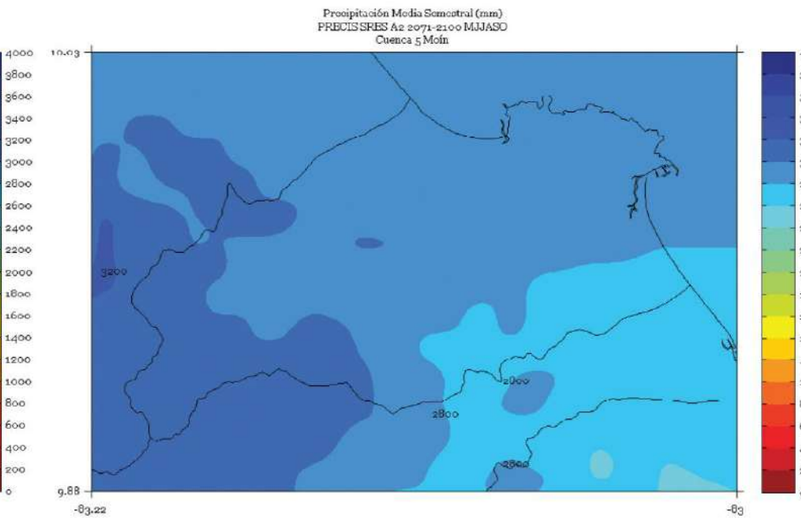
c. Trimestral: meses de mayo - junio – julio.



d. Trimestral: meses agosto - setiembre – octubre.



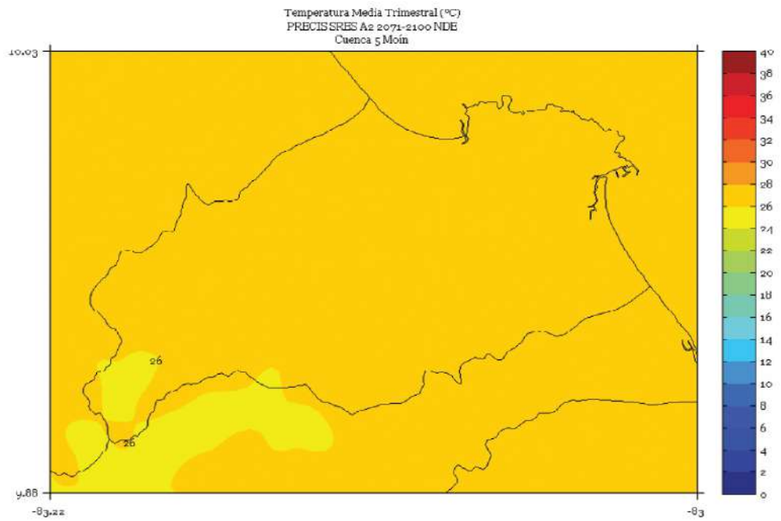
e. Semestral: meses de noviembre a abril.



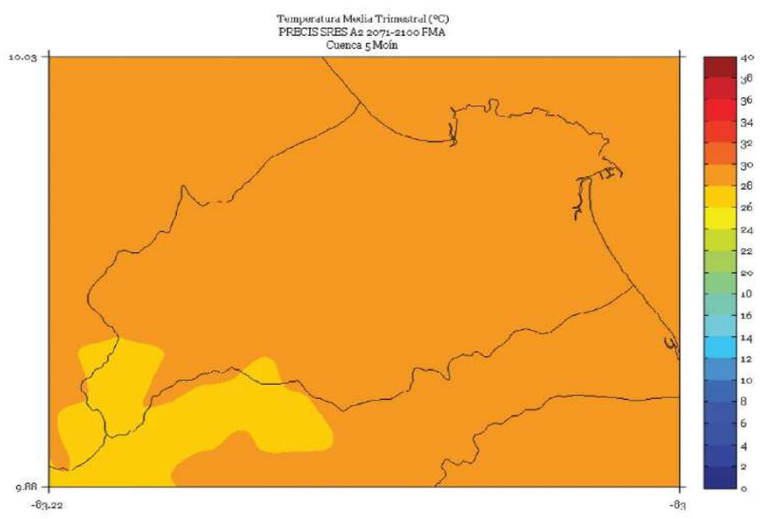
f. Semestral: meses de mayo a octubre.

Fuente: Alvarado L.F et al. 2012. *Escenarios de Cambio Climático regionalizados para Costa Rica*. Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas. Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

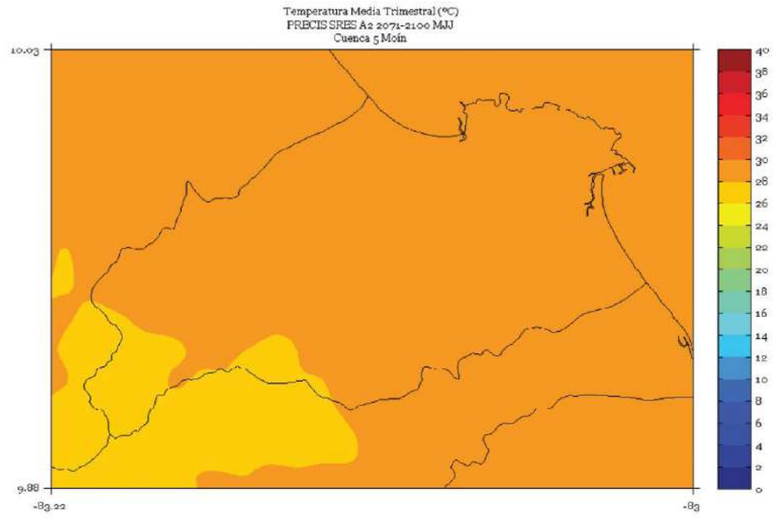
Figura 5.3-2. Climatología de 1 km de resolución de la temperatura media (°C) del período 2071-2100 en la cuenca Moín y otros ríos, simulado por el modelo PRECIS con el escenario de emisiones A2.



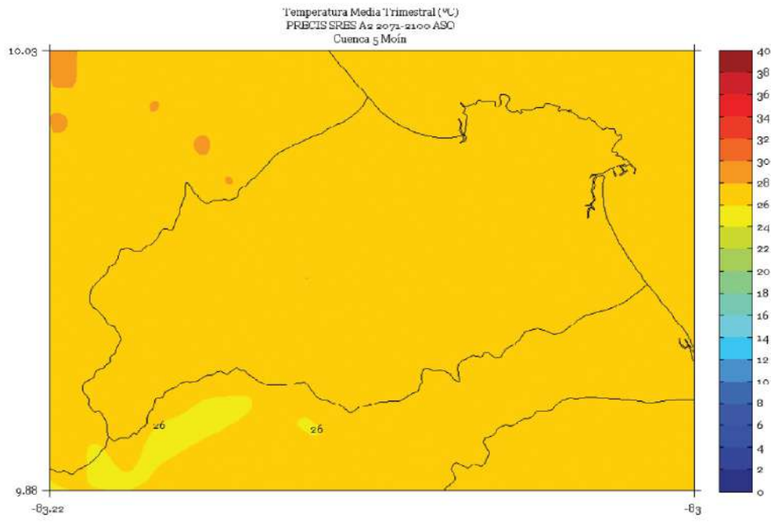
a. Trimestral: meses de noviembre - diciembre – enero.



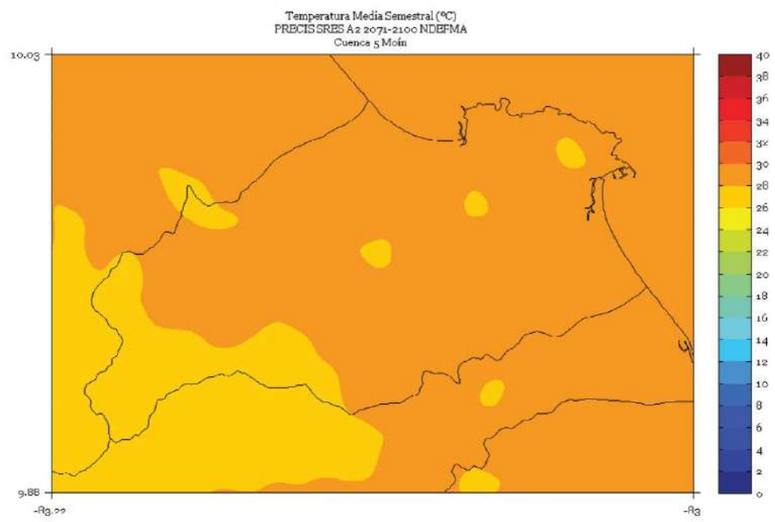
b. Trimestral: meses de febrero - marzo – abril.



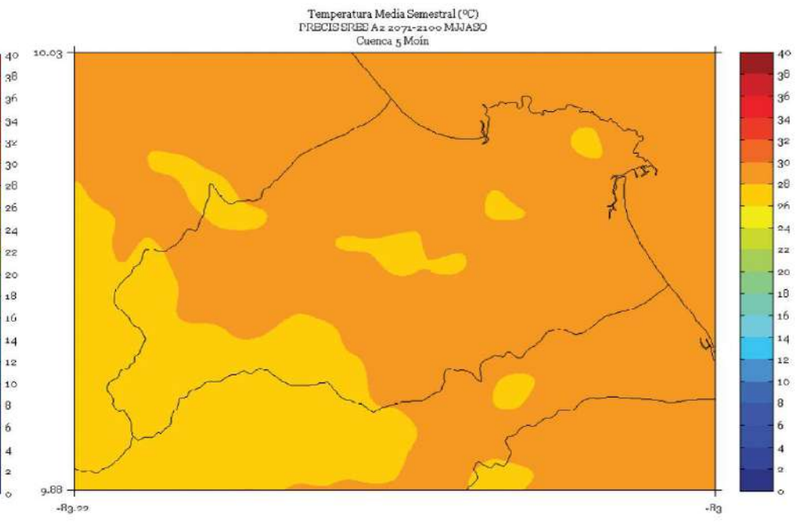
c. Trimestral: meses de mayo - junio – julio.



d. Trimestral: meses agosto - setiembre – octubre.



e. Semestral: meses de noviembre a abril.



f. Semestral: meses de mayo a octubre.

Fuente: Alvarado L.F et al. 2012. Escenarios de Cambio Climático regionalizados para Costa Rica. Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas. Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

.

Como se aprecia en la Figura 5.3-1, la precipitación media anual de esta subcuenca para el trimestre de mayo, junio y julio, aumentará de 1050mm (período 1970 a 2011) hasta aproximadamente 1700mm (período 2071-2100). (Ver Figura 5.3-1 c)

Con respecto a la temperatura, se proyecta un aumento, pues actualmente se tiene un promedio de 25,5°C (período 1970 a 2011) para el trimestre de enero, febrero y abril; mientras el estudio revela que podrá alcanzar un promedio de 28 y 30°C (período 2071-2100). (Ver Figura 5.3-2 b)

Actualmente el IPCC está trabajando en el V Reporte de Evaluación del Cambio Climático "AR5" donde se contemplarán los nuevos escenarios de cambio climático utilizando una nueva aproximación de escenarios de emisiones, determinados por los diferentes forzamientos radiativos. Los escenarios serán sólo 4 y se llamarán: VCR8.5 (más alto forzamiento radiativo), VCR6, VCR4.5 y VCR2.6 (bajo forzamiento radiativo). Los resultados de estos nuevos escenarios serán publicados el próximo 27 de setiembre del 2013.

Según el especialista del IMN, el señor Luis Fernando Alvarado:

> "…aún no se conocen bien los detalles de los resultados de los nuevos escenarios, inicialmente se presentarán los escenarios solo a nivel global, eso significa que habrá que esperar un tiempo más para que los países produzcan resultados con una mejor resolución espacial, máxime que aún los datos de los modelos globales no han sido formateados para ser usados por los modelos de escala local. De ahí que aún siguen siendo válidos los escenarios del AR4…"

En cuanto a posibles variantes en los modelos, según comenta el señor Luis F. Alvarado, no se observan cambios a gran escala, únicamente una leve mejoría. En los escenarios de más bajo forzamiento radiativo (VCR2.6) tenderá a dar un escenario húmedo para la mayor parte del planeta, mientras que el modelo de más alto forzamiento (VCR8.5) muestra una señal idéntica a la obtenida con el escenario A2. Por lo tanto, los modelos anteriores pueden seguir siendo utilizados hasta que haya una mejoría más notable en los escenarios futuros.

5.4.1.1 CALIDAD DEL AGUA (FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA)

5.4.1.1.1 Introducción

La determinación de la calidad de agua en los afluentes del Río Limoncito se realizó con el fin de poder estimar el impacto que generan los cambios realizados como parte del proyecto, como lo son el desvío de caudales entre cauces y principalmente la llegada de nuevos afluentes al humedal del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito.

Se seleccionaron 12 puntos posibles en donde se realizaría el muestreo, distribuidos en las partes medias y bajas de los diferentes cauces que podrían ser intervenidos por el proyecto. De estos 12 puntos seleccionados, se tomó la muestra en 11 para llevar a cabo diferentes pruebas de laboratorio.

A cada uno de los 11 puntos muestreados se les realizaron diferentes pruebas de laboratorio, según las características del entorno de cada sitio. Dichas pruebas fueron realizadas en el Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA) y en el Laboratorio de Aguas de la Facultad de Microbiología, ambos de la Universidad de Costa Rica.

A partir de los resultados obtenidos, se calculó el Índice de Calidad de Aguas (ICA), de acuerdo a la metodología incluida en el Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales (Decreto N°33903-MINAE-S). Esta herramienta permite clasificar los cuerpos de agua superficiales, de acuerdo a su grado de contaminación.

5.4.1.1.2 Puntos seleccionados y muestreados

Como se indicó anteriormente, se seleccionaron 12 puntos posibles en donde se podía realizar el muestreo. Se escogieron con la intención de obtener un panorama general de la calidad del agua en diversas partes de la cuenca del Río Limoncito y las subcuencas que comprende el estudio.

El criterio de escogencia de los puntos de muestreo se basa en analizar el cambio en el grado de contaminación que se da entre la parte media-alta de la cuenca con respecto a la parte baja, donde se encuentran asentadas las zonas urbanas, debido a diferentes actividades antrópicas. En el Mapa 5.4.1.1-1 se muestran los puntos seleccionados y finalmente muestreados.

Se han distribuido los puntos de muestreo entre los diferentes cauces que se encuentran dentro de la cuenca del R. Limoncito de la manera descrita a continuación:

Cauce del Río Limoncito

- **Punto #2:** este punto se ubica en la parte media-alta del cauce principal del Río Limoncito, aproximadamente a 100 metros al oeste del puente sobre la ruta 241, justo antes del trasvase hacia el Canal Santa Rosa. Su entorno es rural, con bosques y principalmente pastos.

Cuadro 5.4.1.1-1 Características físicas de los puntos de muestreo

Características de los sitios de muestreo		Puntos de muestreo										
		#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#10	#11	#12
Fecha		02-may	02-may	01-may	01-may	01-may	02-may	02-may	02-may	01-may	01-may	02-may
Hora		08:05	08:41	15:30	16:45	16:50	10:15	09:55	10:45	17:10	17:35	11:15
Tipología del curso de agua	*Tipo*	Río/Queb	Río/Queb	Canal	Río/Queb	Río/Queb	Río/Queb	Río/Queb	Río/Queb	Río/Queb	Canal	Canal
	Zona de cuenca	Media	Media	Media	Media	Media	Bajo	Bajo	Bajo	Media	Alta	Bajo
	Ancho (m)	2 - 5	10 - 20	7 - 10	2 - 5	2 - 5	2 - 3	3 - 5	7 - 10	2 - 5	7 - 10	7 - 10
	Profundidad (m)	0.5	2 - 3	2 - 3	0.15	0.3	0.3	0.5	1 - 2	0.5 - 1	1 - 2	2 - 3
	Vel agua	Estancado	Lento	Lento	Estancado	Lento	Lento	Lento	Lento	Estancado	Lento	Lento
	Estructura de banco	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural / Concreto	Natural
	Presencia de mat orgánica	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí
	Trabajos de ingeniería	-	-	Canalizado	-	-	-	-	-	-	Canalizado	Canalizado
	Vegetación	Semiabierta	Semi-abierta	Semiabierta	Semiabierta	Semi-abierta	Abierta	Semi-abierta	Semi-abierta	Semi-abierta	Abierta	Semiabierta
Ambiente de los alrededores		Pastos, bosques	Agrícola, pastos, bosque	Agrícola, pastos, bosque	Ganado, bosque	Ganado, bosque	Urbano	Urbano	Urbano	Ganado, bosque	Ganado, bosque	Bosque, pastos
Estado de la contamina-ción	*Caracterización visual*	Mediana	Mediana	Mediana	Moderada	Mediana	Contami-nada	Contami-nada	Contami-nada	Mediana	Mediana	Mediana
	Presencia de:	-	-	-	Aceites	-	Desechos sólidos, espumas, organismos muertos	Desechos sólidos	Desechos sólidos	-	Desechos sólidos	-
	Fuentes de contaminación	-	Agrícola (banano)	-		-	Doméstica, comercial	Doméstica, comercial	Doméstica, comercial	-	Doméstica	-
	Presencia de peces	Sí	Sí	Sí	No	Sí		Sí	Sí	Sí		Sí
	Color de agua	Transpa-rente	Café verdusco	Café verdusco	Café	Transpa-rente	Gris	Café oscuro	Café verdusco	Café	Café oscuro	Café oscuro
	Olor	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	No	No	No	No
	Transparencia	Turbia	Turbia	Turbia	Muy turbia	Clara	Turbia	Turbia	Turbia	Turbia	Turbia	Turbia

Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

- **Punto #4:** se ubica justo antes de la entrada del afluente identificado como Quebrada Sin Nombre y posterior al trasvase hacia el Canal Santa Rosa. Su entorno es rural, con bosque en los márgenes del río, pastos y casas aisladas.
- **Punto #7:** se ubica en la zona urbana de Limoncito, justo antes de la entrada del afluente Quebrada Chocolate, específicamente contiguo al puente localizado al costado sur del bar Chitá.
- **Punto #8:** también se ubica en la zona urbana de Limoncito, posterior a la unión de la Q. Chocolate con el R. Limoncito, contiguo al puente localizado aproximadamente a 50 metros del Ebais Cocos.
- **Punto #9 (no muestreado):** este punto se ubica contiguo al puente sobre la ruta 36, en la entrada del barrio Cieneguita. Su entorno es urbano.
- **Punto #10:** se ubica donde se planea construir la salida de un nuevo trasvase hacia el Canal Santa Rosa desde el R. Limoncito. Su entorno es rural, con bosque en los márgenes del río, pastos y casas aisladas.

Cauce de la Quebrada Sin Nombre (Chinita)

- **Punto #1:** se ubica en la parte media-alta de este cauce, al costado este del puente sobre la ruta 241. En los alrededores el uso preponderante es bosque, seguido de pastos.
- **Punto #5:** se ubica en la parte baja de la subcuenca, justo antes de su confluencia con el R. Limoncito. Su entorno es rural, con bosque en los márgenes del río, pastos y casas aisladas.

Cauce de la Quebrada Chocolate

- **Punto #6:** se ubica en la zona urbana de Limoncito, justo antes de su confluencia con el R. Limoncito, específicamente contiguo al puente localizado al costado norte del bar Chitá.

Canal Santa Rosa

- **Punto #3:** se ubica cerca del inicio del canal, en el punto donde llegaría el nuevo canal de trasvase desde el R. Limoncito (Punto #10). Su entorno es netamente rural, con mayoría de bosque. Se encuentra dentro de los límites del RNVSM Limoncito.
- **Punto #12:** se ubica contiguo al puente de Westfalia, sobre la ruta 36, cerca de la desembocadura del canal al mar. Su entorno es rural, mayoritariamente de pastos con algunas casas aisladas.

Canal Japdeva

- **Punto #11:** se ubica en el inicio del canal Japdeva, contiguo al vertedero del R. Limoncito hacia el canal. En sus alrededores se observan mayoritariamente pastos y casas cercanas.

A continuación se muestran las coordenadas y la elevación de cada uno de los puntos muestreados. También se pueden observar estos puntos en el Mapa 5.4.1.1-1

Cuadro 5.4.1.1-2 Ubicación de puntos de muestreo

Puntos de muestreo	Coordenada X	Coordenada Y	Elevación (msnm)
#1	602160	1102503	6.89
#2	602415	1100715	7.95
#3	603935	1101209	5.85
#4	603160	1101818	6.48
#5	603078	1101868	7.21
#6	604896	1104170	0.81
#7	604919	1104147	1.91
#8	605559	1104367	0.81
#9	606045	1104536	0.42
#10	603443	1102311	5.62
#11	603669	1102568	5.32
#12	609426	1098136	1.46

Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

En el Cuadro 5.4.1.1-1 se pueden observar algunas otras características físicas de los lugares en donde fueron tomadas las muestras de agua en cada uno de los cauces, además de la fecha y hora en que fueron realizados. Estas características fueron tomadas del Protocolo de Campo del Muestreo del Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales.

El punto #9 no se muestreó ya que se decidió en campo que el sitio de muestreo presentaba un grado de intrusión salina que podría alterar los resultados finales. Adicionalmente, ya se contaba con un punto que representara la unión del Río Limoncito y la Quebrada Chocolate, en el sitio de muestreo del punto #8.

5.4.1.1.3 Pruebas de laboratorio realizadas

De acuerdo a las características circundantes en cada punto, se seleccionaron diferentes tipos de pruebas para algunos de ellos. En total se realizaron 21 pruebas diferentes, de las cuales 14 se practicaron en los 11 puntos que finalmente fueron muestreados.

Los parámetros que se tomaron en cuenta para todos los puntos muestreados son los considerados como básicos para determinar la calidad de las aguas superficiales, mientras que el resto son parámetros específicos que ayudan a caracterizar más los diferentes puntos de muestreo de acuerdo a la realidad circundante al punto.

Cuadro 5.4.1.1-3 Pruebas realizadas para cada muestra tomada

Puntos de muestreo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
% de saturación de Oxígeno *	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Demanda Bioquímica de Oxígeno DBO (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nitrógeno Amoniacal	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Turbiedad (UNT)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Temperatura °C *	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Potencial de Hidrógeno (pH) **	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Nitratos, NO_3 (mg N/L)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Demanda Química de Oxígeno (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Cloruros (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fluoruros (mg/L)	x	x	x	x	x					x	x	x
Color (Pt - Co)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Sólidos Disueltos (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Grasas y Aceites (mg/L)						x	x	x	x			x
Sustancias Activas al Azul de Metileno (mg/L)						x	x	x	x			
Sulfatos (mg/L)	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Coliformes fecales	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Análisis MAR 1		x	x									x
Análisis MAR 7		x	x									x
Análisis MAR 9		x	x									x
Análisis MAR 27		x	x									x

*Parámetros medidos en campo
**Parámetro medido en campo y laboratorio

Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

5.4.1.1.4 Índice de calidad de agua

A partir de los resultados obtenidos por parte de los laboratorios y de los parámetros tomados en campo, se calcula el Índice Holandés de Valoración de la Calidad para los cuerpos de agua superficiales, de acuerdo a lo que se indica en el **Artículo 6** del Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. Este índice utiliza el porcentaje de saturación de Oxígeno, la Demanda Bioquímica de Oxígeno y el Nitrógeno Amoniacal como parámetros físico-químicos requeridos para la clasificación de los cuerpos de agua.

El **porcentaje de saturación de Oxígeno** se obtiene de la relación entre el Oxígeno Disuelto (OD) real obtenido en el sitio de medición y el OD teórico correspondiente a la condición de agua limpia, a la presión atmosférica y la temperatura en el mismo sito de medición. Entre más alejado de 100% resulte la saturación más se han perdido las

condiciones naturales para sustentar la vida y generan, además, molestias ambientales por malos olores y condiciones insalubres. Esta prueba se realiza en campo, para obtener datos reales de la calidad del agua.

La **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)** es un indicador de la contaminación por materia orgánica presente en la corriente de agua. La prueba consiste en medir la cantidad de oxígeno consumida por microorganismos de la materia orgánica en descomposición, durante un periodo de tiempo específico (usualmente 5 días a 20 ºC) (Standard Methods, 2001). La tasa de consumo de oxígeno en una corriente se afecta por un número de variables: temperatura, pH, la presencia de ciertos tipos de microorganismos y el tipo de material orgánico e inorgánico en el agua. A mayor DBO, el oxígeno se agota más rápido, lo que refleja un grado de alta contaminación donde solo pueden sobrevivir organismos tolerantes a la falta de oxígeno y con condiciones del agua de alta turbiedad, color y olor. De manera inversa, valores bajos de DBO reflejan un cuerpo de agua de buena calidad que permite la existencia de fauna acuática diversa.

El **Nitrógeno Amoniacal** es importante debido a que su presencia en las aguas superficiales se atribuye a la actividad microbiana producto de la degradación de la materia orgánica nitrogenada proveniente de las aguas residuales domésticas. El amoniaco se encuentra en una solución acuosa en un equilibrio químico, controlado principalmente por el pH y la temperatura del agua, con el ion amonio. La toxicidad del amonio para los organismos acuáticos se relaciona con la forma no ionizada (amoniaco), debido principalmente a su elevada solubilidad en lípidos, lo que facilita su paso a través de las membranas biológicas, causando daños en las superficies respiratorias.

De acuerdo a los valores obtenidos para estos parámetros, se asigna una puntuación tal y como se indica en el siguiente cuadro

Cuadro 5.4.1.1-4 Sistema de valoración de la calidad del agua

Puntos	%SOD	DBO (mg/L)	NH_4^+ (mg/L)
1	91-110	< 3	< 0.5
2	71-90 111-120	3.1-6.0	0.5-1.0
3	51-70 121-130	6.1-9.0	1.1-2.0
4	31-50	9.1-15.0	2.1-5.0
5	< 30 > 130	> 15.0	> 5.0

Fuente: Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, 2007.

A la suma de los puntos obtenidos para cada parámetro se le asigna un color que representa el nivel de contaminación, tal y como se muestra en el cuadro siguiente. Es importante señalar que para este caso en particular, la calidad de los cuerpos de agua será representativa únicamente para el momento en que se tomaron las muestras, sin

embargo se asume este resultado como condición general del estado de la contaminación de estos cuerpos.

Cuadro 5.4.1.1-5 Nivel de Calidad Orgánica del Agua

Clase	Promedio Puntos	Código de color	Calidad
1	3.0-4.5	Azul	Sin contaminación
2	4.6-7.5	Verde	Contaminación incipiente
3	7.6-10.5	Amarillo	Contaminación moderada
4	10.6-13.5	Anaranjado	Contaminación severa
5	13.6-15.0	Rojo	Contaminación muy severa

Fuente: Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, 2007.

En el Cuadro 5.4.1.1-5 se muestran los puntajes obtenidos para cada una de las muestras tomadas, analizando los parámetros utilizados por el sistema. En el Cuadro 5.4.1.1-6 se pueden observar los resultados de los demás parámetros obtenidos, los cuales se pueden evaluar de acuerdo a los límites presentados en el Cuadro 1 del Reglamento.

Cuadro 5.4.1.1-6 Resultados obtenidos para el Índice de Calidad

Parámetro	Nitrógeno Amoniacal	$DBO_{5,20}$	Saturación de O_2	Puntaje obtenido	Color	Clasificación
Unidad	*mg NH_4^+/L*	*mg O_2/L*	*%*			
Punto #1	< 0,060	< 2,0	32.3	6	Verde	Contaminación incipiente
Punto #2	< 0,060	< 2,0	84.6	4	Azul	Sin contaminación
Punto #3	< 0,060	< 2,0	83.9	4	Azul	Sin contaminación
Punto #4	1.258	7.64	86.4	8	Amarillo	Contaminación moderada
Punto #5	0.111	< 2,0	34.7	6	Verde	Contaminación incipiente
Punto #6	2.12	4.44	40.5	10	Amarillo	Contaminación moderada
Punto #7	0.99	< 2,0	16.1	8	Amarillo	Contaminación moderada
Punto #8	2,11	3.94	18.9	11	Anaranjado	Contaminación severa
Punto #10	< 0,060	< 2,0	29.9	7	Verde	Contaminación incipiente
Punto #11	0.088	7.51	64.7	7	Verde	Contaminación incipiente
Punto #12	0.157	< 2,0	17	7	Verde	Contaminación incipiente

Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

Cuadro 5.4.1.1-7 Resultados obtenidos de parámetros complementarios

Parámetro	Unidad	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#10	#11	#12
Cloruros	*mg Cl^-/L*	4.40	9.82	9.05	8.54	5.58	12.31	7.24	1117	5.96	5.35	71
Color	*mg/L (U-Pt - Co)*	30	10	20	> 70	60	20	50	30	60	70	40
DQO	*mg O_2/L*	< 30	< 30	< 30	166.8	< 30	36	< 30	< 30	< 30	< 30	< 30
Fluoruros	*mg F^-/L*	0,13	0.21	0.21	< 0,055	< 0,055				< 0,055	< 0,055	0.15
Grasas y Aceites	*mg/L*						< 8,0	12.8	< 8,0			< 8,0
Nitratos	*mg NO_3^-/L*	0.34	< 0,29	< 0,29	< 0,29	< 0,29	0.56	< 0,29	2.68	0.54	< 0,29	0.51
Oxígeno Disuelto	*mg O_2/L*	2.59	6.64	6.99	8.06	2.78	3.14	1.26	1.48	2.35	5.16	1.33
pH	*pH a 20,0 °C*	7.28	8.05	8.05	6.96	7.41	7.71	7.46	7.55	7.40	7.58	7.61
pH	*pH en campo*	8.39	-	8.45	-	8.09	8.8	8.58	8.77	8.39	8.51	8.75
SDT	*mg/L*	255.3	249.9	233.6	153.6	158.8	288.0	156.2	2536.3	220.4	172.4	412.3
SST	*mg/L*	< 8,0	< 8,0	< 8,0	533.2	< 8,0	9.2	< 8,0	25.3	< 8,0	11.1	< 8,0
Sulfatos	*mg $(SO_4)^{2-}$/L*	5.73	30.60	29.40	1.14	3.58	21.30	5.78	176.20	3.27	2.59	17.50
SAAM	*mg/L*						0.362	0.318	0.371			
Temp.	*°C*	26.5	26.4	30.2		27.3	28.6	27.8	28.1	27.6		28.3
Turbiedad	*UNT*	1.0	1.5	2.7	1.6	6.9	3.4	4.2	4.5	4.4	8.0	2.7
Coliformes totales	*(NMP/100mL)*	49	79	79	>1600	>1600	>1600	>1600	>1600	>1600	>1600	70
Coliformes Fecales	*(NMP/100mL)*	49	49	49	>1600	240	>1600	>1600	>1600	>1600	>1600	23

Fuente: CICA, ProDUS, 2013

Como se observa en el Cuadro 5.4.1.1-5 los puntos correspondientes a la Q. Sin Nombre (Chinita) (#1 y #5) presentan una condición de contaminación incipiente, por lo que su situación no es grave, principalmente debido a que en su cuenca no hay ninguna zona urbana importante.

En el Canal Santa Rosa también se tomaron dos muestras, correspondientes a los puntos #3 y #12. Como se puede observar en los resultados obtenidos, el canal no presenta contaminación en la parte alta y media de su recorrido, mientras que cerca del final se obtienen valores muy bajos de contaminación.

Pasando al R. Limoncito, en este se tomaron 5 muestras a lo largo de su cauce (#2, #4, #7, #8 y #10). Como se puede observar en el Cuadro 5.4.1.1-5, en su parte alta el río no presenta contaminación, mientras que posterior a su unión con la Q. Sin Nombre (Chinita) (#10) muestra una condición de contaminación incipiente. Estas condiciones se dan en la zona rural de la cuenca.

Por otra parte, tal y como se describió anteriormente, los puntos #7 y #8 se ubican en la zona urbana de la cuenca, lo que aumenta el grado de contaminación en el río. Esto se

debe principalmente a descargas de aguas residuales domésticas y desechos sólidos en el cauce.

En general, se puede concluir que los cauces presentan grados de contaminación muy bajos o inexistentes en los tramos donde recorren las zonas rurales y boscosas de las respectivas cuencas, por lo que sus desvíos de caudal en las partes altas no debería suponer un cambio en el grado de contaminación de otros cuerpos de agua, tales como el humedal del RNVSM Limoncito o en las salidas al mar.

Sin embargo, en las zonas urbanas se nota un fuerte efecto antrópico en la calidad de los cuerpos de agua, por las razones descritas anteriormente. Para que el proyecto pueda disminuir el grado de contaminación severo que se presenta en la zona, se debe asegurar un caudal igual o mayor al actual, con el mejoramiento de las pendientes respectivo, para que el agua pueda fluir hacia las desembocaduras sin problema.

Paralelo a esto, es recomendable llevar a cabo el proyecto de alcantarillado sanitario en la zona, para eliminar las descargas de aguas residuales domésticas que actualmente afectan esos cauces.

5.4.1.1.5 Agroquímicos presentes en el agua

Como se puede observar en la sección de Uso del suelo, el afluente del canal Santa Rosa presenta zonas donde la producción agrícola, específicamente las plantaciones de banano, tienen una cobertura significativa.

Con el fin de caracterizar la presencia de plaguicidas disueltos en el agua, se realizaron muestreos en los cauces, analizando los tipos de compuestos químicos que se podrían presentar de acuerdo al tipo de plantaciones que se presentan en la zona. Las muestras fueron tomadas los día jueves 2 y viernes 3 de mayo, realizando posteriormente el análisis químico de los mismos en el Laboratorio de Análisis de Residuos de Plaguicidas del Centro de Investigación en Contaminación Ambiental (CICA).

Como puntos de medición se escogieron estratégicamente donde la presencia de plantaciones en sus cercanías podrían provocar, por escorrentía directa o subterránea, la presencia de plaguicidas disueltos en el agua. Por tal motivo, se seleccionaron los puntos indicados en el Mapa 5.4.1.1-1 con los números 2, 3 y 12 a partir de la distribución de uso de suelo determinada en la cuenca.

Los resultados obtenidos indican la presencia o ausencia de plaguicidas en el momento de la medición. Esto implica que, el hecho de que en los resultados no se presente un plaguicida específico, no implica que no se llegue a presentar en algún momento en el tiempo, en tanto que la detección de alguno no indica que se mantenga a lo largo de todo el año. La presencia de los mismos depende de los periodos de aplicación en los cultivos a lo largo del año y de la incidencia de lluvias que provoquen el escurrimiento de los químicos presentes en las plantas y en el suelo.

Se realizaron análisis por cuatro métodos distintos:

- Análisis de Residuos de Plaguicidas por extracción líquido-líquido con diclorometano y determinación por Cromatografía de Gases
- Análisis de Plaguicidas Ácidos y Neutros en agua por extracción en fase sólida con cartuchos de carbón activado y determinación por Cromatografía Liquida de Alta Resolución
- Análisis de Residuos de Carbamatos en agua por extracción líquido-líquido con diclorometano y determinación por Cromatografía Liquida de Alta Resolución
- Análisis de Residuos de Plaguicidas por extracción líquido-líquido y determinación por cromatografía líquida de alta resolución acoplada a espectrometría de masas.

Estos análisis permitieron determinar la incidencia de diversos tipos de plaguicidas, definiendo en cada tipo de análisis la presencia o no de plaguicidas pertenecientes a familias químicas. De los resultados obtenidos, donde se analizó para la presencia de más de 100 químicos diferentes, se detectó la presencia solamente de Ametrina (muestra N°3), Azoxistrobin y Diuron (ambos en la muestra N°12), todos químicos utilizados en plantaciones de banano, el cual es el principal producto agrícola de la zona.

En la muestra N°2, ubicada en la parte alta del río Limoncito, no se reveló la presencia de ninguno de los posibles agroquímicos detectables por los métodos aplicados.

Con el fin de conocer con mayor claridad la importancia de la existencia de estos químicos en el agua del cauce del río, se caracteriza a continuación la información técnica relevante de cada uno de los químicos detectados en las muestras.

Características generales del Ametrina

Detectado en el punto de muestreo N°3, en el canal Santa Rosa, a la altura de la futura salida del canal de trasvase-Limoncito, indicado en el mapa 5.4.1.1-1.
Concentración detectada: 0,0847±0,0042 µg/L

Información técnica

- Nº CAS: 834-12-8.
- Ingrediente activo: ametrina.
- Nombre común (ISO-I): ametryn.
- Grupo químico (familia): triazina.
- Nombres comerciales: Agromart, Ametrex, Ametrina, Ametrol, Ametrol Fácil, Ametryn, Amigan, Amezol, Bioquim Herbastop, Crisantrine, Cristal, Gesapax, Maitrina, Marmatrina, Novatrina, Shevametrex, Sugarpax, Uranus.
- Formulación: suspensión concentrada, granulado dispersable en agua, polvo mojable.
- Fórmula química: $C_9H_{17}N_5S$.
- Acción biocida: herbicida.
- Usos: control pre- o post-emergente temprano de gramíneas y malezas de hoja ancha en banano, cacao, café, caña de azúcar, cítricos, maíz, palma de aceite y piña.

Comportamiento ambiental

- Solubilidad en agua: moderada.
- Persistencia en el suelo: alta a no persistente.

- Movilidad en el suelo: mediana.
- Persistencia en agua sedimento: n.d.
- Volatibilidad: no volátil.
- Bioacumulación: ligera.
- Límites máximos de residuos en agua superficial: MTR 0,01 µg/L (Holanda).
- Observaciones: se pierde en el suelo principalmente por degradación microbiana. Se ha encontrado en aguas subterráneas. Por su solubilidad en agua (moderada) y persistencia se mueve vertical y lateralmente en el suelo y puede lixiviar.

Toxicidad al consumo

- Acción tóxica y síntomas en humanos: síndrome tóxico por triazinas. Toxicidad tópica: capacidad irritativa: ocular positiva (leve); dérmica positiva (moderada); capacidad alergénica: negativa.
- Toxicidad crónica y a largo plazo: neurotoxicidad: n.d.; teratogenicidad: no es clara; mutagenicidad: negativa; carcinogenicidad: nd (IARC); no clasificable, datos inadecuados (EPA); disrupción endocrina: nd; otros efectos reproductivos: nd; genotoxicidad: n.d.; Parkinson: n.d.; otros efectos crónicos: hepatotóxico. Frases de riesgo UE: R22: Nocivo por ingestión.
- Límites de exposición: ADI: 0,015 mg/kg.
- Toxicidad aguda. DL50/CL50 oral (ratas):1160 mg/kg; inhalación (ratas): 5,17 mg/L; dérmico (ratas): >3100 mg/kg; dérmico (conejos): >2020 mg/kg.
- Toxicidad aguda: peces: alta, CL50 (96h) trucha arco iris 5 mg/L; crustáceos: mediana, CE50 (96h) dáfnidos 28 mg/L; anfibios: alta; aves: ligera; insectos (abejas): ligera; lombrices de tierra: mediana; algas: extrema, CE50 (72h) *Raphidocelis subcapitata* 0,0036 mg/L; plantas: helecho acuático: extrema.

Ecotoxicología

- Observaciones: R50: Muy tóxico para organismos acuáticos. R53: Puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático.
- Efectos ambientales en Costa Rica: Se ha encontrado en muestras de agua superficial, luego de eventos de mortalidad de fauna acuática en la región Caribe del país. Fue detectado (2005-2007) en el pelo de perezosos de una población que habita cerca de cultivos de banano y piña del Caribe.

Se clasifica con toxicidad Categoría III por ingestión oral y dérmica, Categoría IV por inhalación tóxica. La ametrina no irrita los ojos (Categoría III) ni la piel (Categoría IV).

Las categorías en que se clasifican son:
Categoría I = altamente tóxico
Categoría II = moderadamente tóxico
Categoría III = ligeramente tóxico
Categoría IV = prácticamente no tóxico

Las personas pueden exponerse a residuos de Ametrina por medio de su dieta. La tolerancia establecida o el límite máximo de residuos para campos de maíz, piña y caña de azúcar se pueden observar en el Cuadro 5.4.1.1-8, donde se indica la dosis de ametrina permitida por habitante de acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG) y por la Agencia de Protección Ambiental de los Estado Unidos (EPA):

Cuadro 5.4.1.1-8 Comparación de límites máximos de residuos de plaguicidas nacionales y estadounidenses en partes por millón en el cultivo (Ametrina).

Cultivo	LMR en CR (p.p.m.)	LMR en USA (p.p.m.)
Banano	0,25	0,25
Caña de azúcar	0,25	0,05
Maíz	0,25	0,05
Piña	0,25	0,05

Fuente: MAG y EPA, 2013.

Dependiendo de la región o país, se establecen límites máximos aceptables para el consumo humano, como se observa en el Cuadro 5.4.1.1-9, de donde se deduce que el valor registrado en la muestra se encuentra por debajo de los valores límites para el consumo humano, tanto para la legislación de la Unión Europea (siendo esta la más estricta) como para otras regiones del mundo donde se encuentra normada su presencia en el agua (en este caso se toma la legislación española y la australiana como referencia).

Cuadro 5.4.1.1-9 Comparación de los resultados del análisis y los límites de consumo de agua internacionales (Ametrina).

Resultado del análisis (µg/L)	Límites de consumo humano		
	Unión Europea (µg/L)	España (µg/L)	Australia GV (µg/L)
0,0847±0,0042	0,1	63	5

Fuente: IUPAC, 2013.

No se cuenta con límites establecidos en la legislación nacional para la cantidad de pesticida en los cuerpos de agua. De manera comparativa se cuenta con el valor límite establecido en Holanda (0,01 µg/L) el cual es inferior al valor obtenido en la medición. Cabe destacar que la concentración máxima permisible en Holanda es un índice utilizado con el fin de proteger el 95% de las especies de un ecosistema, basándose en las propiedades intrínsecas de las sustancias y en los posibles efectos de ésta en los organismos expuestos, por lo que se puede asociar al peligro inminente de la misma.

Por tanto, pese a que en comparación con los límites para el consumo humano el resultado refleja que es aceptable, no lo es así para la totalidad de las especies posibles que se podrían encontrar en el ecosistema del río y su entorno.

Características generales del Azoxistrobin

Detectado en el punto de muestreo N°12, en Westfalia, junto al puente en la ruta nacional N° 36, 350 metros antes del hotel El Pizote, indicado en el mapa 5.4.1.1-1.
Concentración detectada: 0,274±0,037 µg/L

Información técnica

- Nº CAS: 131860-33-8.
- Ingrediente activo: azoxistrobina.
- Nombre común (ISO-I): azoxystrobin.
- Grupo químico (familia): estrobilurina.

- Nombres comerciales: Amistar, Azoxistrobina, Azoxystrobin, Bankit, Priori.
- Fórmula química: $C_{22}H_{17}N_3O_5$.
- Acción biocida: fungicida.
- Usos: control de enfermedades fungosas en muchos cultivos como arroz, café, cebolla, chile, cítricos, frijol, melón, ornamentales, repollo, tomate, papa, pepino, sandía, arveja china, zanahoria, apio y semilleros de tabaco.

Comportamiento ambiental

- Solubilidad en agua: baja.
- Persistencia en el suelo: extrema a ligera.
- Movilidad en el suelo: mediana.
- Persistencia en agua sedimento: más persistente.
- Volatibilidad: no volátil.
- Bioacumulación: ligera.
- Límites máximos de residuos en agua superficial: MTR 0,056 µg/L (Holanda).
- Observaciones: el compuesto tiene un potencial intermedio de lixiviación, es estable a la hidrólisis y es muy susceptible a la fotólisis. No hay datos del comportamiento ambiental de su metabolito, el ácido (E)-2-(2-[6-cianofenoxi)-pirimidin-4-iloxil]-fenil-3-metoxiacrilico. Se encuentra entre los 10 fungicidas problema que superan la norma ecotoxicológica para agua (MTR) en Holanda (2005-2008).

Toxicidad al consumo

- Clasificación: No peligro agudo (OMS). Acción tóxica y síntomas: información limitada sobre los efectos en la salud humana. Produce irritación de la piel y posible sensibilización. Toxicidad tópica: capacidad irritativa: ocular positiva (leve); dérmica positiva (leve); capacidad alergénica: negativa.
- Toxicidad crónica y a largo plazo: neurotoxicidad: negativa; teratogenicidad: negativa; mutagenicidad: positiva (leve); carcinogenicidad: n.d. (IARC); probablemente no carcinógeno (EPA); disrupción endocrina: n.d.; otros efectos reproductivos: nd; genotoxicidad: n.d.; Parkinson: n.d.; otros efectos crónicos: n.d. Frases de riesgo UE: R23: Tóxico por inhalación.
- Límites de exposición: ADI: 0,1 mg/kg; TLV-TWA: n.d.; BLV: n.d.
- Toxicidad aguda. DL50/CL50 oral (ratas): >5000 mg/kg; inhalación (ratas): 0,96 mg/L(M), 0,69 mg/L(H); dérmico (ratas) >2000 mg/kg;
- Toxicidad aguda: peces: extrema, CL50 (96h) trucha arco iris 0,47 mg/L; crustáceos: extrema, CE50 (48h) dáfnidos 0,080 mg/L; anfibios: n.d.; aves: ligera; insectos abejas): mediana a ligera; lombrices de tierra: mediana; algas: alta, CE50 (120h) *Selenastrum capricornutum* 0,12 mg/L; plantas: helecho acuático: alta.

Ecotoxicología

- Observaciones: R50: Muy tóxico para organismos acuáticos. R53: Puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático.

Límites permitidos

Según el MAG, los residuos permitidos de plaguicidas en los cultivos de banano son de 2 partes por millón. No existen indicaciones sobre los límites para su presencia en cuerpos de agua en el país, sin embargo, el límite establecido por la legislación holandesa indica un máximo de 0,056 µg/L, el cual es inferior al valor obtenido en la muestra, de 0,274

µg/L, por lo cual, como en el caso de la ametrina, se está por encima del límite que protegería al 95% de los organismos del sistema.

Para el consumo humano de agua con presencia de cualquier pesticida (en este caso azoxistrobin), pese a que normativa nacional no hay un valor especificado, el límite establecido por la Unión Europea corresponde a 0,1 µg/L (IUPAC, 2013), en tanto que los resultados de la muestra indican que se tiene un total de 0,274 ± 0,037 µg/L, lo cual excede lo permitido para los países europeos, por lo que para su consumo se le debería de dar un tratamiento apropiado que disminuya la concentración.

Características generales del Diuron

Detectado en el punto de muestreo N°12, en Westfalia, junto al puente en la ruta nacional N° 36, 350 metros antes del hotel El Pizote, indicado en el mapa 5.4.1.1-1.
Resultados: 0,846±0,045 µg/L

Características generales:

- Nº CAS: 330-54-1.
- Ingrediente activo: diuron.
- Nombre común (ISO-I): diuron.
- Grupo químico (familia): urea, clorado.
- Nombres comerciales: Atrex, Batazo, Bioron, Crisapon, Direx, Diumar, Diurex, Diurolaq, Diuron, Drexel, Dorac, Duirolaq, Hierbatox, Karmex, Killuron, Kovar, K-Suron, Novaron, Sanduron, Senduron.
- Fórmula: $C_9H_{10}Cl_2N_2O$.
- Acción biocida: herbicida.
- Usos: control pre y postemergente temprano selectivo de malezas de hoja ancha y gramíneas en algodón, banano, caña de azúcar, maíz, sorgo, piña, cítricos y áreas no cultivadas.

Comportamiento ambiental

- Solubilidad en agua: baja.
- Persistencia en el suelo: extrema a mediana.
- Movilidad en el suelo: mediana a ligera.
- Persistencia en agua sedimento: no es clara.
- Volatibilidad: no volátil.
- Bioacumulación: ligera.
- Límites máximos de residuos en agua superficial: MTR 0,43 µg/L (Holanda).
- Observaciones: tiene potencial para contaminar las aguas subterráneas. Se encuentra entre los 10 herbicidas problema que superan la norma para agua potable en Holanda (2003-2004)
- Duración de su actividad en el suelo de 4-8 meses, dependiendo del tipo de suelo y la humedad. Ha sido detectado en aguas subterráneas de los Estados Unidos a una concentración de 2-3 µg/L.

Toxicidad al consumo

- Toxicidad crónica y a largo plazo: neurotoxicidad: n.d.; teratogenicidad: positiva (anormalidades esqueléticas); mutagenicidad: no es clara; carcinogenicidad: n.d. (IARC); conocido/probable (EPA); disrupción endocrina: categoría 2; otros efectos

reproductivos: n.d.; genotoxicidad: n.d.; Parkinson: n.d.; otros efectos crónicos metahemoglobinemia.

- Límites de exposición: ADI: 0,007 mg/kg; TLV-TWA: 10 mg/m^3; BLV: 1,5% de matahemoglobina en hemoglobina total.
- Toxicidad aguda. DL50/CL50 oral (ratas): >3000 mg/kg; inhalación (ratas): >5 mg/L; dérmico (conejos): >20000 mg/kg. Clasificación: No peligro agudo (OMS); III. Ligeramente tóxico (EPA).Acción tóxica y síntomas: síndrome tóxico por derivados de la urea. Toxicidad tópica: capacidad irritativa: ocular positiva (leve); dérmica positiva (leve); capacidad alergénica: positiva (leve).
- Toxicidad aguda: peces: alta, CL50 (96h) trucha arco iris 4,3 mg/L; crustáceos: alta a mediana, CE50 (48h) dáfnidos 1,4 mg/L; aves: mediana a ligera; insectos (abejas): ligera; lombrices de tierra: mediana; algas: extrema, CE50 (72h) *Scenedesmus quadricauda* 0,0027 mg/L; plantas: helecho acuático: extrema.

Ecotoxicología

- Observaciones: R50: Muy tóxico para organismos acuáticos. R53: Puede causar efectos adversos a largo plazo en el ambiente acuático. NOEC crustáceos: 56 µ/L. Medianamente tóxico para anfibios.
- Frases de riesgo para la Unión Europea (UE): R22: Nocivo por ingestión. R40: Posibles efectos carcinógenos. R48/22: Nocivo, riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
- Efectos ambientales en Costa Rica: determinado en aguas superficiales de la cuenca del Río Sixaola (2006) y en muestras de agua superficial cerca de cultivo de piña del Caribe (2007). Detectado en muestras de agua superficial y de organismos acuáticos luego de eventos de mortalidad de fauna acuática en la región Caribe del país.

Cuadro 5.4.1.1-10 Comparación de límites máximos de residuos de plaguicidas nacionales y estadounidenses en partes por millón en el cultivo (Diurón)

Cultivo	LMR en CR (p.p.m.)	LMR en USA (p.p.m.)
Banano	0.1	0,1
Caña de azúcar	1	0,2
Maíz	2	0,1
Piña	1	0,1

Fuente: MAG y EPA, 2013.

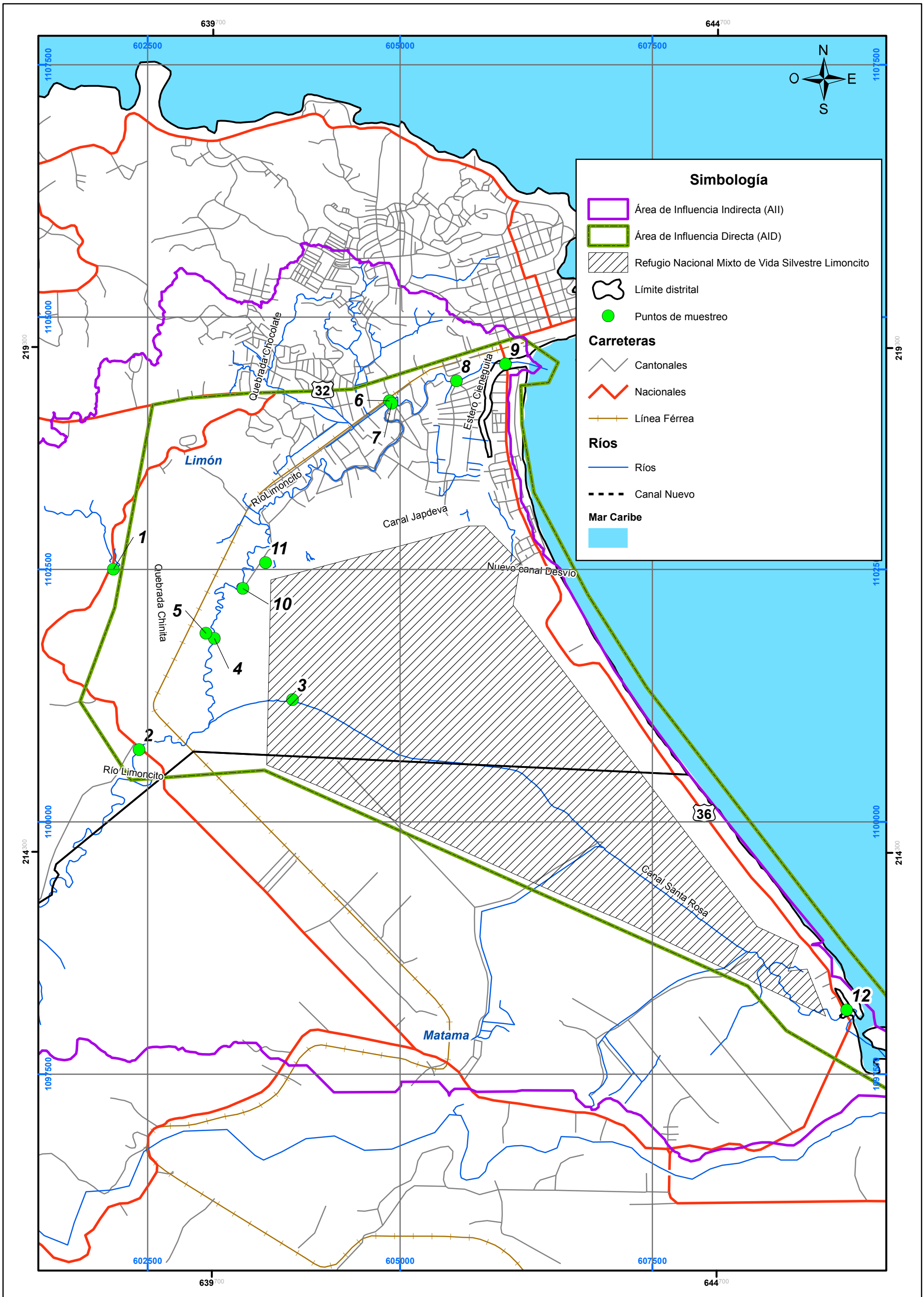
Cuadro 5.4.1.1-11 Comparación de los resultados del análisis y los límites de consumo de agua internacionales (Diurón)

Resultado del análisis (µg/L)				Límites de consumo humano		
	Unión Europea (µg/L)	España (µg/L)	Australia HV (µg/L)	USA (µg/L)	Nueva Zelanda (µg/L)	Canadá (µg/L)
0,846±0,045	0,1	14	30	10	20	150

Fuente: IUPAC, 2013.

La concentración presente en la muestra (0,846 µg/L) está por encima de los 0,43 µg/L establecidos en Holanda como tope de residuos en el agua superficial, siendo cerca del doble de lo permitido, siendo un riesgo potencial para la vida del ecosistema.

Para los valores de consumo humano, la norma más estricta es la regulada por la Unión Europea, siendo esta la única sobrepasada por el resultado de laboratorio de la muestra. Para las restantes normas de distintos países, el límite es mucho menos severo, por lo que el resultado está dentro de lo permitido. Al igual que con los otros plaguicidas, no existe un valor máximo permisible indicado en la normativa nacional.



Mapa 5.4.1.1-1. Puntos de muestreo para la calidad del agua de los ríos

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	0 0,25 0,5 1 1,5 2 Km Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala: 1:35.000	Fuente: Mapas 1:50 000 IGN, SINAC Trabajo de campo ProDUS-UCR	ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

5.4.1.2 Evaluación Hidrológica de la cuenca del río Limoncito para el Manejo de Inundaciones

El estudio hidrológico para el proyecto Limón Ciudad – Puerto se revisó, a solicitud del Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, en virtud de que se incorporaron, al área total de drenaje, dos interfluvios, en la parte baja, independientes del área de drenaje de la quebrada sin nombre y que no fueron consideradas en el estudio anterior.

Los interfluvios mencionados no se incorporaron en el estudio anterior, debido a que el área de drenaje de la cuenca del río Limoncito se delimitó hasta Santa Rosa y la de la quebrada sin nombre hasta la desembocadura con el río Limoncito.

La figura 5.4.1.3-3 muestra la ubicación geográfica y las sub áreas de drenaje de la cuenca del río Limoncito, utilizadas en la actualización del estudio hidrológico.
La revisión del estudio hidrológico se llevó a cabo sobre los hidrogramas esperados de creciente para el río Limoncito, la quebrada sin nombre, la quebrada Chocolate y los dos interfluvios. Las características físicas de las cuencas del río Limoncito, la quebrada sin nombre y la quebrada Chocolate no presentan cambios importantes. Los volúmenes estimados de máxima precipitación diaria son los mismos que se utilizaron en el estudios anterior y los hidrogramas unitarios obtenidos de los registros de crecientes de la cuenca del río Blanco tampoco se modificaron, debido a que la estación fluviográfica 81-0503, Río Blanco fue cerrada en a finales de la década de 1990.

Debido a la modificación de la distribución de las áreas de drenaje que se analizaron para determinar los hidrogramas en la red fluvial del río Limoncito, se revisaron las características físicas de las cuencas del río Limoncito, la quebrada sin nombre y la quebrada Chocolate. Aparte de los valores del área, los demás parámetros de la caracterización física no tuvieron variaciones importantes. Todos los valores de los parámetros físicos se mantuvieron dentro de la banda de confianza establecida del 5%.

Las condiciones actuales del uso de la tierra en la parte alta de la cuenca del río Limoncito, y en las áreas de drenaje de las cuencas de la quebrada sin nombre y de la quebrada Chocolate son similares a las que se tenían en el año 2006, cuando se presentó el primer informe hidrológico de la cuenca del río Limoncito para el proyecto Limón Ciudad – Puerto. Sin embargo, con base en las imágenes satelitales de Google Earth del año 2013. Con base en el uso actual de la tierra identificado en las imágenes satelitales, se definieron los coeficientes de escorrentía para cada una de las áreas de drenaje. Para la cuenca del río Limoncito, definida hasta Santa Rosa, se definió un rango para el coeficiente de escorrentía que oscila entre 0,40 y 0,50, para la cuenca de la quebrada Chocolate y los interfluvios, el rango del coeficiente de escorrentía oscila entre 0,43 y 0,55 y para la quebrada Chocolate el rango del coeficiente de escorrentía oscila entre 0,70 y 0,80.
Con base en el uso actual de la tierra, los hidrogramas unitarios sintéticos derivados para cada una de las áreas de drenaje y las características físicas de cada cuenca, se generaron los parámetros de tiempo de desfase y coeficiente de pico, necesarios para aplicar el método de del hidrograma unitario sintético de Snyder.
Los hidrogramas de la creciente para los diferentes períodos de retorno analizados se generaron utilizando el modelo del hidrograma sintético de Snyder. De acuerdo con la

metodología desarrollada por Snyder la principal característica que define al hidrograma unitario sintético es el tiempo de respuesta o tiempo de desfase de la cuenca. Este tiempo se define como el tiempo transcurrido entre el centroide de la precipitación efectiva y el tiempo correspondiente a la ordenada de máximo caudal.
La ecuación empírica desarrollada por Snyder para estimar el tiempo de desfase es la siguiente:

$$t_c = C_1 * C_t * (L * L_c)^{0,3}$$

En donde se tiene:

t_c: es el tiempo de respuesta o de desfase de la cuenca,
C_1: es una constante dimensional. Bajo el sistema métrico decimal C1 es igual a 1,
C_t: es un coeficiente que representa la pendiente y el almacenamiento de la cuenca, dependiendo de las características físicas, este coeficiente varía entre 0,30 en cuencas montañosas de relieve accidentado y red de drenaje densa, hasta 8 ó 10 para cuencas con tiempos de respuesta largos, de relieve plano y con una red de drenaje poco densa,
L: es la longitud del cauce principal, en km, desde el punto de salida de la cuenca, hasta la divisoria de aguas,
L_c: es la longitud en km, a lo largo del cauce principal, desde el punto de salida de la cuenca, hasta el punto del cauce más próximo al centroide de la cuenca.

El caudal máximo instantáneo del hidrograma unitario sintético está definido por la siguiente expresión:

$$Q_p = \frac{C_2 * C_p * A}{t_c}$$

En donde se tiene:

t_c: es el tiempo de respuesta o de desfase de la cuenca,
C_2: es una constante dimensional. Bajo el sistema métrico decimal C_2 es igual a 0,275, si la escorrentía y la precipitación se expresan en mm,
C_p: es un coeficiente por medio del cual se estima la relación entre el tiempo base y el tiempo de desfase,
A: es el área de la cuenca en km^2.

El modelo de pérdidas por intercepción, encharcamientos e infiltración que se utilizó para la determinación de la precipitación efectiva, fue el modelo del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales, anteriormente conocido como método del Servicio de Conservación de Suelos.

El modelo del Servicio de Conservación de los Recursos Naturales, antiguamente llamado Servicio de Conservación de Suelos (SCS), para la estimación de las pérdidas por infiltración, relaciona el valor acumulado de la precipitación efectiva con el valor acumulado de la precipitación utilizando un valor empírico llamado número de curva. El número de curva es función del uso de la tierra, del tipo de cobertura, el tipo de suelo, la

condición hidrológica del terreno y la condición antecedente de humedad. La relación desarrollada por el Servicio de Conservación de los Recursos Naturales de los Estados Unidos de América es la que se muestra a continuación:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

En donde se tiene:

P_e: precipitación efectiva acumulada
I_a : pérdida inicial por intercepción y encharcamiento
P: precipitación acumulada de la tormenta
S: valor potencial máximo de retención de humedad en el área de drenaje.

El valor potencial máximo de retención de humedad en el área de drenaje se calcula por medio de la siguiente relación:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

En donde se tiene:

S: valor potencial máximo de retención de humedad en el área de drenaje
CN: número de curva

De acuerdo con la ecuación para determinar el valor de S, si se utiliza un número de curva de 100, el valor potencial máximo de retención de humedad tomaría un valor de 0. Esta condición implica que el volumen total de precipitación es igual al volumen total de precipitación efectiva, lo que quiere decir que no hay capacidad de retención en la cuenca y por lo tanto, todo lo que precipita escurre. En el extremo opuesto, un número de curva 0, hace que el valor potencial máximo de retención de humedad sea infinito. Esta otra condición implica que no existe un volumen de escorrentía y por lo tanto, el volumen total de precipitación es retenido en la cuenca mediante procesos de intercepción, infiltración y encharcamiento. El volumen de escorrentía se puede calcular en general para cualquier área de drenaje, utilizando un número de curva que se encuentre entre 0 y 100.

La perdida inicial I_a, está definida por medio de la relación empírica:

$$I_a = 0{,}2 * S$$

En donde se tiene:

I_a: pérdida inicial por intercepción y encharcamiento
S: valor potencial máximo de retención de humedad en el área de drenaje.

Finalmente, se tiene entonces, que la ecuación para la estimación del volumen de precipitación efectiva se puede obtener mediante la relación:

$$P_e = \frac{(P - 0{,}2 * S)^2}{P + 0.8 * S}$$

En donde se tiene:
P_e: precipitación efectiva acumulada
P: precipitación acumulada de la tormenta
S: valor potencial máximo de retención de humedad en el área de drenaje.

Para aplicar esta metodología, se requiere conocer el volumen total de precipitación, el histograma de los incrementos de precipitación en el tiempo, el uso de la tierra en el área de drenaje, la condición hidrológica del terreno y la condición antecedente de humedad.

Los volúmenes totales de precipitación máxima diaria, para diferentes períodos de retorno, se estimaron a partir del registro de la estación meteorológica 81003, Limón. La distribución temporal de la precipitación se estimó a partir del registro de la estación meteorológica 77002, La Lola. Esta distribución se consideró representativa de los eventos extremos de precipitación por encontrarse en la zona de llanura cerca de la zona costera y en la misma región climática que las cuencas de los ríos Blanco y Limoncito.
Con base en la información generada a partir de las características físicas, las características climáticas de los eventos de precipitación, las características de uso de la tierra y los hidrogramas unitarios estimados para cada una de las áreas de drenaje, se aplicó el modelo del hidrograma Unitario sintético de Snyder utilizando el modelo hidrológico HEC-HMS. Los hidrogramas de creciente estimados para cada una de las áreas de drenaje, se muestran en los gráficos siguientes.

Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente de la quebrada Chocolate para un periodo de retorno de 10 años.

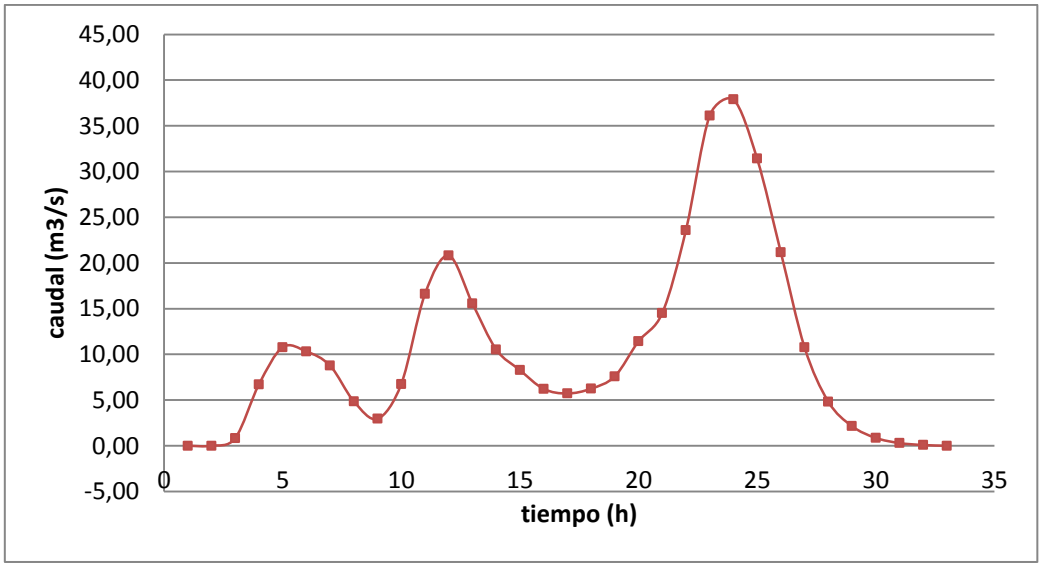


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente de la quebrada Chocolate para un periodo de retorno de 25 años.

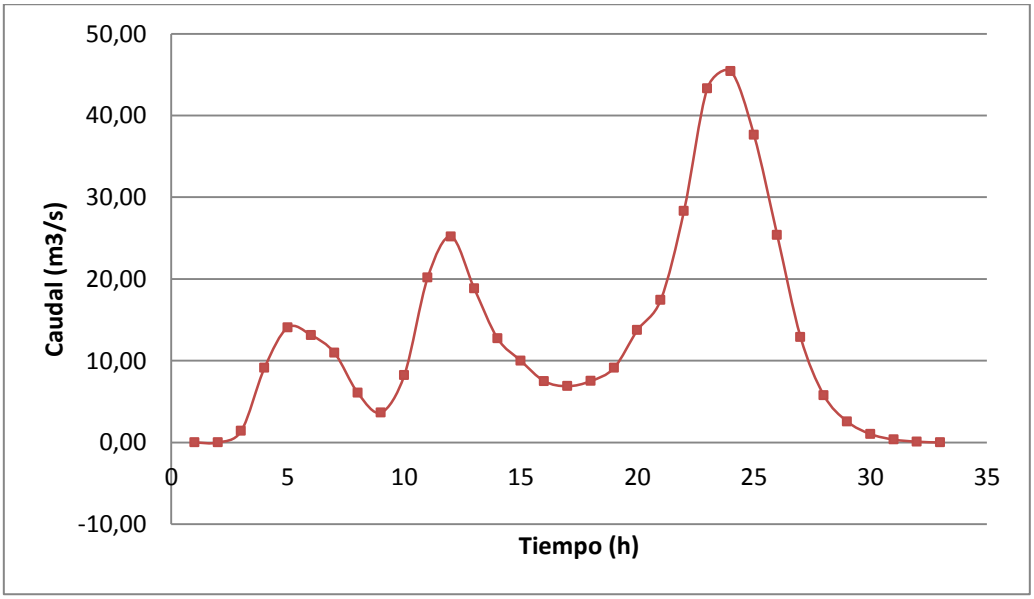


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente de la quebrada Chocolate para un periodo de retorno de 50 años.

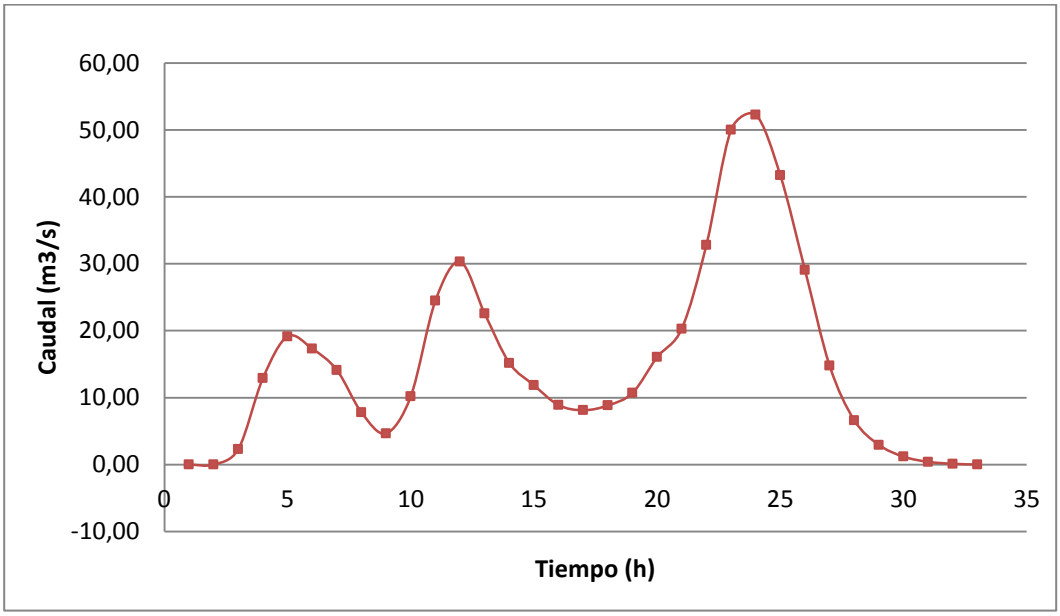


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente de la quebrada Sin Nombre para un periodo de retorno de 10 años.

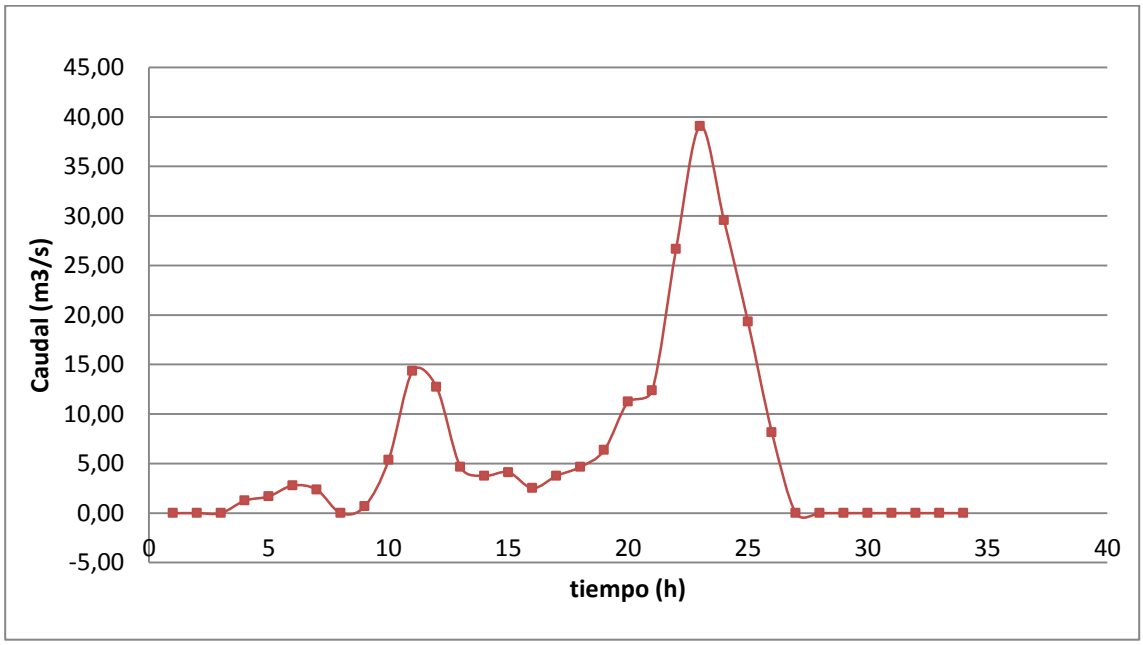


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente de la quebrada Sin Nombre para un periodo de retorno de 25 años.

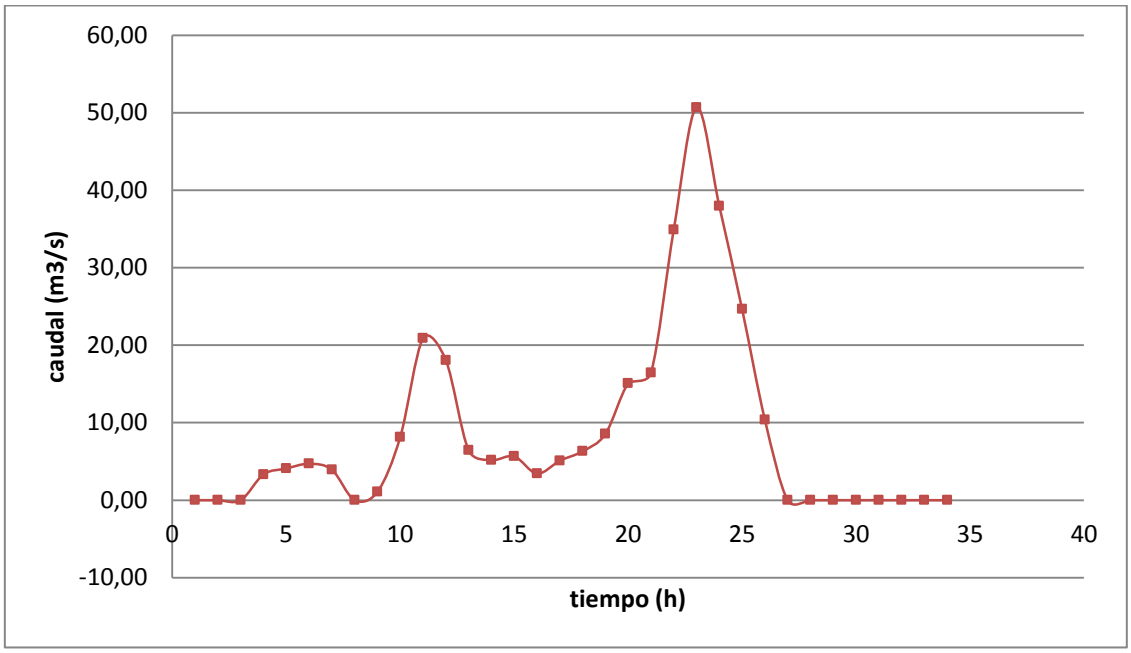


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente de la quebrada Sin Nombre para un periodo de retorno de 50 años.

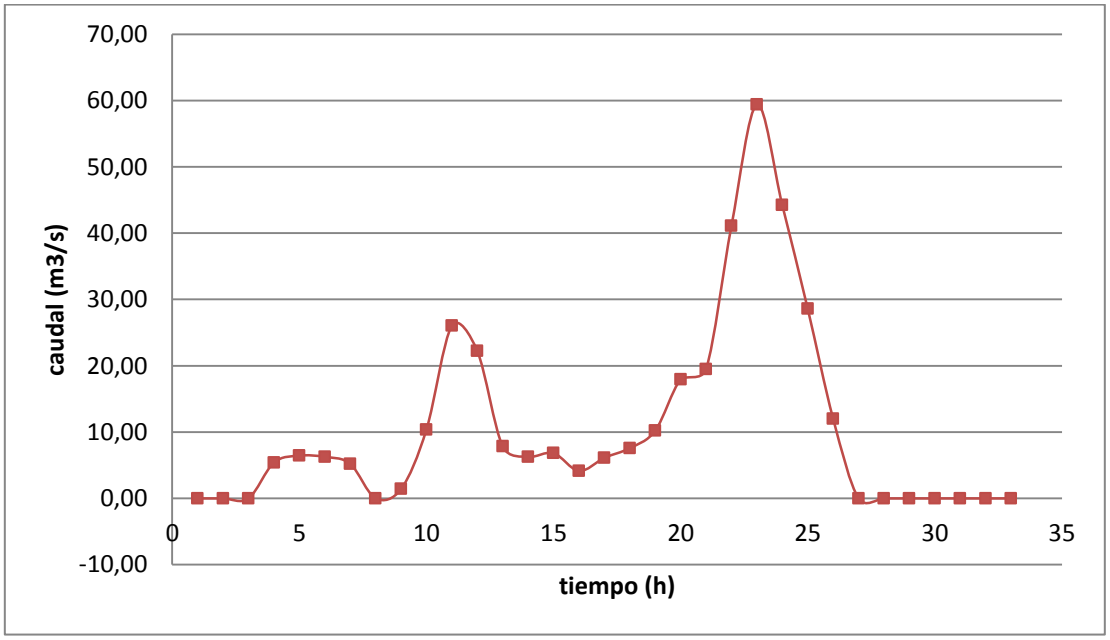


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente del río Limoncito para un periodo de retorno de 10 años.

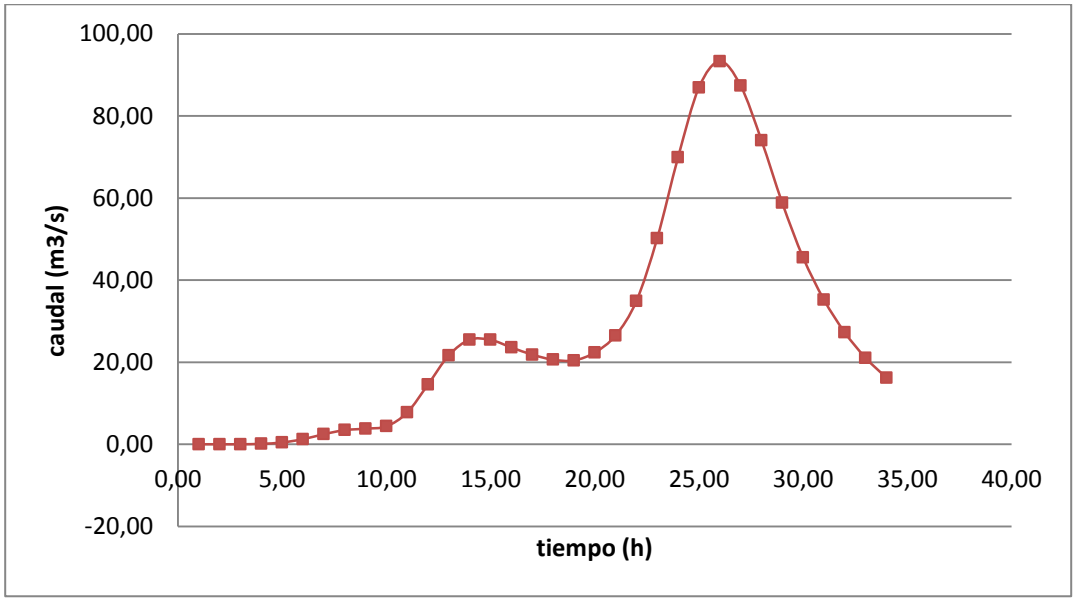


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente del río Limoncito para un periodo de retorno de 25 años.

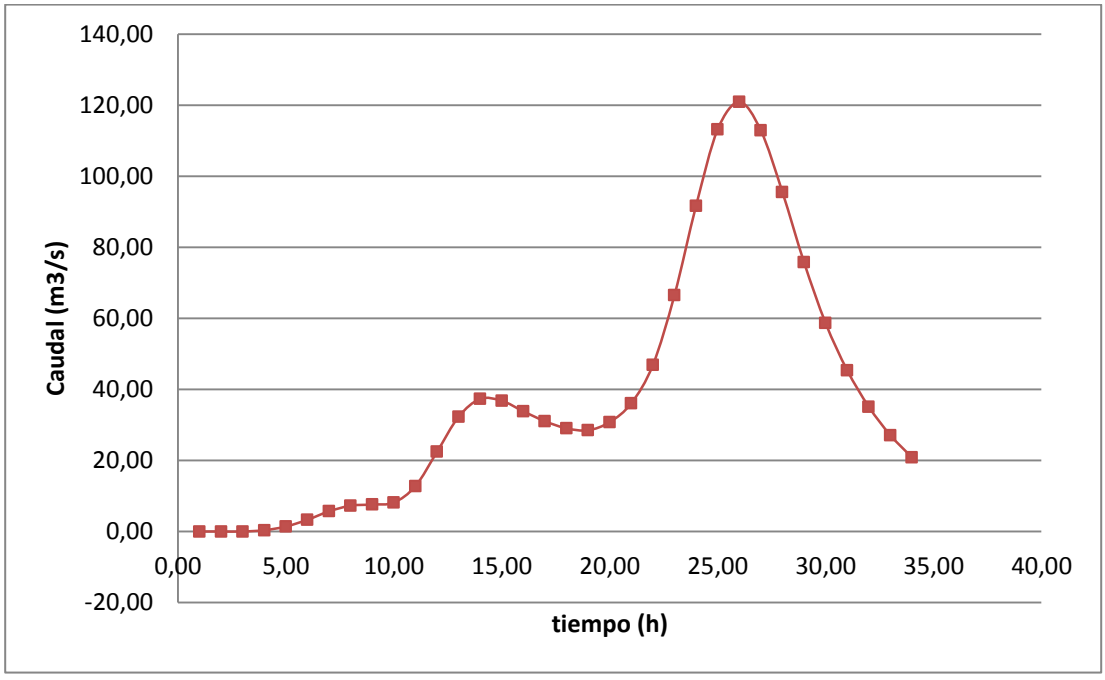


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente del río Limoncito para un periodo de retorno de 50 años.

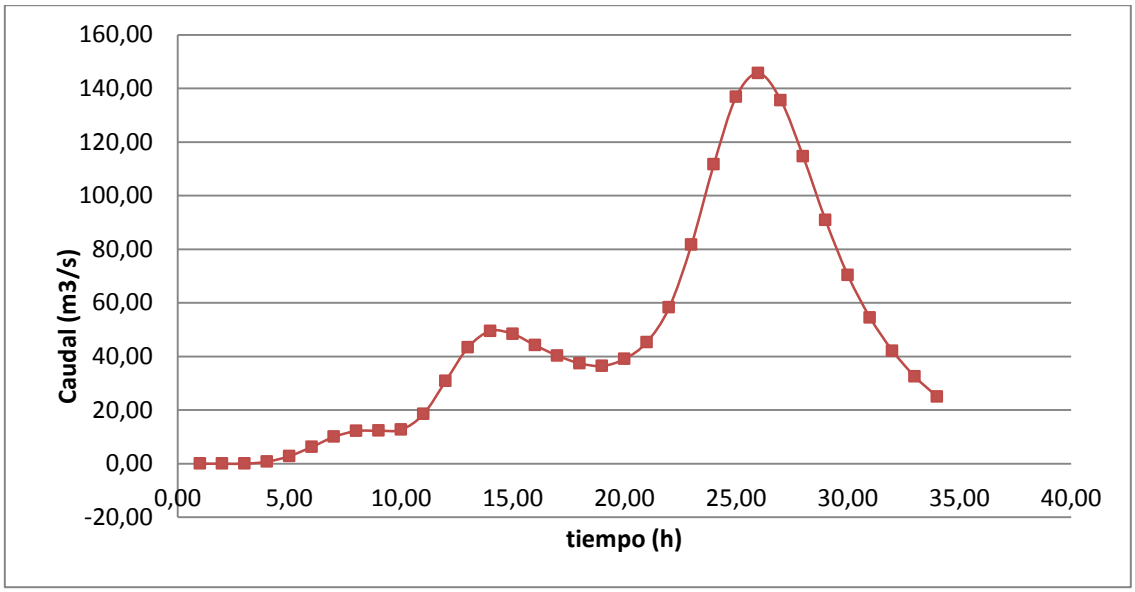


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente del área intermedia 1 para un periodo de retorno de 10 años.

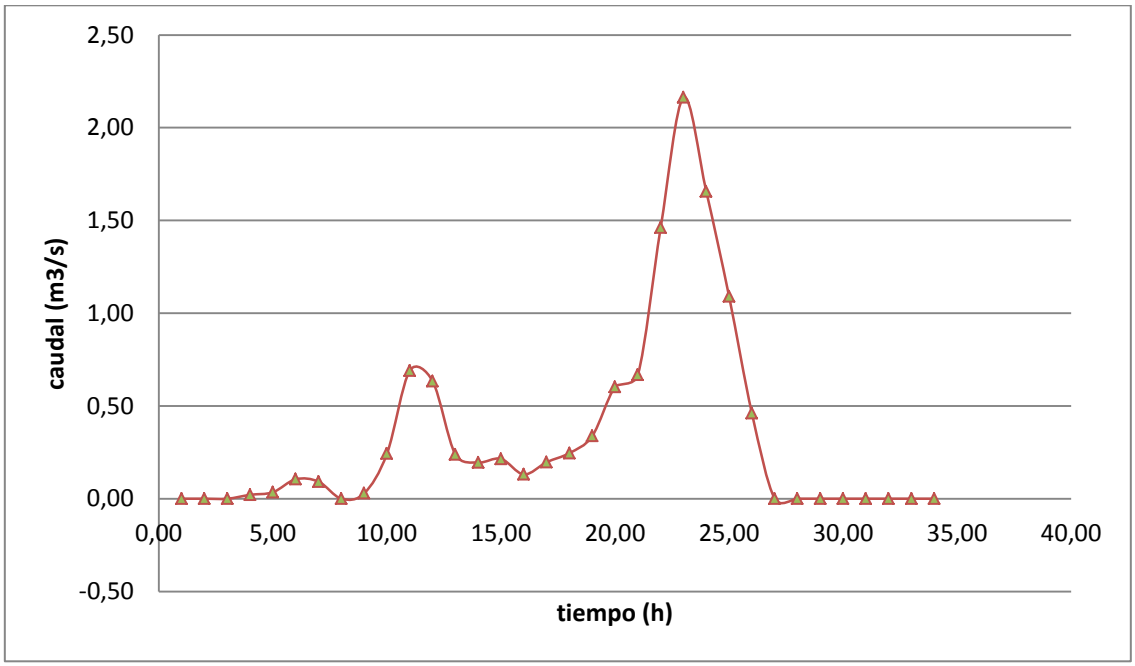


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente del área intermedia 1 para un periodo de retorno de 25 años.

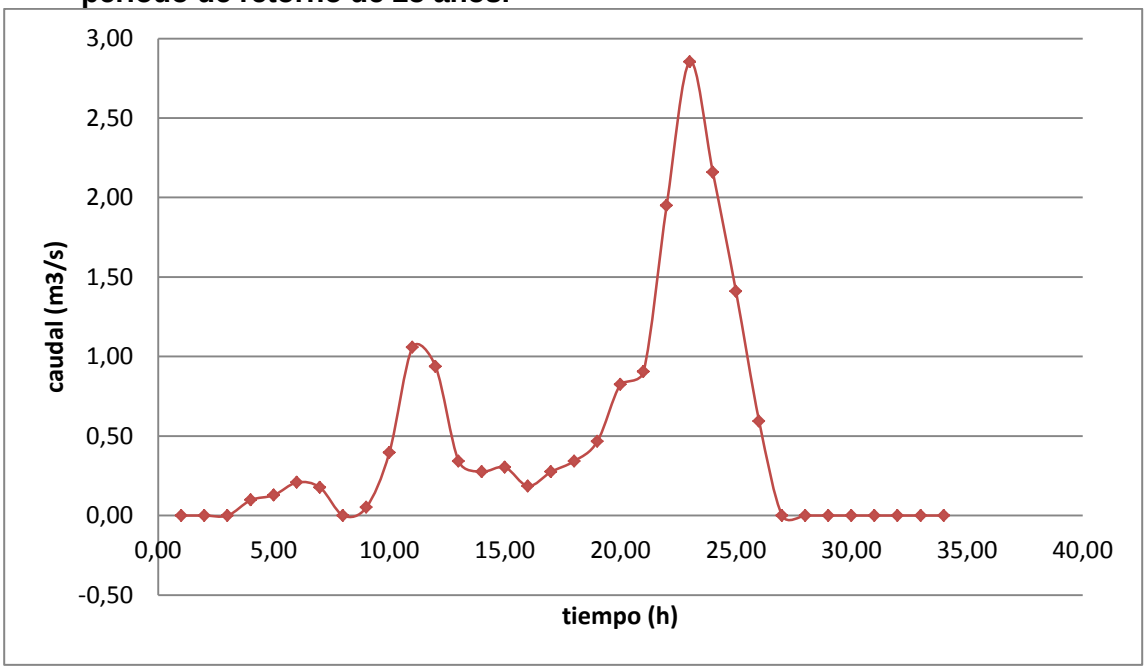


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente del área intermedia 1 para un periodo de retorno de 50 años.

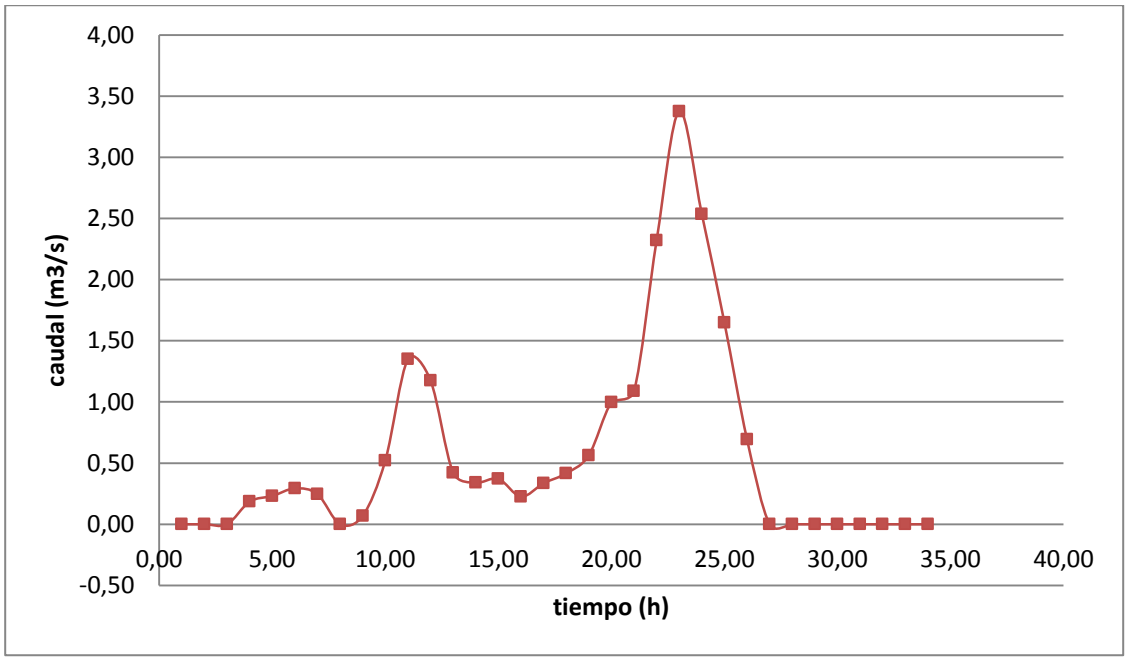


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente del área intermedia 2 para un periodo de retorno de 10 años.

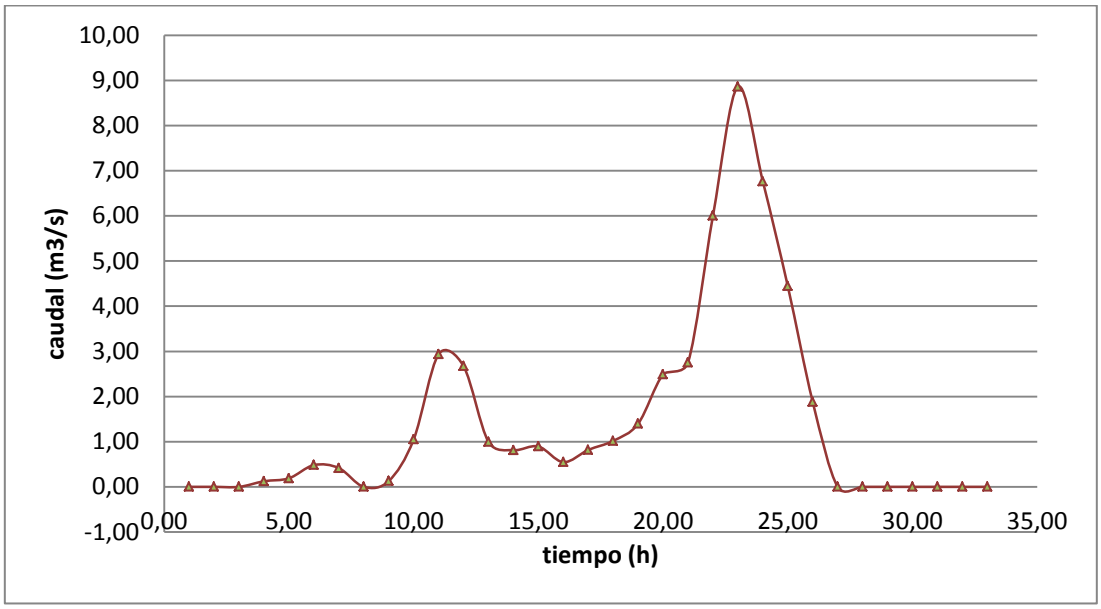


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente del área intermedia 2 para un periodo de retorno de 25 años.

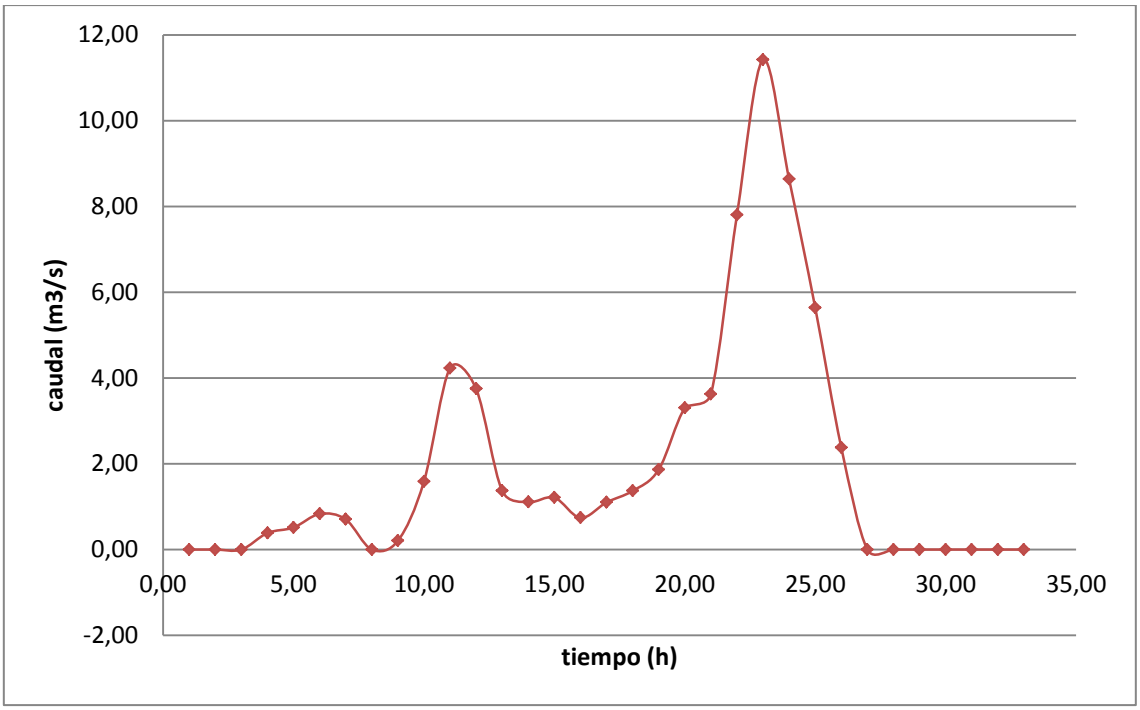
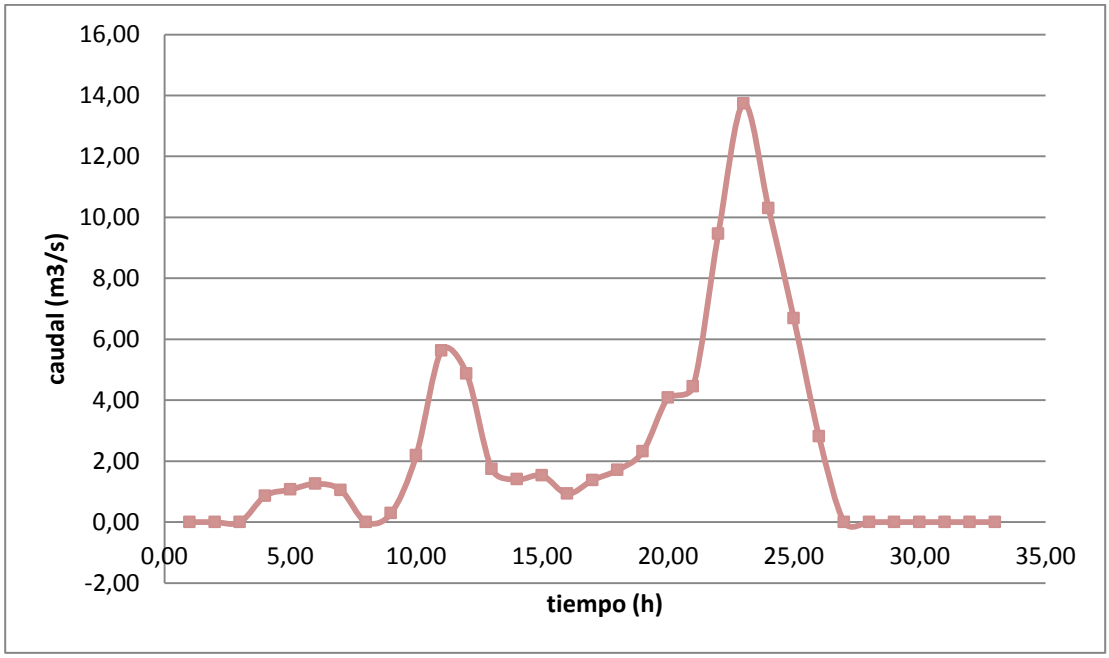
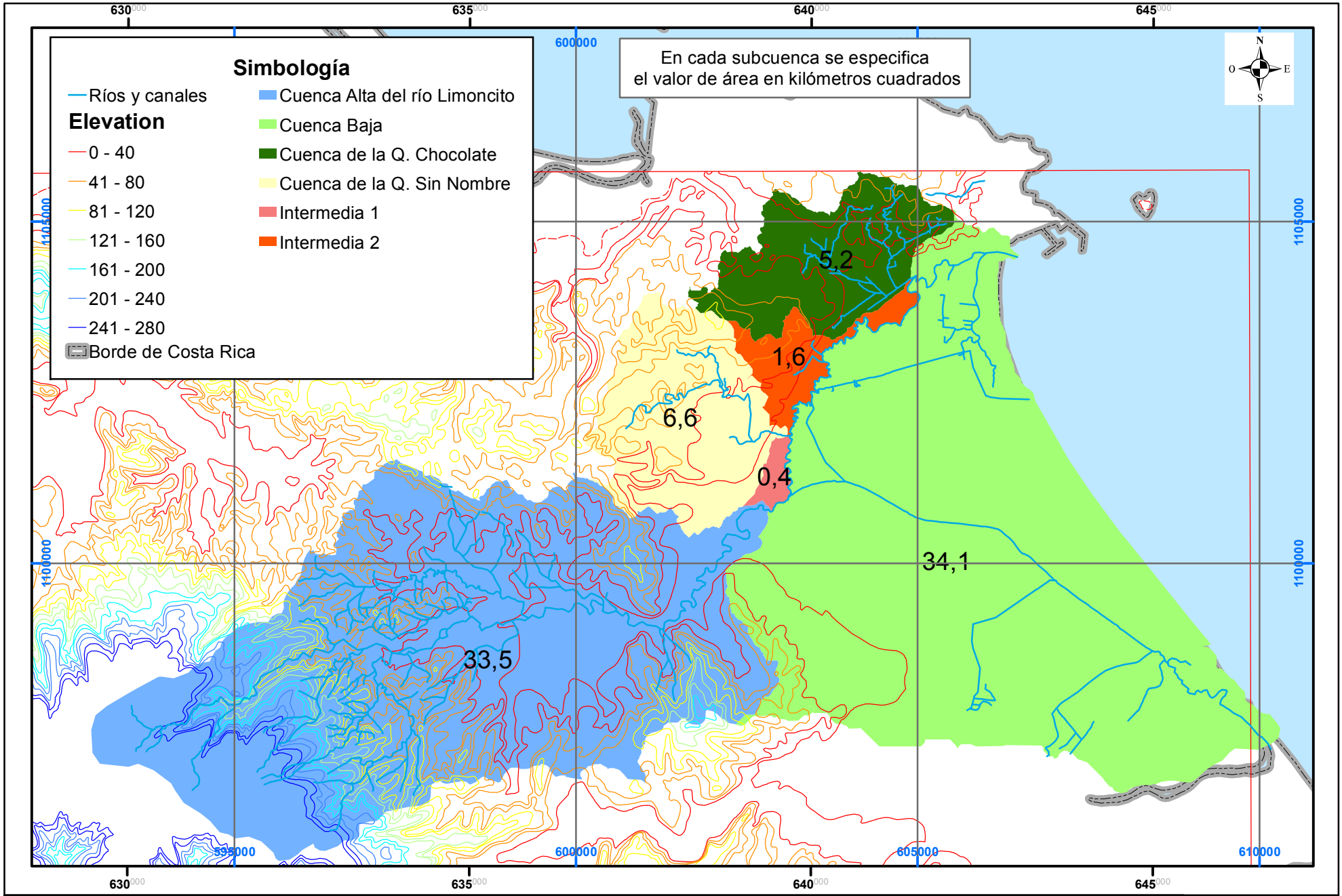


Gráfico 5.4.1.2.1 Hidrograma de creciente del área intermedia 1 para un periodo de retorno de 50 años.





Mapa 5.4.1.2.1. Subcuencas y áreas de drenaje

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:75.000 — 1 0,5 0 1 Kilómetros	Fuente: IGN; ProDUS, 2013.

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

5.4.1.3 Cotas de Inundación para Avenidas Regulares y Extremas

5.4.1.3.1 Introducción

Debido a las fuertes precipitaciones asociadas a distintos periodos de retorno se inundan zonas cercanas a los ríos, esto según la experiencia de los lugareños. En la cuenca baja del río Limoncito existen sectores en la zona urbana que se inundan, también se dan inundaciones en la zona del RNMVSL y sus alrededores. Debido a la afectación que se produce en el área urbana se decidió intervenir los cauces, pues las inundaciones afectan la calidad de vida de los pobladores de la zona.

Para analizar los impactos que generará el proyecto se debe comparar la condición actual con la condición que existirá una vez realizadas las obras planteadas en el proyecto. Se debe analizar tanto los cambio que se generarán en la zona urbana, como cambios que habrá en las condiciones de la zona del refugio pues se deben estudiar las cotas y las velocidades que alcance el agua en las distintas zonas. Una vez con estos datos se podrá analizar qué consecuencias tendrá el proyecto sobre los distintos ecosistemas existentes en la zona.

5.4.1.3.2 Zonas de inundación de la condición actual

Para estudiar las zonas de inundación en la condición actual se deben conocer dos factores principales: conocer la topografía del cauce y de las márgenes de éste, el segundo factor es la distribución de caudales que ingresan a la zona estudiada. El modelo de elevación de la cuenca baja del río Limoncito se muestra en el mapa 5.4.1.3.1, esta figura se muestra la distribución de elevaciones dentro de esta zona. Además en la imagen 5.4.1.3.1 se muestra una imagen en tres dimensiones de la cuenca donde se observan las distintas variaciones de elevación dentro del área estudiada, cabe destacar que en esta imagen se muestra las elevaciones multiplicadas por un factor de 10 para observar mejor las variaciones de la superficie.

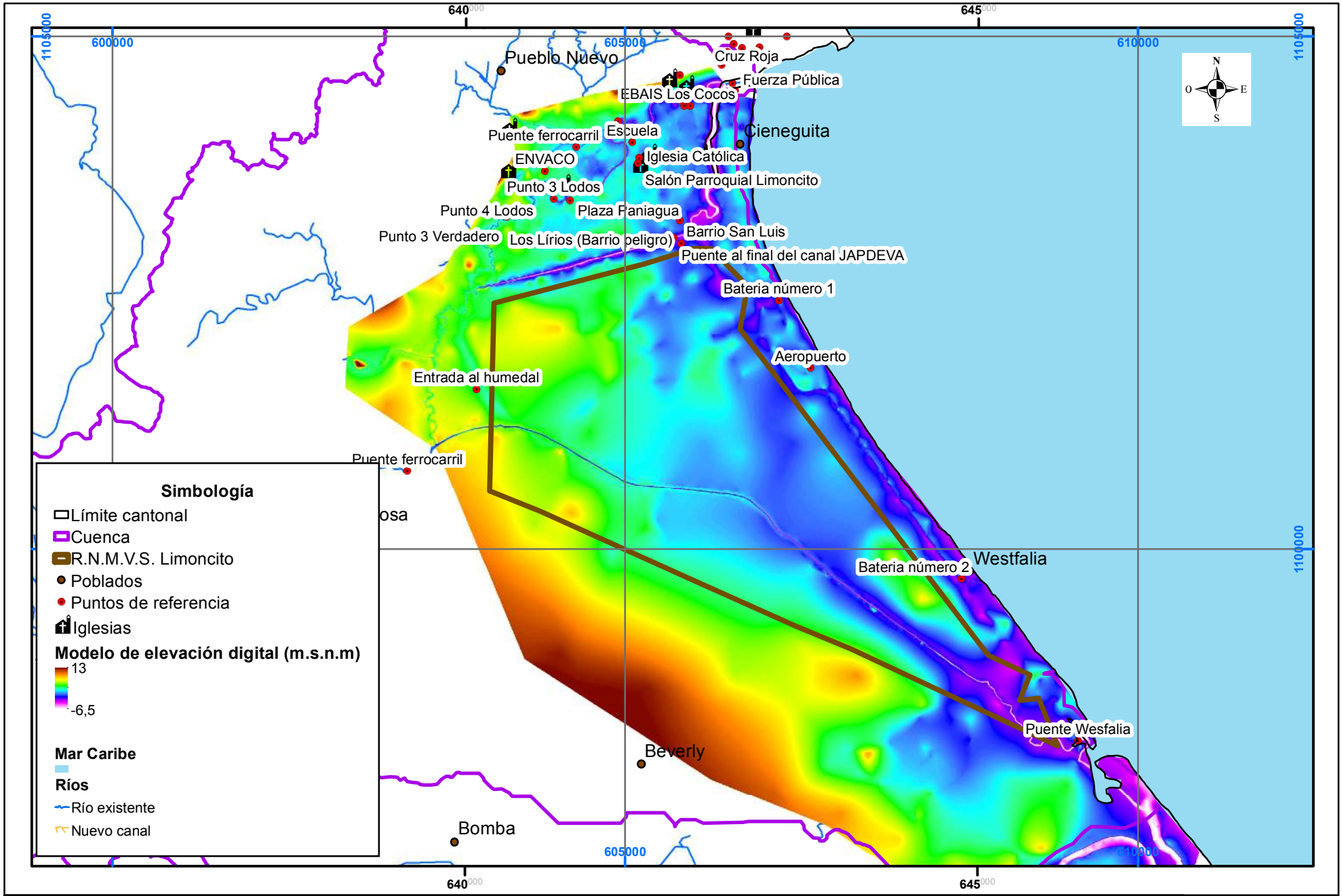
Creación del modelo de elevación digital

Para crear el modelo de elevación digital (MED) se utilizaron distintas fuentes de información pues no se contó con una que tuviese una cobertura total de la zona con el detalle topográfico necesario para lograr simular el comportamiento hidráulico de los ríos de la zona. Las fuentes de información utilizadas son las siguientes:

1. Puntos de elevación a escala 1:1000 del Programa de Regularización Catastro y Registro.

2. Puntos de elevación a escala 1:5000 del Programa de Regularización Catastro y Registro.

3. Levantamientos topográficos de secciones de cauces principales realizados por SENARA.



Mapa 5.4.1.3.1 Modelo de elevación digital

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:50.000 1 0,5 0 Kilómetros	Fuente: IGN, SENARA, 2012. ProDUS, 2013.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

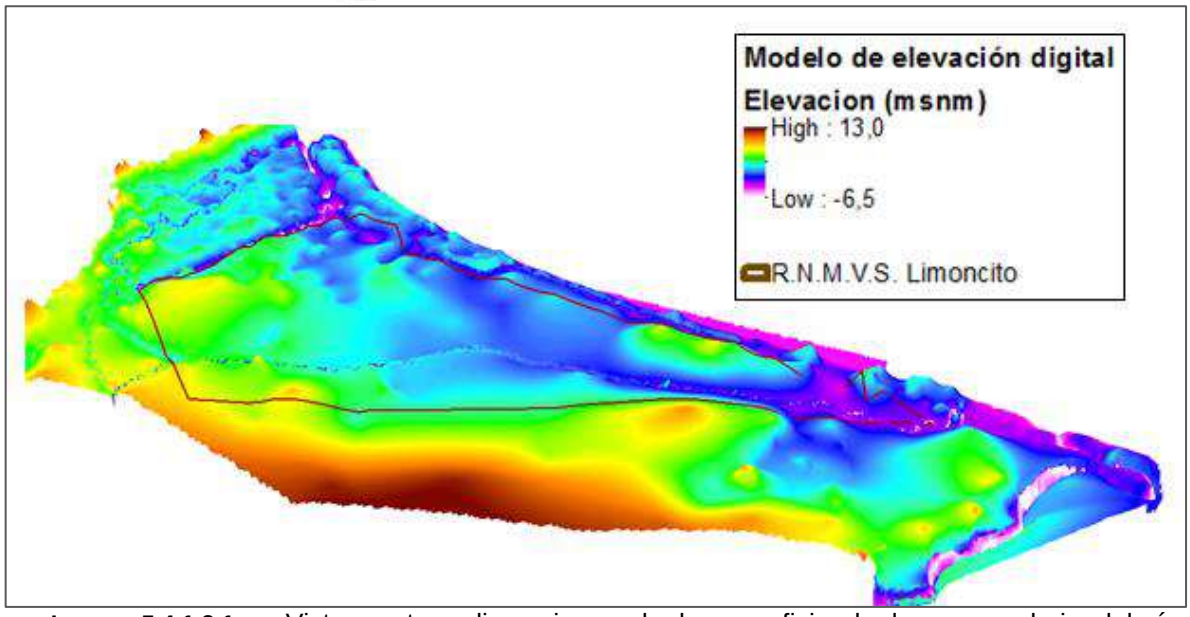


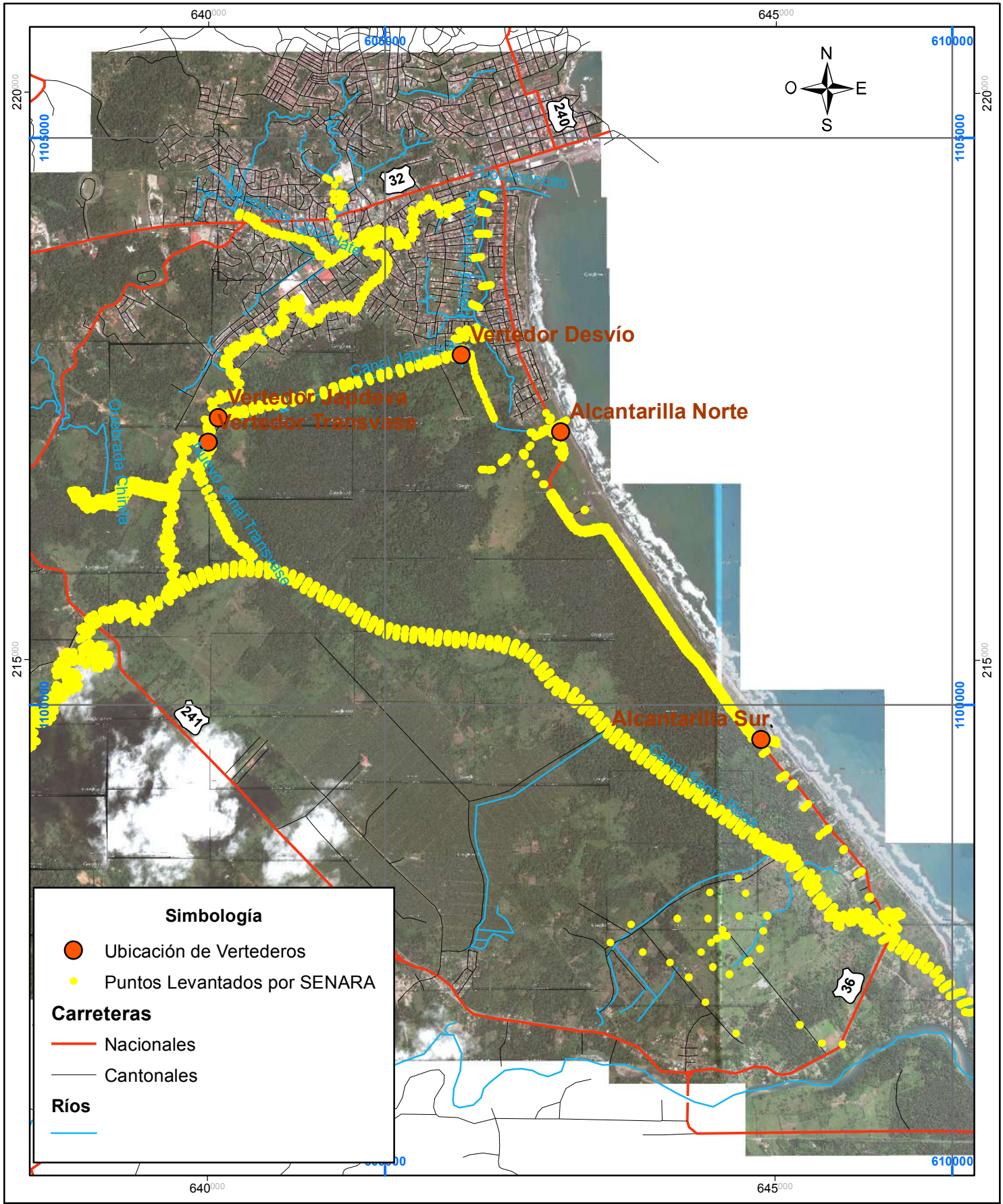
Imagen 5.4.1.3.1 Vista en tres dimensiones de la superficie de la cuenca baja del río Limoncito (condición actual).

Fuente: ProDUS, 2013

Para lograr simular el comportamiento hidráulico de los ríos es necesario que el modelo de elevación digital sea lo suficientemente preciso para modelar la geometría de los distintos cauces. El levantamiento topográfico por SENARA fue el insumo utilizado para generar esta parte del modelo pues se contaba con secciones de los siguientes cauces: río Limoncito, canal Santa Rosa, canal Japdeva, quebrada Sin Nombre y quebrada Chocolate. Se contaba con levantamientos de los cauces a cada 15 metros en algunas secciones y en otras los levantamientos estaban separados hasta por 70 metros.

Además de levantamientos en los cauces también se contó con levantamientos de algunos sectores de la superficie fuera de los cauces. Los puntos levantados por SENARA se muestran en el mapa 5.4.1.3.2

Para calcular las áreas de inundación es necesario que el modelo elevación digital no solo abarque los cauces sino que también modele la superficie de toda el área de la cuenca baja de río Limoncito. Debido a lo anterior es que se utilizaron los puntos de elevación del Programa de Regularización de Catastro y Registro (proyecto realizado por el Registro y Catastro Nacional financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo); se utilizaron los puntos a escala 1:1000 y 1:5000. Estos puntos tenían cobertura en el área del humedal y en la parte urbana, en estas dos regiones no se contaba con un levantamiento topográfico por lo que esta fue la fuente de información que se utilizó para generar la superficie en el humedal y en la zona urbana.



Mapa 5.4.1.3.2. Puntos levantados por SENARA

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

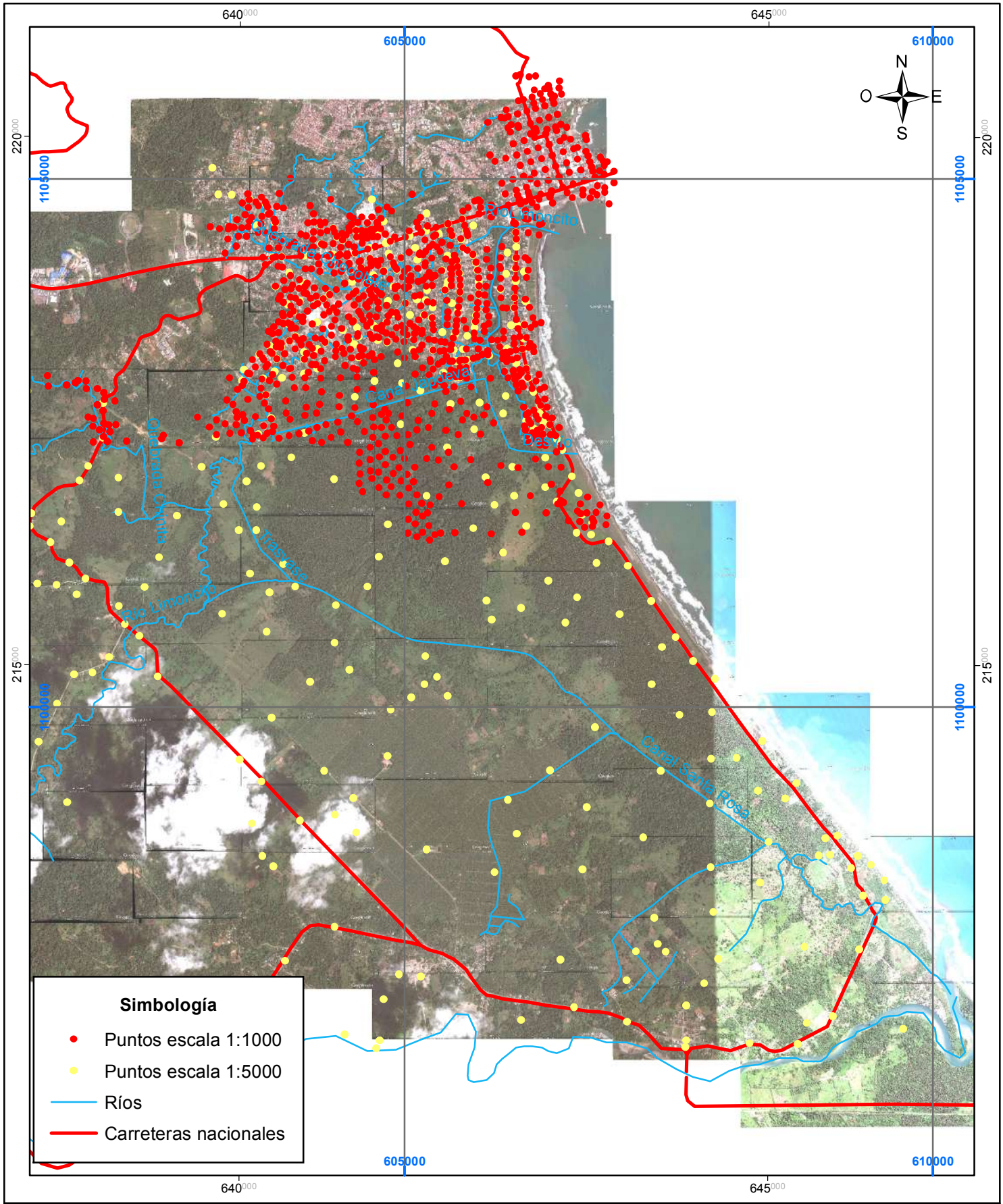
830 415 0 830 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:45.000

Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica


640000
645000
605000
610000
220000
215000
1105000
1100000
N
O
E
S
Río Limoncito
Canal Lateral Izquierda
Río Limoncito
Canal Lateral Derecha
Río Limoncito
Canal Lateral Derecha
Río Limoncito
Canal Lateral Izquierda
Río Limoncito
Canal Lateral Izquierda
Río Limoncito
Canal Lateral Derecha
Río Limoncito
Canal Lateral Derecha
Río Limoncito
Canal Lateral Izquierda

Al realizar el MED únicamente con los puntos con se contaba no se obtenía un MED que describiera adecuadamente la geometría de los cauces. Por lo que se crearon puntos de elevación a cada metro a lo largo de los cauces; a estos puntos se le dio un valor de elevación interpolando entre las elevaciones de los puntos levantados por SENARA. Una vez creados los puntos adicionales sobre todos los cauces se procedió a crear el modelo de elevación digital de la cuenca baja del río Limoncito, el modelo final de la cuenca de la condición actual se muestra en el mapa 5.4.1.3.1.

Limitaciones de modelo de la condición actual

El MED realizado presenta ciertas limitaciones producto de la fuente de los datos de entrada:

- No existe un levantamiento 100 porciento confiable en el área del humedal, pues los puntos de elevación a escala 1:1000 y 1:5000 presentaban contradicciones en algunos puntos, por ejemplo se presentaron diferencias de elevación hasta de un metro en casos donde ambos puntos deberían tener la misma elevación.

- No es claro si la elevación de los puntos 1:1000 y 1:5000 en el área del humedal se refería a la elevación de la superficie o a la elevación del espejo de agua.

- No existe un levantamiento topográfico detallado del área urbana pues no se conoce la elevación de las calles, cunetas, ni de las viviendas.

- Se asumió una variación lineal de la elevación de la superficie entre las secciones levantadas por SENARA para lograr generar el modelo de elevación digital de los cauces.

- Los levantamientos realizados por SENARA presentaban problemas para referenciarse por lo que se debió realizar un ajuste mediante la fotografía aérea y puntos estratégicos conocidos como los puentes.

- No se cuenta con levantamientos de cauces pequeños existentes en la zona urbana, pues únicamente se cuenta con levantamiento de los cauces principales citados anteriormente.

Análisis hidráulico de la planicie del río Limoncito

En el siguiente apartado se describe la metodología empleada para la realización del análisis hidráulico de la planicie del río Limoncito. Se describen brevemente los datos utilizados para la simulación numérica. Asimismo, se describen brevemente las particularidades del modelo hidráulico empleado para el análisis.

Justificación y descripción del modelo hidráulico

La modelación matemática del flujo de agua en un río consiste en intentar conocer los valores que toman las variables hidráulicas (profundidad de agua, velocidades, caudal, entre otros) a partir de la resolución por métodos numéricos de unas ecuaciones

obtenidas con una serie de hipótesis. La modelación matemática es siempre una aproximación a la realidad, tanto mejor cuanto más se adapten las ecuaciones de partida y el esquema numérico para su resolución al fenómeno real que se está estudiando.

La modelación matemática ha evolucionado paralelamente a la capacidad de las computadoras, al desarrollo del cálculo numérico en general y al desarrollo de la modelación numérica en áreas de conocimiento próximas. Así, por ejemplo, el estudio de la mecánica de gases ha contribuido en la puesta a punto de técnicas de discretización y esquemas numéricos específicos que luego han podido ser readaptados a problemas concretos como la resolución del flujo de agua en lámina libre.
Para el estudio de los efectos de la propagación de avenidas en ríos y en superficies de concreto, para la obtención de los valores de las velocidades y niveles de agua, se han utilizado en el pasado, y todavía se usan mayoritariamente actualmente, modelos unidimensionales en régimen permanente gradualmente variado y fondo fijo. Estos pueden ser una herramienta suficiente para estudios donde la evolución temporal no sea un factor a tener en cuenta y el flujo sea eminentemente unidimensional. Este tipo de modelos se basan en esquemas numéricos relativamente simples, pero eficaces, que pueden considerar cambios de régimen, cauces con geometrías complejas y con llanuras de inundación y singularidades, tales como puentes, alcantarillas, entre otros.

En el caso que el proceso a estudiar sea claramente no permanente se debe recurrir a las ecuaciones unidimensionales del régimen gradualmente variable o ecuaciones de Saint Venant unidimensionales. Para intentar resolver estas ecuaciones se han utilizado en el pasado gran cantidad de esquemas numéricos distintos, algunos de ellos con las ecuaciones completas y muchos otros con distintas simplificaciones consistentes en despreciar los términos con menor contribución, dando lugar a los métodos conocidos como métodos hidrológicos, onda cinemática y onda difusiva. La razón para no utilizar las ecuaciones completas, que es poder reducir el tiempo de cálculo, esto tiene menos sentido actualmente que hace unos años pues los llamados modelos cuasibidimensionales que resuelven las ecuaciones de Saint Venant en una dimensión y usan técnicas simplificadas para considerar la inundación de las llanuras adyacentes al cauce.

La necesidad de estudiar fenómenos más complejos donde la hipótesis de unidimensionalidad se aleja demasiado de la realidad, y la observación que en la naturaleza se encuentran muchas situaciones donde el flujo parece ser efectivamente bidimensional, es decir, predominan las dimensiones horizontales sobre la vertical, conduce al desarrollo de los esquemas bidimensionales. Para ello se pueden hacer distintas aproximaciones según se estudie un problema fluvial o de ingeniería marítima, y según cuales sean las principales fuerzas determinantes del movimiento del agua, y las variables que interese conocer.

A pesar de la progresión de las técnicas informáticas que han impulsado la evolución de los modelos numéricos en el campo de la hidráulica, los algoritmos de los modelos más comúnmente utilizados para el estudio de problemas reales están relativamente alejados de los últimos esquemas desarrollados en las Universidades y Centros de investigación.

Algunos modelos comerciales se han popularizado en gran manera y se están convirtiendo en estándares a la hora de estudiar problemas hidráulicos concretos, como la propagación de avenidas en ríos. Los modelos desarrollados por grupos de investigación

incorporan esquemas de resolución novedosos, permiten simular de manera correcta fenómenos que los modelos comerciales no permiten simular o proporcionan soluciones poco aproximadas, y pueden modificarse para adaptarse a las particularidades de cada problema, aunque no son tan amigables ni vistosos como los modelos comerciales.

Los modelos de aguas poco profundas unidimensionales son adecuados para el estudio de flujos con un marcado carácter unidimensional, utilizándose básicamente para la modelización de ríos y canales en los cuales la geometría se puede definir por una línea o cauce longitudinal con una sección transversal asociada en cada punto. Cuando se pierde la unidimensionalidad de la geometría de estudio los modelos dejan de ser eficientes por varias razones. Primero porque el campo de velocidad deja de ser homogénea en toda la sección y por lo tanto se introducen errores importantes en las ecuaciones unidimensionales, las cuales asumen una velocidad aguas uniforme en sección transversal. Segundo porque en problemas bidimensionales ya no es trivial definir la geometría de estudio mediante un cauce longitudinal con secciones transversales asociadas. Tercero porque la dirección del flujo deja de ser perpendicular a la sección, y ya no sólo es suficiente con calcular la velocidad media en la sección sino que también es importante saber si aparecen zonas de recirculación en planta.

En la modelización de ríos puede ser necesario recurrir a un modelo bidimensional cuando existen meandros fuertes con llanuras de inundación importantes. En dichas geometrías, para el cálculo de aguas bajas se puede utilizar un modelo unidimensional, pero para el caudal de crecientes la dirección del flujo deja de seguir el cauce principal, inundando las llanuras adyacentes para circular por el cauce de aguas altas, mucho más rectilíneo y ancho que el cauce principal.

Otro caso en el que se debe recurrir a la modelización bidimensional en ríos es en el estudio de tramos cortos en los que existen ensanchamientos y estrechamientos de sección que pueden provocar, en función de las condiciones de profundidad de agua y caudal, zonas de recirculación importantes. Estas zonas de recirculación, que también suelen aparecer para determinadas condiciones de marea en la desembocadura de ríos en estuarios, son importantes porque reducen la sección efectiva de desagüe, provocando un aumento de velocidad en el resto de la sección. Tienen importancia también en el transporte de sedimentos y sustancias solubles, las cuales pueden quedar atrapadas en estas zonas de aguas muertas.

A diferencia de los modelos unidimensionales, en los que se trabaja con la velocidad media en la sección, y se asume que la dirección del flujo es perpendicular a esta, los modelos bidimensionales trabajan con las dos componentes de la velocidad horizontal promediada en profundidad.

La deducción matemática de las ecuaciones de aguas poco profundas 2D se realiza promediando en profundidad las ecuaciones de Reynolds tridimensionales. En su derivación es necesario realizar ciertas simplificaciones. Concretamente, se asume una escala espacial vertical (profundidad) mucho menor que la escala horizontal, lo cual permite asumir una distribución de presión hidrostática. Al mismo tiempo se asume un campo de velocidad homogéneo en profundidad. La hipótesis de presión hidrostática se cumple razonablemente en el flujo en ríos, así como en las corrientes generadas por la marea en estuarios y zonas costeras. Asimismo, la hipótesis de distribución de velocidad uniforme en profundidad se cumple habitualmente en ríos y estuarios, aunque pueden

existir zonas en las que dicha hipótesis no se cumpla debido a la presencia de flujos locales tridimensionales o a cuñas salinas. En estos casos se debe estudiar la extensión de dichas zonas y su posible repercusión en los resultados, puede ser necesario recurrir a modelos localmente tridimensionales o a modelos bicapa en el caso de cuñas salinas.

La modelización de zonas inundables, así como del movimiento del frente de marea en estuarios y zonas costeras, es fundamental en problemas de hidráulica medioambiental. Las ecuaciones de aguas poco profundas bidimensionales están especialmente indicadas para modelar y evaluar la extensión de zonas inundables en ríos, así como el movimiento del frente de marea en estuarios y zonas costeras. Son problemas en los que generalmente el carácter bidimensional de la geometría es importante en el desarrollo del flujo. En este tipo de problemas es necesario permitir que las diferentes zonas del área de estudio puedan tener agua o no en función de las condiciones del flujo. Entre las zonas secas y las zonas inundadas, aparece un frente seco-mojado que es necesario tratar adecuadamente desde un punto de vista numérico para evitar la aparición de inestabilidades y oscilaciones no físicas en la solución. El modelo empleado realiza un tratamiento híbrido para los frentes seco-mojado para evitar pérdida de masa en el modelo, así como oscilaciones numéricas debido a dicha condición.

El análisis hidráulico utilizó la información topográfica levantadas a lo largo del tramo del río Limoncito y el humedal ubicado al Sur del mismo. En el mapa 5.4.1.3.1 se muestra el modelo de elevación digital utilizado en el presente estudio.

El análisis hidráulico se realizó utilizando el modelo bidimensional en flujo no permanente. Dicho modelo permite la simulación bidimensional de cauces, para así poder definir mapas de inundación y de velocidades de flujo para un evento determinado.

El modelo puede trabajar sobre una malla no estructurada de volúmenes finitos formada por elementos triangulares y cuadriláteros.

El sistema de ecuaciones que resuelve el modelo es el que se muestra en la ecuación (1).

$$\frac{\partial \boldsymbol{U}}{\partial t} + \frac{\partial \boldsymbol{F}}{\partial x} + \frac{\partial \boldsymbol{G}}{\partial y} = \boldsymbol{S} \qquad (1)$$

donde:

$$\boldsymbol{U} = \begin{pmatrix} h \\ hu \\ hv \end{pmatrix}, \boldsymbol{F} = \begin{pmatrix} hu \\ hu^2 + \frac{1}{2}gh^2 \\ huv \end{pmatrix}, \boldsymbol{G} = \begin{pmatrix} hv \\ huv \\ hv^2 + \frac{1}{2}gh^2 \end{pmatrix}, \boldsymbol{S} = \begin{pmatrix} 0 \\ gh\left(\frac{\partial z_b}{\partial x} - \frac{\tau_x}{\rho}\right) \\ gh\left(\frac{\partial z_b}{\partial y} - \frac{\tau_y}{\rho}\right) \end{pmatrix}$$

donde h es la profundidad del agua (m), t es la variable tiempo (s), z_b es el nivel de fondo del terreno a partir de un nivel de referencia (m), u es la velocidad del flujo en la dirección x (m/s), v es la velocidad del flujo en la dirección y (m/s), g es la aceleración de la gravedad (m/s^2), τ_x y τ_y son los esfuerzos cortantes en el fondo del canal en la dirección x y y, respectivamente, (kg/m^3), ρ es la densidad del agua (kg/m^3).

En la ecuación (1) los términos $\frac{\tau_x}{\rho}$ y $\frac{\tau_y}{\rho}$ representan la pendiente de energía en la dirección x y y, respectivamente.

Dicho término de fricción se evalúa utilizando la ecuación de Gaukler-Manning, descrita en *Vreugdenhil 1994*, cuya expresión bidimensional se muestra en la ecuación (2).

$$\frac{\tau_x}{\rho} = n^2 u \frac{\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}}, \quad \frac{\tau_y}{\rho} = n^2 v \frac{\sqrt{u^2+v^2}}{h^{1/3}} \tag{2}$$

donde n es el coeficiente de rugosidad que depende del material del lecho del río (s/m$^{1/3}$).

El método utilizado para resolver el sistema de ecuaciones mostrado en (1) es un esquema explícito en volúmenes finitos con una discretización descentrada hacia adelante, más detalles del modelo ver *Serrano Pacheco 2009*.

Para la utilización del modelo hidráulico se requiere de cierta información básica, a saber:

- Información topográfica de la planicie del río Limoncito. Dicha información consiste en las curvas de nivel de la zona de estudio. Esto es utilizado por el programa para determinar las pendientes del terreno, para identificar la dirección del flujo y la definición del nivel de fondo en cada uno de los elementos en que se divide la zona de análisis.
- Se debe estimar la rugosidad del lecho de la zona en estudio. Dicho valor se utiliza en el modelo para determinar las pérdidas de energía a lo largo del tramo. Para ello se realizaron se utiliza el mapa de uso del suelo más reciente de la zona de estudio.
- Asimismo, se requiere la información de caudales que se pretende simular. Para ello se utilizaron los hidrogramas de crecientes definidos en el estudio hidrológico para 10, 25 y 50 años de periodo de retorno.

A continuación se describen más en detalle cada uno de los puntos mencionados anteriormente.

Información topográfica

La información topográfica utilizada en el modelo hidráulico se obtuvo de puntos levantados en el sitio por SENARA y de la información suministrada por el Catastro Nacional. Dicha información corresponde a la información levantada con LiDAR a lo largo de todo el país (ver sección 5.4.1.3.2).

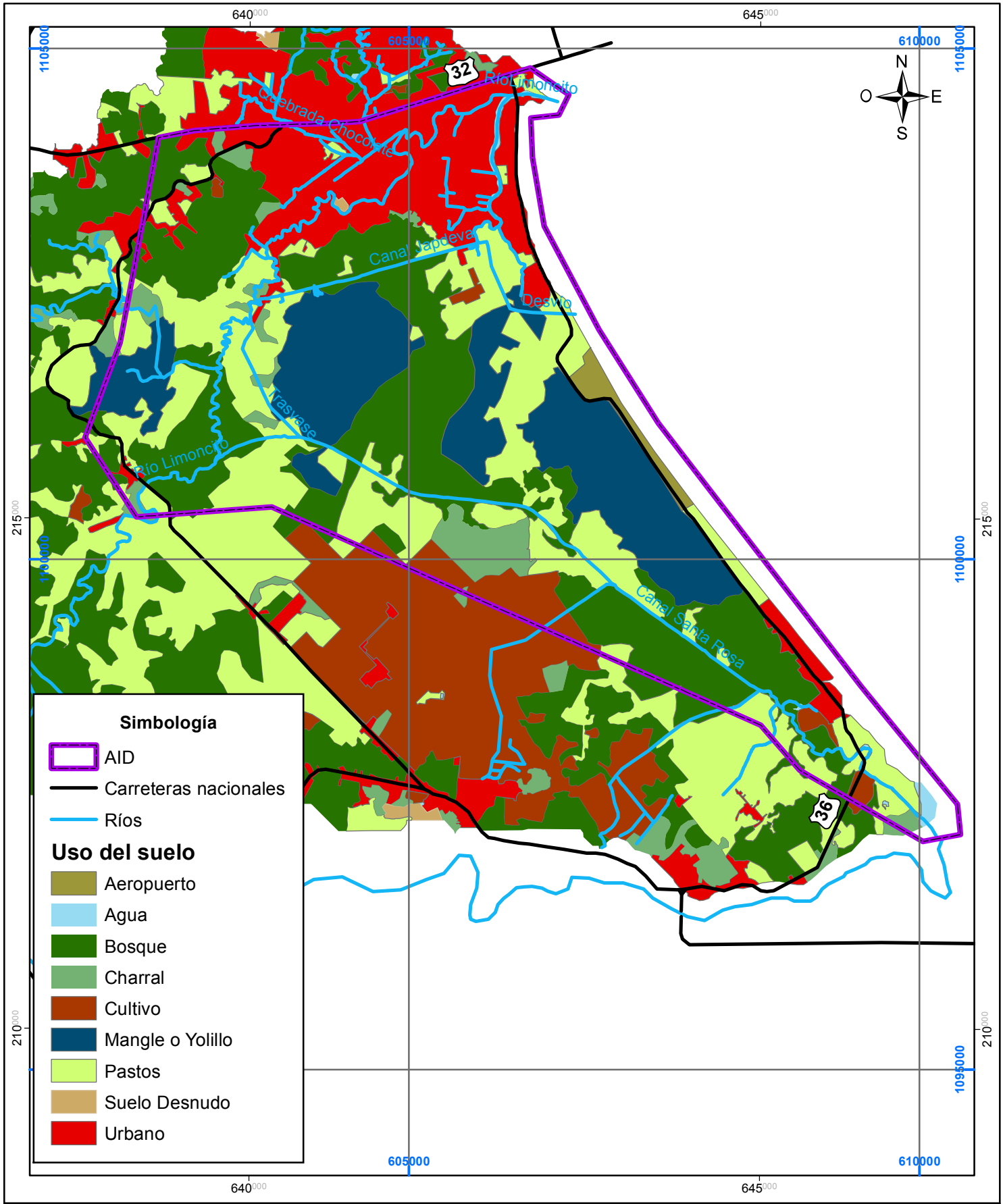
Información del uso del suelo de la zona de estudio

Para la obtención del uso de suelo de la zona se utilizó la información de fotografías aéreas más recientes.

En el cuadro 5.4.1.3.1, se muestran los valores tomados del coeficiente de rugosidad para las diferentes coberturas de la planicie del río Limoncito.

Cuadro 5.4.1.3.1 Valores del coeficiente de rugosidad de acuerdo al uso de suelo.

Cobertura de suelo	Coeficiente de rugosidad ($s/m^{1/3}$)
Uso urbano	0,045
Charral	0,040
Aeropuerto	0,020
Cauces de ríos	0,030
Bosques	0,070
Cultivos	0,045
Pastos	0,040
Suelo desnudo	0,020



Mapa 5.4.1.3.4. Uso del suelo dentro del área del proyecto

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	910 455 0 910 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:50.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; BID - Catastro, ProDUS, 2013

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

Información de crecientes a analizar

Como se mencionó en el apartado del análisis hidrológico, se utilizó la información de la estación 81-0503, Río Blanco, mediante el análisis de 20 crecientes registradas entre los años 1976 hasta fechas recientes, mediante la metodología del hidrograma unitario de Snyder.

En los gráficos 5.4.1.3.1, 5.4.1.3.2, 5.4.1.3.3, Gráfico 5.4.1.3.4 y Gráfico 5.4.1.3.5 se muestran los hidrogramas estimados para el río Limoncito, la quebrada Chocolate, la quebrada Sin nombre, la cuenca intermedia 1 e intermedia 2. Como se puede apreciar, la duración total de los hidrogramas es de 32 horas.

Un aspecto importante, es determinar el efecto del río Banano sobre el comportamiento de la inundación en la planicie del río Limoncito. Esto debido a que el canal Santa Rosa desemboca en dicho río. Para cumplir con este fin, se tomó la información del trabajo realizado por *Valerio Alfaro 2006*, donde se identificaron los hidrogramas de crecientes para el río Banano.

Para el análisis hidráulico, se supuso que la creciente con periodo de retorno de 10 años se daba simultáneamente en el río Limoncito, la quebrada Chocolate, la quebrada Sin nombre, la cuenca intermedia 1 e intermedia 2. Esta suposición es válida debido a que las áreas de drenaje son pequeñas. Asimismo, esta suposición se utilizó para el análisis de las crecientes con 25 y 50 años de periodo de retorno.

Sin embargo, para estimar el efecto del río Banano sobre la planicie de inundación del río Limoncito durante crecientes, se tomó un caudal máximo para un periodo de retorno de 10 años. Dicho valor, de acuerdo con el estudio realizado por Valerio Alfaro 2006, corresponde a 1073,4 m^3/s. Es importante recalcar, que esto se realizó de esta manera, con el fin de estimar el efecto de que se presente un caudal importante en el río Banano sobre las condiciones de flujo en la planicie.

Gráfico 5.4.1.3.1 Hidrogramas de creciente generados para la cuenca del río Limoncito.

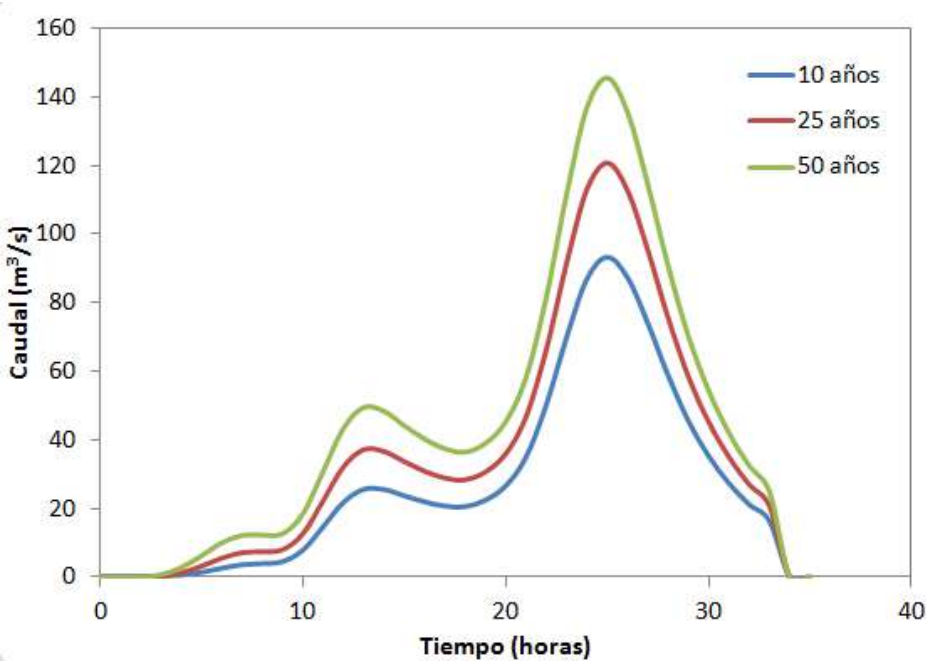


Gráfico 5.4.1.3.2 Hidrogramas de crecientes generados para la cuenca de la quebrada Chocolate.

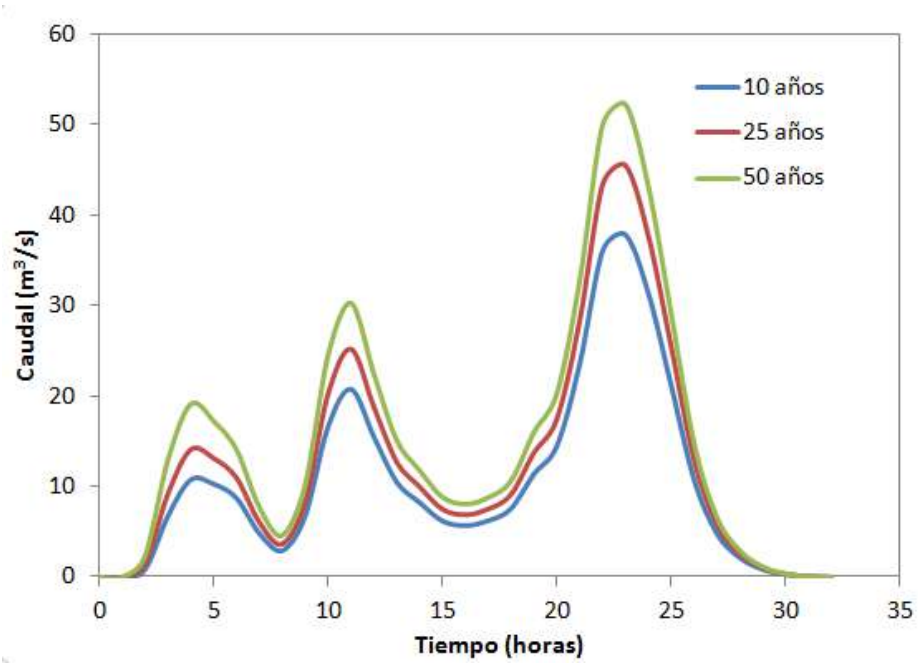


Gráfico 5.4.1.3.3 Hidrogramas de crecientes generados para la cuenca de la quebrada Sin Nombre.

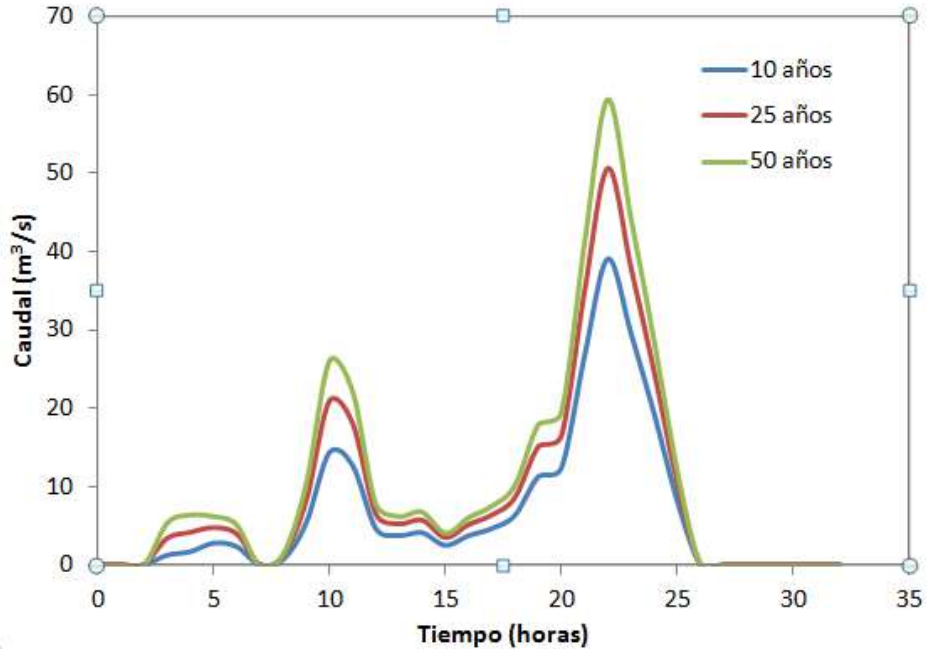


Gráfico 5.4.1.3.4 Hidrogramas de crecientes generados para la cuenca intermedia 1.

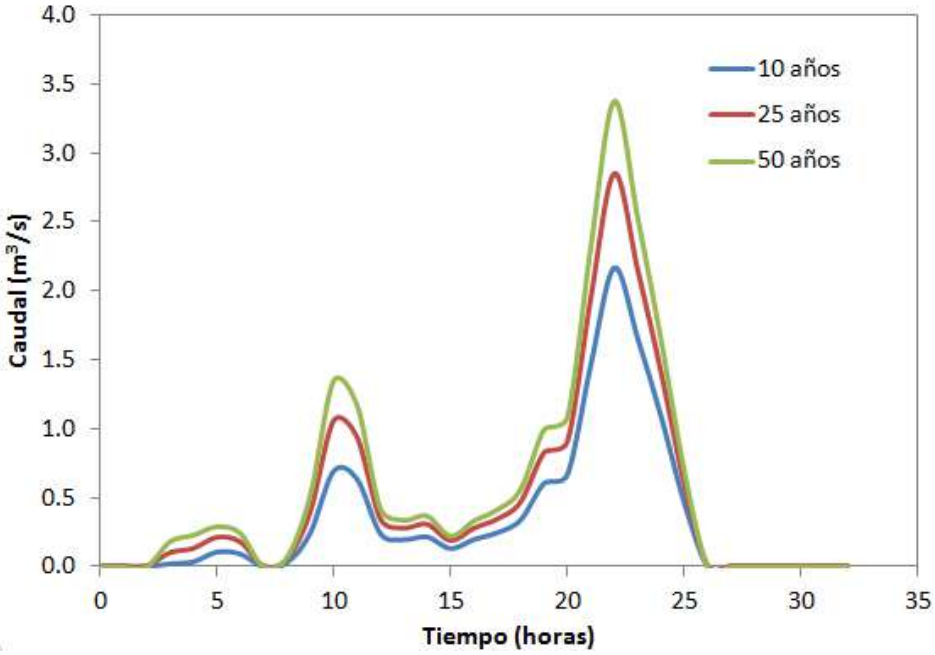
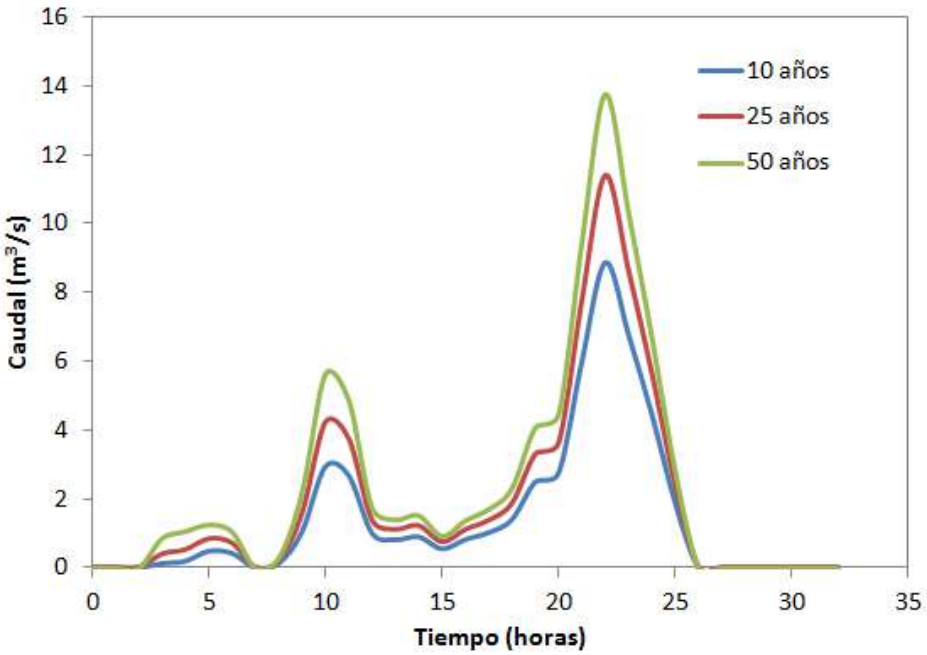


Gráfico 5.4.1.3.5 Hidrogramas de crecientes generados para la cuenca intermedia 2.



Información de las mareas

Cerca de las costas el cálculo de las mareas es un problema hidrodinámico, es decir, su solución depende de varias fuerzas que actúan sobre las masas de agua costeras como la misma marea oceánica, las fuerzas de fricción, pendiente, de inercia, del viento, presión atmosférica y las fuerzas de Coriolis. Para analizar el comportamiento de las mareas en las zonas costeras interiores se escurre comúnmente a las ecuaciones de balance de fuerzas y de conservación de masa. En promedio, sin embargo, entran a jugar otras fuerzas adicionales un papel preponderante como las fuerzas originadas en la estratificación de los fluidos, la turbulencia y efectos de superficie o Froude.

Las corrientes promedio mensuales de la marea, o circulación gravitacional, que es altamente dependiente de la estratificación, determinan mayor o menormente el grado y el sentido de propagación de los desechos que las ciudades depositan al mar y esto es de gran importancia para la ingeniería sanitaria. En promedio, el agua cercana a la superficie sale más hacia el mar abierto de lo que entra al estuario considerado y las aguas del fondo entran más al estuario de lo que salen durante la marea saliente. Esto puede crear problemas graves de sedimentación de puertos, esteros y atracaderos. Además el efecto de Coriolis desvía un poco la corriente hacia la derecha (Costa Rica se encuentra en el hemisferio norte) así que la marea entrante entra más por la derecha de un estuario, como el Golfo de Nicoya en la Costa Pacífica de Costa Rica. Este efecto es especialmente fuerte en estuarios grandes de 10 o más kilómetros de ancho. Durante la marea saliente las corrientes se intensifican un poco más por la izquierda del estuario.

Las mareas en la zona de Limón en la Costa Atlántica son muy inferiores a las del Pacífico con amplitudes que rara vez superan los treinta centímetros. Sin embargo la circulación local es fuertemente dependiente de ellas y esencialmente *Murillo 1999*, logra probar que, a pesar de su mínima altura, las corrientes muestran una fuerte dependencia de las alturas de marea con una fase variable y corrientes giratorias con velocidades máximas de 20 a 30 cm/s.

Tomando esta información y lo desarrollado por *Lizano 2006*, se puede decir que las mareas en el Atlántico no presentan tanta variación como en el Pacífico. Se tomó un nivel de marea alta de 0,5 m, como se explica en las referencias analizadas. Cabe mencionar que esta es la condición más crítica para el modelado hidráulico, debido a que se genera un remanso hacia aguas arriba de los cauces, incrementando el problema de inundación en la zona. Numéricamente, lo que el modelo hace es establecer un nivel de salida de los ríos de 0,5 m sobre el nivel 0. Dicha condición lo que hace es permitir que el agua salga del dominio computacional únicamente cuando tenga un nivel suficiente para superar el nivel establecido de marea alta.

Resultados del modelado hidráulico para las crecientes con 10 años de periodo de retorno

En el mapa se muestra el mapa de máxima inundación, que se presenta a las 24 horas de haberse dado la creciente.

En términos generales, el agua ingresa al humedal por el agua que se desborda del canal San Rosa. Una vez dentro existe una cantidad de agua que es posteriormente evacuada por el mismo canal, mientras que una parte es evacuada por el canal JAPDEVA (cerca de Barrio San Luis). Asimismo, sobre el río Limoncito, se presentan problemas de inundación desde el trasvase del río Limoncito hacia el canal Santa Rosa (ubicado aguas arriba de la intersección del río Limoncito con la quebrada Sin Nombre) hasta aguas abajo del puente en la comunidad Los Cocos (punto final de la simulación). Estas inundaciones son provocadas por la baja capacidad hidráulica del cauce del río Limoncito y, adicionalmente, el efecto de la quebrada Chocolate.

En el Mapa 5.4.1.3.5 se muestran los resultados de profundidades de flujo para la creciente. Para esta condición, se puede ver que las profundidades máximas alcanzadas por el agua dentro del humedal son del orden de 1,28 m, mientras que las profundidades mínimas alcanzan valores de 0,10 m.

En el Mapa 5.4.1.3.6 se muestran las velocidades de flujo en la zona de estudio. Como se puede apreciar, las velocidades en la zona del humedal son del orden de los 0,48 m/s como máximo y de 0,06 m/s como mínimo.

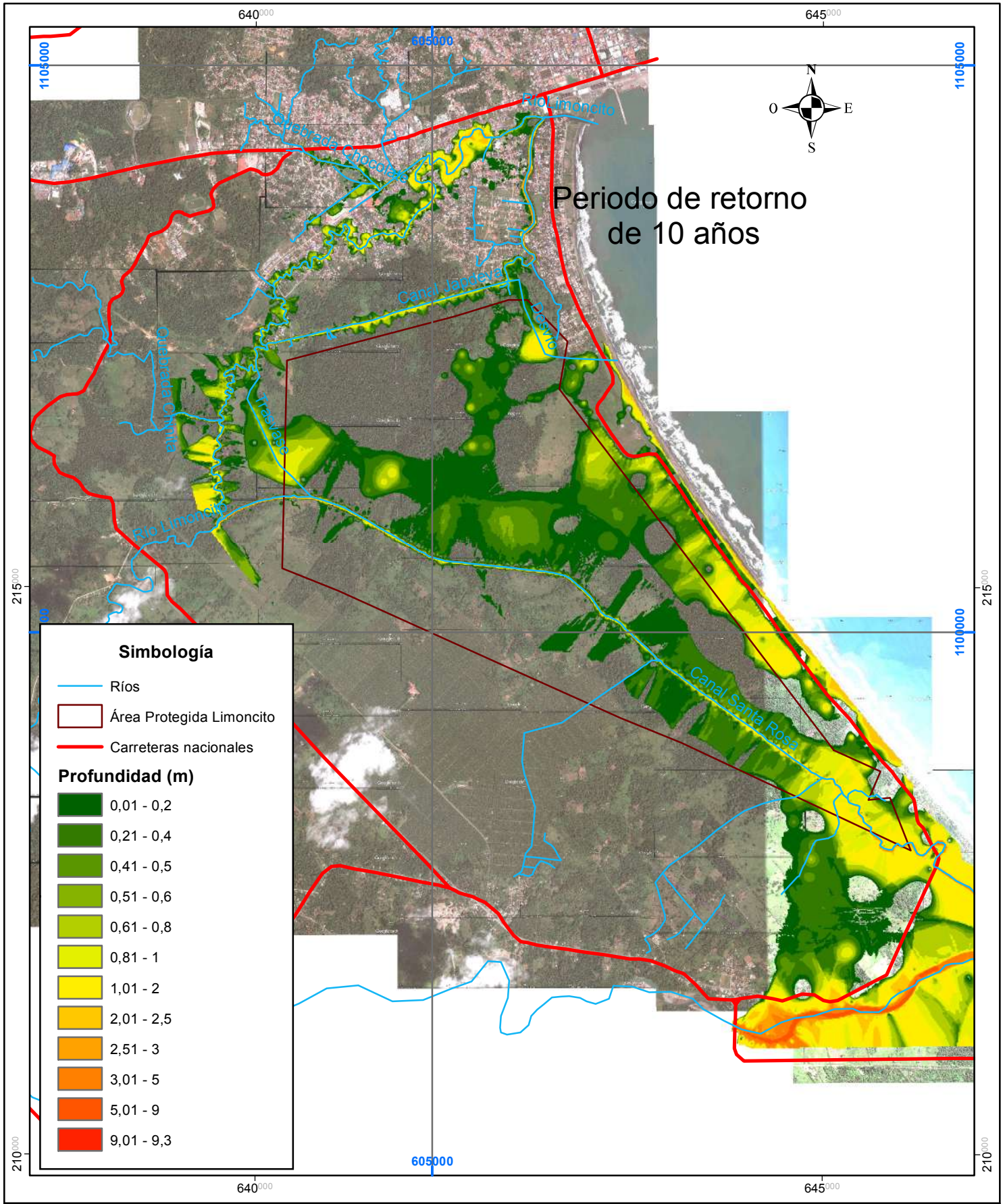
De acuerdo el modelado hidráulico realizado, el humedal permanece inundado durante 39 horas.

En cuanto al río Limoncito, los valores máximos de profundidad se encuentran alrededor de los 4,16 m cerca del EBAIS de Los Cocos. Entre este punto y el Bar Chita se presentan problemas de desbordamiento sobre ambas márgenes del río. En dicha zona se presentan niveles de inundación que superan los 2 m de profundidad. Un aspecto

importante es que en el Bar Chita se ubica la confluencia de la quebrada Chocolate y el río Limoncito. Esta condición provoca que una vez que se alcanzan valores altos de caudal en cualquiera de los dos cuerpos de agua, se produce un remanso que ocasiona inundaciones aguas arriba del Bar Chita. Antes de desbordarse el caudal del río Limoncito alcanza valores de 2,50 m^3/s. Es importante recalcar, que esta capacidad máxima se definió en el caudal que viaja por el cauce justo antes de que éste se desborde. Por lo tanto, toma en cuenta el efecto de la quebrada Chocolate.

En cuanto al canal JAPDEVA, de acuerdo al modelado hidráulico, se determinó que la capacidad que éste presenta es del orden de los 7,50 m^3/s. Para este canal, las profundidades máximas alcanzan valores del orden de los 4,86 m cerca de la comunidad de Cieneguita. Al Oeste de la comunidad de Cieneguita, cerca del Orfanato Los Cocos, se presentan problemas de inundación. Esto zona se ve afectada por el agua que se desborda del río Limoncito y, debido a la topografía, alcanza a llegar al canal JAPDEVA, provocando que la zona que se encuentra entre estos dos cuerpos de agua se vea inundada. Con relación a las velocidades de flujo, los valores máximos se encuentran alrededor de 0,83 m/s, mientras que los mínimos en el orden de los 0,04 m/s.

Para el canal Santa Rosa, se estimó una capacidad máxima (caudal antes de que se presente el desbordamiento) en 7,90 m^3/s. Para el canal Santa Rosa se debe considerar el efecto el río Banano en la capacidad hidráulica. Debido a que cuando el río Banano se encuentra crecido, crea un remanso que reduce significativamente la capacidad del canal Santa Rosa. Las profundidades máximas que se alcanzan dentro del canal Santa Rosa durante las crecientes con 10 años de periodo de retorno son de 3,23 m, mientras que las mínimas en 0,18 m.



Mapa 5.4.1.3.5 Profundidad en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 10 años

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

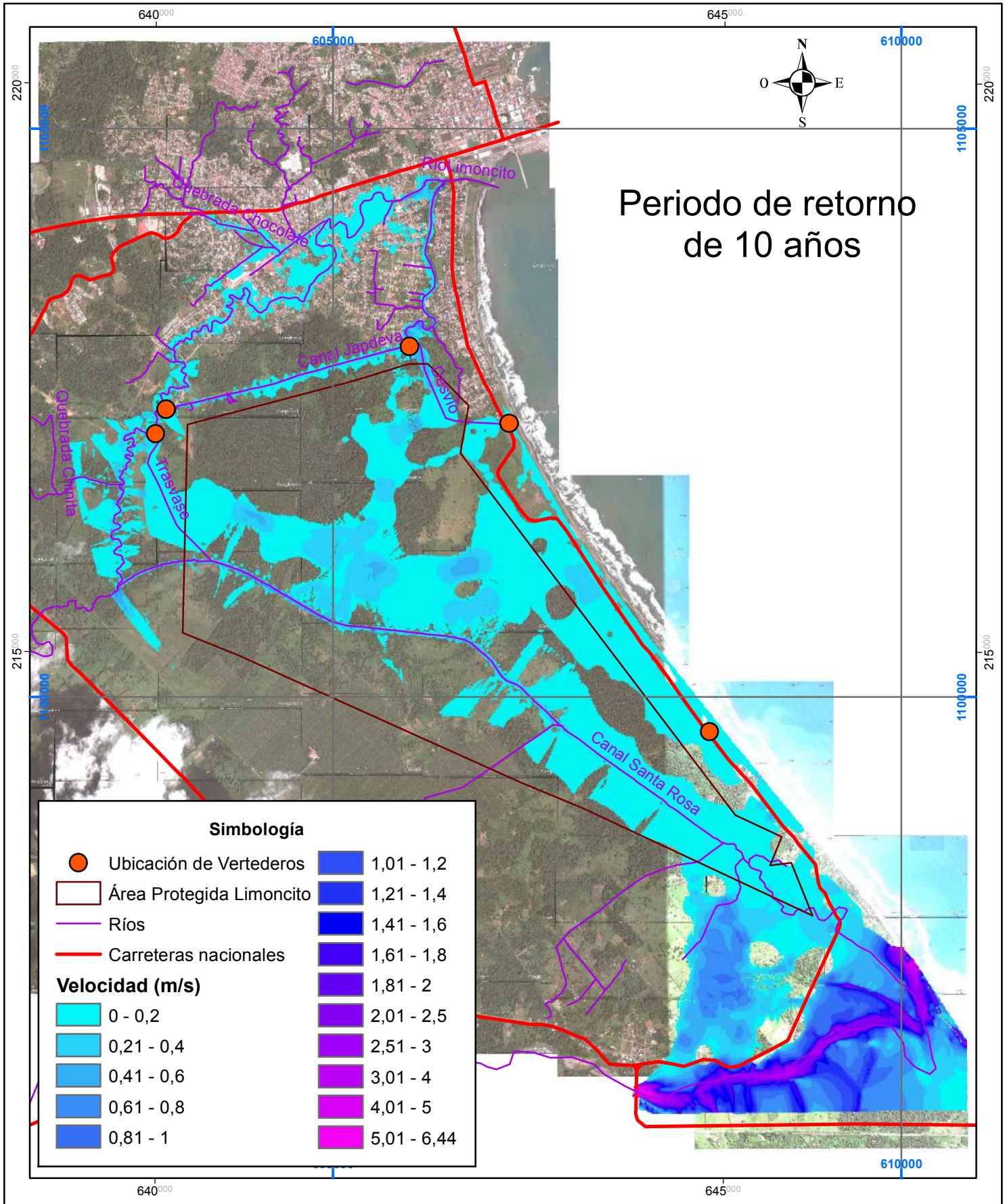
825 412,5 0 825 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:45.000

Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.6 Velocidad del agua en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 10 años

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	825 412,5 0 825 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:45.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013	ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

Resultados del modelado hidráulico para las crecientes con 25 años de periodo de retorno

Al igual que para la creciente con 10 años de periodo de retorno, a las 24 horas se presenta la mayor inundación en la planicie del río Limoncito.

Como se puede apreciar del Mapa 5.4.1.3.7, el comportamiento general de la inundación sigue el mismo patrón que el mostrado para las crecientes con 10 años de periodo de retorno. Esto debido a que los hidrogramas presentan un patrón similar, donde su única variación se presenta en la magnitud de caudal. Esto queda reflejado en los resultados hidráulicos obtenidos.

Al igual que los resultados obtenidos para el caso anterior, en el punto donde se pretende ubicar la batería de alcantarillas norte el agua no alcanza a inundar dicho punto, esto se puede apreciar en el Mapa 5.4.1.3.5. No obstante, se acumula una cantidad importante de agua aguas arriba de la misma. Por lo que la construcción de dicha batería de alcantarillas ayudaría a evacuar el agua. Sin embargo, se debe de realizar con cuidado dicha evacuación con el fin de no dañar el ecosistema del humedal.

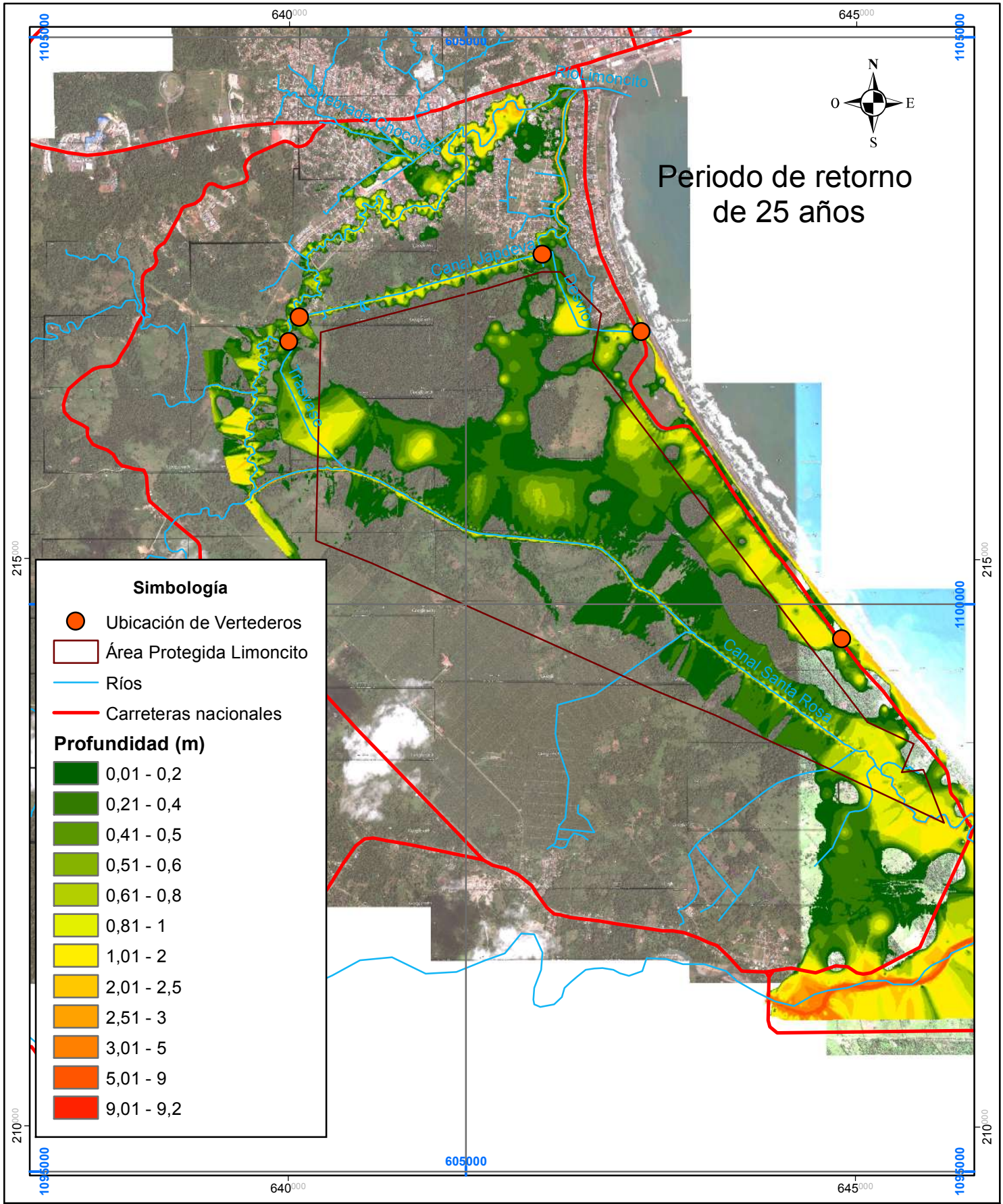
En el Mapa 5.4.1.3.7, se muestran los resultados de profundidades de flujo para la creciente. Para esta condición, se puede ver que las profundidades máximas alcanzadas por el agua dentro del humedal son del orden de 1,31 m, mientras que las profundidades mínimas alcanzan valores de 0,12 m.

En el Mapa 5.4.1.3.8, se muestran las velocidades de flujo en la zona de estudio. Como se puede apreciar, las velocidades en la zona del humedal son del orden de los 0,56 m/s como máximo y de 0,07 m/s como mínimo.

En cuanto al río Limoncito, los valores máximos de profundidad se encuentran alrededor de los 4,25 m cerca del EBAIS de Los Cocos. Entre este punto y el Bar Chita se presentan problemas de desbordamiento sobre ambas márgenes del río. En dicha zona se presentan niveles de inundación que superan los 2,70 m de profundidad. Para los valores de velocidad de flujo, los máximos se encuentran cerca de 1,87 m/s y los mínimos alrededor de los 0,03 m/s, ver Mapa 5.4.1.3.8.

Cerca de la comunidad de Cieneguita, de acuerdo al modelado hidráulico, las profundidades máximas alcanzan valores del orden de los 4,89 m en el canal JAPDEVA. Con respecto a las velocidades de flujo, los valores máximos se encuentran alrededor de 0,98 m/s, mientras que los mínimos en el orden de los 0,03 m/s.

Para el canal Santa Rosa, las profundidades máximas que se alcanzan dentro del canal Santa Rosa durante las crecientes con 25 años de periodo de retorno son de 6,53 m (cerca de la desembocadura al río Banano), mientras que las mínimas en 0,17 m. Las velocidades máximas se encuentran cerca de 3,16 m/s, mientras que las mínimas a 0,05 m/s.



Mapa 5.4.1.3.7 Profundidad en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 25 años

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

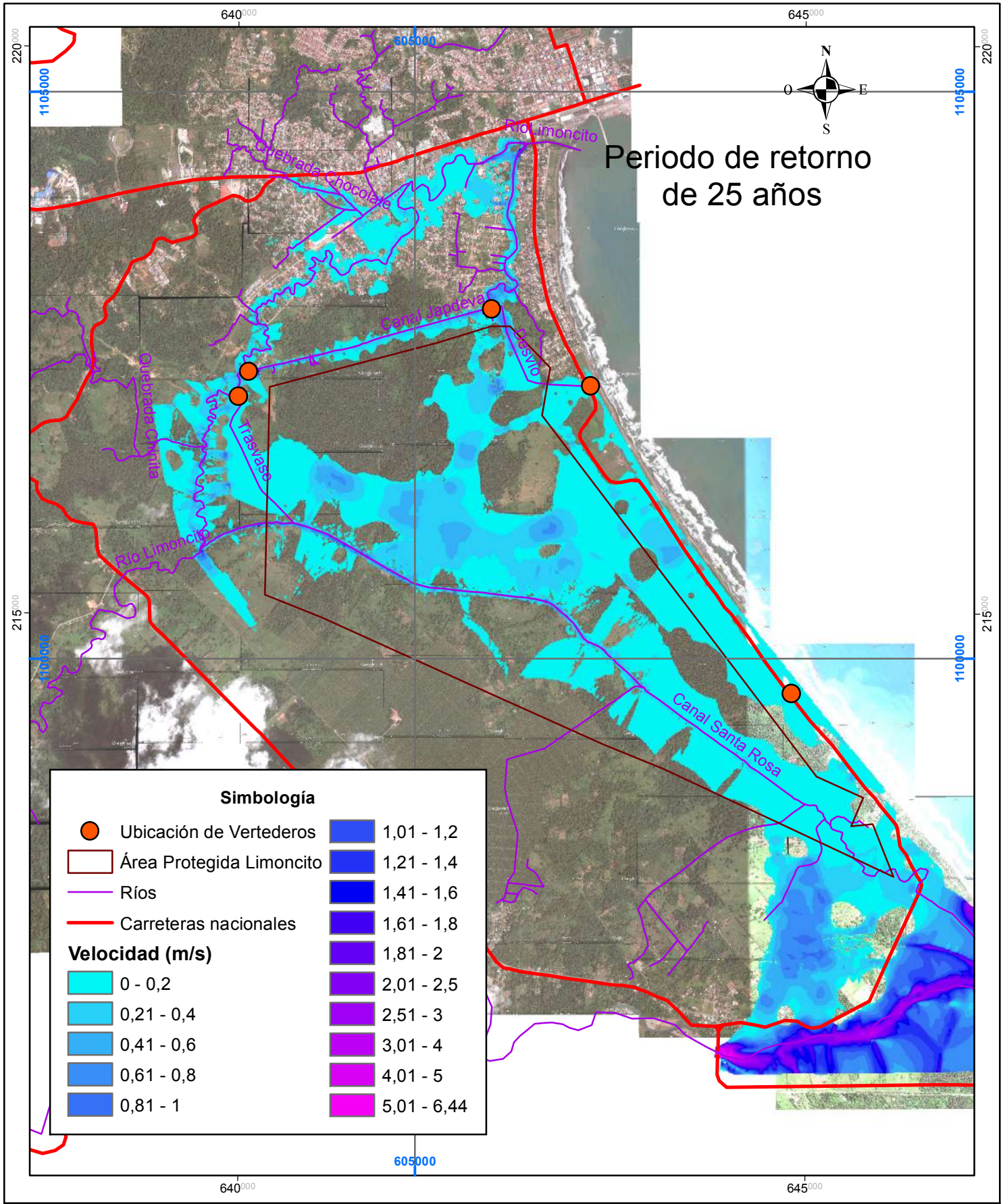
825 412,5 0 825 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:45.000

Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.8 Velocidad del agua en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 25 años

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	830 415 0 830 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:45.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

Resultados del modelado hidráulico para las crecientes con 50 años de periodo de retorno

Al igual que para la creciente con 10 y 25 años de periodo de retorno, a las 24 horas se presenta la mayor inundación en la planicie del río Limoncito.

Como se puede apreciar del Mapa 5.4.1.3.9, el comportamiento general de la inundación sigue el mismo patrón que el mostrado para las crecientes con 10 y 25 años de periodo de retorno.

Al igual que los resultados obtenidos para el caso anterior, en el punto donde se pretende ubicar la batería de alcantarillas norte el agua no alcanza a inundar dicho punto, esto se puede apreciar en el Mapa 5.4.1.3.9. No obstante, se acumula una cantidad importante de agua aguas arriba de la misma. Por lo que la construcción de dicha batería de alcantarillas ayudaría a evacuar dicha agua. Sin embargo, se debe de realizar cuidadosamente dicha evacuación con el fin de no dañar el ecosistema del humedal. Para esta creciente, se presenta una condición diferente a las anteriores, donde se puede ver que hay una cantidad de agua que bordea al Aeropuerto que llega al punto donde se ubicarían las alcantarillas. Esta cantidad de agua provocaría una reducción en la capacidad hidráulica de la batería de alcantarillas norte.

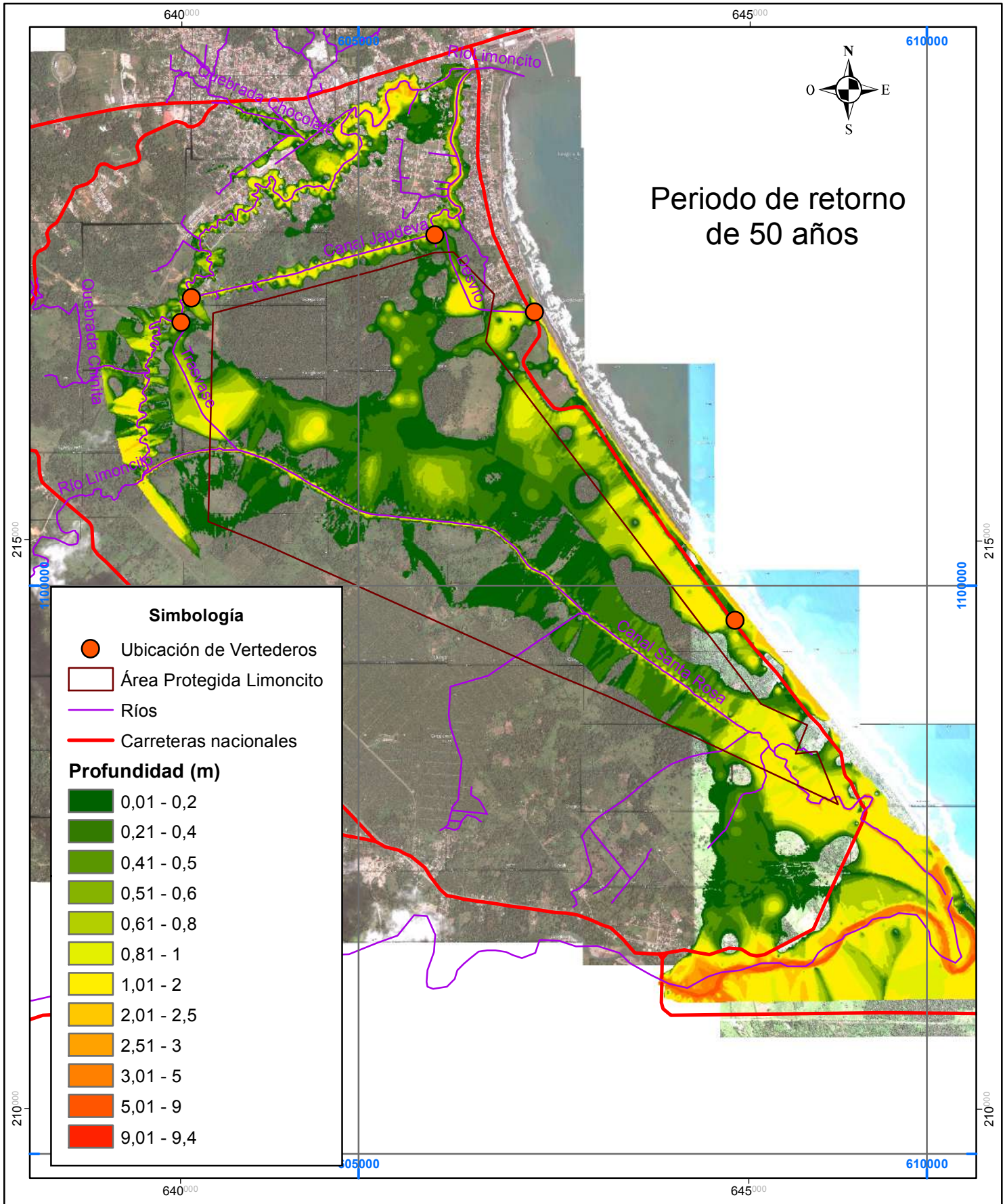
En el Mapa 5.4.1.3.9, se muestran los resultados de profundidades de flujo para la creciente. Para esta condición, se puede ver que las profundidades máximas alcanzadas por el agua dentro del humedal son del orden de 1,52 m, mientras que las profundidades mínimas alcanzan valores de 0,15 m.

En el Mapa 5.4.1.3.10, se muestran las velocidades de flujo en la zona de estudio. Como se puede apreciar, las velocidades en la zona del humedal son del orden de los 0,57 m/s como máximo y de 0,05 m/s como mínimo.

Los valores de profundidades máximas alcanzadas en el tramo del río Limoncito se presentan cerca del EBAIS de Los Cocos, de acuerdo al análisis realizado, alcanzando valores del orden de 4,63 m. Entre este punto y el Bar Chita se presentan problemas de desbordamiento sobre ambas márgenes del río. En dicha zona se presentan niveles de inundación que superan los 2,45 m de profundidad. Para los valores de velocidad de flujo, los máximos se encuentran cerca de 1,95 m/s y los mínimos alrededor de los 0,05 m/s, ver Mapa 5.4.1.3.10.

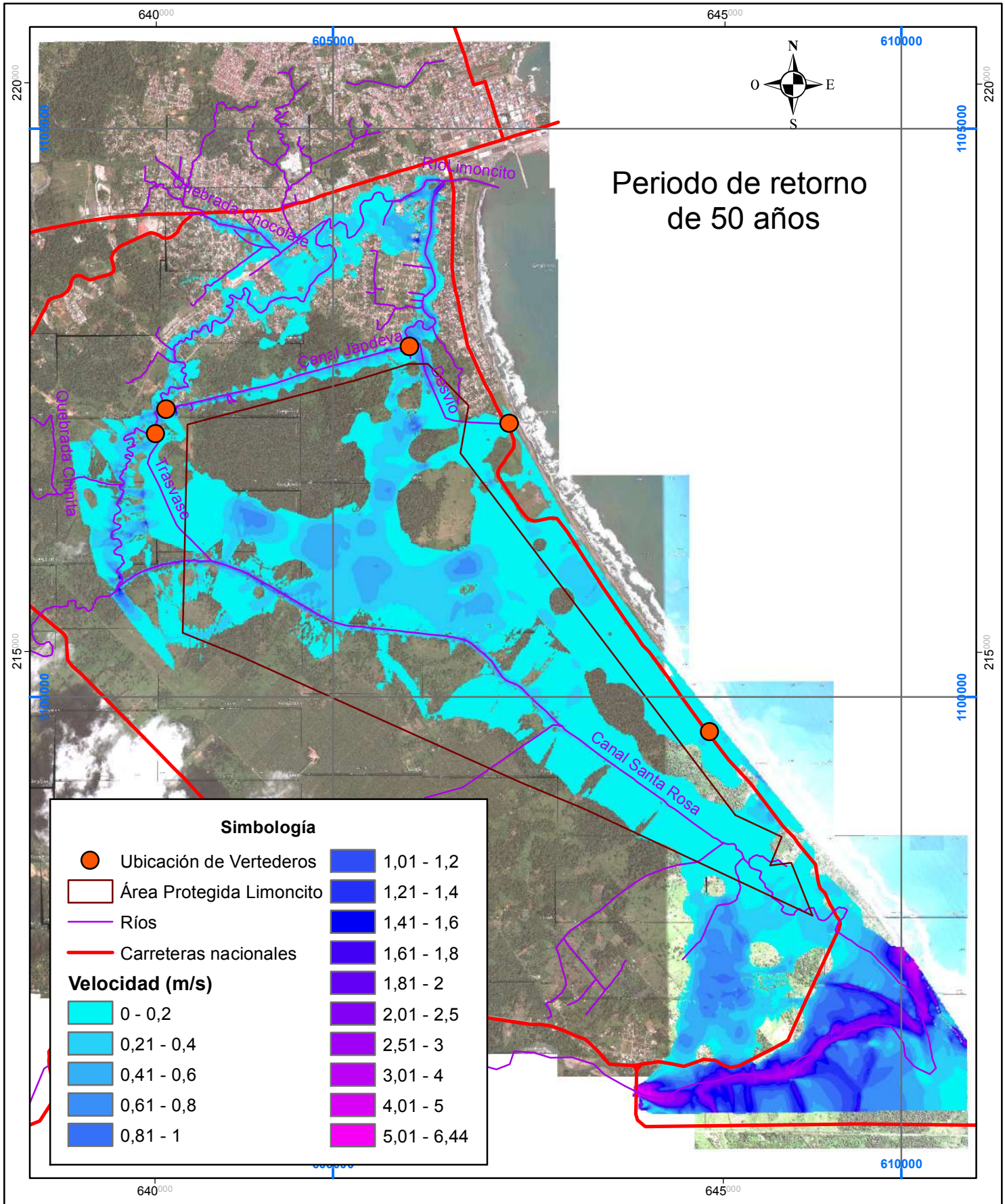
De acuerdo al modelado hidráulico, las mayores profundidades del agua en el canal JAPDEVA se presentan cerca de la comunidad de Cieneguita, dichos profundidades alcanzan valores del orden de los 4,90 m. Con respecto a las velocidades de flujo, los valores máximos se encuentran alrededor de 1,05 m/s, mientras que los mínimos en el orden de los 0,03 m/s.

Para el canal Santa Rosa, las profundidades máximas que se alcanzan dentro del canal Santa Rosa durante las crecientes con 50 años de periodo de retorno son de 5,89 m (cerca de la desembocadura al río Banano), mientras que las mínimas en 0,19 m. Las velocidades máximas se encuentran cerca de 3,50 m/s, mientras que las mínimas a 0,05 m/s.



Mapa 5.4.1.3.9 Profundidad en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 50 años

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	825 412,5 0 825 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:45.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013	ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



5.4.1.3.10 Velocidad del agua en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 50 años

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

825 412,5 0 825 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:45.000

Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

5.4.1.3.3 Zonas de inundación con las intervenciones planteadas en el proyecto

Debido a que hoy en día existe una amplia área que se inunda cuando se generan las tormentas asociadas a los distintos periodos de retorno, se plantearon intervenciones en los cauces del río Limoncito, quebrada Chocolate, quebrada Sin Nombre, canal Santa Rosa y canal Japdeva. Además se crearán dos nuevos canales, el primero tiene como fin disminuir el caudal que lleva el río Limoncito y trasladarlo al canal Santa Rosa, el otro al estará colocado al final del canal Japdeva y tiene como fin disminuir el caudal que llega al estero de Cieneguita para evitar que este se desborde. En el Mapa 5.4.1.3.11 se muestra el ancho del fondo con que quedará cada canal y cada río una vez realizadas las intervenciones, además se muestra la ubicación de otras estructuras adicionales que se construirían como lo son alcantarillas y vertederos (las estructuras que se construirán se muestran en la sección 2.4).

En el área urbana de la cuenca se ha dado una invasión de la zona de protección del cauce llegando inclusive a realizar construcciones a menos de cinco metros del borde del cauce. Debido a esto, en esta zona para poder ampliar la sección hidráulica se deberán realizar cortes verticales a los taludes por lo se debe colocar una estructura que estabilice los taludes del cauce, en estos casos se colocará una pantalla de tablestacas. En otros sectores de los cauces donde no existe la necesidad de colocar tablestacas pero tampoco hay suficiente espacio para lograr un talud 1 H: 1V (45 grados) se colocara una protección con bloques Armorflex, los cuales serán colocados con una pendiente 0.75H: 1V y en los sectores donde exista suficiente espacio para desarrollar un talud de cauce a 45 grados éste se dejara sin protección. En el mapa 5.4.1.3.12 se muestra la distribución de los materiales para proteger los taludes a lo largo de los diferentes cauces, los cauces que no se muestran y que serán intervenidos quedaran con un ángulode inclinación del sus taludes de 45 grados.

5.4.1.3.3.1 Creación de modelo de elevación digital del proyecto

Para crear el MED de la parte baja del río Limoncito con los cambios que se realizarán en el proyecto se tomó como base el modelo de elevación creado del escenario actual y se le realizaron las modificaciones a los cauces con base en las intervenciones planteadas en el proyecto.

Limitaciones del modelo de elevación digital.

El modelo de elevación digital en el área fuera de los cauces posee las mismas limitaciones que el modelo de la condición actual, pues éste se tomó como base. Además a continuación se presentan las limitaciones propias del nuevo MED.

1. En las secciones donde se utilizarán tablestacas el modelo no tiene un corte de vertical pues los archivos "raster" no permiten realizar una superficie con tal inclinación. La inclinación de 90 grados fue sustituida por una inclinación de 88,5 grados.

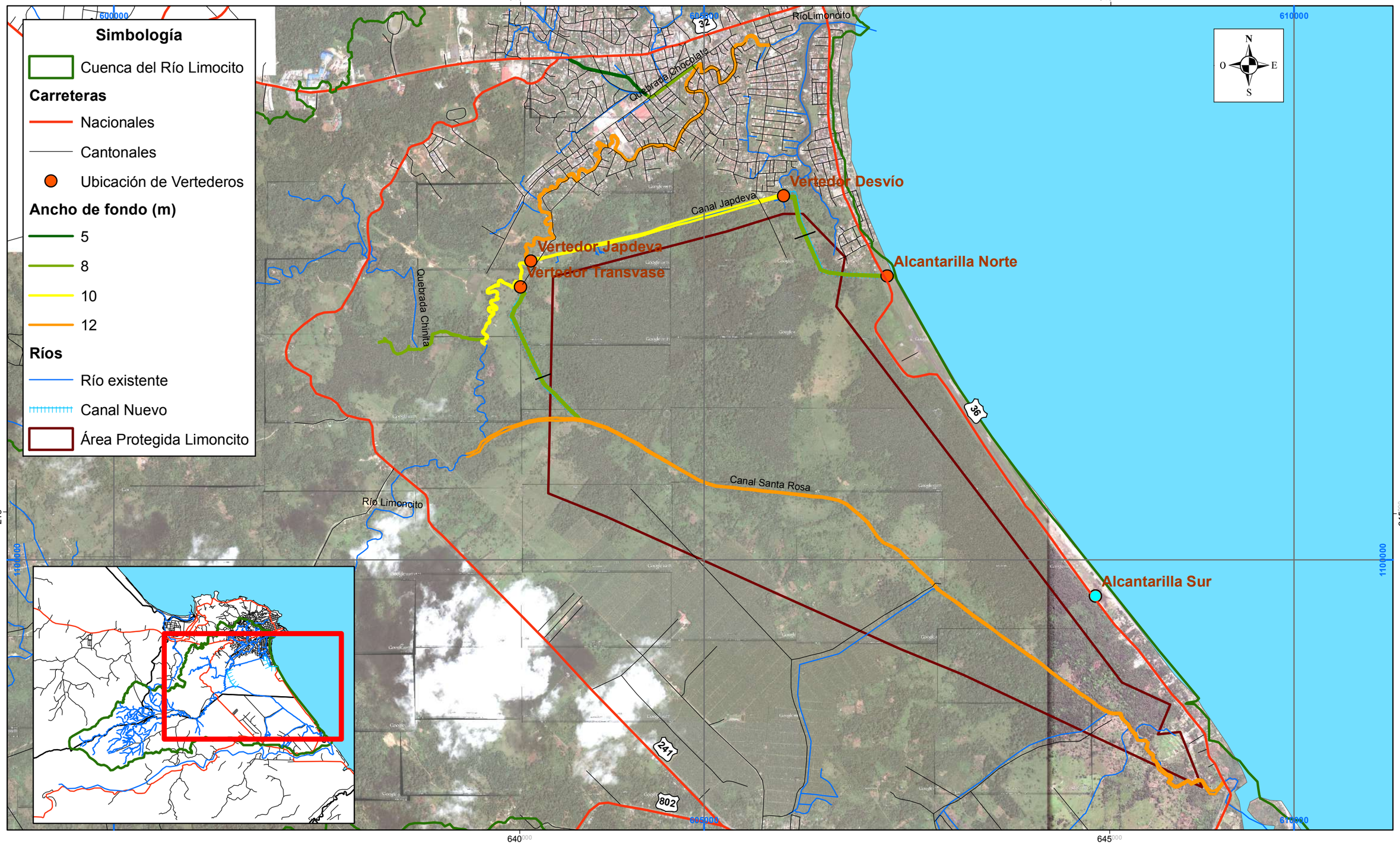
2. El vertedor que tiene alcantarillas circulares debió ser modelado como una alcantarilla cuadrada para luego incluir ciertas restricciones al hacer el tránsito y obtener las áreas de inundación.

Supuestos de MED

Además para realizar el MED se consideró que los tramos de cauce que se rectificarán en el canal Santa Rosa no serán rellenados por lo que seguirán funcionando como cauce alterno. Esto se observa en el Mapa 5.4.1.3.13.

El MED supone que los puentes que se construirán no obstaculizarán el cauce, pues en la actualidad no se cuenta con los planos de los puentes para saber si estos introducirán alguna interrupción al flujo.

El modelo de elevación digital con las estructuras planteadas en el proyecto se muestra en el Mapa 5.4.1.3.14



Mapa 5.4.1.3.11. Ancho del fondo de los distintos caues despues de realizar la intervención

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

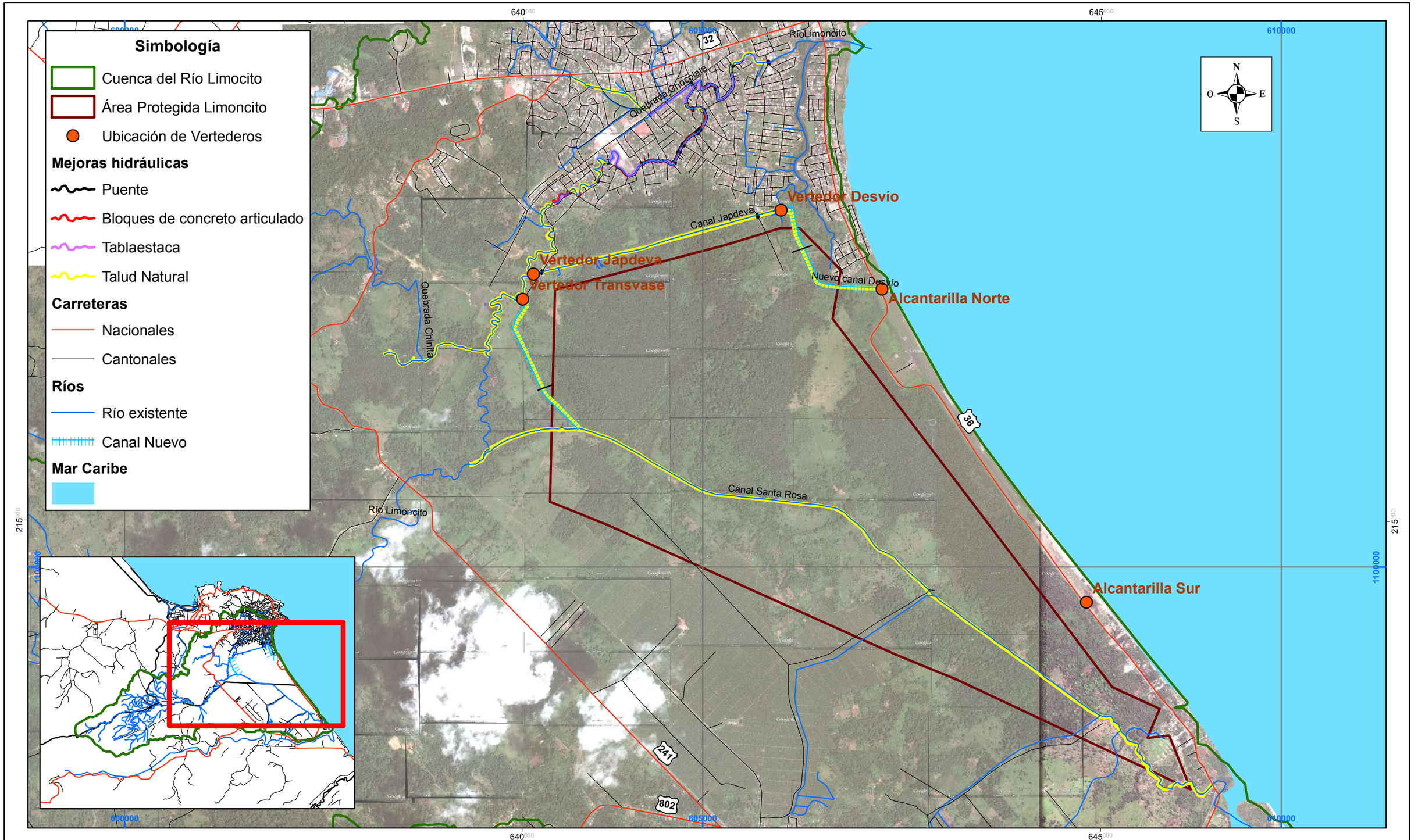
0,5 0,25 0 0,5 1 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:30.000

Fuente:
-Google Earth (2010)
-SENARA (2013)
-ProDUS (2013)

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.12. Material que se colocará para estabilizar los taludes del cauce.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

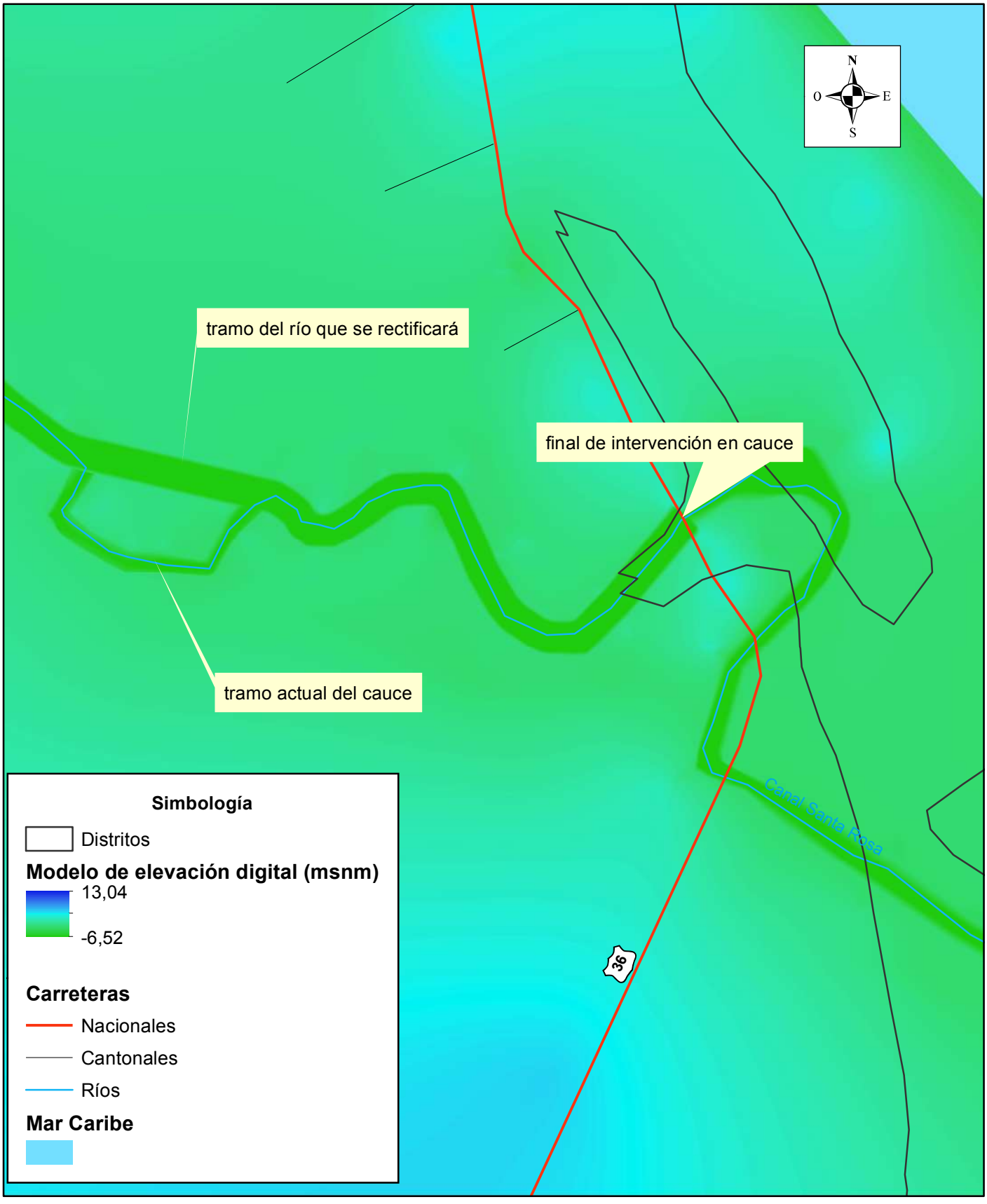
0,5 0,25 0 0,5 1 Kilómetros

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala:
1:30.000

Fuente:
-Google Earth (2010)
-SENARA (2013)
-ProDUS (2013)

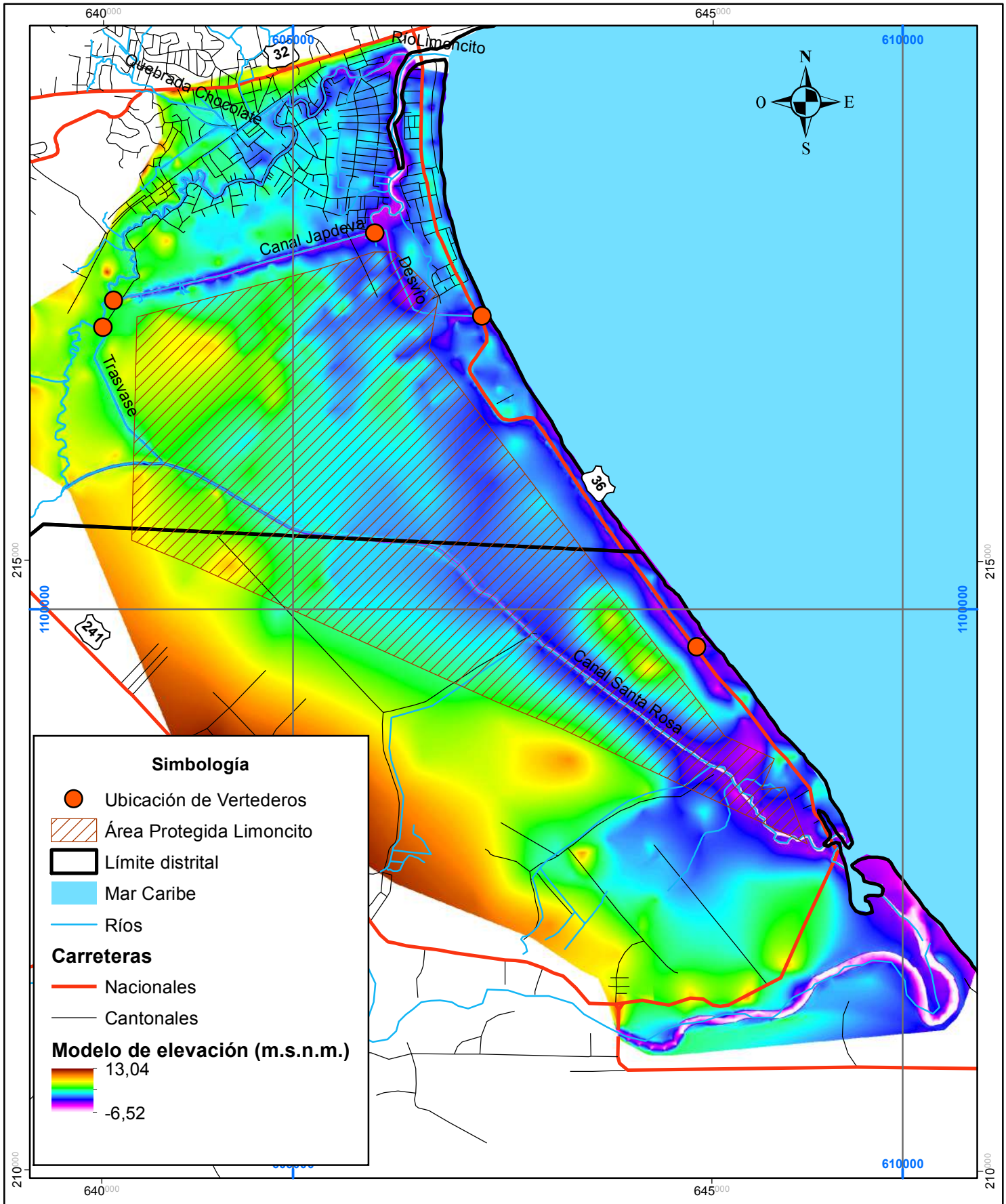
ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.13. Tramo de canal Santa Rosa donde se rectificará el alineamiento del cauce

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	75 37,5 0 75 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:3.932	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; BID - Catastro, ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.14. Modelo de elevación digital de la cuenca baja del río Limoncito con las mejoras planteadas

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	770 385 0 770 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:42.000	Fuentes: SENARA, 2013, Google Earth 2013; BID - Catastro, ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

5.4.1.3.3.2 Análisis hidráulico de las obras propuestas

Con el fin de evaluar el efecto de las obras propuestas sobre la escorrentía superficial se modificó el modelo de elevación digital original introduciendo las estructuras. Con este nuevo modelo de elevación digital se procedió a correr nuevamente el modelo para las crecientes anteriormente descrita y para las suposiciones mencionadas en el apartado del modelo hidráulico.

Como se mencionó en el análisis hidráulico, el punto donde se ubicará la batería de alcantarillas norte, se acumula una cantidad importante de agua. Dicha agua actualmente es evacuada por el canal JAPDEVA, debido a que la carretera hacia el Aeropuerto funciona como dique. Al contar con la batería de alcantarillas norte, esta agua sería evacuada por dicho sistema. Esto podría tener un impacto negativo sobre el humedal, debido a que el tiempo que el agua permanece en el humedal (estimado en 40 horas) podría disminuir. Inclusive podría llegar a secar parte del humedal, es por esta razón, que se han calculado nuevamente las condiciones de flujo para esta nueva condición topográfica e hidráulica.

En el Mapa 5.4.1.3.14, se muestra el modelo de elevación digital modificado con el que se analizará las condiciones de flujo para las crecientes anteriormente mencionadas y con esto verificar el impacto real de las estructuras propuestas.

A continuación se describen los principales resultados del modelado hidráulico con las obras propuestas por SENARA.

Resultados del modelado hidráulico con las obras propuestas para la creciente con 10 años de periodo de retorno

En el Mapa 5.4.1.3.15 se muestra el mapa de profundidades del agua sobre la planicie del río Limoncito para la creciente con 10 años de periodo de retorno incluyendo los efectos de las obras propuestas. Es importante mencionar que corresponde al momento donde se presenta la mayor inundación en la planicie, el cuál corresponde a la hora 24 después de que inició la creciente.

Para esta condición se estimó que el aumento en la capacidad de los cauces y las obras de drenaje propuestas disminuyen en términos generales la magnitud del área y las profundidades de flujo en la zona. Asimismo, disminuyen el tiempo en que dicha zona pasa inundada, reduciendo el tiempo en 33 horas, aproximadamente, en la zona del humedal.

Como se puede apreciar del mapa, en el punto del puente del ferrocarril (quebrada Chocolate) el patrón de la escorrentía cambia sensiblemente. En este punto, siempre se presentan desbordamiento de la quebrada Chocolate. Sin embargo, el desbordamiento se presenta principalmente sobre la margen derecha de la quebrada. Adicionalmente, el agua que, debido a que el cambio de dirección del flujo en la quebrada Chocolate es prácticamente a 90° e inundaba la zona que se encuentra entre la quebrada Chocolate y el río Limoncito, debido al aumento en la capacidad de la quebrada no se presentan inundación en dicha zona.

En el tramo del río Limoncito aguas arriba del bar Chita, debido al aumenta de capacidad del mismo, las profundidades de inundación disminuyen. Para este tramo, el área afectada por el desbordamiento es menor que bajo la condición actual, llegando inclusive a no darse desbordamiento en ciertos puntos. Para el tramo aguas arriba de la confluencia con la quebrada Chocolate, las profundidades máximas que se presentan dentro del cauce del río Limoncito son del orden de los 2 m.

Aguas arriba de la confluencia de la quebrada Chocolate y el río Limoncito, se presentan inundaciones con valores cercanos a los 0,50 m, mientras que en la condición topográfica original, dichos valores alcanzaban los 0,6 m. Igualmente, aguas abajo de este punto y hasta el EBAIS de la comunidad de Los Cocos, se presenta desbordamiento sobre la margen derecha del río Limoncito y su comportamiento es similar a la condición actual. Sin embargo, las profundidades de flujo son menores que las estimadas anteriormente, para esta condición las profundidades alcanzadas sobre la margen derecha se encuentran en valores cercanos a los 0,85 m. Anteriormente, las profundidades alcanzadas por el agua para la condición actual alcanzaban valores de 1,50 m.

Aguas abajo del puente ubicado en la comunidad de Los Cocos, para la ampliación del cauce del río Limoncito, este no presenta problemas de desbordamiento y tendría suficiente capacidad hidráulica para transportar el caudal.

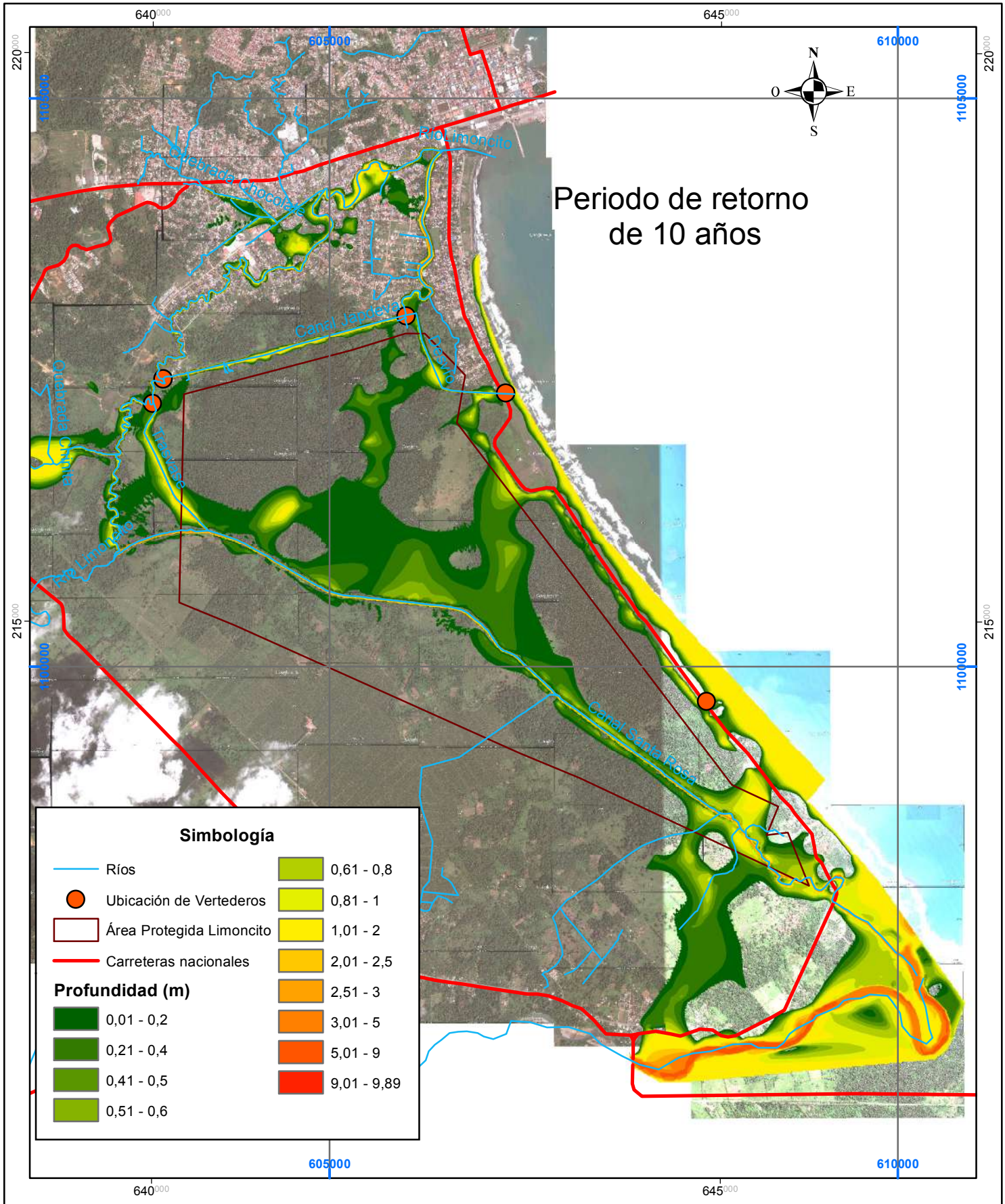
Al Sur de Barrio San Luis (sobre la margen derecha del canal JAPDEVA), en la zona donde se almacenaba gran cantidad de agua que posteriormente era evacuada por el canal JAPDEVA, se puede apreciar que, debido a la presencia de las alcantarillas norte, el área inundada disminuye considerablemente. Este efecto no es sólo en cuanto a área,

sino también en cuanto a magnitud de la inundación. Debido a que inicialmente el área afecta era alrededor de 56,4 hectáreas, y con la batería de alcantarillas norte se reduce a 36,7 hectáreas, aproximadamente. Asimismo, como se mencionó anteriormente, también la magnitud de las profundidades disminuye, pasando de profundidades del orden de los 1,10 m a los 0,60 m. Este efecto deberá ser tomado en cuenta en los cambios en el humedal en la zona en mención.

El efecto que se presenta debido a las alcantarillas sur es la disminución de la zona inundada en la región ubicada al Norte de dicho punto. Al igual que en la zona cercana a Barrio San Luis, la zona inundada disminuye en área y en magnitud de la profundidad de flujo. Las profundidades de flujo alcanzadas son del orden de 0,77 m.

Con relación al canal Santa Rosa, como era de esperar, el desbordamiento es menor que el obtenido con la información topográfica original. Sin embargo, siempre se presenta desbordamiento sobre ambas márgenes del canal. Para el canal transvase que se propone, dicho canal no presenta suficiente capacidad hidráulica para evacuar el caudal producido por la creciente con 10 años de periodo de retorno. Como se puede apreciar, se presentan desbordamiento sobre ambas márgenes del mismo. Sin embargo, dicho desbordamiento es menor que el que en la actualidad se presenta en dicha zona. Las profundidades máximas en dicho canal se encuentran en el orden de los 2,25 m. El ancho superficial del flujo en la parte que presenta el mayor desbordamiento es de, aproximadamente, 285 m, este dato contrasta con el ancho que presentaba sin la mejora, el cual se encontraba en 684 m, aproximadamente.

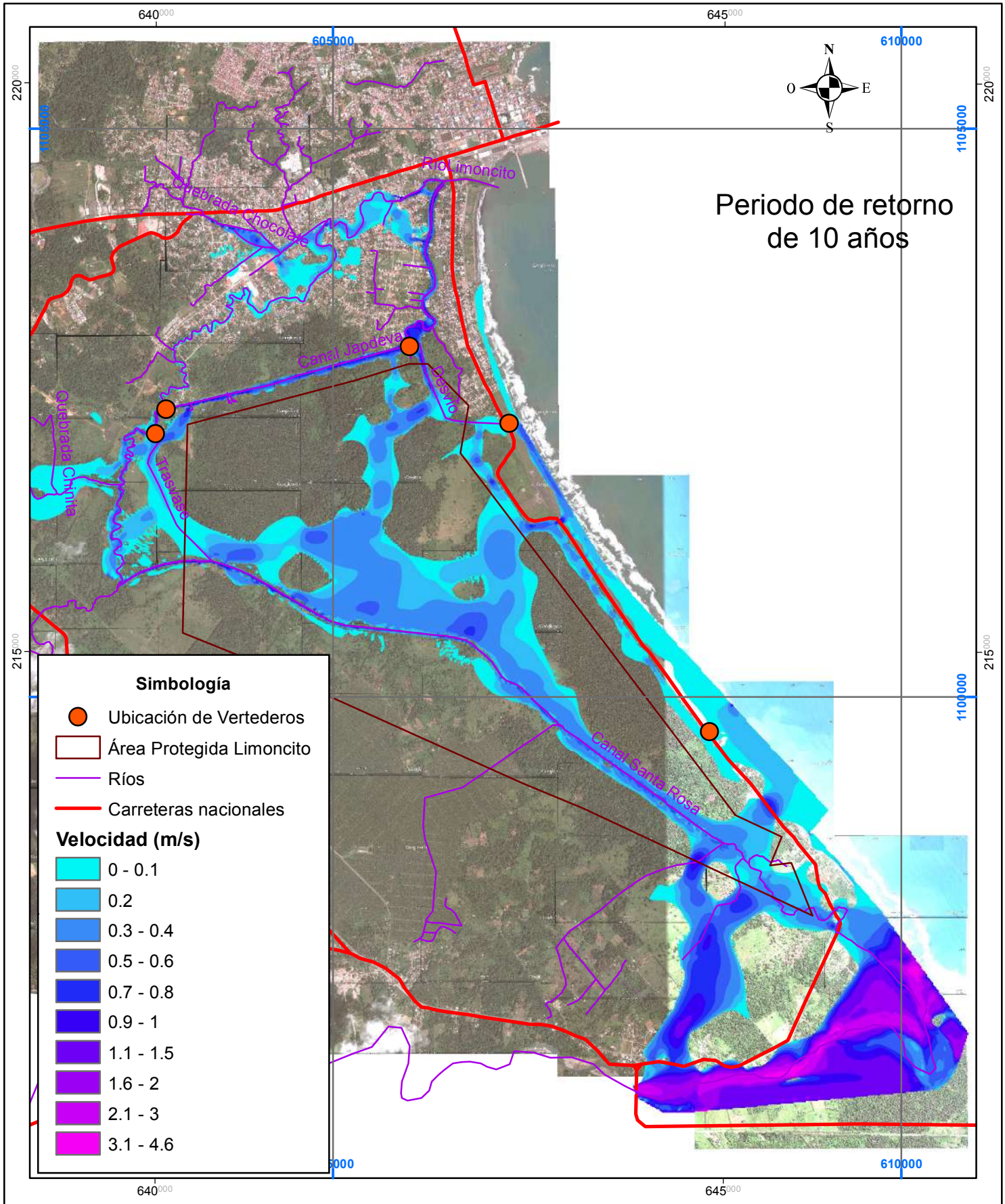
En la Mapa 5.4.1.3.16 se presentan los valores de velocidad de flujo obtenidos para el mismo instante de tiempo y condiciones hidráulicas. Como se puede apreciar, la magnitud de las velocidades con las obras y sin ellas no cambia de manera significativa. Las velocidades máximas se encuentran en el orden de los 0,90 m/s para la quebrada Chocolate, de 0,73 m/s para el río Limoncito, de 1,45 m/s para el canal JAPDEVA y de 0,90 m/s para el canal Santa Rosa. En la zona del humedal las velocidades máximas se encuentran alrededor de los 0,45 m/s y las mínimas en 0,05 m/s.



Mapa 5.4.1.3.15. Profundidad en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 10 años, después intervenir los cauces

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	825 412,5 0 825 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:45.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.16. Velocidad del agua en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 10 años, después de intervención en cauces

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

825 412,5 0 825 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:45.000

Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

Resultados del modelado hidráulico con las obras propuestas para la creciente con 25 años de periodo de retorno

En el Mapa 5.4.1.3.17 y Mapa 5.4.1.3.18 se muestran los mapas de profundidades y velocidades de flujo con las obras propuestas para la creciente con 25 años de periodo de retorno.

Como se puede apreciar, los resultados no difieren mucho de los obtenidos para la creciente con 10 años de periodo de retorno. Lo que varía con dichos cambios son las magnitudes alcanzadas por el flujo.

En la zona de Limón se puede apreciar que el río Limoncito inunda la zona del Salón Parroquial de Limón, sobre margen derecha del río. En dicha zona el agua alcanza una profundidad de 0,29 m con una velocidad de 0,01 m/s. Asimismo, parte de la zona que se encuentra entre la quebrada Chocolate y el río Limoncito (aguas arriba de su confluencia) se ve afectada por el desbordamiento del río. En dicha zona se alcanzan profundidades de flujo de 0,68 m como máximas y de 0,07 m como mínimas. Las velocidades de flujo en dicha zona se encuentran entre los 0,34 m/s y los 0,07 m/s.

Aguas abajo de la confluencia del río Limoncito y la quebrada Chocolate (donde se ubica el bar Chita) hasta el puente de la comunidad de Los Cocos, se presenta desbordamiento del río Limoncito sobre ambas márgenes. La profundidad del agua desbordada alcanza valores del orden de 0,80 m sobre la margen derecha y de 0,24 m sobre margen izquierda. La profundidad máxima alcanza por el agua dentro del cauce del río Limoncito en este tramo es de 3,42 m, con una velocidad máxima de 0,57 m/s justamente aguas arriba del puente de la comunidad de Los Cocos.

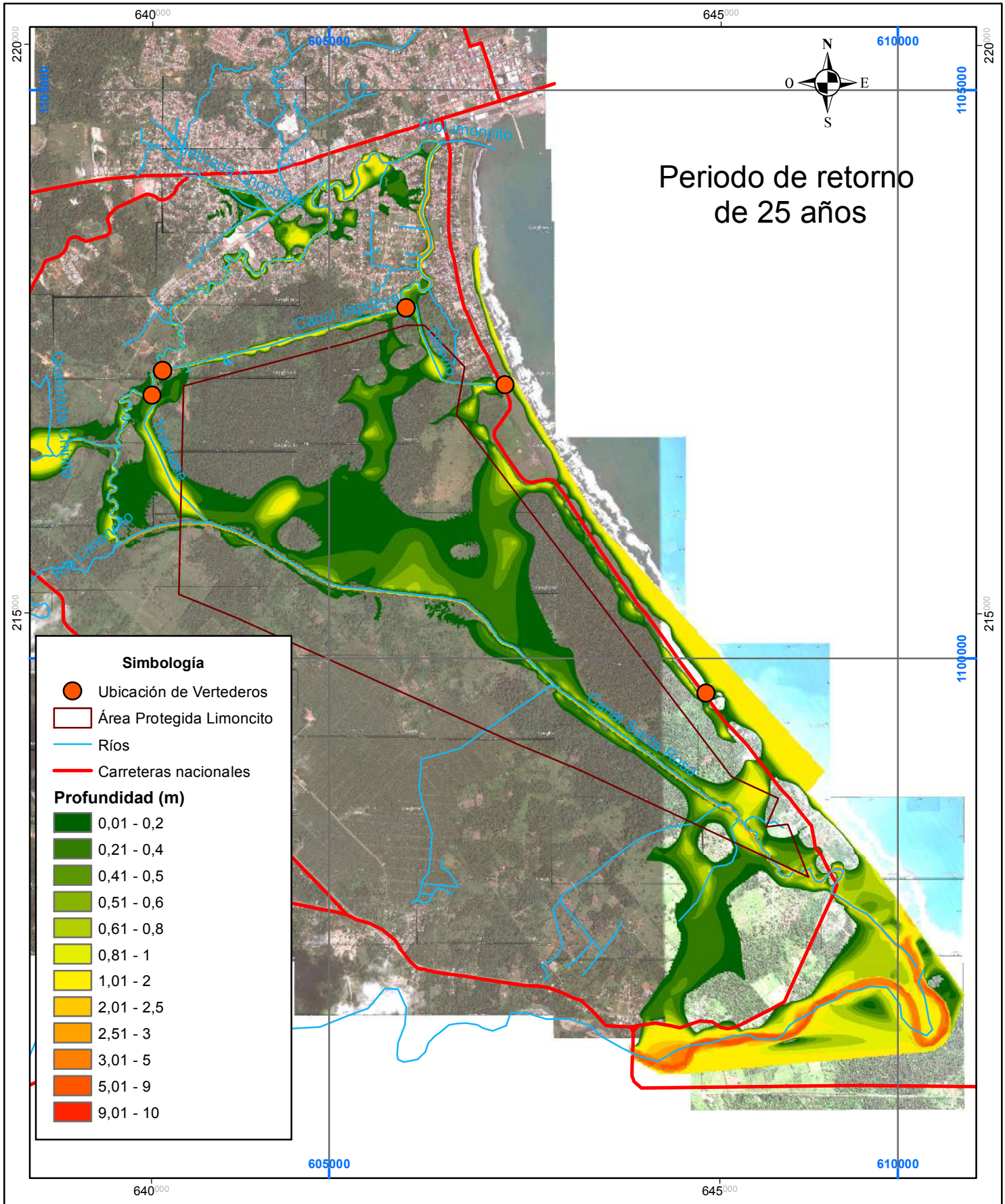
Aguas abajo del puente de la comunidad de Los Cocos no se presentan desbordamiento en el río Limoncito. Las profundidades máximas alcanzadas por el agua son del orden de los 2,50 m con velocidades que alcanzan valores de 0,69 m/s.

En cuanto al canal JAPDEVA, el aumento de capacidad produce que no se presenten inundaciones del mismo desde el inicio hasta la comunidad de Barrio San Luis. En este punto, se presenta desbordamiento sobre margen derecha del canal. Como se mencionó anteriormente e igual que para los resultados de la creciente con 10 años de periodo de retorno, en esta zona la magnitud de la inundación es menor que la presentada sin obras de drenaje.

En el canal de transvase se presentan desbordamientos sobre ambas márgenes, al igual que para la creciente con 10 años de periodo de retorno. Para este canal, las profundidades alcanzadas por el agua son del orden de los 2,44 m dentro del cauce y de 0,76 sobre las márgenes, con velocidades que alcanzan valores de 0,01 m/s en ambos puntos.

Para el canal Santa Rosa, el agua se desborda por ambas márgenes. Para esta condición de aumento en la sección hidráulica del canal, las profundidades alcanzadas por el agua son de 3,34 m con velocidades máximas del orden de los 0,65 m/s.

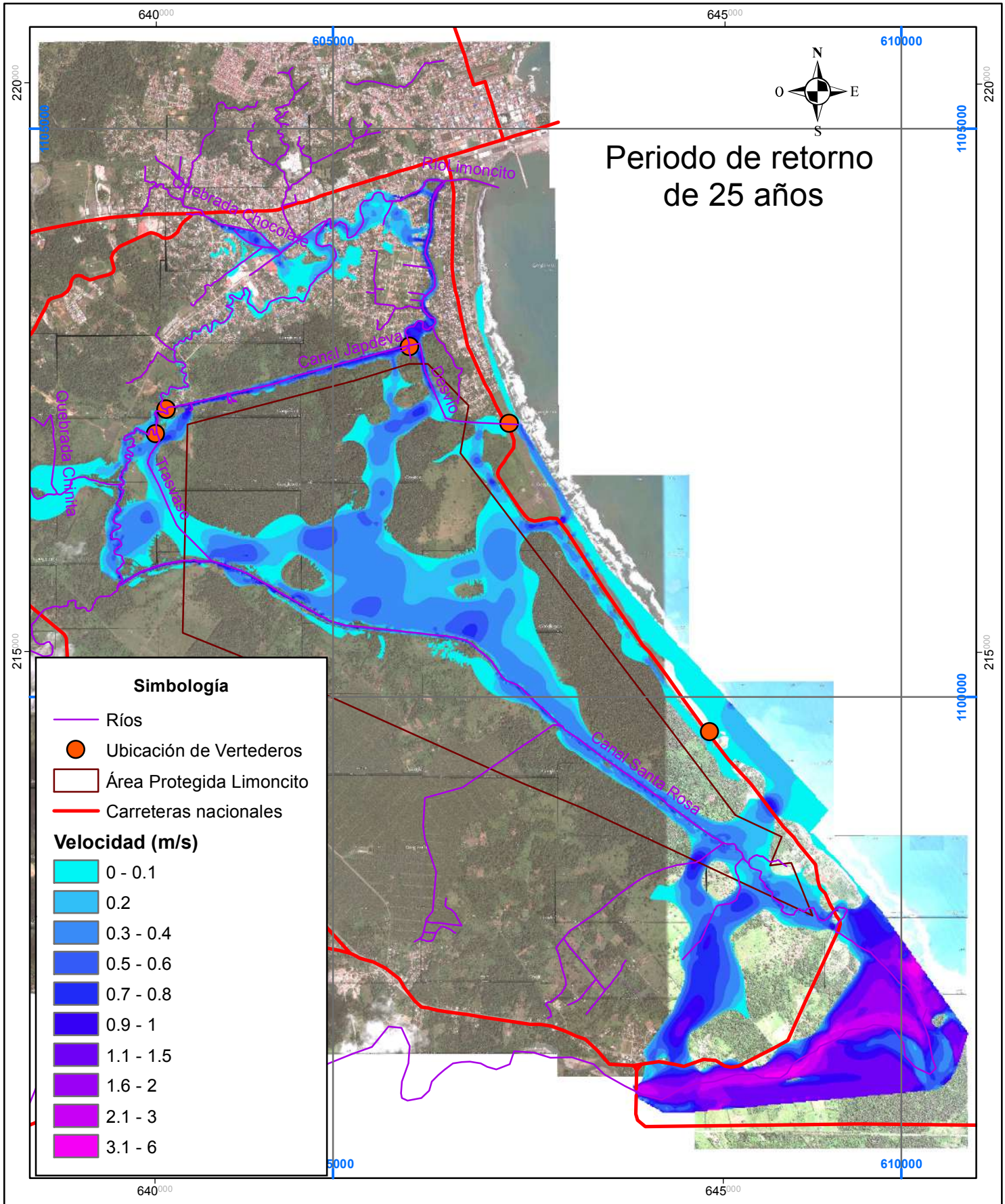
En la zona del humedal las profundidades máximas son del orden de los 0,67 m y las mínimas de 0,10 m, con velocidades máximas que alcanzan valores de 0,62 m/s y mínimas de 0,14 m/s.



Mapa 5.4.1.3.17. Profundidad en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 25 años, después de intervenir los cauces

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	825 412,5 0 825 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:45.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.18. Velocidad del agua en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 25 años, después de intervención en cauces

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

825 412,5 0 825 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:45.000

Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

Resultados del modelado hidráulico con las obras propuestas para la creciente con 50 años de periodo de retorno

En el Mapa 5.4.1.3.19 y Mapa 5.4.1.3.20 se muestran los mapas de profundidades y velocidades de flujo con las obras propuestas para la creciente con 50 años de periodo de retorno.

Los resultados no difieren mucho de los obtenidos para las crecientes con 10 y 25 años de periodo de retorno.

En la zona de Limón se puede apreciar que el río Limoncito inunda la zona del Salón Parroquial de Limón, sobre margen derecha del río. En dicha zona el agua alcanza una profundidad de 0,38 m con una velocidad de 0,01 m/s. Para esta creciente, la zona que se encuentra entre la quebrada Chocolate y el río Limoncito (aguas arriba de su confluencia) se inunda. En dicha zona se alcanzan profundidades de flujo de 0,77 m como máximas y de 0,07 m como mínimas. Las velocidades de flujo en dicha zona se encuentran entre los 0,53 m/s y los 0,07 m/s.

Aguas abajo de la confluencia del río Limoncito y la quebrada Chocolate (donde se ubica el bar Chita) hasta el puente de la comunidad de Los Cocos, se presenta desbordamiento del río Limoncito sobre ambas márgenes. La profundidad del agua desbordada alcanza valores del orden de 1,00 m sobre la margen derecha y de 0,40 m sobre margen izquierda. La profundidad máxima alcanza por el agua dentro del cauce del río Limoncito en este tramo es de 3,44 m, con una velocidad máxima de 0,58 m/s justamente aguas arriba del puente de la comunidad de Los Cocos.

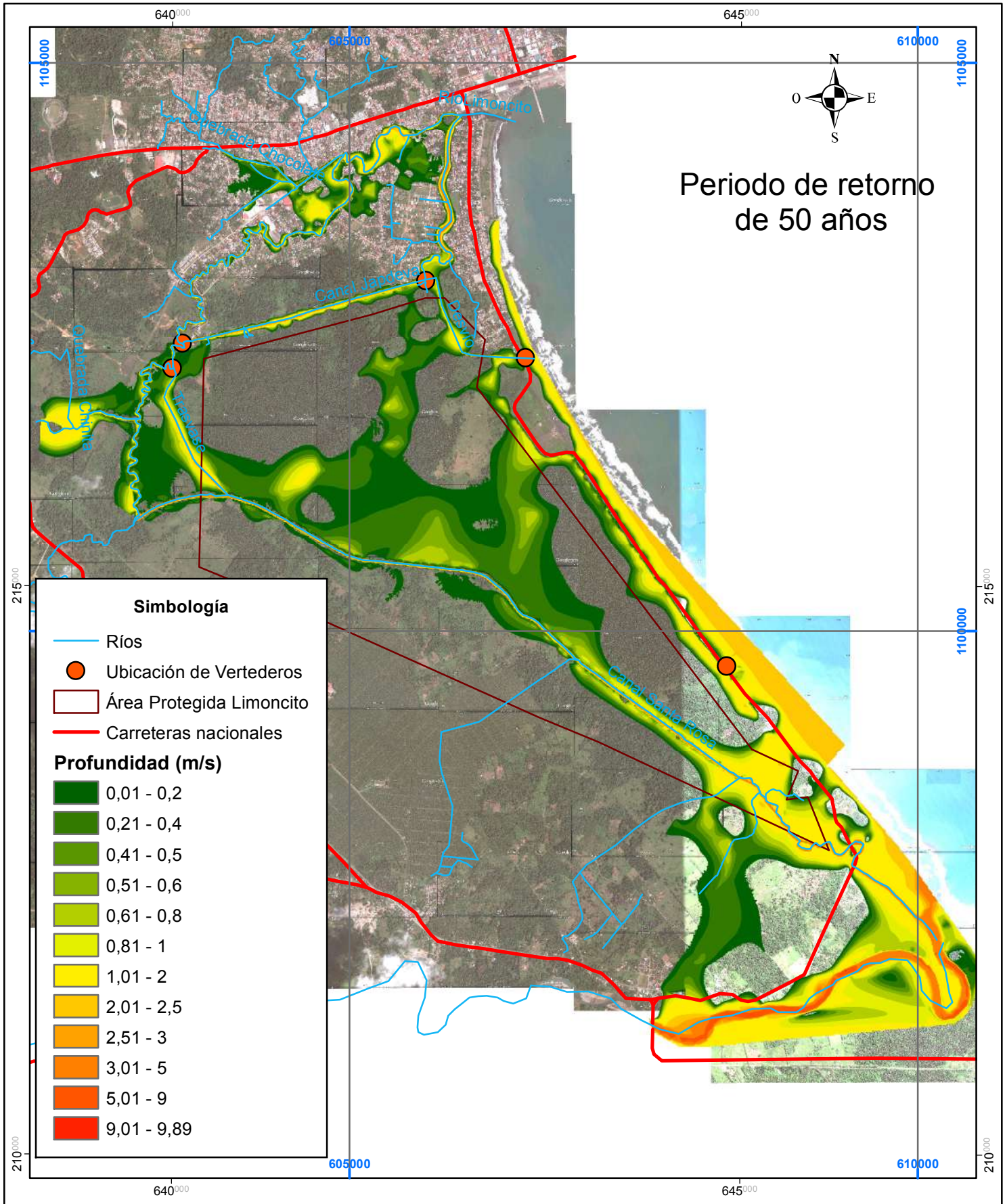
Aguas abajo del puente de la comunidad de Los Cocos se presentan desbordamiento en el río Limoncito sobre la margen derecha 230 m aguas abajo del puente, aproximadamente. La profundidad del agua sobre la margen es de 0,27 m con una velocidad de 0,24 m/s.

En cuanto al canal JAPDEVA, el aumento de capacidad produce que se presenten inundaciones del mismo desde el inicio hasta la comunidad de Barrio San Luis. Sin embargo, los desbordamientos que se presentan en este tramo son leves, no generando grandes áreas de inundación. En el sitio donde se ubica el Barrio San Luis, se presenta desbordamiento sobre margen derecha del canal. Como se mencionó anteriormente e igual que para los resultados de las crecientes con 10 y 25 años de periodo de retorno, en esta zona la magnitud de la inundación es menor que la presentada sin obras de drenaje. Las profundidades en dicha zona alcanzan valores de 1,48 m como máximo y de 0,22 m como mínimo. Las velocidades se encuentran entre los 0,85 m/s y 0,11 m/s, aproximadamente.

En el canal de transvase se presentan desbordamientos sobre ambas márgenes, al igual que para las crecientes con 10 y 25 años de periodo de retorno. Para este canal, las profundidades alcanzadas por el agua son del orden de los 2,45 m dentro del cauce y de 0,77 sobre las márgenes, con velocidades que alcanzan valores de 0,01 m/s en ambos puntos.

Para el canal Santa Rosa, el agua se desborda por ambas márgenes. Para esta condición de aumento en la sección hidráulica del canal, las profundidades alcanzadas por el agua son de 3,42 m con velocidades máximas del orden de los 0,70 m/s.

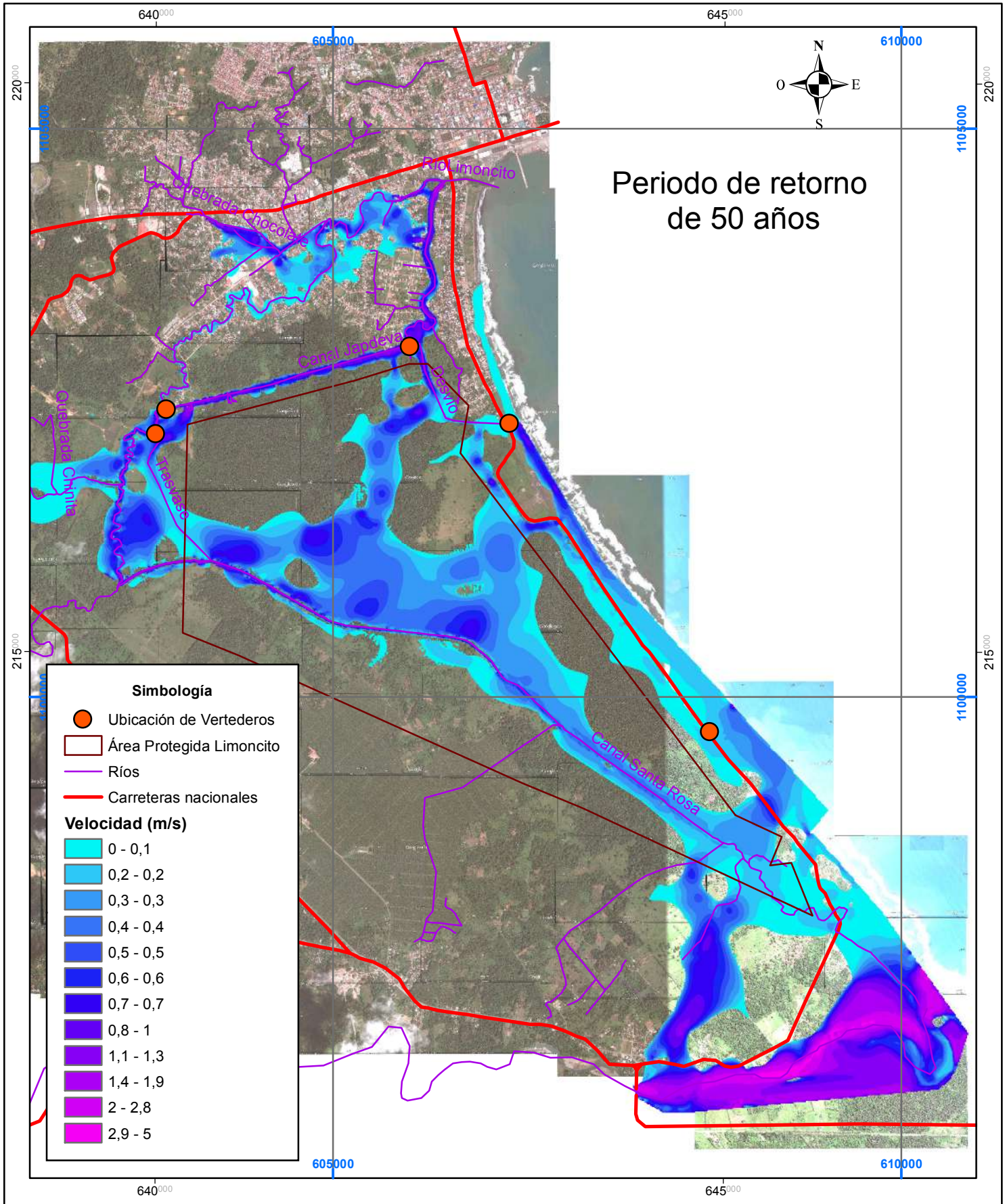
En la zona del humedal las profundidades máximas son del orden de los 0,91 m y las mínimas de 0,10 m, con velocidades máximas que alcanzan valores de 0,63 m/s y mínimas de 0,14 m/s.



Mapa 5.4.1.3.19. Profundidad en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 50 años, después de intervenir los cauces

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	825 412,5 0 825 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:45.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



5.4.1.3.20 Velocidad del agua en la zona de inundación de la cuenca baja del río Limoncito para un periodo de retorno de 50 años, después de intervenir los cauces

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

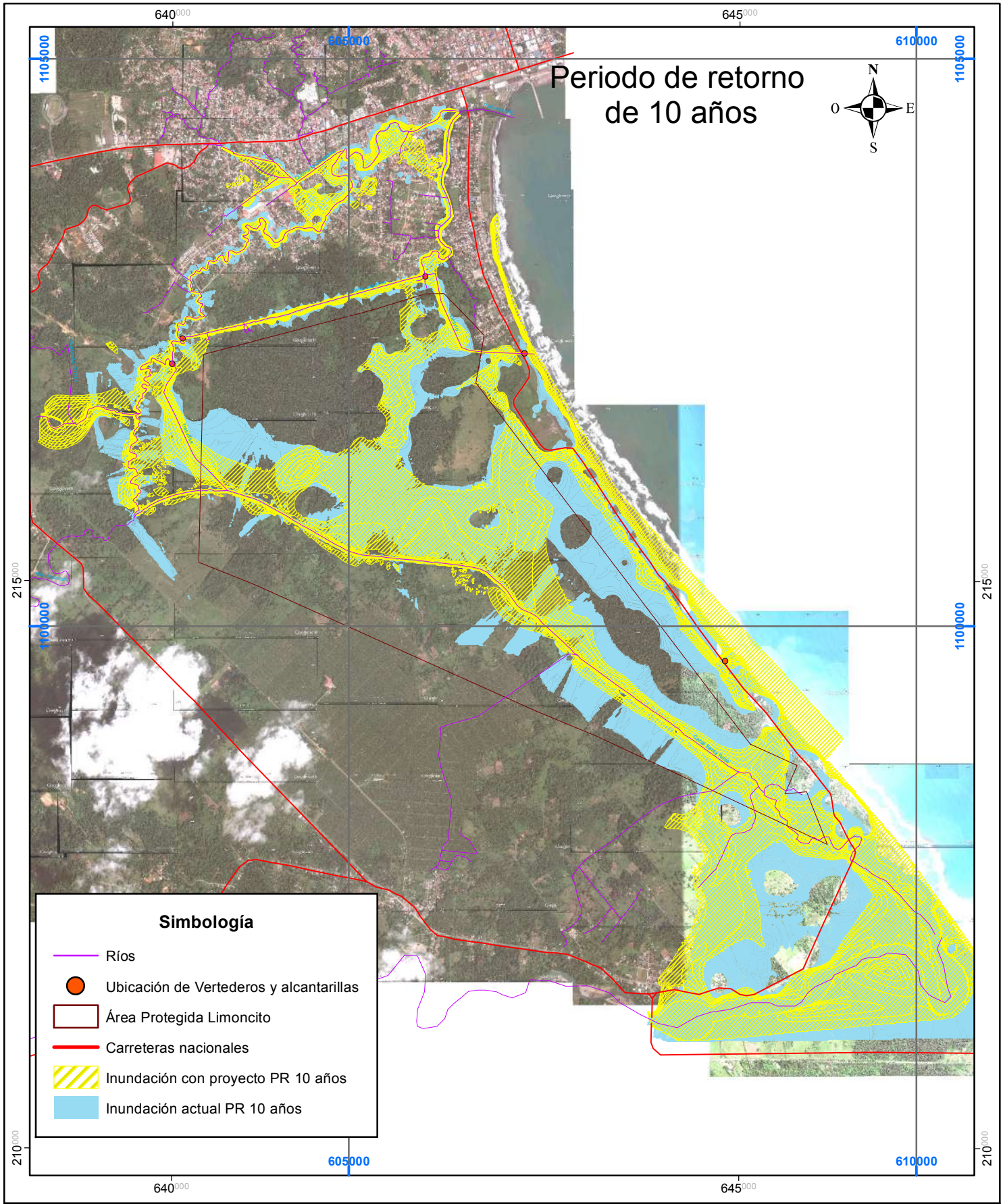
825 412,5 0 825 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:45.000

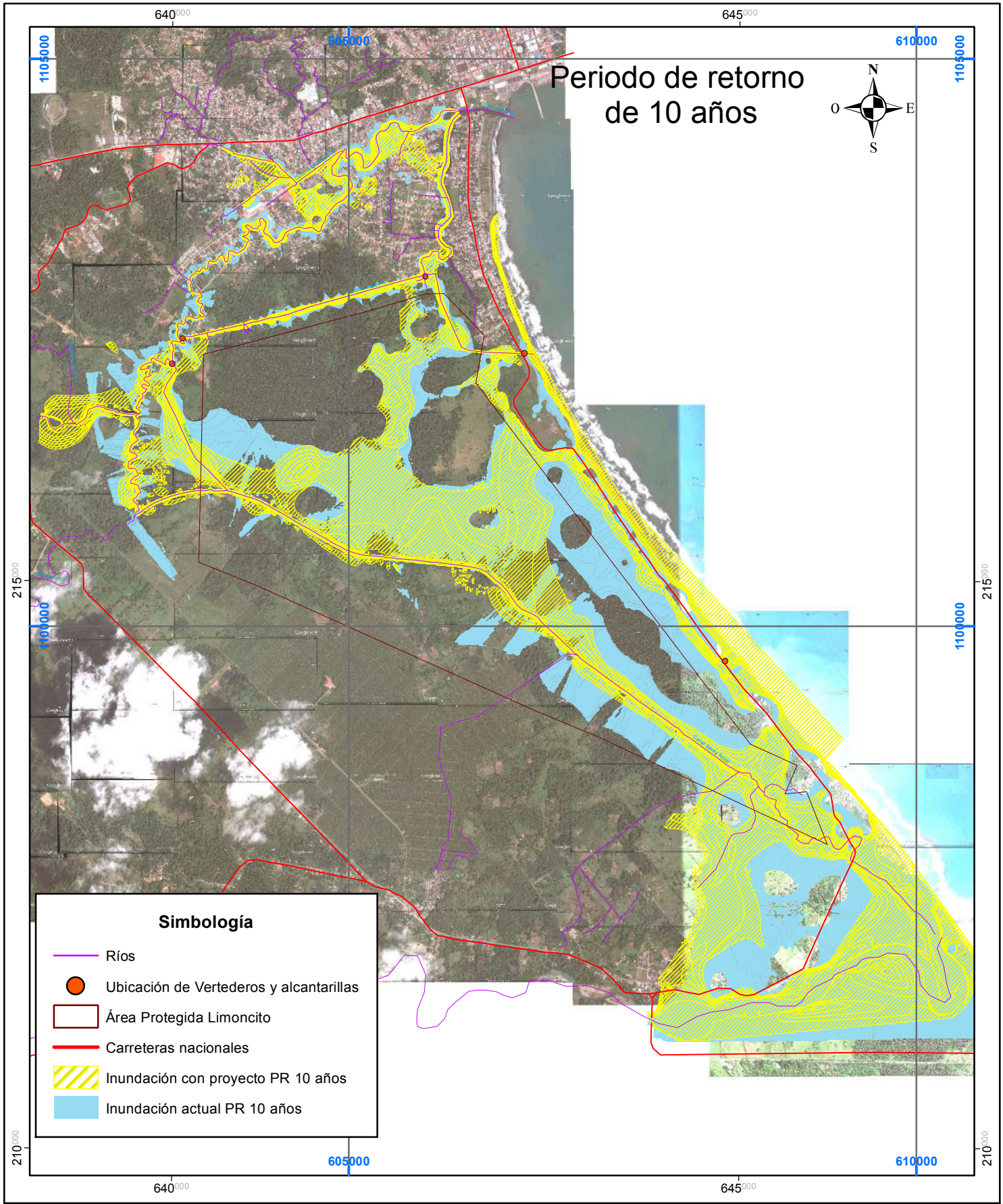
Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.21. Comparación entre áreas de inundación PR 10 años

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	830 415 0 830 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:45.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013	ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.22. Comparación entre áreas de inundación PR 10 años en la zona urbana

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

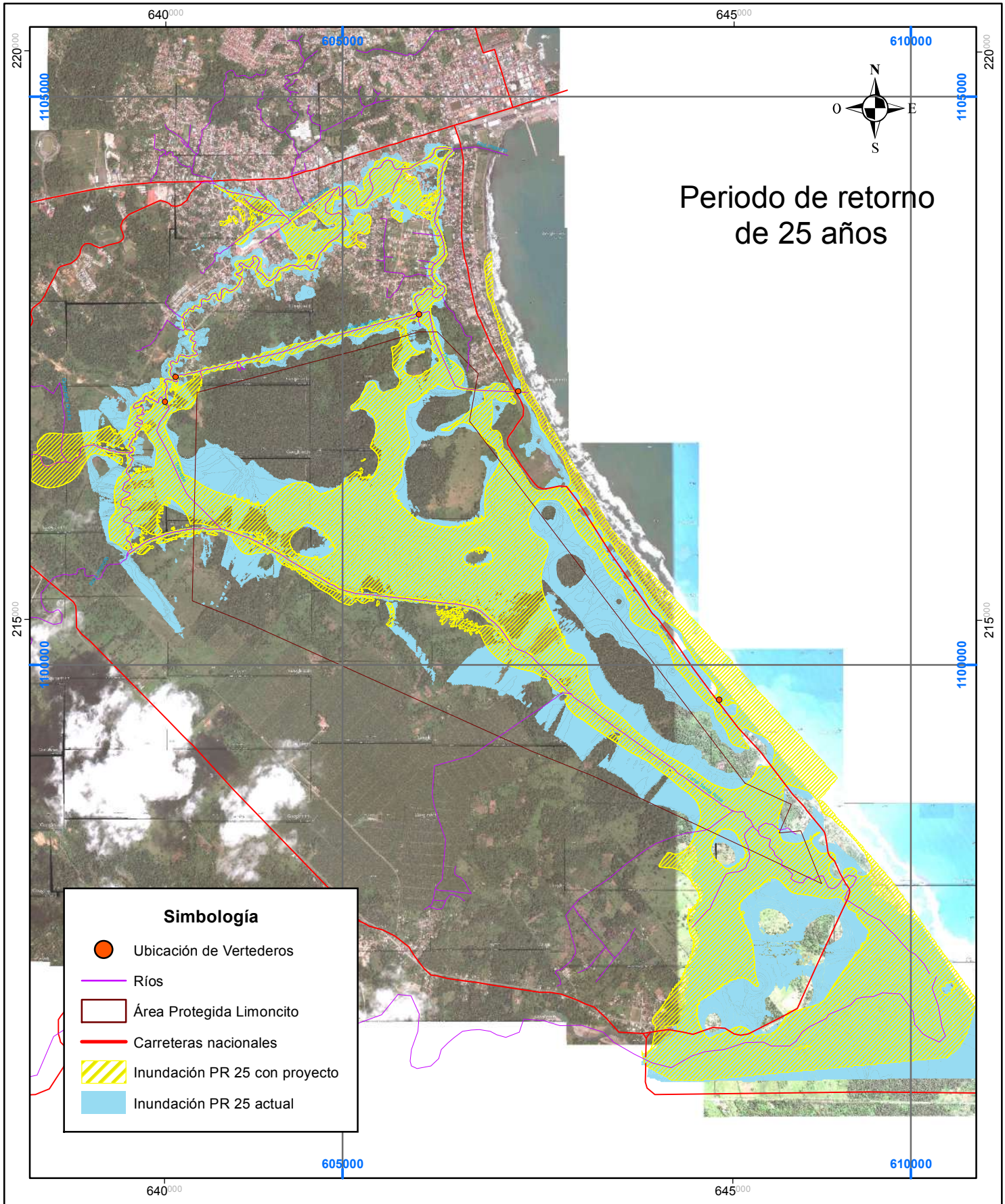
825 412,5 0 825 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:45.000

Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.1.3.23. Comparación entre áreas de inundación PR 25 años

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

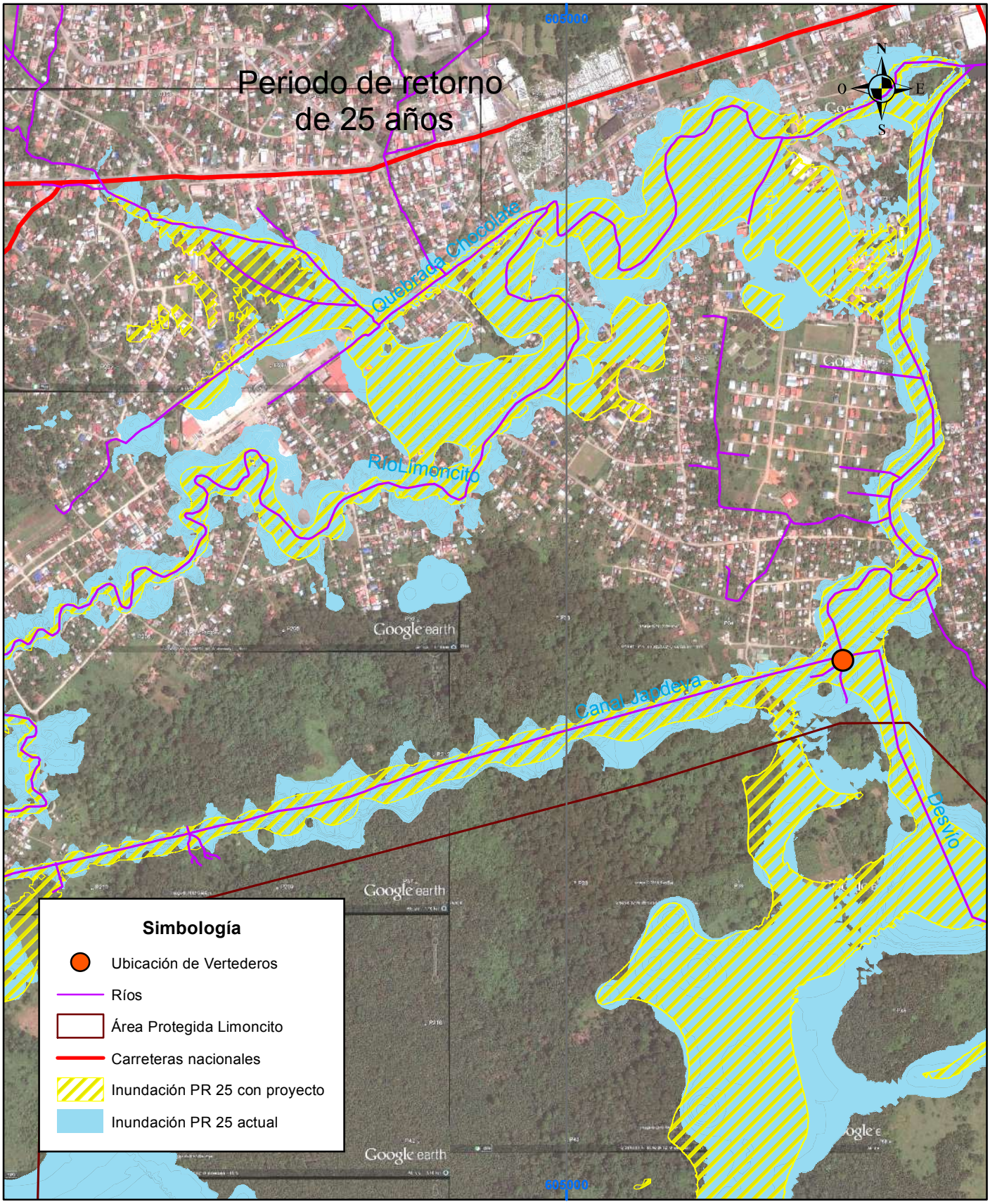
825 412,5 0 825 Metros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala 1:45.000

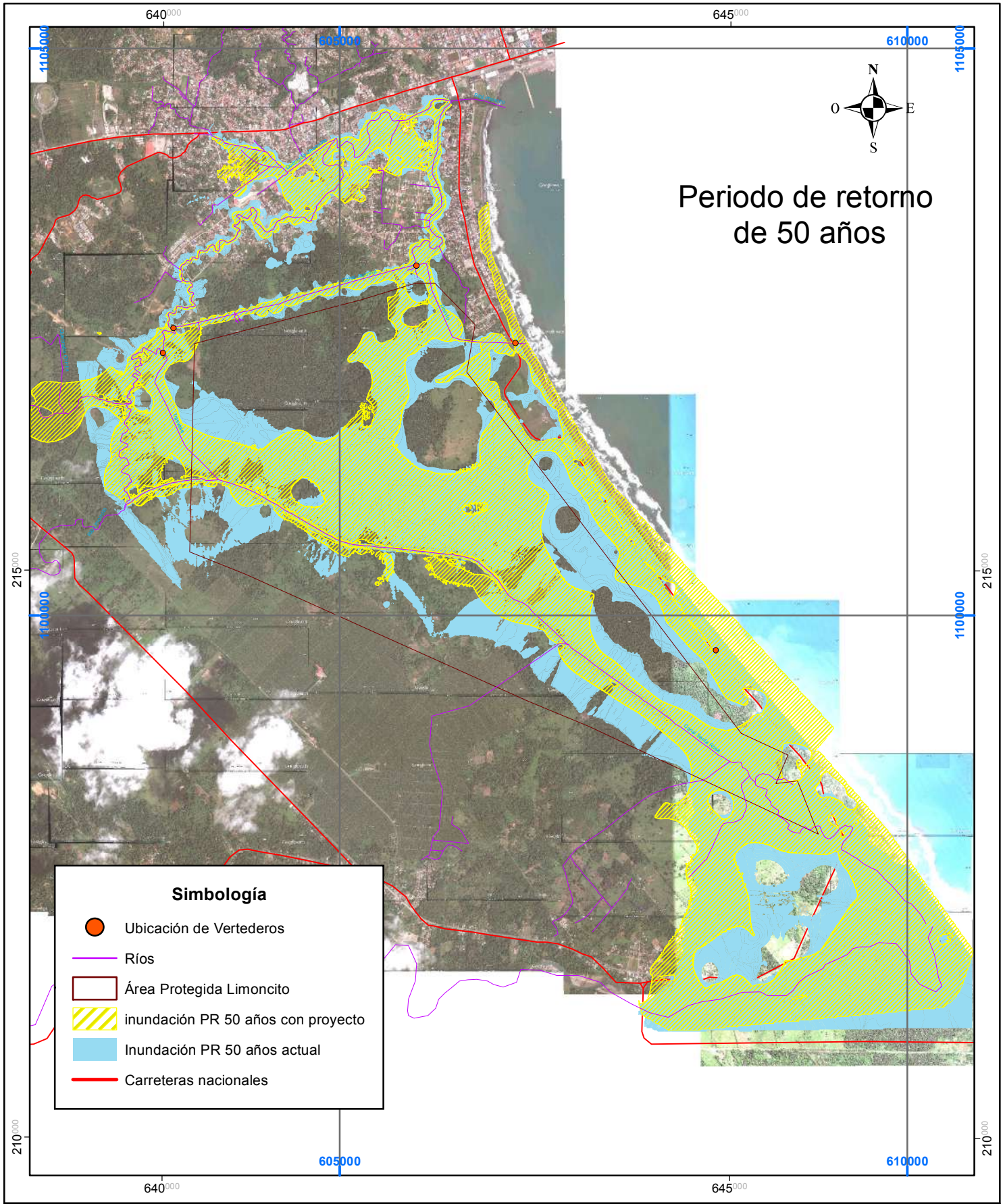
Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



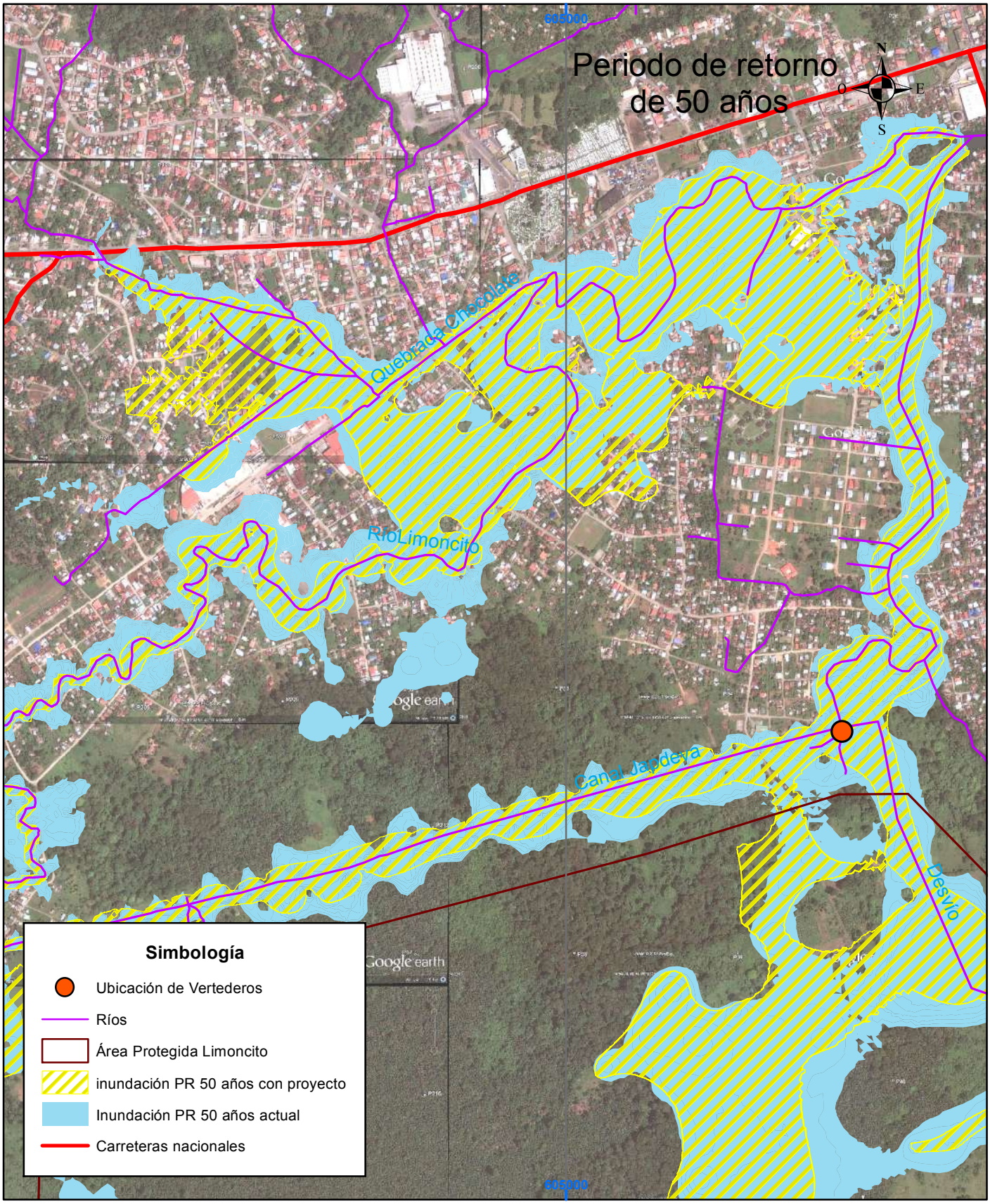
Mapa 5.4.1.3.24. Comparación entre áreas de inundación PR 25 añosn en la zona urbana

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	240 120 0 240 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:13.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013



5.4.1.3.25 Comparación entre áreas de inundación PR 50 años

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	825 412,5 0 825 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:45.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013	ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



5.4.1.3.26. Comparación entre áreas de inundación PR 50 años en la zona urbana

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	240 120 0 240 Metros Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro) Escala 1:13.000	Fuentes: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50,000; Google Earth 2013; ProDUS, 2013	ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

5.4.1.4 Conclusiones y recomendaciones

La zona analizada presenta problemas de inundación debido a su baja pendiente y la poca capacidad hidráulica de los cauces que la drenan. El cauce del río Limoncito, el canal JAPDEVA y el canal Santa Rosa no presenta suficiente capacidad hidráulica para evacuar el caudal de una creciente con 10 años de periodo de retorno.

Con respecto al humedal, el agua ingresa proveniente del canal San Rosa. Una vez dentro existe una cantidad que es posteriormente evacuada por el mismo canal, mientras que una parte es evacuada por el canal JAPDEVA (cerca de Barrio San Luis es donde dicha agua ingresa al canal JAPDEVA). Asimismo, sobre el río Limoncito, se presentan problemas de inundación desde Punto 3 Verdadero hasta aguas abajo del puente en la comunidad Los Cocos (punto final de la simulación). Estas inundaciones son provocadas por la baja capacidad hidráulica del cauce del río Limoncito y, adicionalmente, el efecto de la quebrada Chocolate.

Otro punto importante a mencionar, es el efecto del río Banano en la reducción de la capacidad hidráulica del canal Santa Rosa. Esto debido a que cuando el río Banano se crece, produce un remanso en el canal Santa Rosa, evitando que al agua pueda drenar hacia el Mar Caribe. Lo que aumenta los problemas de inundaciones en la zona de la desembocadura del canal al río. Esta condición se puede observar en los mapas de profundidad, donde las zonas con mayores profundidades de agua en el canal Santa Rosa se encuentran cerca de la desembocadura con el río Banano.

Del análisis hidráulico, se pudo determinar la capacidad máxima para el río Limoncito, el canal JAPDEVA y el canal Santa Rosa. La capacidad máxima fue determinada tomando el caudal que transporta el cuerpo de agua antes de que se presente desbordamiento en algún punto del mismo. Es decir, mediante la modelación se estimó el caudal en cada uno de los canales y ríos justo antes de que se presentara problemas de desbordamiento en todo el tramo en análisis. Dichos valores fueron de 2,50 m^3/s, 7,50 m^3/s y 7,90 m^3/s para el río Limoncito, el canal JAPDEVA y el canal Santa Rosa, respectivamente.

En cuanto al río Limoncito, los valores máximos de profundidad se encuentran alrededor de los 4,63 m cerca del EBAIS de Los Cocos. Entre este punto y el Bar Chita se presentan problemas de desbordamiento sobre ambas márgenes del río. En dicha zona se presentan niveles de inundación que superan los 2,45 m de profundidad. Para los valores de velocidad de flujo, los máximos se encuentran cerca de 1,85 m/s y los mínimos alrededor de los 0,03 m/s, ver Mapa 5.4.1.3.10.

Del análisis hidráulico, cerca de la comunidad de Cieneguita es donde se presentan mayores profundidades de agua en el canal JAPDEVA, dichos valores alcanzan el orden de los 4,95 m. Sin embargo, no se presentan problemas de desbordamiento en dicha zona. Con respecto a las velocidades de flujo, los valores máximos se encuentran alrededor de 1,11 m/s, mientras que los mínimos en el orden de los 0,03 m/s.

Para el canal Santa Rosa, las profundidades máximas que se alcanzan dentro del canal Santa Rosa durante las crecientes con 50 años de periodo de retorno son de 5,75 m (cerca de la desembocadura al río Banano), mientras que las mínimas en 0,17 m. Las

velocidades máximas se encuentran cerca de 3,35 m/s, mientras que las mínimas a 0,05 m/s.

Del análisis hidráulico con las obras propuestas se puede concluir que se reduce el tiempo en que pasa inundado el humedal en aproximadamente 5 horas. Asimismo, el área inundada disminuye en aproximadamente 40% del estimado sin las obras de drenaje.

Asimismo, se puede decir que se presentan desbordamientos en el río Limoncito aún con el aumente de la sección hidráulica propuesta. Los desbordamientos se presentan 500 m aguas abajo de la Plaza Paniagua sobre margen izquierda del río. Entre la confluencia entre la quebrada Chocolate y el río Limoncito se presentan desbordamientos del río principalmente sobre la margen derecha del mismo.

El aumento de capacidad del canal JAPDEVA hace que éste no tenga problemas de desbordamiento para las crecientes con 10 y 25 años de periodo de retorno hasta la comunidad de Barrio San Luis. Para la creciente con 50 años de periodo de retorno, se presenten desbordamientos leves en dicho tramo. En el sitio donde se ubica la comunidad de Barrio San Luis se presenta desbordamiento sobre la margen derecha del canal JAPDEVA. El agua que se desborda sobre dicha margen, es evacuada posteriormente por las alcantarillas norte. En esta zona es importante mencionar que el efecto debido a la presencia de las alcantarillas es mayor, ya que el área inundada disminuye en un 35%, aproximadamente, de la que actualmente se inunda.

Para el canal Santa Rosa, el aumento de sección hidráulica produce, como es de esperar, que las inundaciones sean menores a las que presenta actualmente. Sin embargo, se presentan problemas de desbordamiento sobre ambas márgenes del canal. Dichos desbordamientos se presentan para las tres crecientes analizadas en el presente estudio.

El efecto de las alcantarillas sur es el de disminuir el área inundada en la zona cercana a ellas y evacuar el agua en un menor tiempo.

Se debe tomar en cuenta los efectos de las obras en el comportamiento del humedal, ya que las obras ayudan a drenar el agua que entra al mismo y el tiempo que se mantiene inundado. Igualmente se debe evaluar, si los impactos en las zonas que no se inundarían justifican económicamente la inversión que se desea, ya que las obras no evitan el problema de inundación, sólo lo disminuyen.
.

5.4.1.4. CORRIENTES, MAREAS Y OLEAJES

5.4.1.4.1 Efecto de las alcantarillas norte y sur sobre la playa y sobre el mar

Las obras que se proponen se pueden calificar como obras menores y su uso va a ser intermitente, solo estarán trabajando en casos de tormentas. Bajo esta premisa, y habiendo analizado la zona de estudio, se puede predecir que el efecto de estas obras en el ambiente marino y la playa van a ser absolutamente despreciables.

En el caso de la alcantarilla Norte, la descarga es realmente muy pequeña, alcanzando valores máximos de apenas 3.5 m^3/s para períodos de retorno de 50 años y no trabaja para períodos de retorno menores a los 10 años. La alcantarilla Sur tiene valores un poco mayores, alcanzando valores máximos del orden de 10 a 18 m^3/s, en caso de tormentas con periodos de retorno altos. Para estos valores de caudal, aplicados en periodos en periodos tan cortos (unas cuantas horas), tienen un efecto casi despreciable en las condiciones del mar (corrientes, salinidad, temperatura, etc.) y extremadamente localizado justo en la interfaz de mezcla del agua dulce y salada.

En ambos casos, al estar fluyendo el agua se va a crear un pequeño canal en la arena que permite desaguar el caudal de diseño durante la tormenta. Una vez finalizado el evento, la acción del oleaje cerrará de forma prácticamente inmediata la boca de ese pequeño canal, impidiendo el tránsito de agua, ya sean los remanentes de agua dulce de tierra hacia el mar, o el agua salada hacia la tierra.
Después de esto, la acción del mar y el viento sobre la zona de dunas, harán desaparecer el canal haciéndolo volver a su condición original. Este fenómeno debería durar solamente unos cuantos días.

Debido a estas consideraciones, se llega a la conclusión que el impacto de estas obras es totalmente despreciable para el mar, la dinámica costera y la playa. Además, analizando la dinámica de la zona, es muy probable que la nueva configuración de obras trabaje de forma muy similar a como trabajaba el sistema antes de la construcción de la carretera hacia el sur de Limón y el aeropuerto; por lo que aunque el efecto es despreciable, probablemente se acerque más a su condición original antes de la intervención del hombre en dicha zona.

Consideraciones adicionales

Aparte de sus efectos en el ambiente, llama la atención algunos detalles técnicos que se comentan a continuación:

- El nivel de la base de las alcantarillas se encuentra bajo el nivel medio del mar, lo cual parece ser ineficiente ya que la capacidad hidráulica de la alcantarilla bajo el nivel del mar, va a impedir que el agua fluya correctamente en esa área hidráulica. Esto no implica que no funcione la obra, solo que no se estará utilizando el 100% de su capacidad para desaguar la tormenta.
- Se debe tomar muy en cuenta que al estar las alcantarillas a esos niveles tan bajos, y que van a trabajar solamente en caso de tormentas mayores, es muy posible que pasen la mayor parte del tiempo llenas de arena y con vegetación. Debido a esto es importante garantizar el mantenimiento constante de estas obras,

para que en el momento que se presente la tormenta y se requiera que las obras comiencen a desaguar, estas no estén obstruidas.

5.4.2. HIDROGEOLOGÍA Y VULNERABILIDAD A LA CONTAMINACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.

Según SENARA (2013), en el AP y sus alrededores se ubican alrededor de 115 perforaciones, cuya información básica se observa en el Cuadro 5.4.2.1. La ubicación de estos elementos hidrogeológicos se observa en el "Mapa de elementos hidrogeológicos del AP y alrededores" (mapa 5.4.2.4).

La profundidad del nivel estático se da en un amplio rango, desde 0,1 m a 34 m bajo el nivel del suelo. En lo que respecta a la zona de llanura aluvial y zona de costa, los valores varían de 0,1 – 2 m.b.n.s., lo que supone niveles muy someros. En la zona de transición del sector montañoso a zonas de planicie en la cuenca del río Banano, las profundidades en las que se ubica el agua subterránea oscila entre los 3 – 7 m.b.n.s.; esporádicamente, se han registrado valores de 9 ó 12 m.b.n.s. En las zonas montañosas, la profundidad a la que se ubica el agua subterránea ronda los 10 – 13 m.b.n.s.

A partir de los datos de nivel estático se generaron las correspondientes curvas isofreáticas y líneas de flujo del agua subterránea, cuya distribución se observa también en el "Mapa de elementos hidrogeológicos del AP y alrededores". Según este mapa, se estaría dando un flujo preferencial en dirección oeste – este, donde la zona de descarga acuífera se daría a lo largo de la línea de costa. Esta distribución sugiere que el valle aluvial estaría recibiendo recarga desde el sector montañoso ubicado hacia el oeste del AP. También es posible que ocurra recarga directa por infiltración de precipitación, sin embargo la cobertura de capas de arcilla en el área de estudio lleva a inferir que este mecanismo podría ser poco significativo en el aporte de agua hacia el acuífero.

En lo que respecta a los materiales productores de agua, es rescatable el hecho de que en la mayoría de los registros de perforación (sin importar su ubicación en el área de estudio), se ha evidenciado cierta monotonía en la secuencia estratigráfica registrada en los pozos (Figura 5.4.2.1).

Así, se tienen alternancias de capas de arcillas y arenas de espesor y aspecto muy variable, donde estas últimas constituyen los niveles productores. Estas alternancias sobreyacen materiales de las formaciones regionales mencionadas e indicadas en el correspondiente mapa geológico. De esta forma, los pozos ubicados a lo largo de la Ruta Nacional N° 32, han detectado un basamento de rocas carbonatadas correlacionables con la Formación Limón.

En lo que corresponde con los sectores de llanura aluvial hacia el sur de la Ruta N° 32, las perforaciones evidencian la presencia de las alternancias ya mencionadas, además de materiales que posiblemente correspondan con niveles alterados de la Formación Río Banano.

Las profundidades de perforación son muy variables. En el caso de los pozos excavados, se tiene registros de profundidades que van de 0,8 – 6,0m.b.n.s., dándose principalmente en las zonas de llanura aluvial. Por su parte, los pozos perforados a lo largo de la Ruta 32 pueden llegar a registrar profundidades de 80 m.b.n.s.; en el sector de La Bomba los pozos pueden tener profundidades de 10 – 36 m.b.n.s.

El caudal de producción en los pozos depende no solo de las propiedades hidráulicas de los acuíferos, sino que en gran medida dependerá de las necesidades del beneficiario. De esta forma, se tiene que los usuarios de pozos excavados registran caudales generalmente de 0,5 L/s, al igual que otros usuarios que poseen captaciones profundas.

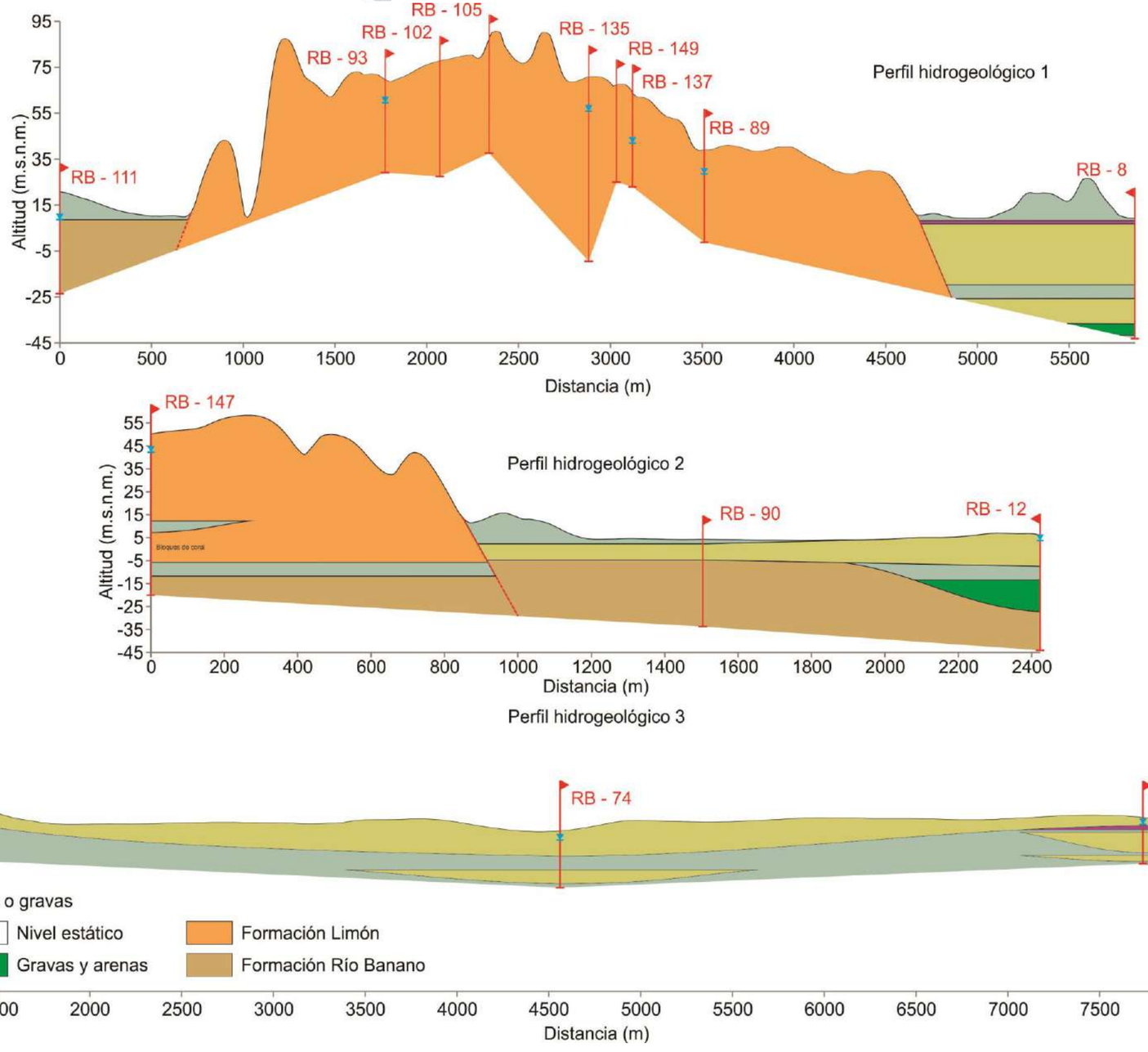


Figura 5.4.2.1: Perfiles hidrogeológicos del AP y alrededores.

Cuadro 5.4.2.1: Perforaciones ubicadas en el AP y sus alrededores.

Pozo	X	Y	Propietario	QFIN	N.EST.	PROF.	USO	LITO.
RB-10	640550	219900	RAMON DIAZ	0,5	0,85	2,15	DOMESTICO	NO
RB-100	639750	211850	AyA	42	9,32	30	ABAST. PUBLICO	SI
RB-102	637200	218650	CIA. BAN. DEL ATLANTICO	NI	NI	NI	INDUSTRIAL	SI
RB-103	640050	212150	AyA	30	12,02	25	ABAST. PUBLICO	SI
RB-105	637450	218600	Plantel de contenedores		NI	50	Agroindustrial	SI
RB-106	636750	218900	STANDART FRUIT COMPANY	3,15	34	55	DOMESTICO	SI
RB-11	640940	212250	MC. GREGOR	0,5	3,54	35,97	DOMESTICO	SI
RB-111	635200	219100	MATA GRANDE, S.A.	0,76	12	44	DOMESTICO	SI
RB-116	641400	219730	IND. DEL ATLANTICO, S.A.	NI	NI	NI	INDUSTRIAL	NO
RB-117	638900	218550	INST. NAC. APRENDIZAJE	0,5	NI	NI	DOMESTICO	NO
RB-119	640000	211900	AYA	9,5	NI	30	ABAST. PUBLICO	SI
RB-12	641150	219150	HERNAN GARRON	1,45	2,4	46	INDUSTRIAL	SI
RB-120	640200	212000	AyA	33	8,73	30	ABAST. PUBLICO	SI
RB-124	640200	211850	AyA	16,5	7	28	ABAST. PUBLICO	SI
RB-125	640550	210250	AyA	3	4,27	24	ABAST. PUBLICO	NO
RB-127	640750	212700	AYA	10	6,9	29	ABAST. PUBLICO	SI
RB-131	637500	218500	SINDI.TRAB.PORTUA.Y FERR.	0,75	8	64	DOMESTICO	SI
RB-132	637850	218865	LUIS A. GOMEZ VALENCIANO	0,5	NI	NI	DOMESTICO	NO
RB-134	636700	219200	STANDARD FRUIT COMPANY	3,2	13	60	INDUSTRIAL	SI
RB-135	638000	218630	COMPA?IA BANANERA ATLANTICA	3	15	80	INDUSTRIAL	SI
RB-136	635400	219200	ADM.DE JUSTICIA	0,5	NI	NI	DOMESTICO	NO
RB-137	638210	218700	UNIVER.ESTATAL A DIST.	1	22	40	DOMESTICO	SI
RB-138	639780	219517	CONVERTIDORA LIMONENSE PAPEL	6,3	1,73	40	DOMESTICO	SI
RB-139	636800	219250	STANDARD FRUIT COMPANY	3,4	8,25	50	INDUSTRIAL	NO
RB-141	641950	211920	CANTIERI COSTRUZIONI CEMENTO	4,75	3,5	21	DOMESTICO	SI
RB-142	635475	219580	RECOPE S.A.	0,5	NI	NI	DOMESTICO	NO
RB-143	640850	219450	STANDARD FRUIT COMPANY DE C.R.	NI	NI	56	INDUSTRIAL	SI
RB-144	634850	218600	ASOC.ACUEDUCTO LOMA LINDA	NI	NI	NI	URBANISTICO	NO
RB-146	636850	219700	STANDARD FRUIT COMPANY DE C.R.	NI	NI	50	INDUSTRIAL	SI
RB-147	639100	217950	INVERSIONES ROALNO S.A.	0,5	8	70	DOMESTICO	SI
RB-148	637600	218700	COMP.AGRIC.LAS MESAS PATARRA	0,94	6	28	AGROINDUSTRIAL	SI
RB-149	638150	218640	FLORYDA ICE & FARM COMPANY S.A	NI	NI	42	INDUSTRIAL	SI
RB-15	641050	219200	JOSE CHARRO	0,5	0,18	1	DOMESTICO	NO
RB-152	638800	211700	AYA	9,5	NI	28	ABAST. PUBLICO	SI

Pozo	X	Y	Propietario	QFIN	N.EST.	PROF.	USO	LITO.
RB-158	640700	210600	COMUNIDAD	9,5	NI	27	ABAST. PUBLICO	SI
RB-160	637070	218350	COMPA?IA BANANERA ATLANTICA S.A	3	NI	80	DOMESTICO	NO
RB-163	636185	215823	Empresas BerthierEbi de Costa Rica					NO
RB-164	636568	215518	Empresas BerthierEbi de Costa Rica					NO
RB-165	636421	216036	Empresas BerthierEbi De Costa Rica, S.a.		NI	80	Varios	SI
RB-17	640700	218280	AyA	9,5	NI	39	ABAST. PUBLICO	NO
RB-18	641800	219080	JOSE TIPOY	0,5	NI	1,45	DOMESTICO	NO
RB-19	641350	218800	J. COVANSKY.	0,5	1,07	2,86	DOMESTICO	NO
RB-20	641080	218170	SENARA	8,19	0,94	53,96	DOMESTICO	NO
RB-21	641200	218310	JULIO HERNANDEZ	0,5	0,1	2,3	DOMESTICO	NO
RB-22	641680	218520	PEDRO SALAZAR	0,5	0,12	0,8	DOMESTICO	NO
RB-23	642350	218600	MARIA ARCE	0,5	0,65	1,47	DOMESTICO	NO
RB-24	642550	218180	CECILIO DUNN	0,5	1,5	2,6	DOMESTICO	NO
RB-27	639920	217600	AyA	9,5	NI	28,8	ABAST. PUBLICO	SI
RB-28	642800	217400	SERV. METEOROLOGICO	0,5	1,21	1,54	DOMESTICO	NO
RB-29	643100	216600	LACSA	0,5	1,8	2,6	DOMESTICO	NO
RB-30	638550	215900	TRINO SANDI	0,5	0,42	1	DOMESTICO	NO
RB-31	638790	215650	STANDARD FRUIT CO.	0,5	0,42	1,4	DOMESTICO	NO
RB-33	640600	214200	NORTHERN CO.	11	NI	13,85	INDUSTRIAL	SI
RB-34	640700	214200	NORTHERN CO.	NI	NI	13,85	INDUSTRIAL	NO
RB-35	640650	214200	NORTHERN CO.	NI	NI	13,85	INDUSTRIAL	NO
RB-36	642080	214800	JOSE YUNIS	0,5	0,68	1,8	DOMESTICO	NO
RB-37	643800	214200	PEDRO YUNIS	0,5	0,1	1,6	DOMESTICO	NO
RB-38	640020	213900	ROMULO GUTIERREZ	0,5	0,92	2,45	DOMESTICO	NO
RB-39	639800	213350	MARIO BRADLEY	3,28	2,8	4,1	DOMESTICO	NO
RB-40	640820	213790	J. BRITO.	0,5	0,8	1,4	DOMESTICO	NO
RB-41	642250	213300	RAMON AVILA	0,5	0,6	1,8	DOMESTICO	NO
RB-43	641280	212810	REINALDO ROUSE	0,5	2,87	3,8	DOMESTICO	NO
RB-44	641500	212830	UNITED FRUIT CO.	3,3	2,85	12,7	INDUSTRIAL	NO
RB-45	639760	212200	AyA	9,5	4,65	15,9	ABAST. PUBLICO	NO
RB-46	641150	212470	UNITED FRUIT CO.	0,5	0,4	1	DOMESTICO	NO
RB-47	641700	212270	UNITED FRUIT CO.	0,5	1,85	4,1	DOMESTICO	NO
RB-48	642750	212100	DANIEL SARGENT	0,5	0,4	3,04	DOMESTICO	NO
RB-49	642750	211960	ALBERTO YUNIS	0,5	1,4	2,65	DOMESTICO	NO
RB-52	639250	211730	AyA	9,5	6,9	12,2	ABAST. PUBLICO	NO

Pozo	X	Y	Propietario	QFIN	N.EST.	PROF.	USO	LITO.
RB-54	639300	211780	AyA	26,8	6,39	17,38	ABAST. PUBLICO	SI
RB-55	639500	211800	AyA	5,35	5,66	11,9	ABAST. PUBLICO	SI
RB-56	639250	211900	AyA	9,5	6,33	10,97	ABAST. PUBLICO	NO
RB-57	639320	211900	AyA	31,52	8,27	11,7	ABAST. PUBLICO	NO
RB-58	639750	211900	AyA	34,55	NI	11,5	ABAST. PUBLICO	NO
RB-59	640030	211980	AyA	11,47	4,76	18,56	ABAST. PUBLICO	SI
RB-6	640050	219350	MATIAS ALVARADO	0,5	1,78	4,8	DOMESTICO	NO
RB-60	641900	212050	UNITED FRUIT	3,3	2,75	10,14	INDUSTRIAL	SI
RB-61	641950	212050	UNITED FRUIT CO.	3	2,75	15	DOMESTICO	NO
RB-62	642050	211970	STANDARD FRUIT.	NI	0,77	2,13	AGROINDUSTRIAL	NO
RB-63	642120	211600	ALBERTO YUNIS	0,5	0,97	2,95	DOMESTICO	NO
RB-64	642360	211800	RICARDO MOYA	0,5	0,45	1,1	DOMESTICO	NO
RB-65	643780	211620	MIGUEL AGUILAR	0,5	0,4	1,52	DOMESTICO	NO
RB-69	639700	211720	AyA	9,5	3,52	9,27	ABAST. PUBLICO	SI
RB-70	639840	211700	AyA	9,5	3,12	16	ABAST. PUBLICO	SI
RB-71	641700	212200	SENARA	0,5	1,82	19,81	DOMESTICO	SI
RB-72	641000	212650	SENARA	8,82	1,89	18,9	DOMESTICO	SI
RB-73	643340	211520	SENARA	0,5	1,83	6,4	DOMESTICO	SI
RB-74	639500	214490	SENARA	0,5	2,02	24,39	DOMESTICO	SI
RB-75	640750	211820	CIA. BANANERA	NI	NI	NI	INDUSTRIAL	NO
RB-76	639730	211550	SENARA	16,39	3,19	6	DOMESTICO	SI
RB-77	635300	219800	ICE	1,13	NI	40	DOMESTICO	SI
RB-78	641150	211650	AyA	8	2	25	ABAST. PUBLICO	SI
RB-79	641000	211750	AyA	16	2,12	20	ABAST. PUBLICO	NO
RB-8	640820	219500	FINCA DECAR	NI	2,44	52,2	INDUSTRIAL	SI
RB-80	638750	211500	AyA	9,5	NI	16	ABAST. PUBLICO	SI
RB-81	637900	218600	CIA. SEA LAND	1,57	10,65	32	INDUSTRIAL	NO
RB-84	642300	212100	BANDECO SA.	NI	NI	NI	INDUSTRIAL	NO
RB-87	638350	218900	CIA. AGRICOLA SANTA ANA	NI	NI	NI	INDUSTRIAL	SI
RB-88	638900	219350	MEJORES ALIMENTOS DE C.R.	2,09	25	NI	INDUSTRIAL	SI
RB-89	638600	218750	ASOC.EDUC. MARIA INMAC.	1,4	10,5	40	DOMESTICO	SI
RB-9	640900	219700	STANDART FRUIT	2,52	NI	25	INDUSTRIAL	NO
RB-90	640500	218500	ENVASES INDUSTRIALES	1,3	NI	38	INDUSTRIAL	SI
RB-92	640350	218350	ENVASES INDUSTRIALES C.R.	NI	NI	NI	INDUSTRIAL	NO
RB-93	636900	218600	CHESTER WRIGHT WRIGHT	1,6	10	40	DOMESTICO	SI

Pozo	X	Y	Propietario	QFIN	N.EST.	PROF.	USO	LITO.
RB-94	634251	218950	UNIBAN DE COSTA RICA, S.A	10	0,67	27	INDUSTRIAL	SI
RB-97	643350	211530	SENARA	0,5	3	66	DOMESTICO	SI
RB-98	639950	212000	AyA	20	6,18	23	ABAST. PUBLICO	SI
RB-99	639350	211950	AyA	9,5	NI	20	ABAST. PUBLICO	SI
ILG-283	635500	219400	RECOPE	16	NI	NI	INDUSTRIAL	NO
ILG-284	635800	219350	RECOPE	16	NI	NI	INDUSTRIAL	NO
ILG-331	641500	214600	CIA. BANANERA FILADELFIA S.A	7,5	NI	NI	INDUSTRIAL	NO
ILG-531	639300	219000	GERTY S.A	1,2	NI	NI	INDUSTRIAL	NO
ILG-704	641350	214090	CIA. BANANERA FILADELFIA S.A	6,3	NI	NI	DOMEST-RIEGO	NO
ILG-705	641200	213600	CIA. BANANERA FILADELFIA S.A	5	NI	NI	DOMEST-RIEGO	NO
ILG-798	638000	218800	SERVICENTRO MOIN S.A	0,5	NI	NI	ABAST. PUBLICO	NO

Fuente: SENARA (2013).

El mayor usuario de agua en la zona es el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, institución que registraría los mayores caudales de uso, con magnitudes que van de los 3 – 42 L/s.

Según las condiciones descritas, en el área de estudio se estaría dando un acuífero aluvial con características de confinamiento o semiconfinamiento, donde las capas de arcillas superiores tendrían la función de acuicludos o acuitardos.

Bajo estos acuíferos sería posible encontrar también acuíferos fisurados, los cuales se ubicarían en las formaciones sedimentarias regionales. En los registros de perforación se mencionan principalmente rocas carbonatadas, lutitas y areniscas.

5.4.2.1-1. Tránsito de contaminantes en zona no saturada.

La velocidad a la que viaja una pluma de contaminación, asumiendo que las especies que la componen tienen propiedades conservativas, puede ser determinada por la ecuación de Darcy, la cual se define de la siguiente manera:

$$Vx = \frac{Kv * dh}{ne * dl}$$

Donde:

V_x = Promedio de la velocidad lineal
K_v = Conductividad hidráulica vertical
n_e = Porosidad efectiva
dh/dl = Gradiente hidráulico

Aunque el movimiento de un contaminante tanto en la zona saturada como en la zona no saturada depende de varios factores, tales como difusión, advección y dispersión hidrodinámica; en este caso solo se considerará el mecanismo de advección para que la determinación del riesgo de contaminación se realice de forma conservadora.

Según la normativa vigente, en medios porosos se considera que un tiempo de tránsito superior a los 70 días garantiza que no existirá contaminación; en el caso de los acuíferos fracturados, se requiere un tiempo de tránsito de al menos 100 días.

Para los cálculos que se realizarán en este apartado, los valores de conductividad hidráulica "Kv" fueron tomados del "Mapa de tipos de suelo en el AP y alrededores" (mapa 5.4.2.1).Además, para cada tipo de suelo se asociaron los respectivos valores de porosidad, para lo cual se utilizaron las magnitudes sugeridas por Sanders (1998) para este parámetro; se utilizaron los valores mínimos sugeridos, con el fin de realizar un cálculo conservador.

Finalmente el tiempo que le tomaría al contaminante conservativo alcanzar el nivel del agua subterránea, se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$tx = \frac{P_{NE}}{V_X}$$

Donde:

t_x = tiempo de tránsito
V_X = Promedio de la velocidad lineal
P_{NE} = Profundidad a la que se ubica el agua subterránea.

Tomando en cuenta que el proyecto aquí analizado es de tipo lineal, se consideró oportuno sustituir el acostumbrado cálculo puntual del tiempo de tránsito. En su lugar, mediante el uso de software para la implementación de Sistemas de Información Geográfica, se calculó este parámetro para celdas discretas de 25 x 25 m^2. Para esto, se generó un mapa por cada parámetro involucrado en las expresiones matemáticas antes mencionadas. El resultado final de estos cálculos se observa en el "Mapa de tiempos de tránsito de contaminantes para el AP y alrededores" (mapa 5.4.2.2).

El mapa 5.4.2.2 muestra que el tiempo de tránsito de contaminantes tiene valores inferiores a los 70 días en un área que está restringida a las zonas de llanura aluvial de baja pendiente. Es justamente en esta área sobre la que se desarrollará el proyecto aquí analizado.Por el contrario, en el sector montañoso los tiempos de tránsito superan los 70 días.

Es importante hacer notar que el mapa aportado en este apartado es el producto del análisis de la información existente, y por tanto está limitado por la disponibilidad y distribución espacial de la misma, especialmente en lo que respecta a los registros litológicos de pozos. La distribución de los pozos en el área de estudio está restringida al valle aluvial de baja pendiente, y por consiguiente, el mapa aportado está restringido a esta área.

Los resultados obtenidos significarían un aspecto negativo para la realización del proyecto en el caso que el mismo involucre el desarrollo de obras civiles permanentes con aporte de aguas residuales.

Sin embargo, el proyecto consta de una serie de obras civiles tendientes a mejorar el escurrimiento de aguas superficiales en el AP y sus alrededores, lo que incluye la limpieza y aumento de la capacidad de flujo de agua superficial en los canales de drenaje existentes, construcción de nuevos canales, derivadores de excedencias, entre otras obras. Por tanto, las obras por si mismas no involucran actividades que aporten aguas residuales al medio durante la etapa operativa del proyecto.

En el caso de la atención de las necesidades fisiológicas, las casetas sanitarias son una alternativa a considerar, como también lo sería la instalación de servicios sanitarios temporales cuyas descargas sean vertidas en unidades de tratamiento individuales, cuyos vertidos cumplan con la normativa vigente.

Para evitar aportes de contaminantes producto de la reparación y mantenimiento de equipos, será de gran importancia que el desarrollador acondicione sitios específicos para la ejecución de este tipo de tareas, los cuales deben estar provistos con los dispositivos necesarios para contención de derrames y el tratamiento de fluidos residuales generados en estas áreas. Lo ideal será que el tratamiento y disposición final de estos fluidos se de en sitios especializados fuera del AP.

5.4.2.1-2. Vulnerabilidad intrínseca a la contaminación.

Tomando en cuenta tan solo tres parámetros, es posible establecer un criterio de vulnerabilidad para el caso en estudio; éste se refiere al Sistema GOD (Foster et. al, 2002) para la evaluación del índice de vulnerabilidad del acuífero, donde "G" se refiere al grado de confinamiento del acuífero, "O" al material sobreyaciente y "D" al espesor de la zona no saturada. Cada uno de estos parámetros tendrá un valor entre 0 y 1 según las especificaciones de la Figura 1. El índice de vulnerabilidad se obtiene del producto de los valores asignados a cada parámetro, y su magnitud determinará si la vulnerabilidad es: muy baja, baja, moderada, alta o extrema.

Para aplicar este método, es indispensable contar con la siguiente información clave para determinar la vulnerabilidad a la contaminación microbiológica:

- El grado de confinamiento y el carácter de los acuíferos de donde se obtiene el agua subterránea (parámetro "G"). Este parámetro es definido por el modelo hidrogeológico correspondiente al área de estudio, el cual fue planteado a partir de los registros litológicos de las perforaciones consultadas. Para el área de estudio, se ha mencionado que los registros de perforación sugieren que los acuíferos muestran un cierto grado de confinamiento. Bajo esta perspectiva, la situación más crítica sería que los acuíferos fueran semiconfinados, y bajo esta premisa se realizará el cálculo de la vulnerabilidad; de esta forma se obtendrá un resultado conservador. Sin embargo, según el "Mapa de tipos de suelo en el AP y alrededores", existiría una barra arenosa orientada en sentido norte – sur hacia el extremo este del área de estudio. En el área en el que se ubica esta barra se ha considerado un acuífero libre cubierto, ya que los registros de perforación sugieren una cobertura arcillosa en el sitio.

- El material sobreyaciente al acuífero (parámetro "O"), se genera a partir de la identificación de los materiales que cubren al acuífero, para los cuales el método sugiere factores de acuerdo al tipo de material y su génesis. Como se mencionó en párrafos anteriores, los registros de perforación (sin importar su ubicación) mencionan la presencia de capas de arcilla cubriendo el área de estudio, las cuales podrían ser consideradas como acuitardos o acuicludos. No obstante, al igual que en el parámetro anterior, la presencia de la barra arenosa exige que en su extensión se considere que el estrato sobreyaciente sea considerado precisamente como arenas.

- El espesor de la zona permanentemente no saturada o distancia al agua subterránea (parámetro "D"). Al ser un proyecto lineal, la magnitud de este parámetro dependerá de la profundidad a la que se ubique la tabla de agua a lo extenso del área de estudio, y por tanto, este parámetro fue calculado en celdas discretas de 25 x 25 m^2 en el sector del área de estudio en la que fue posible calcular esta la distancia.

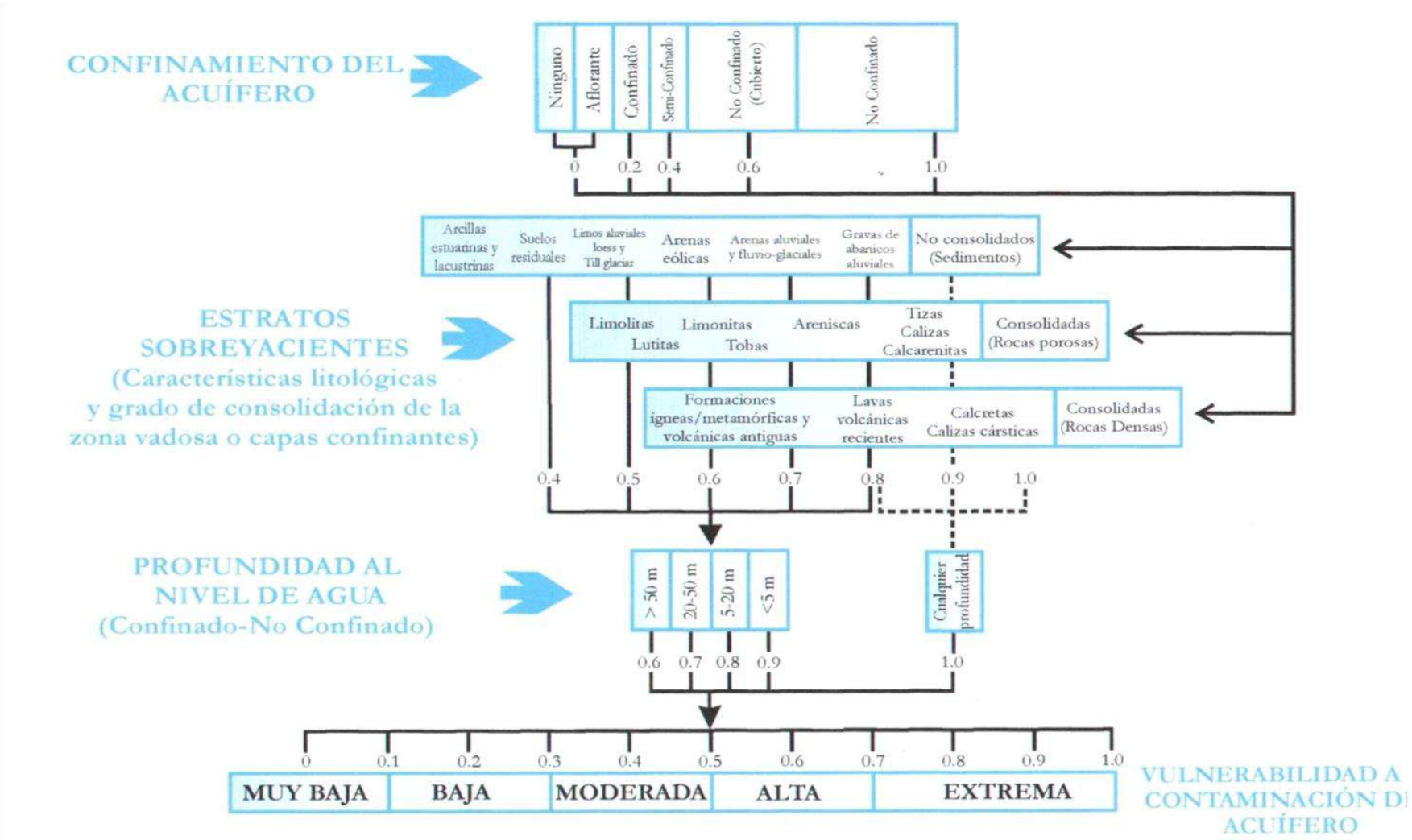


Figura 1: Parámetros para la evaluación de la contaminación de un acuífero según del Sistema GOD (Foster et al., 2002).

Como ya se ha mencionado en párrafos anteriores, al ser un proyecto de tipo lineal se consideró oportuno aplicar el Sistema GOD mediante el uso de software para la implementación de Sistemas de Información Geográfica (SIG), calculando la vulnerabilidad para celdas discretas de 25 x 25 m^2. Para esto, se generó un mapa por cada parámetro involucrado en este sistema. El resultado final de este ejercicio se observa en el "Mapa de vulnerabilidad intrínseca a la contaminación para el AP y alrededores" (mapa 5.4.2.3).

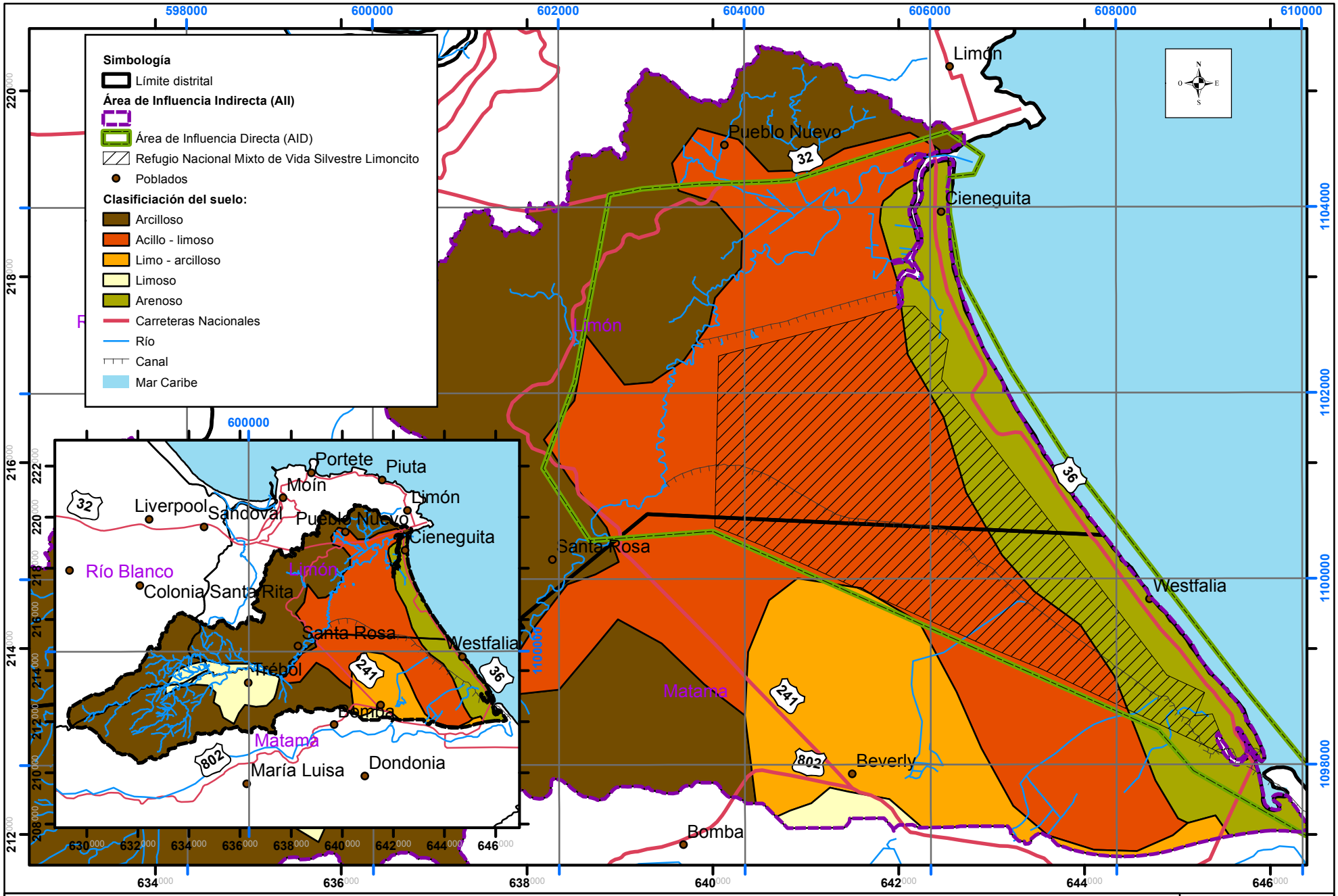
Es importante hacer notar que el mapa aportado en este apartado es el producto del análisis de la información existente, y por tanto está limitado por la disponibilidad y distribución espacial de la misma, especialmente en lo que respecta a los registros litológicos de pozos. La distribución de los pozos en el área de estudio está restringida al valle aluvial de baja pendiente, y por consiguiente, el mapa aportado está restringido al sector este del área.

El mapa 5.4.2.3 muestra que la vulnerabilidad a la contaminación es baja en gran parte del área de estudio, salvo el sector en el que se ubica la mencionada barra arenosa, en cuya extensión la vulnerabilidad sería moderada.

Los resultados obtenidos significarían un aspecto positivo para la realización del proyecto, máxime que la mayoría de la obras se realizarán en el sector de vulnerabilidad baja. Las obras a realizar en el sector de vulnerabilidad media son pocas y de extensión muy reducida, por lo que su impacto sobre el entorno puede considerarse puntual y muy restringido.

Además, como ya se mencionó anteriormente, las obras civiles a realizar buscan mejorar el escurrimiento de aguas superficiales en el AP y sus alrededores. Por tanto, las obras por si mismas no involucran actividades que aporten aguas residuales al medio durante la etapa operativa del proyecto, y por consiguiente se considera que no impactarán de forma negativa la calidad del agua subterránea en el AP y sus alrededores.

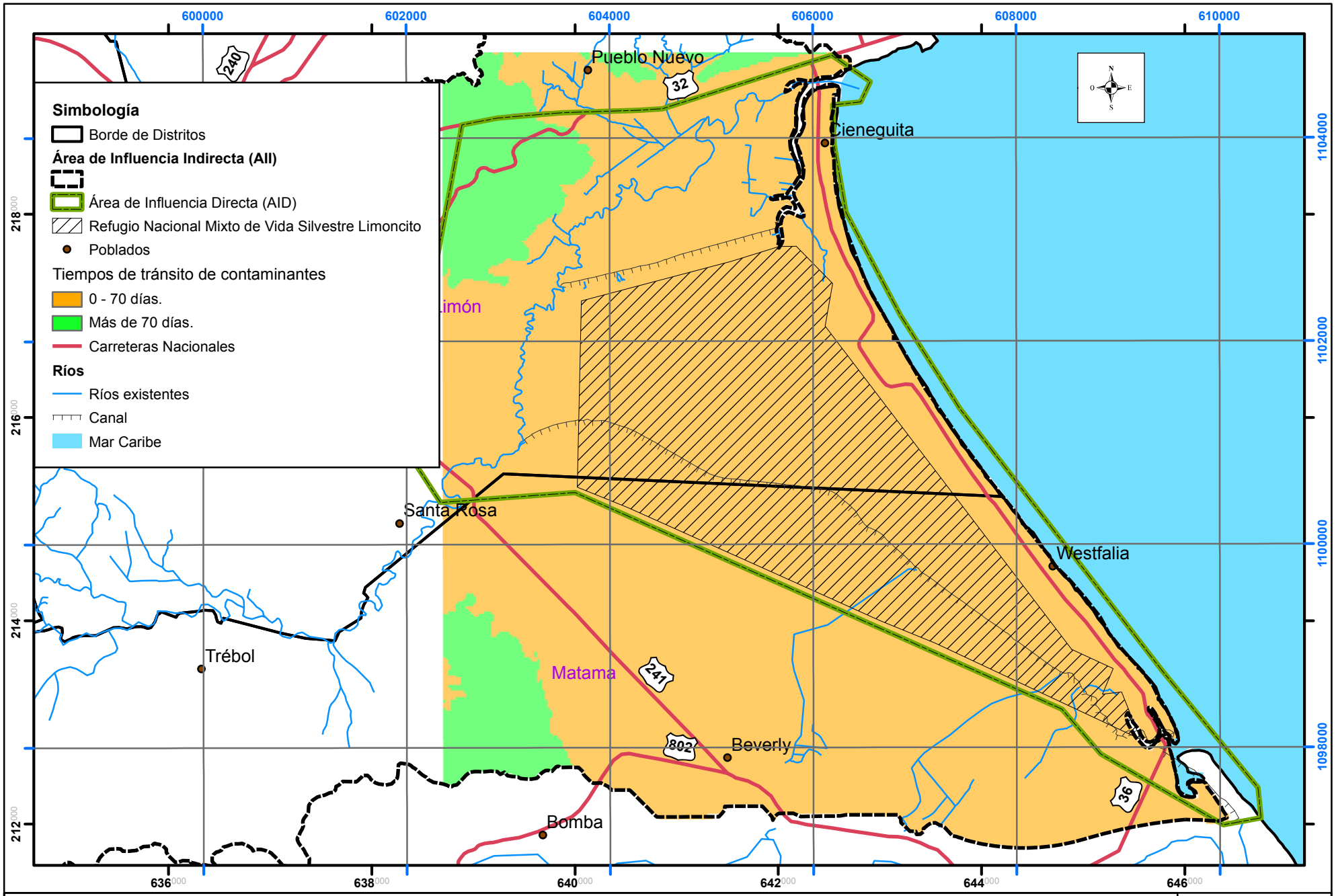
Durante la etapa constructiva, será necesario tomar en cuenta las mismas recomendaciones indicadas en párrafos anteriores en lo que respecta al manejo y disposición final de fluidos residuales.



Mapa 5.4.2.1. Mapa de tipos de suelo en el AP y alrededores.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:55.000 — 1 0,5 0 Kilómetros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 Atlas Digital de Costa Rica (2008)

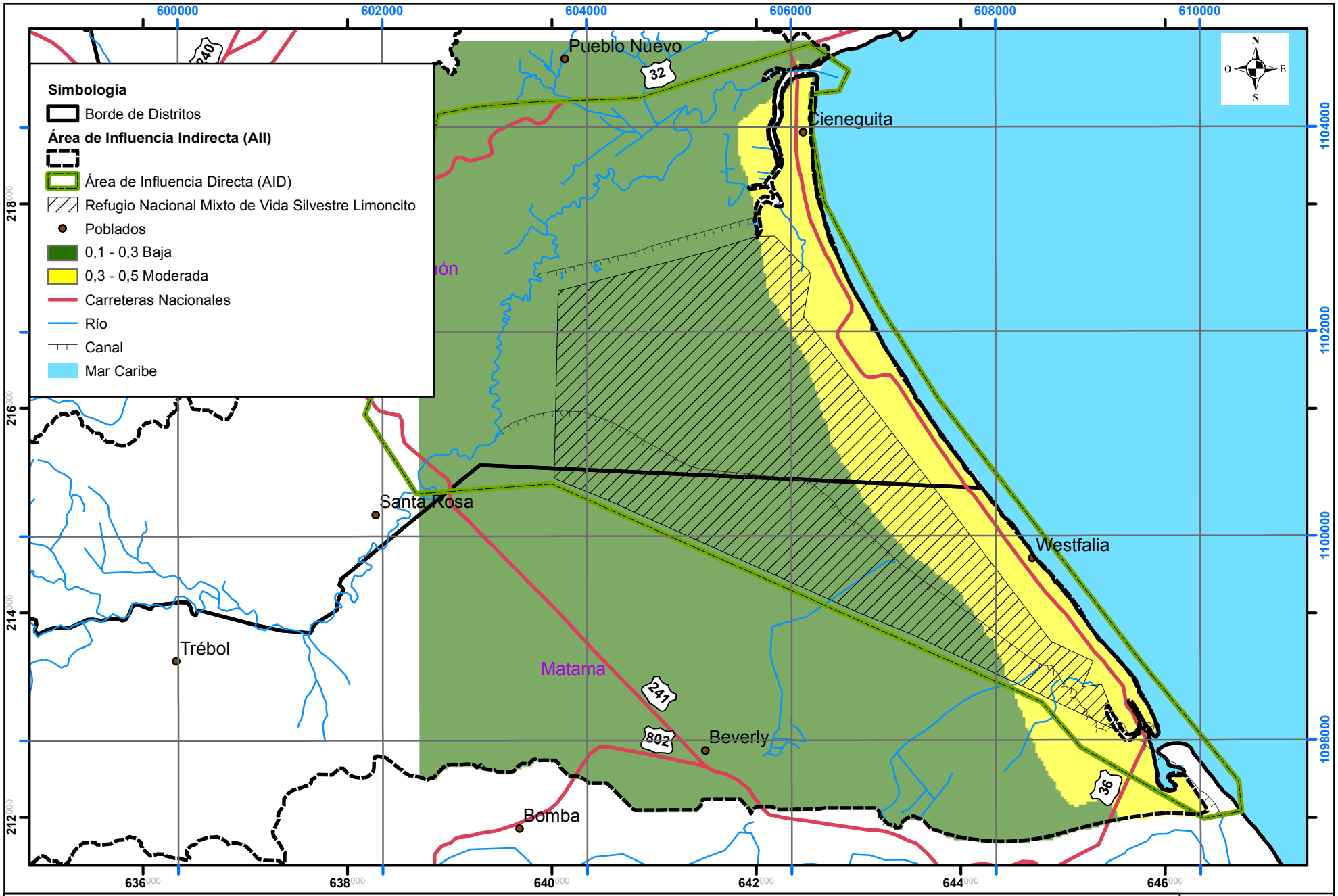
ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.2.2. Mapa de tiempos de tránsito de contaminantes en el AP y alrededores.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:50.000 1 0,5 0 Kilómetros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000

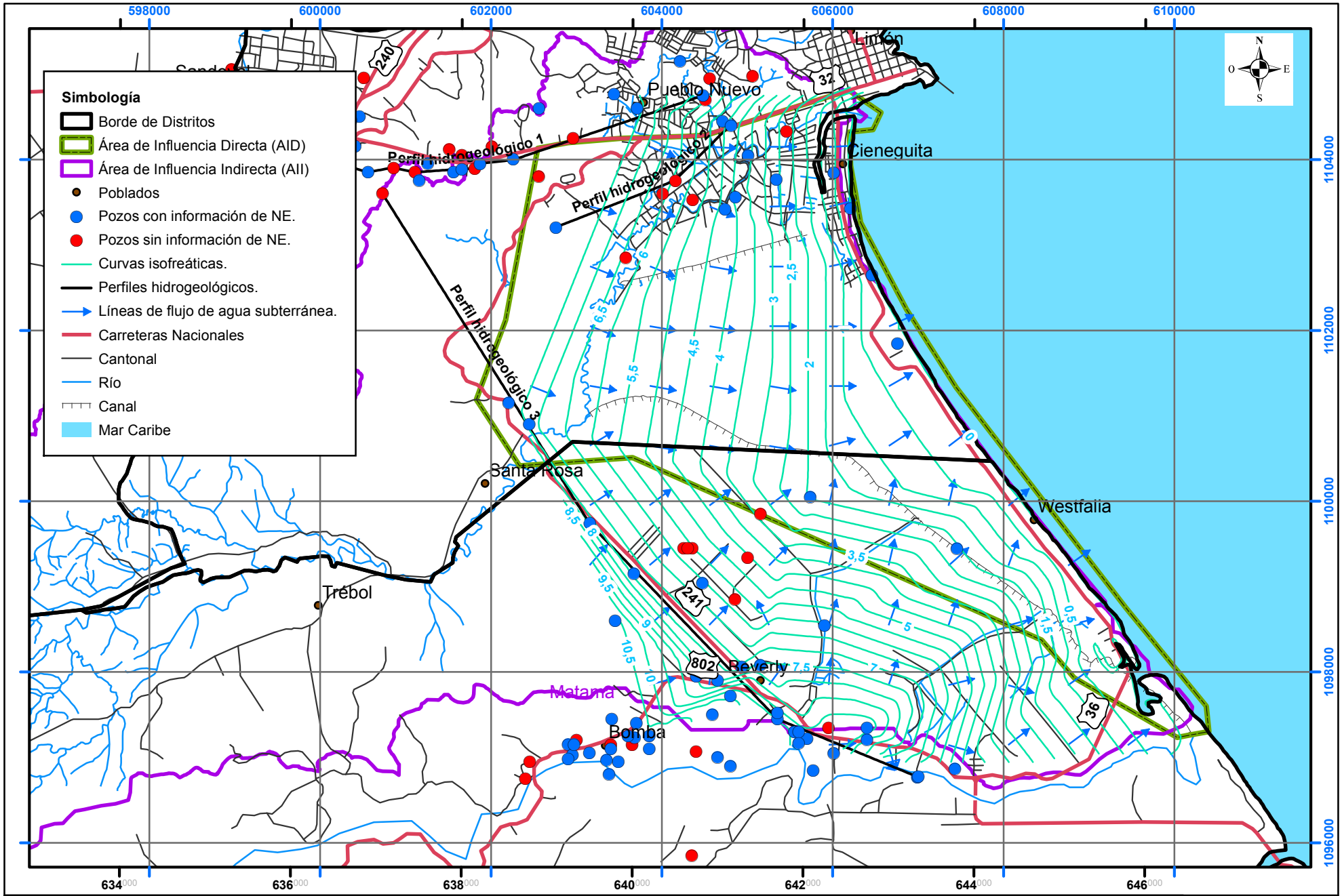
ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.2.3. Mapa de Vulnerabilidad Intrínseca a la Contaminación en el AP y alrededores.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:50.000 1 0,5 0 Kilómetros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 Foster & Hirata (1991) y Foster et al. (2002).

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 5.4.2.4. Mapa de elementos hidrogeológicos del AP y alrededores.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:60.000 1 0,5 0 Kilómetros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 SENARA (2013).

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

5.5.1 Calidad ambiental

En las giras de campo a la zona de estudio realizadas por ProDUS-UCR, se han determinado algunos aspectos de línea base que caracterizan la calidad ambiental, principalmente en los aspectos de olores, emisión de gases y presencia de partículas o polvo.

Con respecto a olores, se reconocieron sitios problemáticos de concentración de malos olores, generados principalmente por la acumulación de desechos sólidos y la descarga directa de aguas residuales a los cauces.

Un punto crítico de concentración de malos olores, se ubica en la Quebrada Chocolate, bajo el puente del paso del ferrocarril, a 500 m noreste de El Envaco (Fotografías 5.5.1-1). Este sitio, al ser aguas abajo, arrastra todos los desechos de los barrios ubicados aguas arriba. Según entrevistas con vecinos de la zona, el sitio cuenta con esta problemática constantemente, pues a pesar de que la Municipalidad limpia periódicamente este punto, al pasar los días, los desechos se acumulan nuevamente. Las siguientes fotografías fueron capturadas en el mismo punto, pero con dos meses de diferencia.



Fotografías 5.5.1-1. Puntos de concentración de desechos sólidos en la Quebrada Chocolate
Fuente: ProDUS-UCR, marzo 2013 (izquierda) y junio 2013(derecha).

Como se puede observar en las fotografías anteriores, existe una gran diversidad de desechos acumulados, donde abundan envases de plástico, poliestireno expandido (estereofón), juguetes, esponjas, entre otros. Además, según indicaron los vecinos, incluso lanzan animales muertos. Claramente, la putrefacción de las materias orgánicas producirá olores y condiciones desagradables en este punto.

Durante las giras de campo también se evidenció que una parte de la población realiza quemas de basura, emitiendo gases contaminantes a la atmósfera.

Es clara la problemática que se tiene en la zona con respecto al manejo de desechos sólidos, pues también hay varios puntos en medio de los barrios, donde los vecinos colocan sus bolsas de basura

en el suelo y a cualquier hora del día, para que pase el camión recolector, sin ningún tipo de estructura que las proteja del ataque de animales callejeros y carroñeros (Ver Fotografía 5.5.1-2).



Fotografías 5.5.1-2. Sitio de acumulación de desechos sólidos
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013

Otros sitios donde se dan problemas de malos olores, es a lo largo de los cauces, tanto de la Quebrada Chocolate como del Río Limoncito, donde es evidente la descarga de aguas residuales de manera directa. Se observan tuberías que desfogan sus aguas directamente a los cauces sin ningún tipo de tratamiento, degradando seriamente la calidad del agua y del ambiente. En la sección 5.4.1.1 de Calidad del Agua del presente documento se verá más detallado este tema.

También, hay presencia de roedores dentro de los cauces y algunos reptiles que buscan alimentarse de estos roedores.

En las siguientes fotografías se pueden observar algunos ejemplos de sitios con descarga directa de aguas residuales (Fotografías 5.5.1-3 y 5.5.1-4).



Fotografías 5.5.1-3. Descarga de aguas residuales a la Quebrada Chocolate
Fuente: ProDUS-UCR, marzo 2013




Fotografías 5.5.1-4. Descarga de aguas residuales al Río Limoncito
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013

Se determinó que no hay presencia de industrias importantes dentro de la zona de estudio que emitan gases a la atmósfera. Así mismo, con respecto a la contaminación por emisiones vehiculares, se puede indicar que en general la zona no cuenta con problemas de acumulación de tránsito. Únicamente en la Ruta Nacional N°32, principalmente en la entrada a la Ciudad de Limón, se puede ubicar mayor concentración de vehículos livianos y de carga pesada por las actividades de movilización de productos de exportación hacia el puerto Moín.

Gran parte de las carreteras de la zona no se encuentran asfaltadas, siendo en su mayoría de lastre (Fotografías 5.5.1-5). Esto provoca que en época seca, al pasar los vehículos se levanten partículas de polvo, provocando molestias a los vecinos. En época lluviosa hay mayor cantidad de barro y charcos que aumentan la presencia de insectos. Este aspecto se deberá evaluar posteriormente para la etapa constructiva, pues se incrementará el paso vehicular principalmente por parte de vehículos de carga durante las actividades de construcción.




Fotografías 5.5.1-5. Calles de lastre
Fuente: ProDUS-UCR, octubre 2012

5.5.2 Ruido y vibraciones (Línea Base)

Con respecto a ruido y vibraciones, la zona en general no presenta problemática importante en este aspecto; sin embargo, actualmente se pueden identificar algunas fuentes de contaminación acústica que se describen a continuación:

- Tramos de carreteras muy transitadas por vehículos pesados:

Los vehículos son fuentes móviles generadoras de ruido (de variable intensidad), atribuido principalmente al funcionamiento de su motor y al rodamiento de sus llantas por la carretera. A bajas velocidades, el motor es el que más ruido produce, mientras que a altas velocidades es el roce de las llantas.

La contaminación acústica por vehículos se subdivide según el tipo de vehículo, ya sean livianos o pesados (camiones, tráiler, bus), siendo más significativa aquella causada por vehículos pesados. La zona de Limón, al contar con el puerto Moín, es común el paso de vehículos pesados por las calles principales, para el transporte de productos de importación y exportación, además de otros para la movilización de materia prima.

a. Tramo sobre la Ruta Nacional N°32

Dentro del área de estudio, en la parte baja de la Cuenca del Río Limoncito, se encuentra una sección de aproximadamente 4.8 Km de longitud de la Ruta Nacional N°32.

Según datos del MOPT, para la estación de conteo vehicular N°248, ubicada 100m después de la entrada a Moín (Ruta N°240), esta sección es muy transitada principalmente por vehículos pesados (Fotografías 5.5.2-1). El Tránsito Promedio Diario Anual (TPDA) es de 10.711 vehículos, de éstos aproximadamente 4.140 corresponden a carga pesada, lo que significa que el Porcentaje de vehículos pesados es alto (38.66%).

Según mediciones de ruido realizadas en campo por ProDUS-UCR, utilizando el *Sonómetro Modelo 732A marca BK Precision*, se obtuvieron niveles máximos 94dB (*A*) en puntos sobre la Ruta N°32. En el Mapa 5.5.2-1 se muestran los sitios donde se realizaron las mediciones.



Fotografías 5.5.2-1. Secciones de carretera sobre Ruta N°32.
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013.

b. Calle local con dirección a la fábrica ENVACO S.A.

Dentro de la zona de estudio, se encuentra la industria de cartones ENVACO S.A., ubicada en el Barrio con el mismo nombre, la cual genera muchos viajes de vehículos pesados que transportan cartón hacia los cetros de empaque de productos. Estos vehículos de carga cruzan calles locales, afectando a los vecinos de los barrios cercanos.

Según mediciones de ruido realizadas en campo por ProDUS-UCR, utilizando el *Sonómetro Modelo 732A marca BK Precision*, se obtuvieron niveles hasta de 79dB (*A*).



Fotografías 5.5.2-2. Vehículos pesados que transportan cartón de ENVACO.
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013.

- Paso del tren sobre la línea férrea dentro del área de estudio

La sección existente de línea férrea dentro del área de estudio se encuentra parcialmente activa (Ver Fotografía 5.5-3). Según consultas con los vecinos del Barrio Envaco, el tren pasa cerca de las 6 de la mañana y nuevamente cerca de la media noche y transporta únicamente materiales. Como en este tramo pasan también vehículos de carga, en las intersecciones viales entre línea férrea y vía, el operador del tren pita para evitar accidentes, generando incomodidad en los vecinos.



Fotografía 5.5.2-3. Línea férrea en los alrededores del barrio Juan Gobán
Fuente: ProDUS-UCR, marzo 2013.

En el Mapa 5.5.2-1 se puede observar la ubicación de la línea férrea en el área de estudio, la cual se extiende en su mayoría en la carretera cantonal que va hacia Envaco y en otros tramos cercanos a la Ruta N°32.

Se realizaron mediciones de ruido en esta zona, sin embargo no fue posible determinar el impacto sonoro del tren. ProDUS-UCR ha realizado mediciones en la intersección de la línea férrea con la Ruta Nacional N°39, en San Pedro de Montes de Oca, donde se obtienen valores de intensidad del ruido de 85 dB (*A*) por el paso sobre los rieles, y hasta de 100dB (*A*) justo en los momentos en que pita (por períodos muy cortos de tiempo). Lo que demuestra que el paso del tren genera niveles altos de intensidad de ruido; sin embargo, accionar el pito es una medida necesaria de seguridad vial.

- Aeropuerto de Limón

Sobre la Ruta Nacional N°36, se encuentra el Aeropuerto de Limón, el cual actualmente recibe principalmente vuelos tipo chárter (con aeronaves pequeñas). Su horario de operación es desde que amanece hasta que anochece.

El Barrio más cercano al Aeropuerto, es la parte sur de Cieneguita, que se encuentra aproximadamente a 1km de distancia, lo que se puede observar en el Mapa 5.5.2-1.

En el momento de realizar las mediciones de ruido en este sitio, no se presenció ningún vuelo (ni aterrizaje, ni despeje), por lo que no se tienen valores de ruido con la afectación de aeronaves.



Fotografía 5.5.2-4. Aeropuerto de Limón
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013.

5.6.1 Amenaza Sísmica

El estudio de las amenazas naturales requiere una siempre de una diferenciación inicial entre los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo; pues la combinación de estos lo que desencadena los desastres naturales. La mayoría de entidades de atención a emergencias, tipifica las palabras de la siguiente manera, donde amenaza se entiende por el potencial que tiene un proceso natural de ocurrir, y causar daños a la naturaleza o a un sector de la población. La vulnerabilidad es refiere a cuan expuestas están la población y sus estructuras a los procesos naturales; tanto respecto a su ubicación durante el evento, como a su capacidad de soportar o resistir el evento. Finalmente el riesgo es la combinación de ambos componentes, la capacidad de los procesos naturales y los eventos extremos, combinados con la capacidad de respuesta de la población y de las estructuras civiles.

El estudio de los eventos sísmicos ha revelado información relevante sobre los procesos que se activan antes y después de un sismo, así como la interacción de los mismos; sin embargo la tecnología actual y los modelos científicos distan mucho de poder predecir los futuros sismos o si quiera realizar una alerta temprana que permita tomar alguna medida previa al evento sísmico. Los modelos vigentes de estimación de potencial sísmico (amenaza) utilizan la información disponible sobre fallas, y forma de las capas rocosas, así como la información estadística respecto a los eventos ocurridos anteriormente.

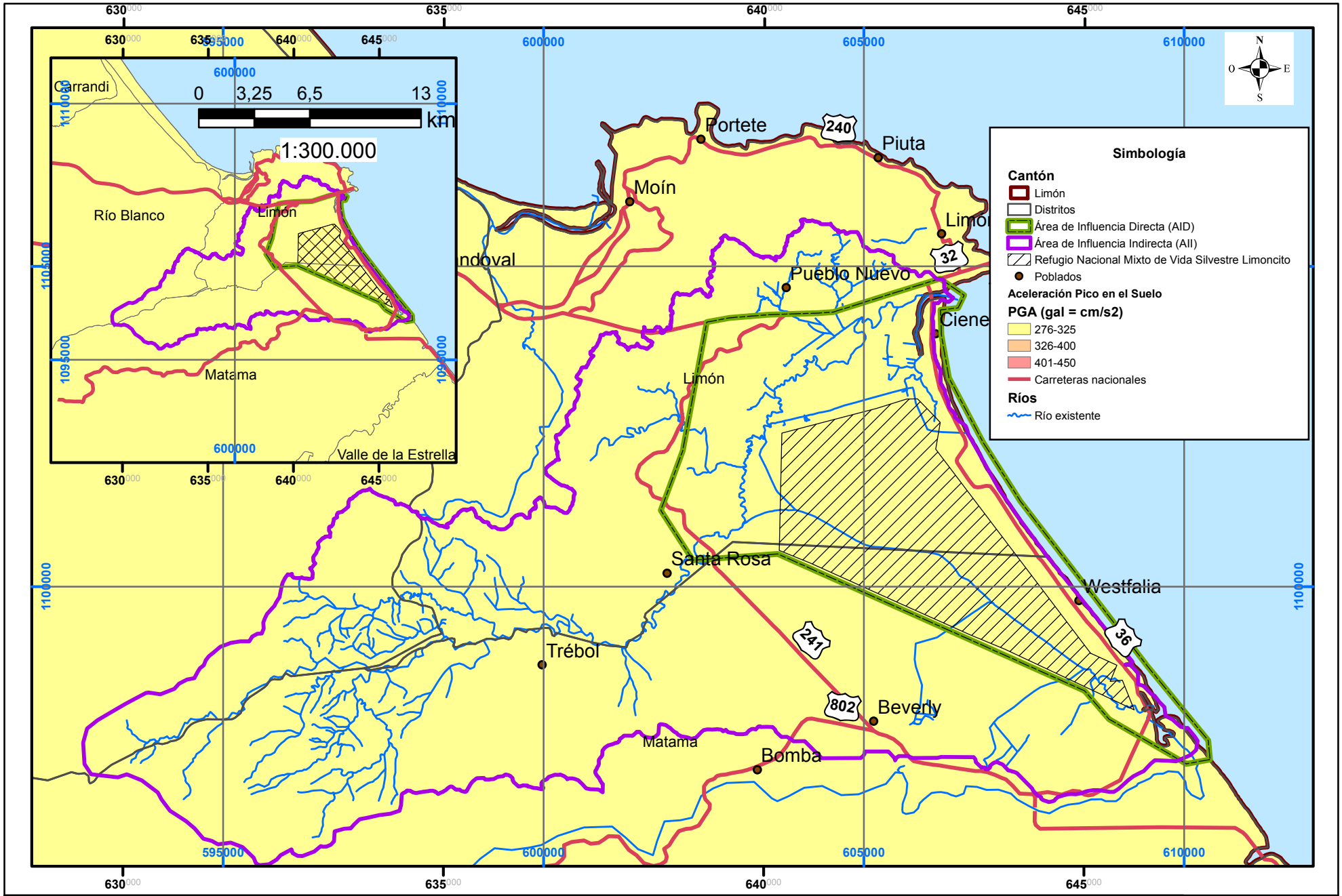
5.6.1.1 Modelaje Físico-Matemático

Como se mencionó anteriormente la predicción de los eventos sísmicos se torna en una propuesta imposible actualmente; en contraparte lo que se acostumbra es una modelación basada en eventos extremos. La modelación en función de eventos extremos busca a partir de una modelación estadística establecer el máximo evento que podría darse en base a los eventos ya ocurridos. Para la zona de estudio se encontraron dos modelaciones diferentes y complementarias, el "Código Sísmico de Costa Rica 2010" emitido por el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos y el libro "Amenaza Sísmica en América Central" compilado por Ma Belen Benito Oterino y Yolanda Torres Fernández en el 2009.

La segunda de estas fuentes disponibles se basa en un modelo de predicción basado en una serie de estándares internacionales y correcciones hechas por expertos de Centroamérica, el resultado final de la modelación son tres mapas donde para tres periodos de retorno diferente se estima la aceleración pico máxima esperada. Para la zona de estudio la aceleración pico esperada varía desde los 275 gal (1 cm/s^2) para un periodo de retorno de 500 años hasta 475 gal para un periodo de retorno de 2500 años. De acuerdo a estas modelaciones la sismicidad menor se da al noreste de Costa Rica, manteniéndose en un rango similar hacia el sureste, para ir aumentando hacia el suroeste de manera gradual, alcanzando los mayores valores en frente de las costas del cabo Santa Elena, Garabito y el distrito de Pavón en Golfito.

En el caso del Código Sísmico de Costa Rica, la modelación de eventos constituye una serie de lineamientos que deben ser tomados en cuenta para el diseño sismo resistente de toda obra civil a construirse en el país. Dejando de lado las características mecánicas de las obras pues estas serán evaluadas en los diseños de cada obra a realizar, y centrándose en las condiciones del espacio, el código sísmico divide el país en tres

sectores, de manera similar al otro informe, en este caso la parte menos sísmica se ubica hacia el extremo norte del país en las llanuras del norte, mientras la zona caribe y la mayor parte de la franja longitudinal intermedia del país, responde a una condición intermedia, finalmente el Pacífico se asocia a una zona de alta sismicidad esperada. Para la zona de estudio en específico y según el tipo de suelo para un periodo de retorno de 475 años se espera una aceleración pico efectiva que va desde los 0,30 hasta los 0,36 respecto a la aceleración de la gravedad (9,81 m/s^s)



Mapa 5.6.1.1. Mapa de aceleración pico del suelo.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:80.000 1 0,5 0 1 Kilómetros	Fuente: Hojas 1:50000 del IGN, Atlas ITCR 2008 ProDUS, 2013.

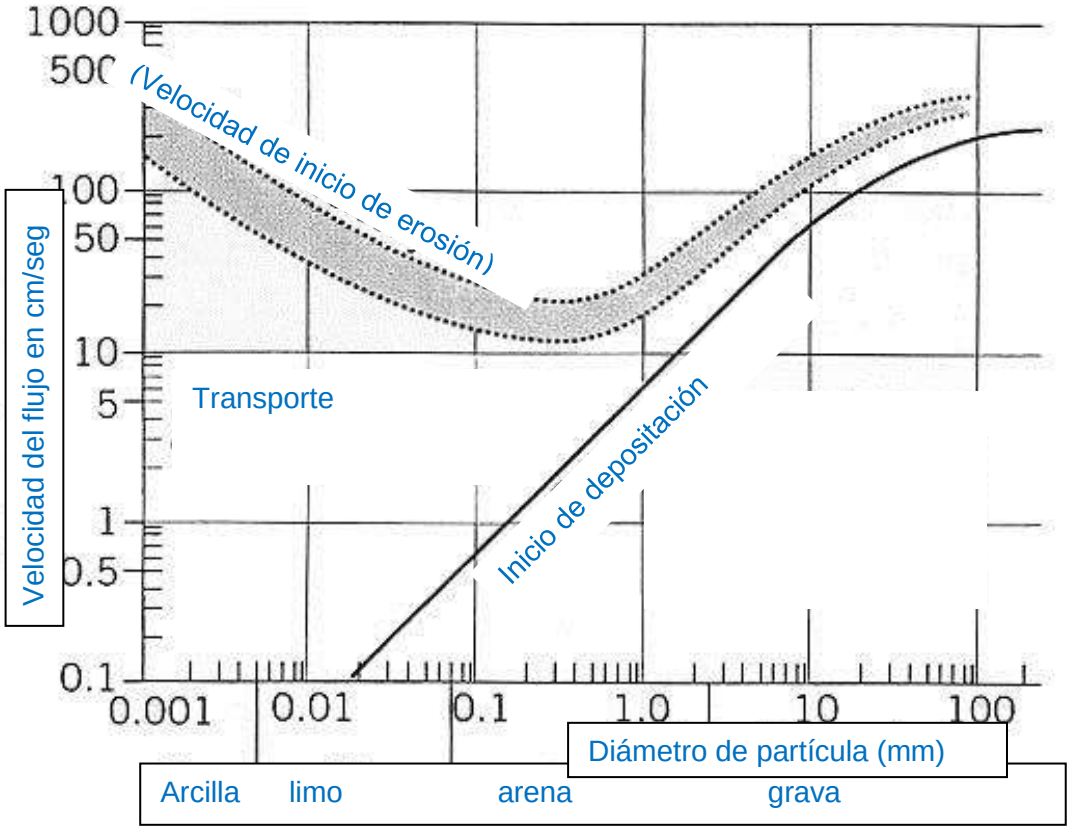
ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

5.6.2 Amenaza por erosión (canales)

La erosión es el proceso paulatino de la degradación y transporte del suelo o roca mediante las fuerzas climáticas, tales como precipitación, escorrentía o viento. Por las condiciones climáticas del país la erosión más común aquella ligada a las condiciones hídricas, es decir aquellas que se dan por la precipitación o la escorrentía.

En el caso de la precipitación el proceso de erosión se da cuando las gotas de agua impactan en la superficie del suelo, el impacto rompe la superficie del suelo, liberando una pequeña cantidad de partículas de suelo.

En el caso de la escorrentía, el proceso de erosión se da por la fricción entre el flujo y la superficie del suelo; la fuerza de fricción generada depende de múltiples factores que se interrelacionan entre los que se incluye la velocidad promedio del flujo; así también la posibilidad de que una partícula dada se desprenda y movilice es función de múltiples características que igualmente se interrelacionan pero pueden ser resumidas en función del diámetro de partícula. A razón de esta última asociación entre la posibilidad de erosión y el diámetro de partícula muchos investigadores han estudiado el comportamiento y el inicio del movimiento de partículas; entre ellos se destaca el trabajo de Filip Hjulström, que mediante una serie de experimentos determino la velocidad aproximada a la cual las partículas tienden a la sedimentación o la erosión; en la figura 5.6-1 se muestra la gráfica de Hjulström.



Imágen 5.6.2.1 Gráfico de Hjulström, relación entre el diámetro de partícula y la velocidad media del flujo
Fuente: Hjulström's curve (Geography Department of Lord Wandsworth College, 2011)

El gráfico fue realizado en una escala de doble logaritmo, en el eje horizontal se muestra el diámetro de partícula y por tanto el tipo de material que sería: arcilla, limo, arena y grava; mientras en el eje vertical se muestra la velocidad media del flujo de agua que se encuentre sobre el material; la línea inferior, (fall velocity) representa la velocidad a la cual inicia la sedimentación, mientras el límite superior representa la velocidad a partir de la cual empezaría aproximadamente la erosión. Este gráfico revela un comportamiento simplificado, ya que para la creación del mismo siempre se usaba material del mismo diámetro de partícula, y no contempla la posibilidad de otros materiales presentes en el suelo, como la materia orgánica o vegetación; sin embargo pese a las simplificaciones presenta un marco de partida inicial sobre cuales velocidades podrían ser críticas en determinados suelos.

Así del gráfico se desprende que en suelos arenosos las velocidad media del flujo superior al suelo debe ser inferior a los 10 cm/segundo, mientras que para los limos podría llegar hasta 50 cm/s y para las arcillas podría llegar hasta los 15 0 cm/s; es decir 1,5 m/s.

Durante el Estudio de Impacto Ambiental se realizaron una serie de análisis de inundación con diferentes periodos de retorno (sección 5.4.1.2). Dentro de estos análisis se realizan una serie de supuestos en precipitación e intensidad de lluvia, y se aprovecha el modelo de elevación digital, mismo construido con toda la información disponible. Entre los resultados de esta modelación se incluyen para cada periodo de retorno detalles aproximados de la inundación, la altura del agua, y la velocidad máxima; la información se da en formato raster, donde toda el área de estudio es dividida en una cuadrícula y cada cuadro almacena el valor correspondiente a ese pequeño espacio para cada variable. El análisis de inundaciones se realiza para tres periodos de retorno, 10, 25 y 50 años; a mayor periodo de retorno mayor es la cantidad y la intensidad de la precipitación, por tanto mayores son los caudales y las velocidades de flujo.

En los mapas de velocidades se ven 2 comportamientos diferenciados, que son: condiciones en el cauce y en las superficies potencialmente inundables aledañas a los cauces. En las superficies aledañas al cauce las velocidades pico van desde los 0,5 m/s hasta los 0,65 m/s; según el periodo de retorno; mientras en los canales y cauces naturales según el periodo de retorno las velocidades van desde los 0,2 m/s hasta poco más de 1m/s. Estos resultados de velocidad alertan sobre posibles problemas de erosión si se tuvieran suelos arenosos en el cauce.

De acuerdo a la caracterización geotécnica (sección 5.1.3); la primera capa de suelos varía según el lugar en la zona de estudio entre combinaciones de CH(arcilla plástica), MH(limo plástico) y SM(arena limosa). Esta información se extrae de pozos de observación localizados principalmente en los alrededores de la ciudad donde los ríos y canales tendrán coberturas y protección en la pared de los taludes. Sin embargo cinco de los pozos, localizados hacia el sur, donde las paredes del canal serán en material natural; muestran importantes contenidos de arena (clasificación SM y SW) especialmente hacia el este y sur; donde la modelación indicó que durante una avenida máxima las velocidades podrían superan los 0,1 m/s; velocidad a la que inicia el movimiento de las partículas de arena; provocando por tanto, erosión en las paredes y fondo del canal.

Si bien los suelos en la zona están compuestos de varios materiales adicionándole un pequeño margen de seguridad respecto del tema de la erosión este tema no debe ser descuidado; y la combinación de velocidades y suelos susceptibles da pie a la necesidad de implementar alguna medida de protección en los taludes de los canales. De acuerdo a los resultados de la modelación de velocidades puede implementarse medidas de protección localizadas para minimizar costos. Dadas las características de la zona las medidas basadas en geomembranas y cobertura vegetal deberían rendir buenos resultados.

5.6.3 Licuefacción

La licuefacción se refiere a un fenómeno natural en el cual una capa del suelo con determinadas características sufre un reacomodo en sus partículas debido al efecto dinámico de una fuerza lateral, provocando un asentamiento instantáneo, y una pérdida de la resistencia del material en su sección transversal a la superficie. Entre las características del suelo que comúnmente se suelen asociar con este fenómeno, se haya la alta presencia de materiales granulares, la saturación del suelo y la baja presencia de finos.

En nuestro país este fenómeno fue ampliamente evidenciado durante el sismo de Cóbano (1990) y el de Limón-Telire (1991); sin embargo, considerando otros eventos sísmicos y las condiciones de las zonas costeras aledañas a sus epicentros, es posible que en menor escala o en zonas no transitadas, este fenómeno ya se haya presentado anteriormente. Particularmente en el caso del sismo de Limón-Telire, se estima que el proceso de licuefacción genero con creces mayores pérdidas y daños que el evento sísmico en sí mismo. (Denyer, P. et. Al;1994, Generalidades sobre el efecto geológico del terremoto, en Revista Geológica de América Central, Volumen especial Terremoto de Limón)

En el informe de Denyer(1994) se señala que los vecinos comentaron sobre un fenómeno particular de la licuefacción en el que durante el evento sísmico, por una combinación de la aceleración y ubicación de la capa freática, ser formaron conos de arena, que eyectaron agua, arena y barro hasta alturas de 5 metros, en las inspecciones se detectaron los indicios de este situación.

De acuerdo a Mora &Yasuda (1994; Licuefacción de suelos y fenómenos asociados durante el terremoto de Limón) cerca de 3000 Km2 fueron afectados por deslizamientos y licuefacción.

Uno de los principales efectos del fenómeno de licuefacción se vio en los puentes, donde los asentamientos diferenciales, producto de la licuefacción; provocaron volcamiento de pilas y daños en las aproximaciones; destruyendo más de 10 puentes, generando pérdidas valoradas en 725 millones (Daños causados por el terremoto de Limón: Pérdidas y medidas de mitigación. Morales, L.D., p. 201-210.)

La previsión del fenómeno de licuefacción se puede realizar a partir de resultados de pruebas de suelos; sin embargo los materiales licuables suelen presentarse en betas pequeñas ampliamente esparcidas por la zona de estudio, especialmente junto a los cauces de agua y las zonas costeras. El tamaño y aleatoriedad de las betas dificulta la creación de un mapa de zonas frágiles, pues sería necesario realizar cientos de perforaciones y análisis de suelo para localizar con precisión todas las betas.

El análisis a la zona de estudio se realizó a partir del informe "Zonificación de la Amenaza de Licuación de la Región Atlántica" de Andrés Araya Rojas (2003). Respecto del tema de amenaza, en primer término se debe detallar el significado de varias palabras:

- Amenaza: se refiere "a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos o geológicos que por su lugar de ocurrencia, severidad y frecuencia, pueden afectar de manera adversa a la infraestructura y la población (Vargas, 2003)

- Susceptibilidad: que se refiere a la medida en que las condiciones locales atenúan o agravan los efectos del evento, sin considerar los mecanismos disparadores.
- Vulnerabilidad: es "el grado de pérdida de un determinado elemento o grupo de elementos sometidos a riesgo, producto de la ocurrencia de un fenómeno natural de determinada magnitud (UNESCO, 1984).
- Riesgo: es el resultado de la localización de población e infraestructura vulnerable en una región donde ocurren fenómenos naturales destructivos.

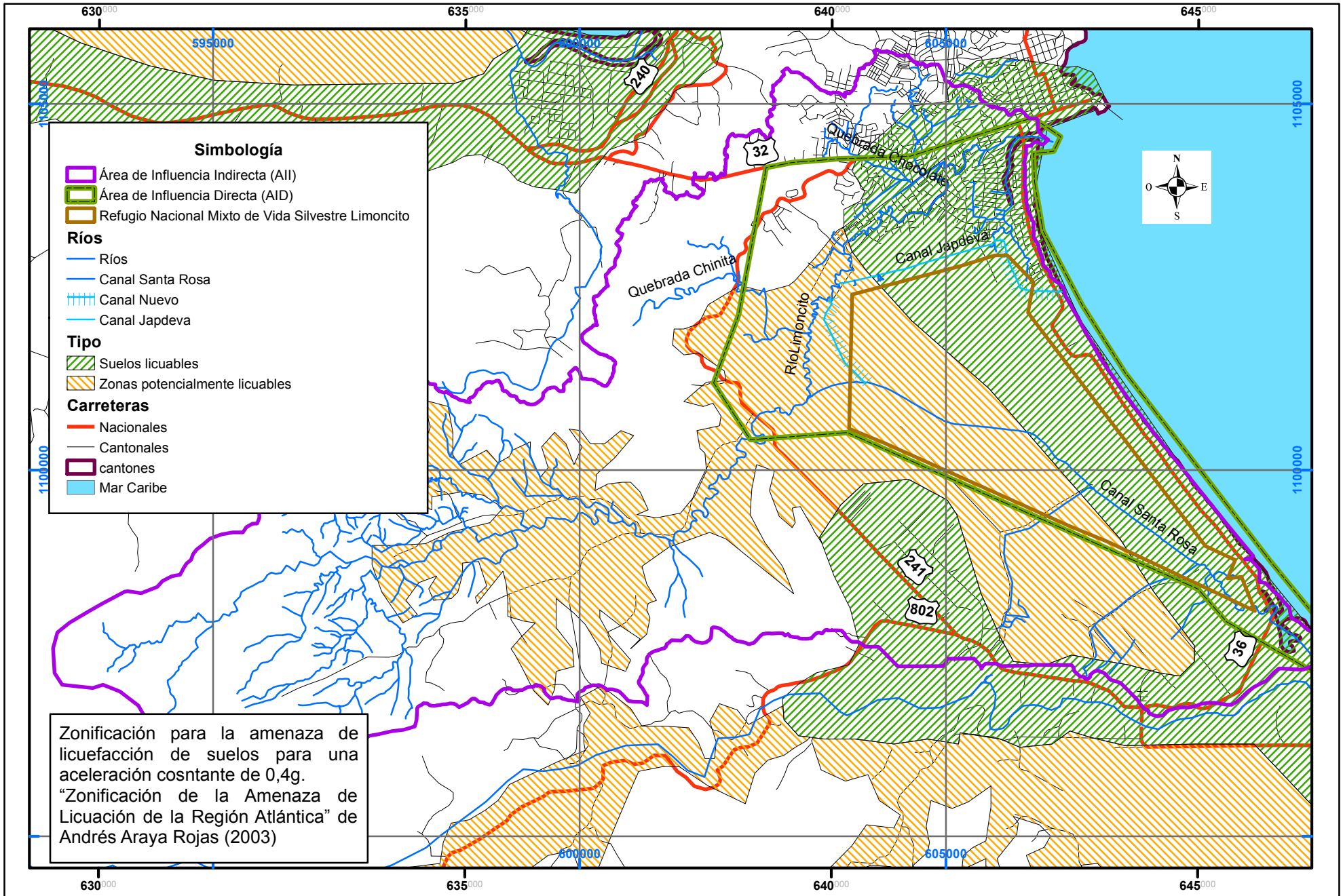
De acuerdo a la Sociedad Geotécnica Japonesa, las metodologías de análisis se clasifican en tres rangos según su nivel de detalle; en el documento de Araya se sigue una metodología basada en la combinación de tres métodos de un grado diferente cada uno.

En el primer grado se hallan las metodologías basadas en el estudio de las zonas donde previamente ha ocurrido licuación en terremotos pasados. En la zona de estudio han ocurrido múltiples terremotos, sin embargo el que ha sido mejor documentado fue el terremoto de Limón-Telire; y es en base a este que se realiza en el informe el primer grado de análisis. Se extrae de informes de la comisión y de la Revista de Geología documentación sobre las zonas afectadas por licuefacción y la localización comprobada de algunos fenómenos.

En el segundo grado se hallan las metodologías basadas en criterios geológicos y geomorfológicos, sobre esta línea Araya toma en consideración 2 componentes el mapa geológico y el mapa de pendientes definiendo como susceptibles aquellas zonas donde las unidades geológicas del periodo Cuaternario (Qal, Qa) coincidan con pendientes inferiores al 10%.

En el tercer grado se hallan las metodologías basadas en análisis estadísticos y físicos a datos puntuales. En el caso particular de este análisis se consideran los pozos disponibles de SENARA, y se clasifica la zona circundante a los mismos de acuerdo a dos metodologías (Ishihara y Iwasaki). La primera metodología evalúa la estratigrafía de los primeros 20 metros de profundidad, buscando capas de suelo potencialmente licuables y se evalúa la interacción del estrato potencial, con los estratos superiores. A partir de los primeros resultados, se clasifica el material circundante a los pozos en licuables o no licuables, según el potencial de vulnerabilidad (Iwasaki).

El resultado de los tres métodos se conjuga en un mapa donde se señalan los suelos licuables, no licuables y una zona donde hay probabilidad de que se encuentren suelos potencialmente licuables. En el mapa 1 se muestran los resultados del análisis de Araya.



Mapa 5.6.3.1 Amenaza de licuefacción en la zona de estudio.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja de río Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:70.000 — 1 0,5 0 Kilómetros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 ProDUS, 2013. Araya, 2003

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

5.6.4 Mapa de Susceptibilidad

La evaluación, el análisis y agrupación de las amenazas que afectan a una población y región requiere el establecimiento claro de algunos conceptos primordiales asociados al riesgo. Sobre esta línea, el primer grupo de conceptos a definir es riesgo, amenaza y vulnerabilidad; la amenaza refiere a la capacidad de los procesos naturales de crear situaciones peligrosas o dañinas, mientras la vulnerabilidad refiere a la posición de la población respecto a estos eventos y su capacidad intrínseca de mitigarlos o soportarlos. La combinación matemática, estadística y lógica de ambos vulnerabilidad y amenaza se asocia al concepto de riesgo, es decir que el riesgo se asocia a la probabilidad de que un evento natural desencadene un desastre natural que impacte a una población establecida en una zona vulnerable.

Finalmente surgen términos complementarios, prevención, contingencia y mitigación; todos ellos referido hacia como enfrentar el evento; como reducir su potencial impacto; cada uno de estos conceptos se asocia a un tiempo, anterior, durante y posterior al evento. Las medidas que se propongan para cualquier lugar sobre estos tres conceptos deben estar ligadas a las condiciones de amenaza y vulnerabilidad de la zona, sobre estas dos en la primera se suele tener gran incertidumbre, pues las fuerzas que funcionan durante los eventos suelen tener complejos funcionamientos en interacciones; por ello la mayor parte de los modelos de predicción y análisis de amenaza suelen basarse en análisis estadísticos o evaluaciones de potencialidad.

Este tipo de análisis suele asociarse con el concepto de periodo de retorno, correspondiente al lapso donde de acuerdo a la evidencia estadística se espera que un evento de cierta magnitud ocurra alguna vez, así a mayor periodo de retorno, mayor es el evento esperado. Las evaluaciones de potencialidad se basan en modelos simplificados donde se busca a nivel local cuales son los sitios donde es más probable que se dé un evento.

Las condiciones climáticas y topográficas de la zona se unen para crear una serie de eventos asociados a la infiltración y escorrentía que pueden desencadenar procesos que afectarían significativamente a la población, adicionado a esto la condición sísmica del país y los suelos aluviales se combinan para crear múltiples escenarios de eventos de desastres naturales. En este marco y para esta sección se agrupan y recapitulan las amenazas naturales más significativas de la zona de estudio de acuerdo a los resultados encontrados en las secciones correspondientes.

En el caso de los eventos sísmicos, estos suelen cumplir un papel doble, al funcionar como procesos activos y disparadores de otros desastres naturales. Los sismos se generan cuando las ondas sísmicas recorren la tierra propagándose hacia la superficie; estas ondas son una forma de energía que es liberada cuando se da una pequeña falla en las placas tectónicas, esta falla se da por el choque y sede de dos fuerzas contrarias; generadas por efectos volcánicos o el movimiento de las placas. El caso puntual de Costa Rica, los sismos pueden darse por pequeños fallamientos locales, movilización de placas o condiciones volcánicas; este amplio abanico de generadores de sismo dificulta la predicción de sismos. A razón de la incertidumbre en esta temática la línea seguida común en la mayor parte de países es la de realizar zonificaciones a partir de datos históricos valiéndose de la estadística espacial.

De acuerdo a la normativa técnica nacional dada por el Código Sísmico de Costa Rica 2010, el país se clasifica según el potencial sísmico histórico de cada región, en base a dicho documento la zona de estudio se encuentra en la categoría zona III; donde se esperaría que para un periodo de retorno de 475 años la aceleración pico efectiva varíe entre los 0,30 hasta los 0,36 respecto a la aceleración de la gravedad (9,81 m/s^2). Adicionado a esto, otros investigadores han realizado cálculos con el fin de determinar las posibles aceleraciones que se podrían dar en algunas zonas del país según un periodo de retorno dado. Entre estas investigaciones se halla el libro "Amenaza Sísmica en América Central" compilado por Ma Belen Benito Oterino y Yolanda Torres Fernández en el 2009. De acuerdo a este último para la zona de estudio la aceleración pico esperada varía desde los 275 gal (1 cm/s^2) para un periodo de retorno de 500 años hasta 475 gal para un periodo de retorno de 2500 años; es decir entre un 28% y un 48% de la fuerza de gravedad.

Como se observa en el Mapa 5.6.4-1 tanto el Área de Proyecto como el Área de Influencia Indirecta se encuentra dentro de la misma unidad sísmica; por tanto el sismos máximo esperado será el mismo para toda el AP; sin embargo cabe recordar que de acuerdo a la normativa nacional, el sismo de diseño deberá ser ajustado según las características particulares (Importancia y tipo de suelo) de cada obra que construirá el proyecto.

De la mano a los eventos sísmicos y las llanuras aluviales, viene otro fenómeno conocido como licuefacción, mismo que responde al reacomodo de las partículas de suelo ante condiciones de saturación y eventos disparadores (sismos). La forma en como las llanuras aluviales se conforman suele crear aglomerados donde las partículas de tamaño medio (arenas) se colocan en capaz una sobre otra, dejando espacios abiertos entre las partículas, estos espacios pueden ser cubiertos por materiales finos que adicionan una leve resistencia a la matriz de suelo, o por agua, que por el contrario reduce la resistencia total de la matriz de suelo; durante el evento sísmico las ondas "baten" las partículas de suelo, mismas que con la ayuda del agua, flotan momentáneamente, permitiendo un reacomodo tal que el líquido es desplazado y las partículas se reacomodan de manera más eficiente es decir, ocupando un menor volumen total.

Debido al proceso de formación de las llanuras aluviales, las zonas licuables, se conforman como pequeñas vetas, esparcidas por toda la formación de suelo arenoso; es decir que no todos los suelos arenosos son licuables en resumen este potencial está asociado a varias condiciones que suelen presentarse de manera localizada y en pequeños tramos. Por ello es difícil establecer zonas donde se dará licuefacción y la mayor parte de los análisis sobre este tema se basan en buscar características que propicien la formación de las vetas. Para este informe se recurrió a un análisis basado realizado en el informe "Zonificación de la Amenaza de Licuación de la Región Atlántica" de Andrés Araya Rojas (2003). En el mismo se señala como a partir de una metodología propuesta por la Sociedad Geotécnica Japonesa, se crean tres categorías de potencial de licuefacción, de mayor a menor potencial: Suelos licuables, Zonas potencialmente licuables y el resto de la zona de estudio. En el mapa 5.6.4-1 se incluye la representación espacial de las tres categoría de potencial de licuefacción; en el mismo se ve como todas las obras a construir incluyendo todos los tramos del canal se encuentran dentro de alguna de las dos unidades con potencial de licuefacción; esta condición alerta sobre la importancia de este proceso físico sobre el proyecto, sin que esto implique necesariamente que todo el AP estará sujeto a licuefacción pero sí que cualquier parte del mismo podría presentar tal condición; y por ello los estudios de suelos deben ser

minuciosos, especialmente en los puentes, pues son obras altamente susceptibles a la licuefacción, como el evento sísmico de 1991 lo mostro.

El Índice GOD, permite analizar la susceptibilidad de los acuíferos subyacentes a la superficie del suelo, de ser alcanzados por contaminantes que sean liberados en la superficie, para ello toma en consideración características del acuífero tales como su tipo, el grosor y material de la capa superior entre otros. En el caso de la zona de estudio, el índice arrojó resultados entre baja y moderada susceptibilidad; esta última en la zona de costa donde el mayor porcentaje de arenas ayuda a la percolación de contaminantes que fueran derramados en la superficie. Este indicador funge como insumo para estudiar el posible impacto que tendría un derrame en el área del proyecto.

Las altas precipitaciones en la zona provocan eventos de crecientes de caudal que año con año provocan inundaciones, esto potenciado por la forma de las cuencas, la cercanía de la población a los cauces y el uso de estos últimos para disposición de desechos líquidos y sólidos. Con el fin de limitar de una manera técnica la inundación, se realiza una modelación hidrológica e hidráulica. La modelación hidrológica busca a partir de los registros históricos de precipitación estimar una tormenta máxima que se comporte de acuerdo a la tendencia climática del sitio pero que supere los registros existentes, según el periodo de retorno para el cual se está diseñando, lo que se busca es aproximar el comportamiento de la tormenta máxima que se podría cada cierto tiempo; a mayor periodo de retorno, mayor es la intensidad de la tormenta. La modelación hidráulica toma en consideración las ecuaciones de energía y continuidad de movimiento para estimar de acuerdo a la topografía como sería el patrón de escorrentía y movimiento del agua a través del cauce y sobre las terrazas de inundación. Con esto se determina aquellas zonas propensas a inundación según la intensidad de la precipitación.

La evaluación de la zona de estudio, las visitas de campo y entrevistas han confirmado algunos detalles sobre el comportamiento de las inundaciones. La forma general de la topografía donde la cuenca tiene una parte montañosa claramente marcada y una llanura extensa provoca que las inundaciones sean lentas, donde si bien el agua transcurre rápidamente por la montaña, una vez alcanza la planicie la extensión de la misma la retrasa generando velocidades bajas y un efecto visual como si la superficie se estuviera llenando, similar a una piscina; este tipo de inundaciones suelen llamarse llenas.

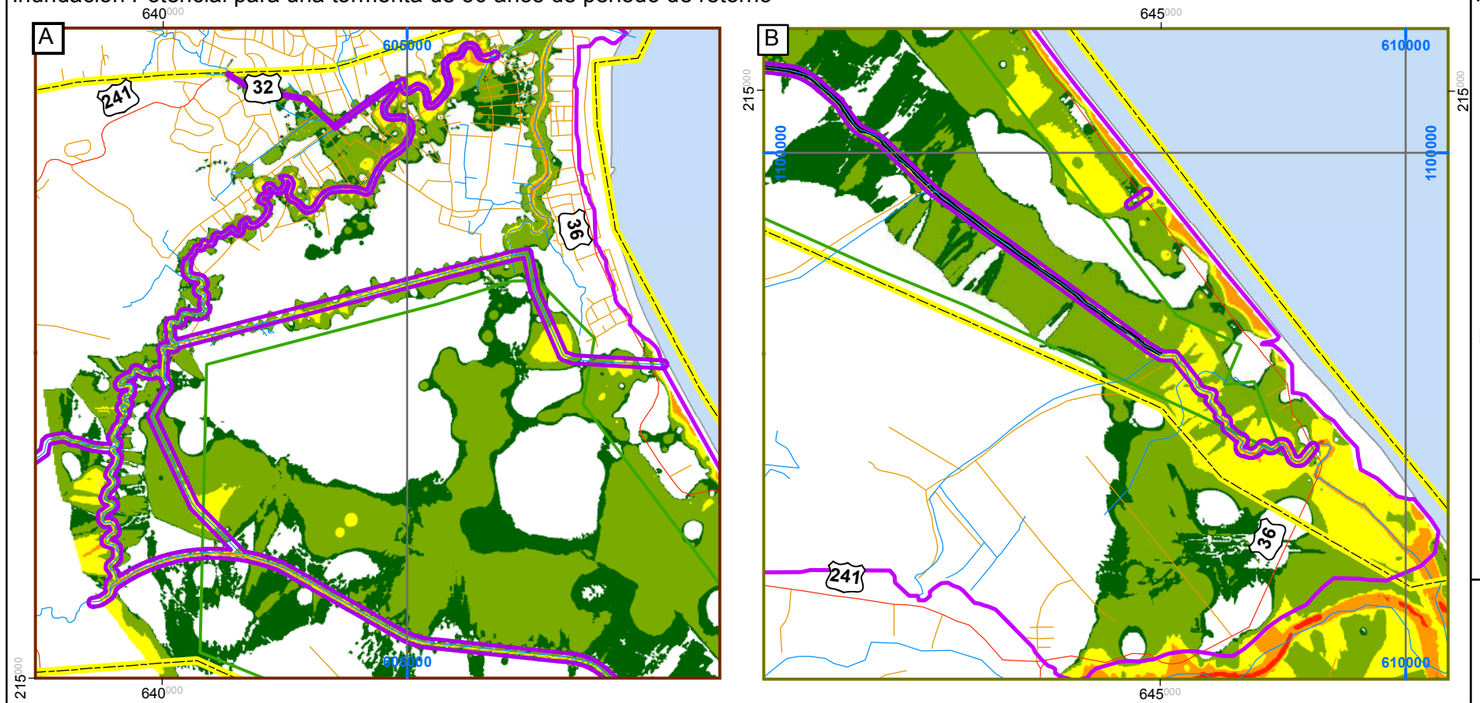
La modelación hidráulica también permite calcular las velocidades máximas promedio del flujo en el cauce y en las terrazas de inundación durante el evento de precipitación. Este dato puede ser usado para determinar zonas susceptibles a erosión, usando como indicador de susceptibilidad el diagrama de inicio de movimiento de partículas de Filip Hjulström. En dicha gráfica se señala que las partículas arenosas inician su movimiento alrededor de los 0,5 m/s; y que el resto de partículas a los 5m/s. Cabe recordar que esta gráfica está sujeta a varias restricciones y consideraciones como uniformidad del material, por tanto no puede ser tomada como una regla estricta, sin embargo si puede ser considerada una guía para detectar zonas vulnerables. De acuerdo a la modelación hidráulica, para un periodo de retorno de 10 años la mayor parte de los canales que se dejaran en talud natural tienen velocidades inferiores a los 0,5 m/s.

Los deslizamientos corresponden a eventos, en los que una porción del suelo ve reducida su capacidad de resistencia, y falla produciéndose la movilización de un importante volumen de material en la dirección de la pendiente. Las obras pueden verse afectas por

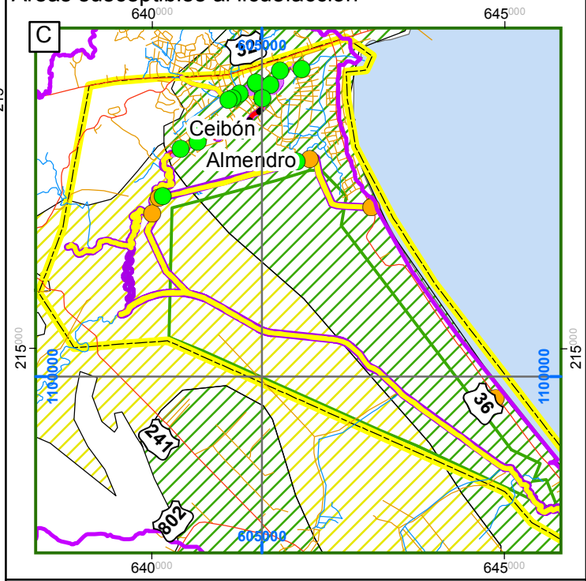
deslizamientos locales o por la movilización del material suelto a través del cauce, propiciando inundaciones y flujos de lodos.

En el Mapa 5.6.4-1 Mapa de susceptibilidad y amenazas naturales, se muestra el resultado de los análisis citados anteriormente.

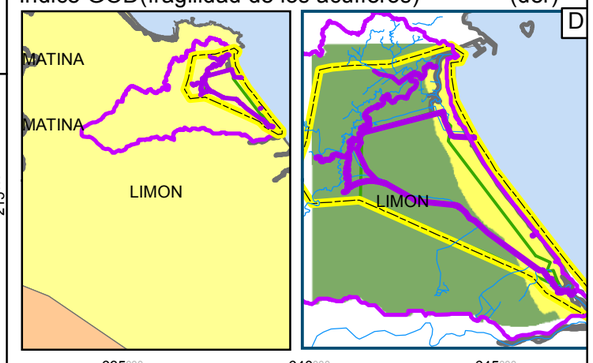
Inundación Potencial para una tormenta de 50 años de periodo de retorno



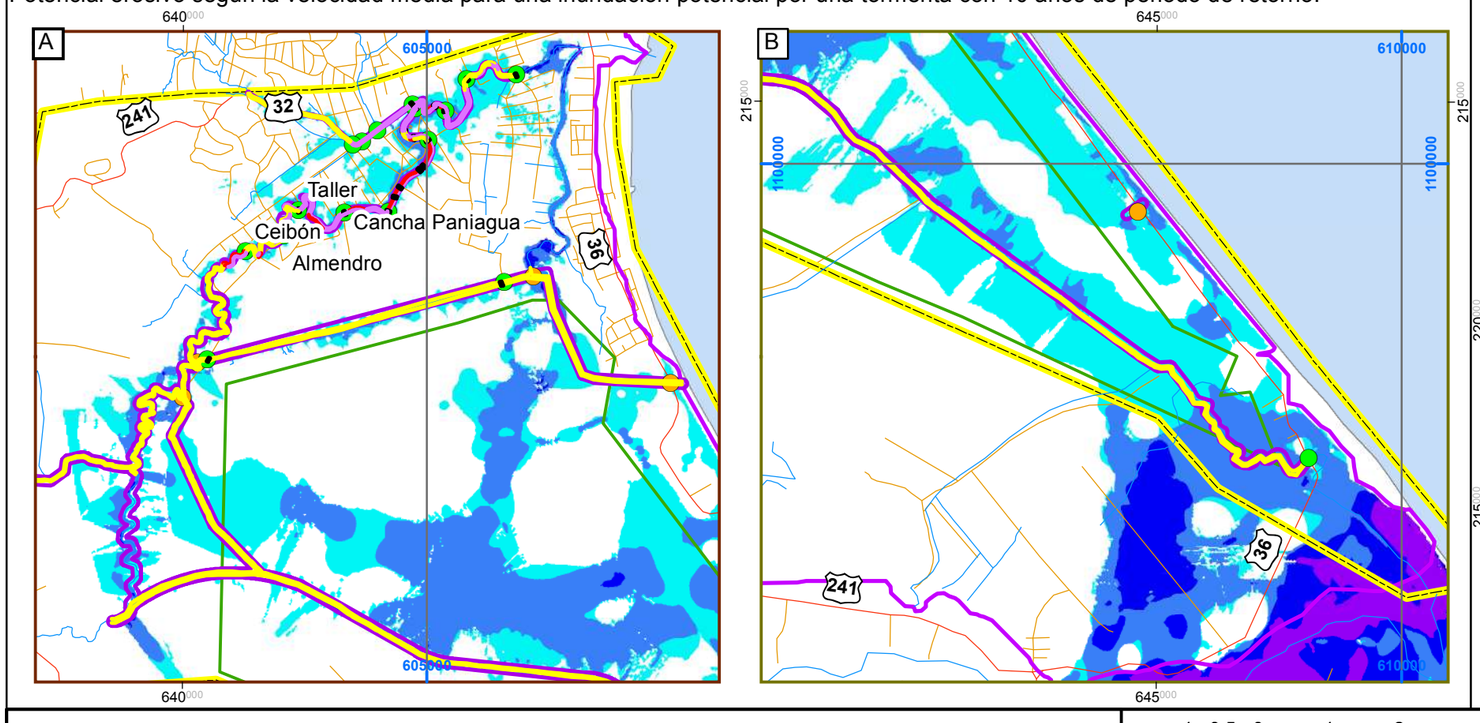
Áreas susceptibles al licuefacción



Aceleración Pico por un evento sismico(T=500) (izq)
Índice GOD(fragilidad de los acuíferos) (der)



Potencial erosivo según la velocidad media para una inundación potencial por una tormenta con 10 años de periodo de retorno.



Simbología

- Ríos

Carreteras

- Nacional
- Cantonal
- RNMVS Limoncito
- Cuenca del Río Limocito
- Área de Influencia Directa
- Área del Proyecto

Mejoras hidráulicas

Recubrimiento

- Puente
- Bloques articulados
- Tablaestaca
- Talud Natural

Obras por Construir

- Puentes
- Estructuras distribuidoras de caudal

Potencial de Licuefacción

- Suelos licuables
- Zonas potencialmente licuables

Aceleración Pico en el Suelo

PGA (gal = cm/s2) (T=500años)

- 276-325
- 326-400
- 401-450

Indice GOD

- 0,1 - 0,3 Baja
- 0,3 - 0,5 Moderada

Inundación Potencial (50 años)

(Profundidad en m)

- 0,01 - 0,2
- 0,21 - 1
- 1,01 - 2
- 2,01 - 5
- 5,01 - 9,89

(Velocidad en m/s)(Potencial erosivo)

- 0 - 0,1
- 0,11 - 0,5
- 0,51 - 1
- 1,01 - 5
- 5,01 - 6,44

N O E S

Mapa 5.6.4-1 Mapa de susceptibilidad y amenazas naturales

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

1 0,5 0 1 2 Kilómetros

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala:
1:84.619

Fuente:
-Proyecto Carta (2005)
-Google Earth (2010)
-ProDUS (2013)

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

6.1.1 Descripción del Ambiente Terrestre

El desarrollo dentro del Área del Proyecto (AP) y zonas circunvecinas donde se pretenden realizar las obras de ampliación de cauces y canales permanentes para desaguar volúmenes de agua hacia otros sectores menos vulnerables a situaciones de inundación, involucra diversos ecosistemas tanto terrestres como acuáticos.

A nivel terrestre se trabajó con las especies de grupos taxonómicos representativos como anfibios, reptiles, aves y mamíferos.
Además se identificaron la mayor cantidad de árboles que mantienen la cobertura vegetal existente en la zona riparia y se describe su interrelación e importancia ecológica hacia el medio.

A nivel de los ecosistemas acuáticos, se trabajó con el grupo de peces de agua dulce y con macroinvertebrados, siendo estos últimos utilizados como indicadores de contaminación de aguas. A nivel marino, se trabajó de una forma general, ya que el proyecto que se pretende desarrollar tendrá las mayores modificaciones en el área terrestre. Aun así se tomaron en cuenta las zonas de desfogues al mar y posibles situaciones.

Los días de muestreo y toma de datos en campo fueron el 11, 12 y 13 de abril y 1, 2, 3 y 4 de mayo del 2013.

6.1.1.1 Introducción

El AP se encuentra localizada hacia el sector sur del cantón de Limón, he involucra parte del cauce del río Limoncito y sus afluentes, hasta llegar hasta el canal Santa Rosa, el cual lleva sus aguas hasta el mar, atravesando el Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito. Las zonas que directamente están asociadas al AP son el río Limoncito, Quebrada Chocolate, Quebrada sin nombre, el canal de JAPDEVA y el canal Santa Rosa. (Fotografías 1, 2, 3 y 4)

Los sectores que involucran el río Limoncito, la Quebrada sin nombre y la Quebrada chocolate inmersos dentro de las zonas residenciales, se encuentran bastante fragmentados a nivel de ecosistemas, esto porque se localizan árboles de considerable tamaño y arbustos aislados en las márgenes de los cauces, que evidencias que en algún momento en dichas zonas existieron zonas boscosas, además la poca vegetación en las zonas riparias, impiden mantener una conexión permanente entre la vegetación existente, asociado a poca posibilidad de regeneración natural en las márgenes. Situación opuesta ocurre con el canal de JAPDEVA y el canal Santa Rosa, donde se encuentran parches de bosques secundarios en las márgenes, más aún en el canal Santa Rosa, el cual se encuentra atravesando el Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito.



Fotografías 6.1.1.1 y 6.1.1.2 (parte superior) corresponde a la Quebrada Chocolate, 3 al río Limoncito y 4 la salida del canal Santa Rosa.
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2012.

Dentro del AP tanto directa como indirectamente se localizan las Zonas de Vida: Bosque húmedo tropical (bh-T) y el Bosque muy húmedo premontano, además de un Bosque muy húmedo premontano transición a basal.

Las Zonas de Vida involucran ámbitos bióticos específicos, determinados por factores climáticos fundamentales (específicamente temperatura, precipitación y humedad) y su integración a los sistemas bióticos presentes. Se debe subrayar que la clasificación por Zonas de Vida se refiere a las variables de geografía física mencionadas, no al uso del suelo. En este sentido, una Zona de Vida permite conocer el tipo de ecosistema que se desarrollaría en los pisos altitudinales definidos (potencialmente), caso de que existiera bosque primario o naturalmente desarrollado con especies nativas de la zona en estudio.

A continuación se describen las respectivas Zonas de Vida:

- Bosque húmedo Tropical (bh-T): Esta zona se caracteriza por poseer un ámbito de precipitación entre 1950 y 3000 mm anuales. Temperatura varía entre 24 y 27 °C. El período efectivamente seco es muy variable, fluctúa entre 0-5 meses. La vegetación está constituida por bosques relativamente altos y densos, árboles con alturas de 30 a 40 metros, presencia de tres estratos. La flora puede ser siempreverde o semicaducifolia dependiendo de los períodos secos largos, El suelo es generalmente desnudo y ocasionalmente presenta helechos, palmas pequeñas y epifitas. Ésta Zona de Vida se localiza hacia el sector sureste, principalmente corresponde al sector del Canal Santa Rosa en Wesfalia.

- Bosque muy Húmedo Premontano transición a Basal: Presenta un ámbito de precipitación entre 3000 y 4000 mm y una biotemperatura media anual de 24 a 25°C con un ámbito de temperatura entre 24 y 27 °C. Ésta zona de transición puede verse como una condición intermedia entre el Bosque húmedo Tropical (bh-T) y el Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T). Se localiza en la mayor parte del área del proyecto desde la zona de costa hacia el norte y oeste hacia el sector central de Limón.

En la parte suroeste del área del proyecto se localiza un área de un **Bosque muy húmedo Premontano (bmh-P)** presentando características como: Los cultivos de tipo permanente y los pastos son las actividades que mejor se adaptan a este tipo de bosque. Precipitación entre 2000 y 4000 mm como promedio anual, su temperatura varía entre los 17 y 24 º C. Periodo seco variable (0 hasta 5 meses efectivos). La vegetación natural inalterada de mediana altura, aproximadamente entre 30 y 40 metros de altura; densidad media; de dos o tres estratos, siempreverde, con algunas especies deciduas durante la estación seca. Hay una moderada o abundante cantidad de epifitas.

6.1.1.2 Estatus de protección del AP

Según el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) el AP se encuentra localizado dentro del Área de Conservación La Amistad Caribe (ACLAC). Dentro de la zona urbana no se localizan áreas particulares de protección, aunque si se observan algunas zonas de protección o riparias asociadas a las márgenes de las quebradas o ríos. Dentro del AP se localiza el Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito (RNMVSL) con un área aproximada de 1096 hectáreas (Roca, et al, 2006), por el cual atraviesa el canal Santa Rosa desde la margen noroeste hasta la margen sureste del refugio.

6.1.1.3 Fragilidad del ecosistema terrestre

La fragilidad del ecosistema terrestre se cataloga dentro de una fragilidad alta, ya que las alteraciones que llegaran a sufrir algunas áreas riparias no permitirán recuperar su estado natural, principalmente aquellas zonas del río Limoncito, la Quebrada Chocolate y la Quebrada sin nombre, así como la ampliación a lo ancho del canal Santa Rosa.

Los canales de ampliación propuestos, no van a permitir la recuperación natural de las

zonas de protección de los cauces involucrados, debido a que dentro de algunos sectores, la franja de tierra disminuirá considerablemente, además que serán colocados materiales como armoflex y tabla estaca los cuales van a dificultar la colonización, regeneración y procesos de sucesión natural.

Una situación particular se presenta hacia el canal Santa Rosa, el cual se pretende ampliar su ancho de manera considerable. Dicho canal se localiza dentro del Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito, creado con el fin de proteger las formaciones de bosques inundados de palmas y cativos, según Decreto Ejecutivo Nº 23121 del 7 de febrero de 1994 (Gaceta 79 del 26 de abril de 1994) y modificado a categoría de Refugio Mixto según Decreto Ejecutivo Nº 23259-MIRENEM del 27 de abril de 1994 (Gaceta 96 del 19 de mayo de 1994),
El refugio involucra una extensión aproximada de 1.128 ha, donde se localizan varios ecosistemas de humedales, donde predominan los bosques mixtos anegados, con presencias de palmas (yolillales) y cativales en los sectores menos alterados, así como charrales gramíneas que constituyen el hábitat para especies de fauna silvestre y parches de manglares. Esta zona conserva el hábitat para diversas especies de flora y fauna, propias de la zona del Caribe, además resulta un área verde que sirve de amortiguamiento.[1]

Los yolillales son especies sensibles a los cambios en el flujo de agua, donde si ocurre un incremento o un descenso en los volúmenes de agua, van a presentar degradaciones o afectaciones dentro del ecosistema que se mantienen. Los yolillales son ecosistemas muy vulnerables a los cambios en los regímenes hídricos, por lo que ampliar dicho canal, podría afectar la constancia de la permanencia de agua en el sitio.

Estos ecosistemas son importantes para aminorar los efectos de eventos temporales que se puedan presentar (fuertes precipitaciones, inundaciones, huracanes), además que dentro de los yolillales se desarrolla una biota muy particular, restringida casi exclusivamente a esos ecosistemas. Además, la zona podría aportar beneficios a nivel de investigación científica y educativa, interpretación ambiental, recreación y turísticos, de ahí la importancia de proteger y preservar las tierras cubiertas de yolillales y bosques inundados que ofrecen un refugio y hábitat importante para especies de flora y fauna.

Es evidente que dicho refugio ha permitido mantener una flora y fauna característica de la zona, comportándose como hábitat de los diversos grupos de fauna presentes, resaltando la presencia de 4 especies a nivel de anfibios y reptiles (21 especies a nivel de distribución histórica); 53 especies de aves (74 a nivel de distribución histórica de la especie (Stiles y Skutch, 1989)); 30 especies de mamíferos; 42 especies de árboles y arbustos y 11 especies de plantas acuáticas (Piedra y Bravo, 2002), lo que manifiesta y exige mantener una protección hacia este refugio, de ahí la oposición y fundamentación para que no se amplié el canal Santa Rosa.

Además, si pretenden ampliar dicho canal, se va a requerir una vía de acceso para la extracción del material, incluso si se va a apilar en las márgenes, entonces se estaría aumentando el área de afectación producto de la ampliación del canal, todo esto dentro del área del Refugio.

6.1.1.4 Fauna en las diversas zonas del AP

En los muestreos efectuados en el AP, se determinó que el grupo faunístico más representativo fueron las aves. Algunas especies de aves se observaron y se han acostumbrado a permanecer en áreas alteradas y fragmentadas como pastizales, potreros y parques, tal es el caso del zoncho o zopilote (*Coragyps atratus*, Catharidae), el zanate (*Quiscalus mexicanus*, Icteridae), la tortolilla (*Columbina talpacoti*, Columbidae), el tijo (*Crotophaga sulcirostris*, Cuculidae), el yigüirro (*Turdus grayi*, Turdidae) y la paloma morada (*Columba cayennensis*, Columbidae). Otras especies se observaron en aquellas áreas donde aún se localizan parches de bosques cercanos a ríos o quebradas; dentro de estas especies se observaron la espatulilla común (*Todirostrum cinereum*, Tyrannidae), semillero picogrueso (*Oryzoborus funereus*, Emberizidae), reinita mielera (*Coereba flaveola*, Coerebidae), reinita verdilla (*Vermivora peregrina*, Parulidae), sargento (*Ramphocelus passerinii*, Thraupidae), viuda (*Thraupis episcopus*, Thraupidae), pecho amarillo (*Myiozetetes similis*, *Pitangus sulphuratus*, Tyrannidae), gorrión negrilistado (*Arremonops conirostris*, Emberizidae), pájaro bobo (*Baryphthengus martii*, Momotidae), la oropéndula montezuma (*Psaracolius montezuma*, Icteridae) y el carpintero (*Melanerpes pucherani*, Picidae). Otras especies observadas en zonas de manglar o áreas inundadas fueron la garceta (*Egretta alba*, Ardeidae), pájaro vaco (*Tigrisoma mexicanum*, Ardeidae), garceta azul (Egretta caerulea, Ardeidae), garcilla bueyera (Bubulcus ibis, Ardeidae), martín pescador (*Ceryle torquata*, *Megaceryle alcyon*, Alcedinidae) y el gallito de agua (*Jacana spinosa*, Jacanidae).

Dentro del grupo de anfibios y reptiles se observó el sapo común (*Bufo marinus*, Bufonidae), sapillo (*Incilius melanoclorus*, Bufonidae), rana roja (*Oophaga pumilio*, Dendrobatidae) basilisco verde (*Basiliscus plumifrons*, Corytophanidae), lagartija (*Ctenonotus cristatellus*, Polychrotidae), lagartija de suelo (*Norops sp*. Polychrotidae), gecko cabeza amarilla (*Gonatodes albogularis*, Gekkonidae), basilisco (*Basiliscus vittatus*, Corytophanidae), iguana (*Iguana iguana*, Iguanidae) (*Ameiva festiva*, Teiidae), la tortuga (*Rhinoclemmys sp*, Emydidae) y el caimán (*Caiman crocodilus*, Crocodylidae). Dialogando con lugareños, indican que también es común encontrarse serpientes como la terciopelo (*Bothrops asper*, Viperidae), oropel (*Bothriechis schlegelii*, Viperidae) y boa (Boa constrictor, Boidae). Se logró observar en árboles de almendro de playa (*Terminalia catappa*, Combretaceae) localizados en zonas riparias el oso perezoso de dos dedos o perica (*Choloepus hoffmanni*, Megalonychidae) y una nutria o perro de agua (*Lontra longicaudis*, Mustelidae) alimentándose dentro de una poza localizada en la quebrada Chocolate.

Es probable que en las zonas alejadas; montañosas y áreas protegidas con poca intervención humana, se pueda observar una mayor diversidad de anfibios, reptiles, aves y mamíferos. Se debe tomar en cuenta que al ir restringiendo las zonas de cobertura vegetal, el aumento de las actividades humanas, podría estarse afectando las poblaciones de diversos grupos de fauna, por lo que podrían estar desplazándose hacia aquellas zonas que aún se mantienen poco alteradas, ya que estas les podría estar brindando refugio y fuente de recursos alimenticios.

Otro aspecto que pudo influir en la localización e identificación de especies de fauna, fue que no se realizaron recorridos nocturnos, motivado esto por la inseguridad que prevalece en horas de la noche en dicho cantón.

6.1.1.5 Especies endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extinción.

Según la lista de especies de flora para Costa Rica de acuerdo con la Ley de Conservación de la Vida Silvestre, el Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies de Fauna y Flora Salvaje Amenazadas (CITES) y la Unión Internacional de Conservación de la Naturaleza (UICN), dentro del área estudiada, se identificaron especies que se encuentran en variada condición de afectación, por lo que se construye en el cuadro 6.1.1.1:

Cuadro 6.1.1.1 Especies endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extinción.

Especie	Nombre común	Calificación	Estado
Anfibios			
Oophaga pumilio	Rana roja	Apéndice II CITES	Población reducida
Reptiles			
Caiman crocodilus	Caimán	Apéndice II CITES	Población reducida
Mamíferos			
Choloepus hoffmanni,	Oso perezoso	Apéndice II CITES	Población reducida
Lutra longicaudis	Nutria	Apéndice I CITES	Población reducida

Fuente: Trabajo de campo, ProDUS 2012.

Algunas especies faunísticas que no fueron observadas, se encuentran reportadas (nivel de distribución histórica) para el área del refugio como son el mono congo (*Allouata palliata*) y el mono colorado (*Ateles geoffroyi*) las cuales son especies que se encuentran en peligro de extinción, así como la garza del sol (*Eurypiga helias*).

6.1.1.6 Recomendaciones

Dentro de las recomendaciones que se deben comentar están las siguientes:

1. La vegetación riparia o zona de protección de los cauces tanto de ríos como quebradas involucrados en el proyecto, se verán seriamente afectados, incluso se estarían eliminando los únicos espacios "verdes" localizados dentro de zonas residenciales particulares.

2. Se debería valorar cuales sectores permiten mantener algunas especies de árboles y vegetación arbustiva para mantener el entorno paisajístico y la cobertura vegetal, así como los árboles de tamaño considerable.

3. Se debe considerar proteger aquellas áreas que presentan una mayor presencia de especies de árboles en las márgenes de los ríos y quebradas, para garantizar la presencia de áreas con cobertura vegetal.

4. Se debe valorar la posibilidad solamente de remover los materiales que se encuentran obstaculizando el flujo constante y permanente del agua sobre el cauce de los ríos, quebradas y canales.

5. Se debe hacer un recorrido por el cauce y aquellos sectores acuáticos que permitan valorar algunas zonas complejas, para determinar el tipo de ecosistema que se podría ver afectado por la obra a realizar.

6. Mantener un monitoreo de aguas, que permita evidenciar la calidad de las aguas antes y después del proyecto, dentro de los parámetros a medir están los físico-químicos y biológicos. Dentro de los índices de calidad de aguas más utilizados para medir la calidad del agua es el WQI (Water Quality Index), el cual permite evaluar las variables de Oxígeno Disuelto (OD), coliformes fecales, pH, Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Nitratos ($N0_3$), Fosfatos (PO_4), temperatura, turbidez y sólidos totales, además este índice permite valorar la físico-química de los ecosistemas acuáticos. Otro índice empleado es el BMWP (Biological Monitoring Working Party), el cual involucra macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de aguas, conjuntamente a dicho índice, se deberán involucrar especies utilizadas como indicadores de calidad de aguas, como podría ser la fauna acuática como peces, reptiles y anfibios.

7. Debido a la presencia de tortugas, peces, nutrias, garrobos, perezosos dentro de las zonas de protección de los cauces, se debe mantener un profesional que valore la posibilidad de trasladar y reubicar alguna especie en particular que se vea afectada por el movimiento de tierras y otras actividades propias del proyecto.

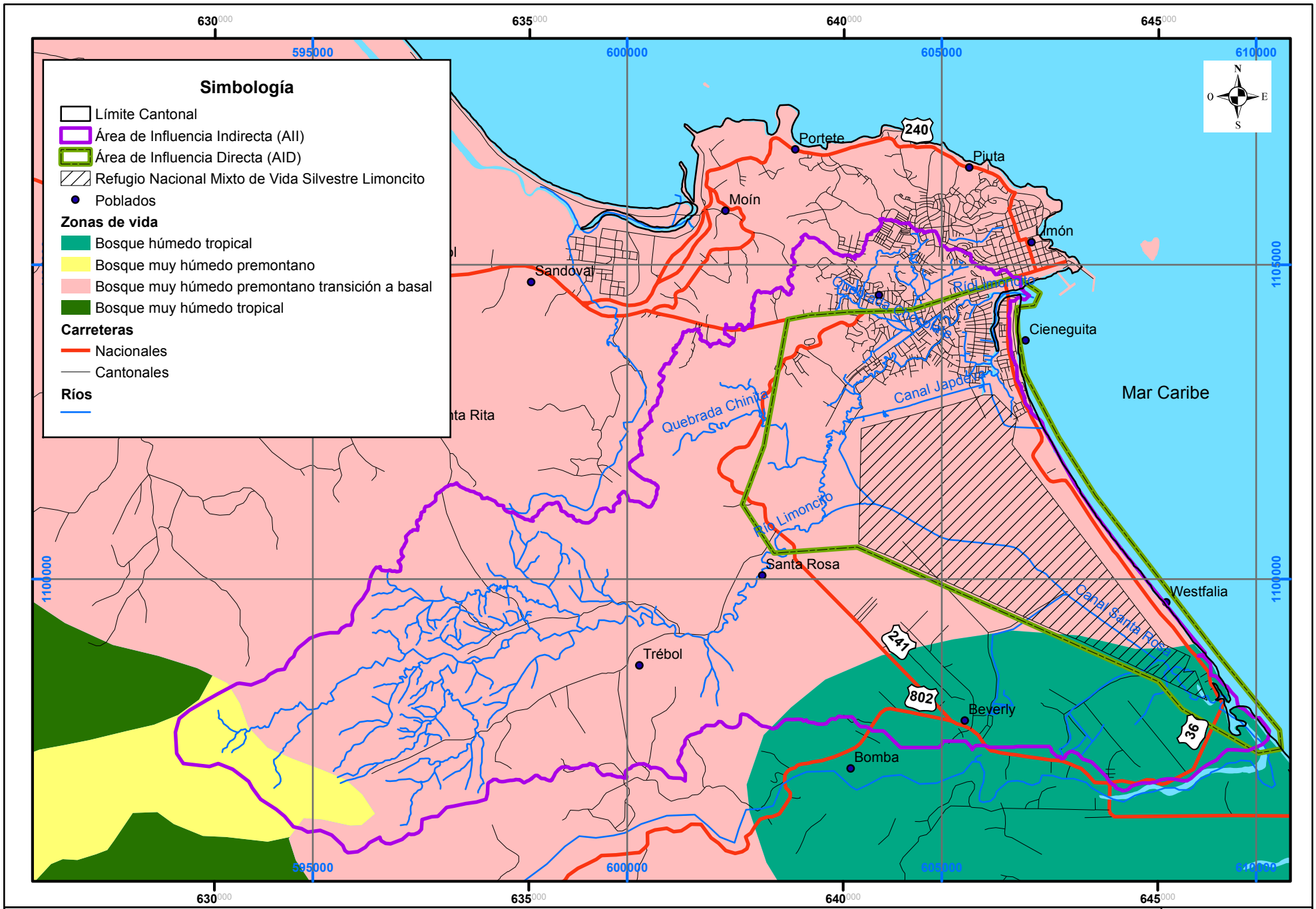
8. Se deberá determinar la cantidad de sedimentos arrastrados por los cauces y valorar una posible afectación hacia el ecosistema marino, o lugares donde se dará la desembocadura de esos canales.

9. La presencia de equipo y maquinaria para realizar la obra, podría convertirse en equipos que obstruyan caminos de acceso hacia las zonas residenciales, al igual que el movimiento de cierto tipo de infraestructura como puentes que se dirigen a viviendas, lo cual evidenciaría molestias a las personas afectadas.

10. Se deberá determinar el sitio de acopio de las primeras capas de material extraído, principalmente las de la quebrada Chocolate, para luego de realizar una extracción de tipo laminar del material a remover, se logre precisar el tipo de material a sustraer y su posible reutilización en otros zonas de relleno.

11. En época seca, valorar la cantidad de aguas retenidas y estancadas que podrían mantenerse en el canal ampliado, generando una problemática a nivel de vectores de enfermedades, principalmente de insectos.

12. La ley forestal no permite la corta de árboles en zonas riparias, por lo que se debe valorar como desarrollar dicho proceso con la menor afectación posible hacia la cobertura vegetal existente.



Mapa 6.1.1. Zonas de vida en el área de estudio

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:80.000 1 0,5 0 1 Kilómetros	ATLAS ITCR 2008; MOPT; ProDUS, 2013.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

6.1.2 Cobertura Vegetal Actual por Asociación Natural

La flora arbórea constituye hábitat, refugio, alimento y otro tipo de recursos para la biota y las poblaciones humanas. Existen especies que se restringen a ambientes ribereños y que constituyen especies muy bien adaptadas a las condiciones asociadas a los ambientes fluviales. Además de estas formas básicamente restringidas a estos ambientes, también existen especies de distribución amplia que se pueden encontrar en estar circunstancias. Con frecuencia, y especialmente en zonas fuertemente intervenidas por la actividad humana, las zonas más aledañas a los cauces de agua naturales constituyen el único refugio para una gran cantidad de especies, que de otra forma no podrían existir cerca de poblaciones humanas. No obstante estos ecosistemas están bajo constante presión debido a las actividades humanas, pese a que las en Costa Rica existe un marco legal amplio para proteger la vegetación natural de los cauces de agua y sus riberas. Por ejemplo el marco legal de la ley forestal dice que se declara área de protección "Una franja de quince metros en zona rural y de diez metros en zona urbana, medidas horizontalmente a ambos lados, en las riberas de los ríos, quebradas o arroyos, si el terreno es plano, y de cincuenta metros horizontales, si el terreno es quebrado" (Asamblea Legislativa de Costa Rica, 1996)

El área de estudio se localiza en la cuenca del Río Limoncito, principalmente en el Distrito de Limón, en el Cantón y Provincia del mismo nombre en elevaciones <200 msnm, lo cual corresponde a las zonas de vida del Muy Húmedo Premontano Transición a Basal y al Húmedo Tropical de Holdridge (Tosi, 1969). Esta área corresponde administrativamente al área de Protección La Amistad-Caribe. De acuerdo a la estación meterorológica de Limón, el promedio de precipitación es de casi 3600 mm anuales, mientras que la temperatura promedio es cercana a los 26°C (IMN 2011). Esta zona es de mucho interés en el proyecto gubernamental 'Limón Cuidad Puerto' debido a que parte del alcance de este proyecto influencia directamente en el área de estudio. Los proyectos concernientes a este esfuerzo gubernamental incluyen, entre otros, el dragado, ampliación y desviación de diversos cauces de la cuenca del Río Limoncito, con la finalidad de disminuir el riesgo de inundación para la población vulnerable, principalmente en el área de Limoncito.

6.1.2.1 Metodología

El trabajo de campo fue llevado a cabo durante los meses de Abril y Mayo de 2013. Se identificaron los árboles en ambas riberas de los cursos de agua que serán ampliados, hasta una distancia de 10 metros ancho a cada lado. En zonas con menor densidad poblacional y mayor cobertura vegetal únicamente se inventarió la flora arbórea en las zonas específicas donde se realizarían trabajos de ampliación, desviación u otro tipo de modificaciones importantes en los cursos de agua. En este estudio se incluyen todas las plantas leñosas de más de 2,5 cm de DAP a las cuales se tuvo acceso y que pudieron ser avistadas, además de algunas herbáceas relevantes por su tamaño y abundancia en ciertos ambientes. La mayor parte de las plantas se identificaron en el campo, o en su defecto, con literatura y comparándolas con material seco en el Herbario Luis Alberto Fournier de la Universidad de Costa Rica con ayuda del Manual de plantas de Costa Rica, volúmenes 5 y 6 (Hammel *et al.* 2007, 2010). Igualmente se cuantificó de manera aproximada la abundancia de las diferentes especies en las distintas localidades de

muestreo. Las plantas no fueron georeferenciadas. Tampoco se conoce el número específico de individuos por especie, debido al tipo de muestreo utilizado. La identificación fue lo más intensiva posible en zonas donde el acceso fuera permisible. Como es normal en estos casos, no fue posible identificar todas las especies, sobre todo si estas eran estériles. Se calcula que en cada sitio se pudo identificar cerca de un 80% de los géneros y las especies de plantas leñosas presentes. Sin embargo esto no aplica a largo de la mayor parte de la longitud del Canal Santa Rosa, debido a problemas de acceso, no obstante la información de estudios anteriores e imágenes satelitales se permite inferir que los yolillales son dominantes al NE del canal (Piedra y Bravo 2002, Google 2013).

Para caracterizar los ecosistemas terrestres y riparios que podrían ser afectados por las obras, se estudió no solo la composición de especies en distintas localidades, sino que se observó *in situ* la fisionomía y el nivel de intervención humana. A grandes rasgos se lograron identificar 5 ecosistemas en el área que será intervenida.

Los objetivos de este estudio son: Inventariar la flora arbórea de la cuenca del Río Limoncito y cursos de agua artificiales asociados, indicar la relevancia de las especies inventariadas, tanto para la flora y la fauna del lugar como para las poblaciones humanas en términos de productos y servicios obtenibles de esta vegetación, cuantificar aproximadamente la abundancia relativa de las especies inventariadas e identificar los ecosistemas que podrían ser afectados por las obras de dragado, ampliación y modificación de los cauces naturales y artificiales en la Cuenca del Río Limoncito.

6.1.2.2 Resultados: Ecosistemas riparios y Flora asociada

Durante los muestreos se encontraron un total de 105 especies de plantas leñosas en 39 familias. De acuerdo a la composición de especies en las distintas localidades, se dispone de información para caracterizar 5 ecosistemas:

Ecosistemas urbanos:

En la parte baja de la cuenca del Río Limoncito y toda la Quebrada Chocolate Se caracterizan por la elevada densidad poblacional humana, con gran cantidad de infraestructura en la forma de viviendas, caminos, puentes, edificios y muros entre otros. En estas zonas la vegetación está restringida a pocos metros a ambos lados de las orillas de los cauces y en ocasiones las construcciones llegan hasta el cauce permanente de los cursos de agua. En este tipo de ambiente dominan plantas ornamentales y frutales tropicales, no obstante con frecuencia estos árboles son el único modo de recreación al aire libre, y de vegetación que muchos de los locales tienen. Existe una gran diversidad de especies no natural, debido a la gran cantidad de plantas cultivadas (como por ejemplo Carambola: *Averrhoa carambola,* Akí: *Blighia sapida*, Cítricos: *Citrus* spp., Mamón: *Melicoccus bijugatus*, entre otros) junto a plantas ruderales y pioneras nativas.

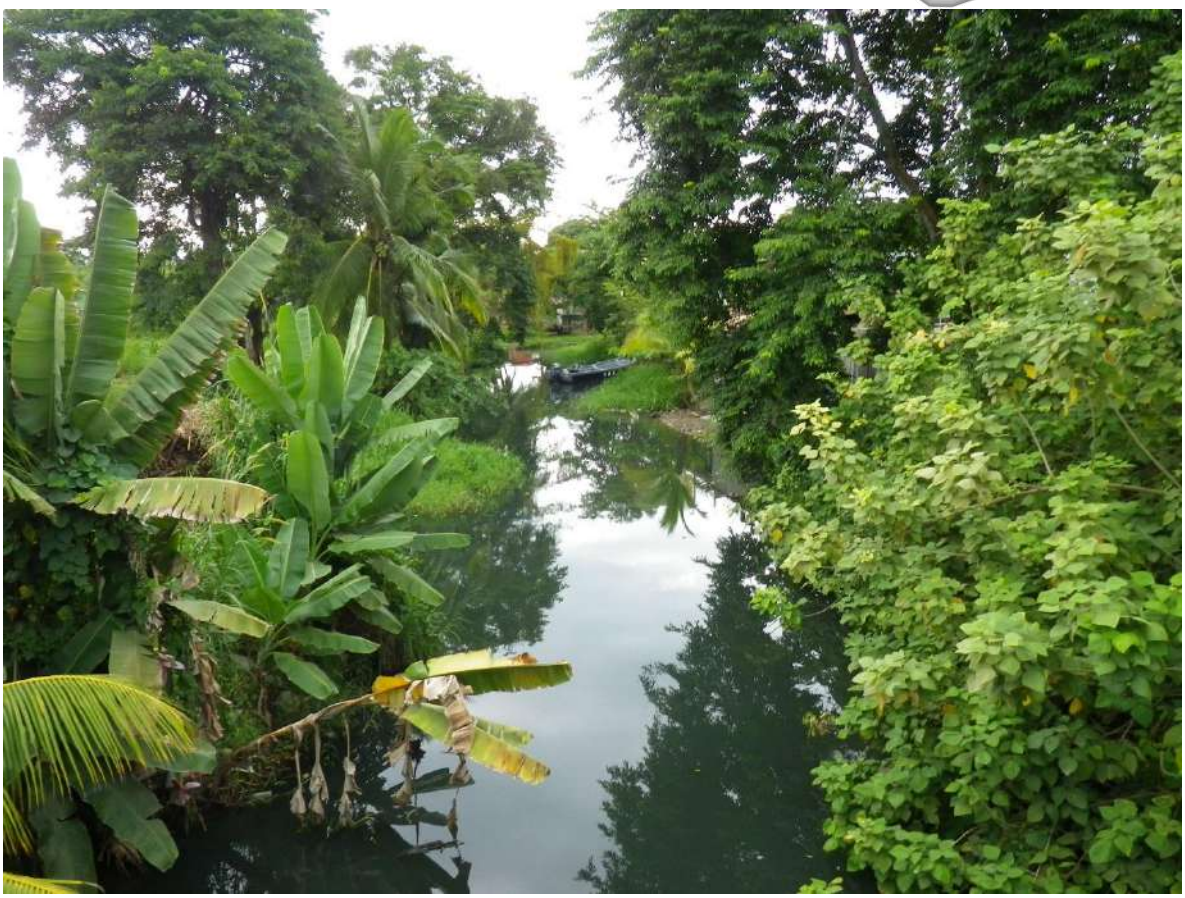
Este ecosistema se puede a su vez subdividir en dos, ya que existen áreas con influencia mareal caracterizadas por la presencia de plantas adaptadas a aguas saladas o salobres como en forma de vegetación típica de manglar como la forra negra (*Acrosticum aureum*), el mangle mariquita (*Laguncularia racemosa*) y el mangle rojo (*Rhizophora mangle*). Esta asociación fue observada en el estero de Cieneguita (Fotografía 6.1.2-1.), mientras que en las demás localidades estas especies estuvieron ausentes. Existen tanto especies bien

adaptadas al ambiente ribereño o de humedales como el sotacaballo (*Zygia longifolia*), el cativo (*Prioria copaifera*) y el sangrillo (*Pterocarpus officinalis*) entre otros, así como especies con tolerancias ecológicas amplias que oportunísticamente pueden crecer en ambientes muy diversos como el guarumo (*Cecropia obtusifolia*), el cocotero (*Cocos nucifera*) y el almendro de playa (*Terminalia catappa*) entre otros (Fotografía 6.1.2-2.). En este hábitat se encuentran ocasionalmente árboles muy grandes, que posiblemente estuvieron en la zona desde antes que se diera un asentamiento masivo de la población humana. Estos árboles como la ceiba (*Ceiba pentandra*), el cativo (*Prioria copaifera*) y el guayabón (*Terminalia oblonga*) pueden tener gran valor paisajístico, recreativo e histórico. Se detectó la presencia de la planta acuática invasiva *Hydrilla verticillata* (Hydrocharitaceae) la cual en condiciones adecuadas de alto influjo de nutrientes (como fósforo y nitrógeno) puede saturar las vías fluviales. Para la lista de especies en ecosistemas urbanos, ver Cuadro 6.1.2-1.



Fotografía 6.1.2-1. Árboles de Mangle mariquita (*Laguncularia racemosa*) que indican influencia de las mareas en el estero de Cieneguita, 2 de Mayo de 2013.

Fuente: Trabajo de Campo, ProDUS, 2013



Fotografía 6.1.2-2. Ecosistema urbano en las cercanías del Ebais Los Cocos. Se observan banano (*Musa x paradisiaca*), cocotero (*Cocos nucifera*), poró (*Erythrina cochleata*) y Sangrillo (*Pterocarpus officinalis*). 11 de abril de 2013.
Fuente: Trabajo de Campo, ProDUS, 2013

Ecosistemas agrícolas y ganaderos:

En la cuenca alta del Río Limoncito y la Quebrada sin nombre, así como en la zona entre el canal de JAPDEVA y el Santa Rosa. Caracterizados por dominancia de gramíneas y herbáceas (que no fueron identificadas) en potreros, zonas de pastoreo y cultivos poco intensivos de árboles frutales. La franja de vegetación arbórea desaparece por completo en algunas zonas, especialmente de canales artificiales, siendo sustituida por gramíneas, o bien (en la mayor parte de los casos) permanece en forma de crecimiento secundario denso (con frecuencia impenetrable) dominado por plantas cultivadas, naturalizadas o pioneras nativas como el guarumo (*Cecropia obtusifolia*), el guácimo (*Guazuma invira*) los anisillos (*Piper* spp, no incluidos en las listas debido a su compleja taxonomía), el jobo (*Spondias mombin*) y familias principalmente arbustivas o herbáceas como las Acantáceas, Urticáceas, Marantáceas, Heliconiáceas que son comunes en ambientes intervenidos por el hombre (Fotografía 6.1.2-3.). Ver Cuadro 6.1.2-2. para la lista completa de especies leñosas encontradas en ecosistemas agrícolas.



Fotografía 6.1.2-3. Bambú creciendo en una zona agrícola con potreros en el fondo, cerca del canal JAPDEVA, la vegetación cercana incluye *Trophis racemosa* y llama del bosque (*Spathodea campanulata*). 11 de abril de 2013
Fuente: Trabajo de Campo, ProDUS, 2013

Crecimiento secundario extenso:

En las inmediaciones del Canal Santa Rosa, en el Refugio de Vida Silvestre Limoncito. Dominado por plantas leñosas nativas y naturalizadas, en muchos casos pioneras o remanentes de bosque por ejemplo el guarumo (*Cecropia obtusifolia*), el poró gigante (*Erythrina poepiggiana*), el guácimo (*Guazuma invira*), el jabillo (*Hura crepitans*), los anisillos (*Piper* spp) y el jobo (*Spondias mombin*) , que se desarrollan en los bordes del refugio de vida silvestre y pueden soportar niveles considerables de perturbación humana debido a su rápido crecimiento y reproducción abundante.

Algunas de estas plantas a veces crecen a las orillas de los ríos en zonas más intervenidas, no obstante dentro del Refugio también se desarrollan en zonas alejadas de los cauces de agua. El área al Noreste del Canal Santa Rosa está formada por un mosaico de crecimiento secundario y yolillales (Piedra y Bravo 2002). Ver Cuadro 6.1.2-3 para la lista completa del ecosistema.

Yolillales:

Generalmente poco alterados por las actividades humanas directas debido a las condiciones hidrológicas y edáficas asociadas a estos sistemas, al mal drenaje y a la saturación del suelo, el cual con frecuencia está formado sedimentos poco consolidados. Dominados por el yolillo (*Raphia taedigera*) con otro tipo de vegetación adaptada a estos ambientes (*Montrichardia arborescens*, *Pavonia palustris*, cativo: *Prioria copaifera*). Es un ecosistema dominante en el interior del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre El Limoncito (Piedra y Bravo 2002, Google 2013), entre el canal Santa Rosa al suroeste y la carretera al Cantón de Talamanca al noreste, al igual que en parte del Río Westfalia. Este tipo de ambiente es esencial para mitigar los efectos de las tormentas y la excesiva escorrentía superficial. Ver Cuadro 6.1.2-4.

Vegetación costera de barras arenosas.

Caracterizada por la dominancia de especies herbáceas y unas cuantas especies leñosas adaptadas al sustrato arenoso, salobre y bien aireado, como por ejemplo el icaco (*Chrysobalanus icaco*) y la uva de playa (*Coccoloba uvifera*). Este ecosistema se observó en el área entre la carretera a Bribrí de Talamanca y el mar Caribe. La mayoría de especies de este ambiente tienen una distribución amplia aunque hayan sido poco recolectadas en Costa Rica. No obstante constituyen una barrera a la erosión tanto eólica como pluvial y marina en ambientes vulnerables a estas como lo son las barras arenosas donde pocas especies forestales han logrado adaptarse. Ver Cuadro 6.1.2-5.

Especies bajo categorías de protección y manejo, endémicas, con poblaciones reducidas o en vías de extinción

Si bien es cierto no hay ecosistemas en peligro crítico a nivel global en el área de estudio, existen asociaciones que son vulnerables como es el caso de los Yolillales que se caracterizan por presentar una biota especializada y restringida a las condiciones particulares de este ambiente (Janzen 1983). Entre las especies encontradas hay que destacar al Cativo (*Prioria copaifera*) que es una especie amenazada.

6.1.2.3 Comentarios acerca de la flora y recomendaciones

De acuerdo a correspondencia entre Servicio Nacional de aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA)y el Área de Conservación competente al área de estudio (La Amistad-Caribe), las obras de ampliación a realizarse requieren de "la remoción de todos los materiales que se encuentren a nivel del cauce (vegetales y no vegetales) que se encuentran en el borde y talud del cauce, no solo por el ingreso de la maquinaria sino porque se requiere ampliar la capacidad hidráulica de estos cauces (SENARA 2012). En la mayor parte del ecosistema urbano, la vegetación está prácticamente restringida a las orillas de los ríos, quebradas pues son unas de las pocas áreas verdes recreativas a las cuales la población de la cuenca baja del río Limoncito tiene acceso. Como se indicó anteriormente, esta vegetación será removida completamente en amplios sectores de los cauces de los ríos. Conociendo el alto riesgo social de la zona, y el derecho de la población a un medio ambiente sano, considero necesario conservar hasta donde sea posible la vegetación del lugar ya que fue posible observar a los pobladores locales disfrutar de esta en sus momentos de tertulia, como lugar para descansar y protegerse del sol, e incluso como fuente de alimento ocasional. Igualmente, muchas de las especies encontradas actúan como reductoras de la erosión de las riberas y mitigadoras de los

efectos de tormentas al disminuir la escorrentía superficial o incluso mantener la fertilidad del suelo. Además no se puede olvidar que la vegetación constituye hábitat y alimento de la fauna nativa. Eliminar los árboles podría tener consecuencias que dudo que hayan sido tomadas en cuenta.

Tomando en cuenta la biomasa y la relevancia para el ecosistema ripario, no se deben remover árboles de más de 6 metros de altura, y con DAP de más de 10 cm. Los árboles con estas características de porte y dimensiones son poco frecuentes en el área a intervenir, pero algunos individuos, notablemente de Ceiba (*Ceiba pentandra* por ejemplo la que se encuentra en la localidad de El Ceibón), Cativo (*Prioria copaifera*, por ejemplo un árbol grande que se encuentra en La Linga y es usado por los residentes como sitio de esparcimiento), Surá (*Terminalia oblonga*, un árbol grande adyacente al cativo anteriormente mencionado) y Guácimo colorado (*Luehea seemannii* existe un individuo de dimensiones considerables en La Linga) superan esa altura y diámetro considerablemente. Además existen especies de gran importancia biológica, de valor paisajístico y recreativo que tampoco hace aconsejable su tala, aunque se trate de individuos con alturas menores de 6 m y DAP de menos de 10 cm. Estas especies incluyen:

Sangrillo (*Pterocarpus officinalis*), una especie característica de áreas inundables a elevaciones menores de 50 msnm. Esta especie es dominante en las partes más bajas de las llanuras caribeñas de Costa Rica. Es un importante refugio para especies terrestres y acuáticas. Debido al tipo de raíces que presenta se constituye en un importante hábitat para especies como cangrejos, tortugas, nutrias, mapaches y rascones (Rallidae).

Cativo (*Prioria copaifera*) una leguminosa amenazada en Costa Rica, debido a esto su tala está restringida. Fue una especie muy importante en tierras bajas inundables, y un importante refugio para la biota asociada a pantanos y ríos lénticos.

Yolillo (*Raphia taedigera*) forman ecosistemas dominados por esta especie con una biota muy característica y especializada. Además las grandes formaciones de yolillo tienen gran capacidad de amortiguar los efectos negativos de huracanes, inundaciones y maremotos.

Sotacaballo (*Zygia longifolia*) una especie de amplia distribución en Costa Rica, generalmente restringida, naturalmente, a las áreas cercanas a corrientes de agua. Al igual que el sangrillo es un importante hábitat y refugio para muchas especies ribereñas, y en el área de estudio, es uno de los árboles con mayores niveles de colonización y diversidad de plantas epífitas (p. ej. los individuos en los alrededores del Bar Chitá, cerca del cementerio de Limón) con una gran abundancia de aráceas, bromelias, cactáceas, gesneriáceas y orquídeas, las cuales a su vez sirven de alimento y refugio a ecosistemas completos.

Reemplazar la vegetación que se pierda con los trabajos realizados a los cauces debe ser iniciada tan pronto sea factible. Dentro de lo posible es ideal que las especies que se siembren sean nativas de la región y la zona de vida (Bosque Húmedo Tropical y Bosque Muy Húmedo Premontano transición a basal). Además que por su modo de crecimiento no afecten la infraestuctura a ser instalada. Se recomienda por tanto no sembrar especies exóticas como Laurel de India (*Ficus benjamina*) debido a que sus raíces dañan calles y aceras y estas pueden crecer sobre roca y cemento, por lo que el mantenimiento de obras

requeriría una inversión de mano de obra más intensa. Tampoco se aconseja sembrar especies como manzana rosa (*Syzygium jambos*) o manzana de agua (*Syzygium malaccense*) debido a que son especies invasivas agresivas que pueden colonizar espontáneamente, ecosistemas poco intervenidos. Especies ampliamente usadas en arboricultura como casuarinas (*Casuarina* sp.), eucaliptos (*Eucalyptus* sp.) y pinos (*Pinus* sp.) deben evitarse debido a que alteran las condiciones químicas del suelo y constituyen hábitats pobres para la flora y fauna nativos. Entre las especies recomendadas, en áreas urbanas por su porte, valor paisajístico y características ecológicas están el huevos de caballo (*Stemmadenia donnell-smithii*), el jícaro de playa (*Amphitecna latifolia*), roble de sabana (*Tabebuia rosea*), muñeco (*Cordia bicolor)*, sotacaballo (*Zygia longifolia*), guácimo (*Guazuma invira*), guácimo colorado (*Luehea seemannii*), caimito (*Chrysophyllum cainito*), uva de playa (*Coccoloba uvifera*), y majagua (*Taliparíti tilieaceum)* entre otros. En áreas agrícolas o de crecimiento secundario se pueden sembrar especies de portes mayores como el orey (*Campnosperma panamensis*), jobo (*Spondias mombin*), lechoso (*Couma macrocarpa*), guayacán (*Tabebuia guayacan*), popenjoche (*Pachira aquatica*), laurel (*Cordia alliodora*), amarillón (*Terminalia amazonia*), pilón (*Hyeronima alchorneoides*), cativo (*Prioria copaifera*), Sangrillo (*Pterocarpus officinalis*), Campano (*Sacoglottis trichogyna*) entre otros. Para una lista más detallada ver cuadro 6.1.2-6.

Igualmente se debe considerar si el caudal mínimo funcional de los cauces naturales tras los trabajos de ampliación será suficiente para mantener los ecosistemas naturales en la cuenca del río Limoncito, aún en las épocas menos lluviosas, considerando que existen años más secos que otros (IMN 2011). Los yolillales serían un ejemplo de ecosistema que se podría ver seriamente afectado si los cursos naturales de agua no pueden proveer a los humedales con un influjo mínimo de agua.

En las regiones de Indomalasia, ecosistemas dominados por palmas nipa (*Nypa fruticans*) semejantes ecológicamente al yolillo (*Raphia taedigera*) han demostrado ser muy importantes para mitigar los efectos de los tifones y los tsunamis tierra adentro (Lee *et al.* 2012), por lo que perder este ecosistema podría tener efectos muy nocivos no solo en la biota nativa, sino también en las poblaciones humanas. En este aspecto es necesario asegurar que los flujos mínimos y máximos de agua al ecosistema sean lo más semejantes posibles a las condiciones actuales.

Tanto la ampliación horizontal de los cauces como la implementación de sistemas para el desvío de aguas debe permitir un flujo de aguas continuo lo más semejante posible a las condiciones previas a la intervención humana y mecanismos en los que únicamente durante eventos de flujo extremo, el exceso agua sea desviado trasvasado a cauces artificiales, mientras que en condiciones de mínima precipitación los cauces naturales no pierdan volumen a través de trasvases artificiales. En otras palabras, bajo ninguna circunstancia se le debe de sustraer más agua al cauce natural del Río Limoncito, salvo que sean sistemas para eliminar el excesivo volumen que se daría en eventos de precipitaciones extremadamente abundantes.

Además creo que, aunque bien intencionado, el esfuerzo a gran escala de ampliar los canales y cauces podría traer beneficios no tan significativos como se asume en incluso ir en cierta medida en detrimento del bienestar de la población humana, animal y vegetal de la zona. Estos beneficios podrían ser igualados o superados con una inversión económica menor si se analizan detalladamente. La acumulación de basura en algunas partes de los cauces, como ocurre en la actualidad, podría continuar siendo un problema

aún luego de la ampliación y considero necesario que este problema sea solucionado antes de iniciar las obras de ampliación. La remoción de la vegetación podría llevar a un incremento en la velocidad y volumen de la escorrentía superficial, a un incremento en la erosión de las riberas y a la disminución en la fertilidad edáfica.

Cuadro 6.1.2.1 Inventario de plantas vasculares leñosas en las áreas urbanas inventariadas del sitio de estudio. Estatus: Común: >15 plantas vistas; Común localmente: >15 plantas vistas, pero solo en áreas reducidas plantas vistas; Poco común: 5-14 plantas vistas; Escasa: <5 plantas vistas. Al inicio de cada lista están escritas las localidades en las que se hicieron muestreos (ej: Ebais Los Cocos, La Linga, etc). Además se proveen las coordenadas geográficas aproximadas de los sitios. La importancia de cada especie se refiere a su utilidad principalmente para el ser humano. La lista no es exhaustiva, ya que con frecuencia se ignoran los usos que la sociedad podría hacer de la mayoría de especies de la biosfera.

Ebais Los Cocos	**9° 59' 10" N**	**83° 02' 13" W**			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Cajanus cajan	Frijol de palo	Fabaceae	escaso	introducida (África)	Ornamental, alimenticia
Cocos nucifera	Coco, pipa	Arecaceae	común	nativa	Ornamental, alimenticia
Erythrina cochleata	Poró	Fabaceae	común	nativa	Fijador de nitrógeno, ornamental, sombra, alimento para aves
Musa x paradisiaca	Banano	Musaceae	común	introducida (SE Asia)	Ornamental, alimenticia
Ochroma pyramidale	Balsa	Bombacaceae	escaso	nativa	Maderable, pionera
Pterocarpus officinalis	Sangrillo, Cahui	Fabaceae	poco común	nativa	Fijador de nitrógeno, especie dominante en humedales, reduce erosión
Spondias mombin	Jobo	Anacardiaceae	poco común	nativa	Alimenticia para la fauna nativa
Terminalia catappa	Almendro de playa	Combretaceae	común	introducida (SE Asia)	Ornamental, alimenticia
Zygia longifolia	Sotacaballo	Fabaceae	escaso	nativa	Reducción de la erosión, hábitat para gran cantidad de epífitas y fauna
Confluencia Cieneguita/Limoncito	**9° 59' 16" N**	**83° 01' 57" W**			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Acrosticum aureum	Forra negra	Pteridaceae	común localmente	nativa	Herbácea, reduce erosión
Andira inermis	Carne asada	Fabaceae	escasa	nativa	Sombra, fijador de nitrógeno
Annona muricata	Guanábana	Annonaceae	común	introducción precolombina	Sombra, alimenticia
Artocarpus altilis	Fruta de pan	Moraceae	poco común	introducida (Oceanía)	Sombra, alimenticia

Confluencia Cieneguita/Limoncito	9° 59' 16" N	83° 01' 57" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Averrhoa carambola	Carambola	Oxalidaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Sombra, alimenticia
Bactris gasipaes	Pejibaye	Arecaceae	poco común	nativa	Alimenticia, ornamental
Blighia sapida	Akí, Seso vegetal	Sapindaceae	común	introducida (SE Asia)	Alimenticia, ornamental
Carica papaya	Papaya	Caricaceae	común	nativa	Alimenticia
Cecropia obtusifolia	Guarumo	Cecropiaceae	común	nativa	Pionera, alimenticia para la fauna nativa
Citrus sp	Limón	Rutaceae	común	introducida (E Asia)	Alimenticia
Cocos nucifera	Coco, pipa	Arecaceae	común	nativa	Alimenticia, ornamental
Laguncularia racemosa	Mangle mariquita	Combretaceae	poco común	nativa	Mangle, previene erosión
Machaonia martinicensis		Rubiaceae	escasa	nativa	Ornamental
Mangifera indica	Mango	Anacardiaceae	poco común	introducida (S Asia)	Alimenticia, sombra
Morinda citrifolia	Noni	Rubiaceae	poco común	nativa	Alimenticia, medicinal, ornamental
Pavonia paludicola		Malvaceae	común localmente	nativa	Reduce erosión
Persea americana	Aguacate	Lauraceae	poco común	nativa	Alimenticia, sombra
Psidium guajava	Guayaba	Myrtaceae	poco común	nativa	Alimenticia, sombra, madera para trampas
Pterocarpus officinalis	Sangrillo, cahui	Fabaceae	poco común	nativa	Fijador de nitrógeno, especie dominante en humedales, reduce erosión
Rhizophora mangle	Mangle rojo	Rhizophoraceae	escaso	nativa	Mangle, previene erosión
Spathodea campanulata	Llama del bosque	Bignoniaceae	poco común	introducida (África)	Ornamental, sombra
Syzygium malaccense	Manzana de agua	Myrtaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Ornamental, sombra, alimenticia
Tournefortia bicolor		Boraginaceae	escasa	nativa	Refugio para fauna nativa
Varronia spinescens		Boraginaceae	escasa	nativa	Refugio y alimento para aves

Confluencia Chocolate/Limoncito	9° 59' 03" N	83° 02' 34" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Cassia grandis	Carao	Fabaceae	poco común	nativa	Alimenticia, medicinal, ornamental
Cocos nucifera	Coco, pipa	Arecaceae	común	nativa	Alimenticia, ornamental
Gliricidia sepium	Madero negro	Fabaceae	poco común	nativa	Fijadora de nitrógeno, cercas vivas
Roystonea regia	Palma real	Arecaceae	escasa	introducida (Antillas)	Ornamental
Zygia longifolia	Sotacaballo	Fabaceae	escasa	nativa	Reducción de la erosión,, hábitat para gran cantidad de epífitas y fauna.
Chocolate SW	**9° 58' 55" N**	**83° 02' 47" W**			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**

Cuadro 6.1.2.1 Inventario de plantas vasculares leñosas en las áreas urbanas inventariadas del sitio de estudio (cont.)

Spathodea campanulata	Llama del bosque	Bignoniaceae	escasa	introducida (África)	Ornamental, sombra
Cocos nucifera	Coco, pipa	Arecaceae	poco común	nativa	Alimenticia, ornamental
Morinda citrifolia	Noni	Rubiaceae	escasa	nativa	Alimenticia, medicinal, ornamental
La Linga	**9° 58' 41" N**	**83° 02' 40" W**			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Blighia sapida	Akí, seso vegetal	Sapindaceae	poco común	introducida (África)	Alimenticia, ornamental, medicinal
Calliandra surinamensis	Caliandra	Fabaceae	poco común	introducida (S. América)	Ornamental, fijadora de nitrógeno
Carludovica palmata	Estococa	Cyclanthaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimento y refugio de aves
Cecropia obtusifolia	Guarumo	Cecropiaceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia para la fauna nativa
Ceiba pentandra	Ceiba	Bombacaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra, refugio fauna nativa
Citharexylum caudatum	Dama	Verbenaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra, alimenticia fauna silvestre

La Linga	9° 58' 41" N	83° 02' 40" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Citrus sp.	Limón	Rutaceae	poco común	introducida (E. Asia)	Ornamental, alimenticia
Cnidoscolus aconitifolius	Chicasquil	Euphorbiaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia, medicinal
Codiaeum variegatum	Croto	Euphorbiaceae	común	introducida (Oceanía)	Ornamental
Cojoba arborea	Lorito	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra, fijadora de nitrógeno
Coussapoa sp.		Cecropiaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia fauna silvestre
Ficus bejamina	Laurel de India	Moraceae	común	introducida (S. Asia)	Ornamental, sombra
Inga edulis	Guaba	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia, sombra, fijadora de nitrógeno
Lagerstroemia speciosa	Orgullo de India	Lythraceae	poco común	introducida (S. Asia)	Ornamental, sombra
Luehea seemannii	Guácimo colorado	Tiliaceae	escasa	nativa	Ornamental, sombra
Megaskepasma erythrochlamys	Antorcha de Brasil	Acanthaceae	poco común	introducida (S. América)	Ornamental
Morinda citrifolia	Noni	Rubiaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia, medicinal
Pentaclethra macroloba	Gavilán	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, pionera, fijadora de nitrógeno
Prioria copaifera	Cativo	Fabaceae	escasa	nativa	Especie importante en humedales, reduce erosión, fija nitrógeno, sombra
Quararibea cordata	Zapote colombiano	Bombacaceae	escasa	nativa	Alimenticia, ornamental, sombra
Syzygium malaccense	Manzana de agua	Myrtaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Alimenticia, ornamental, sombra
Tabebuia rosea	Roble de sabana	Bignoniaceae	escasa	nativa	Ornamental, sombra
Terminalia catappa	Almendro de playa	Combretaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Ornamental, alimenticia
Terminalia oblonga	Surá, guayabón	Combretaceae	escasa	nativa	Sombra, ornamental imponente
Thevetia peruviana		Apocynaceae	poco común	introducida (S. América)	Ornamental
Trema micrantha	Juco	Ulmaceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia para la fauna nativa

El Ceibón	**9 ° 58' 30" N**	**83° 03' 15" W**			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Ceiba pentandra	Ceiba	Bombacaceae	escasa	nativa	Ornamental imponente, sombra, refugio de fauna silvestre
Chrysophyllum cainito	Caimito	Sapotaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia, sombra
Bactris gasipaes	Pejibaye	Arecaceae	poco común	nativa	Alimenticia, ornamental
Trophis racemosa		Moraceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia para fauna silvestre
Chocolate alta, Pueblo Nuevo	**9° 59' 22" N**	**83° 03' 11" W**			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Annona muricata	Guanábana	Annonaceae	poco común	introducción precolombina	Alimenticia, ornamental
Blighia sapida	Akí, seso vegetal	Sapindaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Alimenticia, ornamental
Cnidoscolus aconitifolius	Chicasquil	Euphorbiaceae	poco común	nativa	Alimenticia, ornamental
Gliricidia sepium	Madero negro	Fabaceae	poco común	nativa	Fijadora de nitrógeno, cercas vivas
Morinda citrifolia	Noni	Rubiaceae	poco común	nativa	Alimenticia, medicinal, ornamental
Chocolate alta, Bambú	**9° 59' 27" N**	**83° 03' 02" W**			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Artocarpus altilis	Fruta de pan	Moraceae	poco común	introducida (Oceanía)	Alimenticia, ornamental
Cocos nucifera	Coco, pipa	Arecaceae	poco común	nativa	Alimenticia, ornamental
Inga edulis	Guaba	Fabaceae	poco común	nativa	Fijadora de nitrógeno, alimenticia, ornamental

Cuadro 6.1.2.1 Inventario de plantas vasculares leñosas en las áreas urbanas inventariadas del sitio de estudio (cont.)

Muntingia calabura	Capulín	Muntingiaceae	común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa
Musa x paradisiaca	Banano	Musaceae	común	introducida (SE Asia)	Alimenticia, ornamental
Terminalia catappa	Almendro de playa	Combretaceae	común	introducida (SE Asia)	Ornamental, alimenticia

Chocolate alta, 'limpia'	9° 59' 36" N	83° 02' 48" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Averrhoa bilimbi	Bilimbi	Oxalidaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Ornamental, alimenticia
Castilla elastica	Hule	Moraceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa, látex
Chrysophyllum cainito	Caimito	Sapotaceae	escasa	nativa	Alimenticia, ornamental
Cocos nucifera	Coco, pipa	Arecaceae	común	nativa	Alimenticia, ornamental
Gliricidia sepium	Madero negro	Fabaceae	común	nativa	Fijadora de nitrógeno, cercas vivas
Musa x paradisiaca	Banano	Musaceae	común	introducida (SE Asia)	Alimenticia, ornamental

Cuadro 6.1.2.2 Inventario de plantas vasculares leñosas en las áreas agrícolas y ganaderas del sitio de estudio. Estatus: Común: >15 plantas vistas; Común localmente: >15 plantas vistas, pero solo en áreas reducidas plantas vistas; Poco común: 5-14 plantas vistas; Escasa: <5 plantas vistas. Al inicio de cada lista están escritas las localidades en las que se hicieron muestreos (ej: Trasvase Canal JAPDEVA). Además se proveen las coordenadas geográficas aproximadas de los sitios. La importancia de cada especie se refiere a su utilidad principalmente para el ser humano. La lista no es exhaustiva, ya que con frecuencia se ignoran los usos que la sociedad podría hacer de la mayoría de especies de la biosfera.

Canal JAPDEVA	9° 58' 11" N	83° 03' 17" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Citharexylum caudatum	Dama	Verbenaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra, alimenticia fauna silvestre
Erythrina cochleata	Poró	Fabaceae	común	nativa	Sombra, ornamental, fijadora de nitrógeno
Samanea saman	Cenízaro	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra, fijadora de nitrógeno
Senna papillosa	Sena	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, fijadora de nitrógeno
Spathodea campanulata	Llama del bosque	Bignoniaceae	común	introducida (África)	Ornamental, sombra
Spondias mombin	Jobo	Anacardiaceae	común	nativa	Alimenticia para fauna nativa

Quebrada sin nombre cerca de naciente	9° 58' 09"N	83° 04' 05" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Artocarpus altilis	Fruta de pan	Moraceae	poco común	introducida (Oceanía)	Alimenticia, ornamental
Averrhoa bilimbi	Bilimbi	Oxalidaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Alimenticia, ornamental
Cecropia obtusifolia	Guarumo	Cecropiaceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia para fauna nativa
Cocos nucifera	Coco, pipa	Arecaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia
Cordia aliodora	Laurel	Boraginaceae	poco común	nativa	Maderable, reforestación
Cupania cinerea		Sapindaceae	poco común	nativa	Pionera
Erythrina sp.	Poró	Fabaceae	poco común	nativa	Fijadora de nitrógeno, alimento para aves
Ficus colubrina		Moraceae	poco común	nativa	alimento y refugio para la fauna
Ficus nymphaeifolia		Moraceae	poco común	nativa	alimento y refugio para la fauna
Hamelia patens		Rubiaceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para aves
Hyeronyma alchorneoides	Pilón	Euphorbiaceae	escasa	nativa	Maderable, reforestación
Inga sp.	Guaba	Fabaceae	poco común	nativa	Fijadora de nitrógeno
Lonchocarpus sp		Fabaceae	escasa	nativa	Fijadora de nitrógeno, pionera
Muntingia calabura	Capulín	Muntingiaceae	común	nativa	Pionera, alimenticia para fauna nativa
Piper sp.	Candelillo	Piperaceae	común	nativa	Pionera, alimenticia para fauna nativa
Rollinia pittieri	Biribá	Annonaceae	común	nativa	Alimenticia, ornamental
Samanea saman	Cenízaro	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra, fijadora de nitrógeno
Senna papillosa	Sena	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra, fijadora de nitrógeno
Spondias mombin	Jobo	Anacardiaceae	poco común	nativa	Alimenticia para la fauna nativa
Syzyguim malaccense	Manzana de agua	Myrtaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Alimenticia, ornamental
Urera baccifera	Ortiga	Urticaceae	común	nativa	Pionera, alimenticia para fauna nativa

Limoncito arriba	9° 57' 12" N	83° 03' 57" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Annona muricata	Guanábana	Annonaceae	poco común	introducción precolombina	Alimenticia, ornamental
Carapa guianensis	Caobilla	Meliaceae	poco común	nativa	Maderable, reforestación
Castilla elastica	Hule	Moraceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa, látex
Cocos nucifera	Coco, pipa	Arecaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia
Corchorus siliquosus	yute	Tiliaceae	poco común	nativa	Pionera
Cupania cinerea		Sapindaceae	poco común	nativa	Pionera
Erythrina sp.	poró	Fabaceae	poco común	nativa	Fijadora de nitrógeno, alimento para aves
Hura crepitans	Jabillo	Euphorbiaceae	poco común	nativa	Maderable, sombra, alimento de fauna nativa
Muntingia calabura	Capulín	Muntingiaceae	común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa
Myriocarpa sp.		Urticaceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa
Piper reticulata		Piperaceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa
Piper sp 2		Piperaceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa
Cuadro 6.1.2.2 Inventario de plantas vasculares leñosas en las áreas agrícolas y ganaderas del sitio de estudio.					
Psidium guajava	Guayaba	Myrtaceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia, ornamental
Theobroma simiarum	Cacao de mono	Sterculiaceae	poco común	nativa	Alimenticia, ornamental
Trema micrantha	Juco	Ulmaceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa
Trophis racemosa		Moraceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa
Varronia spinescens		Boraginaceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa
Zygia longifolia	Sotacaballo	Fabaceae	poco común	nativa	Reducción de la erosión,, hábitat para gran cantidad de epífitas y fauna.

Cuadro 6.1.2.3 Inventario de plantas vasculares leñosas en las áreas con crecimiento secundario extenso del sitio de estudio. Estatus: Común: >15 plantas vistas; Común localmente: >15 plantas vistas, pero solo en áreas reducidas plantas vistas; Poco común: 5-14 plantas vistas; Escasa: <5 plantas vistas. Al inicio de cada lista están escritas las localidades en las que se hicieron muestreos (ej: Trasvase Canal JAPDEVA). Además se proveen las coordenadas geográficas aproximadas de los sitios. La importancia de cada especie se refiere a su utilidad principalmente para el ser humano. La lista no es exhaustiva, ya que con frecuencia se ignoran los usos que la sociedad podría hacer de la mayoría de especies de la biosfera.

Trasvase Canal Santa Rosa	9° 57' 27" N	83° 03' 07" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Acalypha diversifolia		Euphorbiaceae	poco común	nativa	Pionera
Artocarpus altilis	Fruta de pan	Moraceae	común	introducida (Oceanía)	Alimenticia, ornamental
Castilla tunu	Hule	Moraceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia para fauna silvestre
Cecropia obtusifolia	Guarumo	Cecropiaceae	común	nativa	Pionera, alimenticia para fauna silvestre
Chrysophyllum cainito	Caimito	Sapotaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia, sombra
Elaeis oleifera	Palma aceitera	Arecaceae	poco común	nativa	Refugio de fauna silvestre, especie remanente de bosque
Erythrina cochleata	Poró	Fabaceae	poco común	nativa	Sombra, ornamental, fijadora de nitrógeno, alimento para aves
Erythrina poepiggiana	Poró gigante	Fabaceae	común	introducida (S. América)	Sombra, ornamental, fijadora de nitrógeno, alimento para aves
Genipa americana	Guaitil	Rubiaceae	escasa	nativa	Sombra, ornamental, refugio de fauna nativa
Grias cauliflora	Tabacón	Lecythidaceae	escasa	nativa	Pionera, alimenticia para fauna silvestre
Hura crepitans	Jabillo	Euphorbiaceae	común	nativa	Refugio de fauna silvestre, especie remanente de bosque
Inga sp	Guaba	Fabaceae	común	nativa	Ornamental, fijadora de nitrógeno, alimenticia, sombra
Luehea seemannii	Guácimo colorado	Tiliaceae	poco común	nativa	Pionera, sombra, refugio de fauna
Muntingia calabura	Capulín	Muntingiaceae	común	nativa	Pionera, ornamental, alimenticia
Pentaclethra macroloba	Gavilán	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, pionera, fijadora de nitrógeno
Prioria copaifera	Cativo	Fabaceae	poco común	nativa	Importante en humedales, reduce erosión, fija nitrógeno, sombra
Raphia taedigera	Yolillo	Arecaceae	poco común	nativa	Reduce la erosión, dominante en humedales, refugio para la fauna
Samanea saman	Cenízaro	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra, fijadora de nitrógeno

Trasvase Canal Santa Rosa	9° 57' 27" N	83° 03' 07" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Senna papillosa	Sena	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, fijadora de nitrógeno
Senna reticulata	Sena	Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, fijadora de nitrógeno
Spondias mombin	Jobo	Anacardiaceae	poco común	nativa	Alimenticia para fauna nativa
Terminalia catappa	Almendro de playa	Combretaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Ornamental, alimenticia
Theobroma cacao	Cacao	Sterculiaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia, refugio de fauna
Tournefortia bicolor		Boraginaceae	poco común	nativa	Refugio para fauna
Urera laciniata	Ortiga	Urticaceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia para fauna silvestre

Cuadro 6.1.2.4 Inventario de plantas vasculares leñosas en las áreas con yolillal del sitio de estudio. Estatus: Común: >15 plantas vistas; Común localmente: >15 plantas vistas, pero solo en áreas reducidas plantas vistas; Poco común: 5-14 plantas vistas; Escasa: <5 plantas vistas. Al inicio de cada lista están escritas las localidades en las que se hicieron muestreos (ej: Trasvase Canal JAPDEVA). Además se proveen las coordenadas geográficas aproximadas de los sitios. La importancia de cada especie se refiere a su utilidad principalmente para el ser humano. La lista no es exhaustiva, ya que con frecuencia se ignoran los usos que la sociedad podría hacer de la mayoría de especies de la biosfera.

Westfalia	9° 55' 46" N	83 °00' 08" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Amphitecna latifolia	Jícaro de playa	Bignoniaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra
Andira inermis	Carne asada	Fabaceae	poco común	nativa	Sombra, fijador de nitrógeno
Averrhoa bilimbi	Bilimbi	Oxalidaceae	poco común	introducida (SE Asia)	Ornamental, alimenticia
Casearia aculeata		Flacourtiaceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia fauna silvestre
Cecropia obtusifolia	Guarumo	Cecropiaceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia para fauna silvestre
Citharexylum caudatum	Dama	Verbenaceae	poco común	nativa	Ornamental, sombra, alimenticia fauna silvestre
Cocos nucifera	Coco, pipa	Arecaceae	común	nativa	Ornamental, alimenticia
Coussapoa nymphaeifolia		Cecropiaceae	poco común	nativa	Ornamental, alimenticia fauna silvestre
Cupania cinerea		Sapindaceae	poco común	nativa	Ornamental, pionera
Erythrina cochleata	Poró	Fabaceae	común	nativa	Sombra, ornamental, fijadora de nitrógeno, alimento

					para aves
Ficus tonduzii	Chilamate	Moraceae	poco común	nativa	Ornamental, refugio y alimento de fauna silvestre, sombra
Guazuma invira	Guácimo	Sterculiaceae	poco común	nativa	Pionera, alimenticia fauna silvestre
Leucaena leucocephala		Fabaceae	poco común	nativa	Ornamental, fijadora de nitrógeno
Margaritaria nobilis		Euphorbiaceae	escasa	nativa	Pionera, alimenticia fauna silvestre
Westfalia	9° 55' 46" N	83 °00' 08" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Montrichardia arborescens		Araceae	común	nativa	Especie dominente en humedales, reduce erosión, refugio de fauna
Muntingia calabura	Capulín	Muntingiaceae	común	nativa	Pionera, ornamental, alimenticia
Pavonia paludicola		Malvaceae	común	nativa	Reduce erosión
Prioria copaifera	Cativo	Fabaceae	poco común	nativa	Importante en humedales, reduce erosión, fija nitrógeno, sombra
Raphia taedigera	Yolillo	Arecaceae	común	nativa	Dominante en humedales, refugio para la fauna, reduce la erosión
Spondias mombin	Jobo	Anacardiaceae	común	nativa	Alimenticia fauna silvestre
Terminalia catappa	Almendro de playa	Combretaceae	común	introducida (SE Asia)	Ornamental, alimenticia
Varronia spinescens		Boraginaceae	poco común	nativa	Refugio y alimento para aves
Zygia inaequalis		Fabaceae	poco común	nativa	Hábitat para gran cantidad de epífitas y fauna, reduce erosión
Zygia longifolia	Sotacaballo	Fabaceae	común	nativa	Hábitat para gran cantidad de epífitas y fauna, reduce erosión

Cuadro 6.1.2.5 Inventario de plantas vasculares leñosas en las áreas con vegetación de barra arenosa el sitio de estudio. Estatus: Común: >15 plantas vistas; Común localmente: >15 plantas vistas, pero solo en áreas reducidas plantas vistas; Poco común: 5-14 plantas vistas; Escasa: <5 plantas vistas. Al inicio de cada lista están escritas las localidades en las que se hicieron muestreos (ej: Trasvase Canal JAPDEVA). Además se proveen las coordenadas geográficas aproximadas de los sitios. La importancia de cada especie se refiere a su utilidad principalmente para el ser humano. La lista no es exhaustiva, ya que con frecuencia se ignoran los usos que la sociedad podría hacer de la mayoría de especies de la biosfera.

Batería 1	9° 58' 08" N	83° 01' 42" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Carica papaya	Papaya	Caricaceae	escasa	nativa	Alimenticia, ornamental
Citrus sp	Limón	Rutaceae	escasa	introducida (E Asia)	Alimenticia, ornamental

Guazuma invira	Guácimo	Sterculiaceae	poco común	nativa	Pionera, alimento para la fauna nativa
Spondias mombin	Jobo	Anacardiaceae	poco común	nativa	Alimento para la fauna nativa
Spondias purpurea	Jocote	Anacardiaceae	poco común	nativa	Alimenticia, ornamental
Batería 2	9° 56' 37" N	83° 00' 41" W			
Especie	**Nombre común**	**Familia**	**Estatus**	**Distribución**	**Importancia**
Chrysobalanus icaco	Icaco	Chrysobalanaceae	común	nativa	Pionera de playas, ornamental, alimenticia
Coccoloba uvifera	Uva de playa	Polygonaceae	común	nativa	Pionera de playas, ornamental, alimenticia
Dalbergia ecastaphyllum		Fabaceae	común	nativa	Pionera de playas, ornamental
Raphia taedigera	Yolillo	Arecaceae	común	nativa	dominente en humedales, refugio para la fauna, reduce la erosión
Terminalia catappa	Almendro de playa	Combretaceae	común	introducida (SE Asia)	Ornamental, alimenticia

Cuadro 6.1.2.6 Especies recomendadas para reemplazar la vegetación a remover en los cursos de agua de la cuenca baja del Río Limoncito.

Las áreas recomendadas se refieren al tipo de ambiente recomendado para sembrar esa especie. La lista está formada por especies nativas que normalmente crecen en las partes bajas de la Vertiente Caribe de Costa Rica

Especie	Nombre común	Familia	Áreas recomendadas
Amanoa guianensis	Fierrillo	Euphorbiaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Amphitecna latifolia	Jícaro de playa	Bignoniaceae	urbanas
Andira inermis	Carne asada	Fabaceae	urbanas
Beilschmedia anay	Aguacatón	Lauraceae	agrícolas, crecimiento secundario
Brosimum guianense	Ojochillo	Moraceae	urbanas
Byrsonima crispa	Nancite	Malpighiaceae	urbanas
Calophyllum brasiliense	Cedro maría	Clusiaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Campnosperma panamenis	Orey	Anacardiaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Carapa nicaraguensis	Caobilla	Meliaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Carpotroche platyptera	Caraña	Flacourtiaceae	urbanas
Ceiba pentandra	Ceibo	Bombacaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Chrysophyllum cainito	Caimito	Sapotaceae	urbanas
Citharexylum macradenium	Dama	Verbenaceae	urbanas
Coccoloba uvifera	Uva de playa	Polygonaceae	urbanas
Cordia alliodora	Laurel	Boraginaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Cordia bicolor	Muñeco	Boraginaceae	urbanas
Couma macrocarpa	Lechoso	Apocynaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Couroupita nicaraguarensis	Bala de cañón	Lecythidaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Cynometra hemitomophylla	Guapinol negro	Fabaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Dipteryx panamensis	Almendro amarillo	Fabaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Erythrina cochleata	Poró	Fabaceae	urbanas
Faramea occidentalis	Cafecillo	Rubiaceae	urbanas
Garcinia madruno	Jorco	Clusiaceae	urbanas
Grias cauliflora	Tabacón	Lecythidaceae	urbanas
Guazuma invira	Guácimo	Sterculiaceae	urbanas
Hyeronima alchorneoides	Pilón	Euphorbiaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Hymenolobium mesoamericanum	Cola de pavo	Fabaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Inga edulis	Guaba	Fabaceae	urbanas
Inga spectabilis	Caite	Fabaceae	urbanas
Jacaranda copaia	Gallinazo	Bignoniaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Lecythis ampla	Olla de mono	Lecythidaceae	agrícolas, crecimiento secundario

Especie	Nombre común	Familia	Áreas recomendadas
Licaria excelsa		Lauraceae	urbanas
Luehea seemannii	Guácimo colorado	Tiliaceae	urbanas
Minquartia guianensis	Manú	Olacaceae	urbanas
Muntingia calabura	Capulín	Muntingiaceae	urbanas
Pachira aquatica	Popenjoche	Bombacaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Pentaclethra macroloba	Gavilán	Fabaceae	urbanas
Pimenta guatemalensis	Jamaica	Myrtaceae	urbanas
Prioria copaifera	Cativo	Fabaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Protium glabrum	Canfín	Burseraceae	urbanas
Psychotria elata	Labios de mujer	Rubiaceae	urbanas
Pterocarpus officinalis	Sangrillo	Fabaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Quararibea cordata	Balso de montaña	Bombacaceae	urbanas
Quassia amara	Hombre grande	Simaroubaceae	urbanas
Ryania speciosa		Flacourtiaceae	urbanas
Sacoglottis trichogyna	Campano	Humiriaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Sclerolobium costaricense	Tostado	Fabaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Senna papillosa	Candelillo	Fabaceae	urbanas
Sloanea medusula	Abrojo	Eleocarpaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Spondias purpurea	Jobo	Anacardiaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Stemmadenia donnell-smithii	Huevos de caballo	Apocynaceae	urbanas
Tabebuia guayacan	Guayacán	Bignoniaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Tabebuia rosea	Roble de sabana	Bignoniaceae	urbanas
Tabernaemontana alba	Cachitos	Apocynaceae	urbanas
Taliparitiliaceum	Majagua	Malvaceae	urbanas
Terminalia amazonia	Cmarillón	Combretaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Terminalia bucidoides	Escobo	Combretaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Warszewiczia coccinea	Pastora de montaña	Rubiaceae	urbanas
Zanthoxylum riedelianum	Lagarto amarillo	Rutaceae	agrícolas, crecimiento secundario
Zygia longifolia	Sotacaballo	Fabaceae	urbanas

6.2 AMBIENTE MARÍTIMO

6.2.1 Caracterización físico-química del ambiente acuático

Durante dos salidas de campo en Abril 10 – 12 y Mayo 01 – 03 del 2013, se realizaron análisis *in situ* de la calidad de agua en varios puntos de la cuenca media y alta del río Limoncito, la Quebrada Chocolate, el Canal Santa Rosa, así como las áreas circundantes a los vertederos de los canales Japdeva y Sta. Rosa. El periodo de muestreo coincide con la época seca de la zona.
Por lo tanto, la Quebrada Sin Nombre (Chinita) tenía unos niveles mínimos de caudal, lo que impidió la toma de muestras que fueran representativas de la columna de agua.

Se midieron los siguientes parámetros (cf. Cuadro 6.2.1): profundidad (Prof), salinidad (S, dos métodos, refractómetro y salinómetro), densidad (Dens), temperatura (T), oxígeno disuelto (O_2, en valor absoluto y en valor relativo), conductividad (Cond, en valor absoluto y en valor relativo), sólidos totales en suspensión (Tot Sols), concentración de sal (NaCl), y resistencia (Res).

La meta principal de estas mediciones era de proveer una línea de base que permita hacer comparaciones entre el estado actual y las condiciones que prevalecerían durante la construcción y la operación del proyecto.

Los parámetros medidos sugieren que las condiciones son normales para el tipo de hábitat, la localización geográfica, el desarrollo urbano y agrícola del entorno y las condiciones climáticas. La temperatura fluctuó entre 26 y 30C. En la mayoría de los puntos, la concentración y saturación de oxígeno eran de normoxia (5 – 8 mg/L), pero en Westfalia, el canal Sta. Rosa era hipóxico. También mostró una mayor cantidad de sólidos suspendidos, en comparación con el resto de la cuenca aguas arriba.

La salinidad indicó que solo el estero alrededor de la boca del río Cieneguita tenía influencia mareal durante el periodo de estudio. Cuando es época lluviosa, se espera que la influencia de la escorrentía sea aún mayor cerca de la costa.

6.2.2 Estatus de protección (ambiente marino)

La porción aledaña a la zona costera que forma parte del proyecto del Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito, tiene relación directa con dos áreas protegidas locales contenidas dentro del Área de Conservación La Amistad Caribe (ACL-A).

La primera área protegida, es el Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre "El Limoncito", que forma parte del área del proyecto. Los efectos del proyecto del Sistema de Control de Inundaciones serán directos sobre este refugio (Mapa 6.2.1).

La segunda área es el Monumento Nacional Isla Quiribí (I. Uvita), ubicada a 1,5 km al este de Puerto Limón, con una extensión de 11 Has (Mapa 6.2.1).El proyecto desarrollado en la cuenca media y baja del río Limoncito, tendría efectos potenciales solamente sobre la porción marina de la isla.

6.2.2.1. Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre "El Limoncito"

El RNVS Limoncito protege el humedal recurrentemente anegado, que se asocia con la cuenca baja del río Limoncito. Se ha elaborado un plan de manejo desde el 2003, con una actualización formal realizada en el 2006 (Roca *et al*. 2006). Sin embargo, ninguna de estas iniciativas está vigente.

Se estima que el asentamiento en Westfalia afecta ~13.6 Ha del refugio, mientras algunas actividades de ganadería y cultivo de cacao ocupan 0.35 Ha (Mora Alfaro 2006).

6.2.2.2. Monumento Nacional Isla Quiribrí (Isla Uvita)

La Isla Uvita fue declarada Monumento Nacional el 26 de setiembre de 1985 (Decreto Ejecutivo 16542-c, La Gaceta 183), dada su gran riqueza biológica e histórica (Fotografía 6.2-1).

Actualmente se prefiere utilizar su nombre original de Quiribrí, como parte del rescate de valores históricos de la zona.

Su gestión, manejo, protección y vigilancia está a cargo de la Municipalidad de Limón, pues dadas las dimensiones de la isla, está incluida en la zona marítimo terrestre (Ley 6043). En la práctica, la Junta Administrativa y Portuaria para el Desarrollo de la Vertiente Atlántica (JAPDEVA) tuvo la isla bajo su responsabilidad, mediante un convenio (Barrantes Rojas, 2010, pp. 1-2).

Dicho convenio, que databa desde 1964, se basó en la falta de recursos humanos, logísticos y económicos municipales para atender el uso de este recurso. Sin embargo, a partir del 2008, la Municipalidad retomó las riendas de la gestión y protección de la isla (Barrantes Rojas, 2010, pp. 1-2).

El proyecto del Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito, causaría una disminución de los efectos actuales sobre la porción marina de la isla (Fotografía 6.2-2), pues redirige la salida de parte de estas aguas varios kilómetros hacia el sur. Además, se estima que el efecto sería considerablemente menor que el que pudiera tener la operación del emisario submarino (cf. Araya *et al*., 2009) del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), debido a: (a) la mayor distancia, (b) la condición de pulsos de aguas servidas causadas por avenidas, (c) el efecto de las corrientes marinas superficiales.



Fotografía 6.2-1. Monumento Nacional Isla Quiribrí (Isla Uvita), vista desde Puerto Limón. Fuente: **Fuente**: Helena Molina, UCR, 2008



Fotografía 6.2-2. Arrecife costero del Monumento Nacional Isla Quiribrí (Isla Uvita).Fuente: Helena **Fuente**: Molina, UCR, 2008

6.2.3 Poblaciones y comunidades marinas presentes.

La zona costera de la ciudad de Limón y sus alrededores se caracteriza por un alto dinamismo resultante de factores naturales y antropogénicos, cuya interacción provocan erosión (pérdida de sustrato suave) y progresión (acumulación de sedimentos) en distintas partes de la costa caribeña. El terremoto de Limón de 1991 marcó un giro dramático en la dinámica costera del Caribe Sur (Lizano & Gutiérrez, 2011), de modo que algunos procesos actuales se relacionan más con una dinámica de poco más de dos décadas.

Adicionalmente, las condiciones oceanográficas en la zona se distinguen por un régimen de mareas mixto, predominantemente diurno (Lizano 2006), así como un ámbito intermareal promedio de unos 30 a 50 cm. Por otro lado, las corrientes marinas predominantes en el sector de Puerto Limón suelen desarrollar altas velocidades en ciertas épocas de sistemas climáticos grandes como huracanes, tormentas y depresiones tropicales, así como frentes fríos. En la parte externa pueden tener velocidades mayores a 0.7 m s^{-1} (Centurioni & Niiler 2003).

Aunado a esta situación, las características del oleaje responden a las condiciones climáticas locales o surgidas dentro de la región caribeña (Lizano 2007), y está parcialmente relacionado con los vientos alisios provenientes del noreste. La batimetría (topografía del fondo marino) es un factor que también afecta las corrientes y el oleaje. La costa entre Cieneguita y Cahuita es de tipo arenoso con alta energía (Acuña *et al*. 1996-1997), lo cual tiene importancia para la sensibilidad a ciertos factores.

La combinación de todos estos factores (ondas mareales, viento, oleaje, corrientes, batimetría, tipo de sustrato) hacen que las aguas costeras adyacentes a la ciudad tengan una dinámica de gran variabilidad espacio-temporal. Sin embargo, en términos generales, las olas son de tipo caótico con crestas cortas, se intensifican de noviembre a abril, y se debilitan en setiembre y octubre. Si las épocas de menor precipitación calzan con abril y setiembre-octubre, una reducción considerable en los aportes a las cuencas locales estaría también asociado con mares relativamente tranquilos y poca entrada de agua salada a las cuencas bajas.

Esto hace que durante la época 'seca' en Puerto Limón, el nivel de algunas quebradas tenga niveles excesivamente bajos (especialmente con los trasvases que han sido construidos desde hace algunas décadas), y la fauna acuática de las cuencas media y baja, así como las costeras, se ven en condiciones de alto estrés, debido a la poca circulación de agua, el aumento de temperatura del medio, y la consecuente disminución de disponibilidad local de oxígeno.

En condiciones de poco oleaje, las vías de agua dulce, sean ríos, quebradas o canales artificiales, reciben poca influencia marina. Más bien, es la salida de agua dulce hacia el mar la que define las condiciones superficiales de la franja costera.

Cuando hay marejadas producto de tormentas lejanas o huracanes, el agua salada posiblemente asciende río arriba hasta cierto nivel, según la intensidad del oleaje y el nivel de la marejada. Sin embargo, si hay una gran descarga simultánea de agua dulce proveniente de la precipitación y los acuíferos locales se produciría una mezcla de ambas fuentes.

Una notable excepción a este régimen fue el tsunami ocurrido a raíz del terremoto de Limón del 22 de abril de 1991, estimado en 2-3 m de alto (Lander *et al*. 2002), que inundó hasta unos 100 m en localidades como Boca Moín, donde las olas superaron unos diques de 3 m de alto (Nishenko *et al*. 1994). Asimismo, la plataforma continental se levantó varios centímetros, y expuso una gran cantidad de arrecifes someros, que sufrieron mortalidades masivas de vegetación bentónica (macro- y microalgas), invertebrados bentónicos (e.g., corales, gusanos tubícolas, etc.), macroinvertebrados móviles (e.g., crustáceos), peces arrecifales, y otros organismos.

Actualmente, gran parte de la escorrentía corre por el Canal Sta. Rosa (con salida cerca de Westfalia), el río Limoncito, las quebradas Chocolate y Sin Nombre (que drenan al mar por la boca del río Cieneguita).

Esta sección se enfoca hacia la ictiofauna marino costera. En este contexto, la zona marino costera adyacente o potencialmente afectada por el proyecto incluye tres tipos principales de comunidades biológicas: Estuarina (cf. Sección 6.2.2-1), Costera pelágica en sustrato arenoso (cf. Sección 6.2.2-2) y Arrecifal (cf. Sección 6.2.2-3).

Cabe destacar que varias especies usan dos o más hábitats en distintas etapas de su ciclo de vida, y por lo tanto, es importante considerar las tres comunidades dentro de un enfoque ecosistémico, con diversos grados de conectividad entre ellas. Por ejemplo, algunos peces de arrecife o algunos de fondo arenoso usen las bocas de los ríos para desovar, o las lagunas costeras y manglares como criaderos de las etapas juveniles.

Según la Colección de Ictiología del Museo de Zoología (Universidad de Costa Rica), en la costa Caribe de Costa Rica se registran 332 especies de peces marinos pertenecientes a 116 familias (Bussing & López, 2009, p. 453), que representan un 53% de las reportadas para toda la región mesoamericana caribeña.

El hábitat de humedal que se interna hacia el RNVS Limoncito es de gran importancia como amortiguador de los efectos de eventos extremos, tales como marejadas y oleaje de alta energía, o sequías intensas. Se comporta como un refugio para vertebrados costeros que necesiten protección contra condiciones oceanográficas o climáticas desfavorables, así como un sumidero que puede soportar cargas anómalas de agua por periodos de varios días. Asimismo, la presencia de una tabla de agua muy superficial mantiene la vegetación circundante durante la falta de lluvias, y en diferentes momentos puede ser de agua dulce, salobre o hasta salada en casos extremos.

La presencia de canales y lagunas costeras lineales a partir del borde norte de la ciudad, podría sugerir que este tipo de hábitat también podría haber estado presente en la parte sur de Puerto Limón. La palma de yolillo (*Raphia taedigera*) circunda la zona riparia de los canales en varias partes del RNMVS Limoncito, tal como lo hace en los Canales de Tortuguero. También hay zonas con manglares (cf. Sección 6.1.4). Este tipo de vegetación es de gran importancia como criadero para peces costeros y estuarinos.

Sin embargo, la actividad bananera, la canalización previa en varios puntos, el desarrollo urbano e industrial, la construcción del aeropuerto y la ruta 36 (Limón – Cahuita), entre otros factores, pueden haber causado cambios irreversibles en la dinámica hidrológica en las últimas décadas. Por lo tanto, es esperable que se trate de un hábitat frágil o vulnerable a fuertes impactos de desarrollo costero. También cabe la posibilidad de que el proyecto en estudio logre incorporar algunas recomendaciones que permitan la restauración parcial de algunas secciones, a una condición más natural, y más similar a la de la primera mitad del siglo XX.

La ruta 36 posiblemente tuvo un impacto irreversible en los flujos y mezclas del agua dulce y marina. El proyecto del Sistema de Control de Inundaciones es totalmente independiente de esta infraestructura vial, por lo que las recomendaciones de restauración tendrían limitaciones en algunos aspectos.

Por su parte, la canalización pre-existente al proyecto ha sustituido el sistema permanentemente pantanoso original, por áreas relativamente secas con propensión a inundaciones cíclicas. La fauna acuática ya ha sufrido alteraciones en su distribución y en la disponibilidad de un hábitat adecuado. Por esta razón, en el humedal las especies acuáticas suelen abundar más en canales que en las extensas zonas ya parcialmente desecadas.

6.2.3.1. Comunidad estuarina

Los peces estuarinos están adaptados para aguas salobres, pero con relativamente pocos cambios de salinidad por las mareas y más influenciada por la dinámica de la precipitación local, debido al largo ciclo de mareas y su pequeño ámbito intermareal característicos de la zona (cf. Sección 6.2.2).

Esta comunidad incluye especies de peces que pueden encontrarse en el RNVS Limoncito, cerca de la salida del Canal Santa Rosa, alrededor de la desembocadura de los ríos Cieneguita y Viscaya, entre otros sitios costeros. Habitan algunos canales costeros, donde también toleran ciertos niveles de salinidad. Por lo tanto, puede ser una combinación de especies marinas y dulceacuícolas. Algunos peces de importancia comercial y de subsistencia son fuente de proteína para diversas personas de las comunidades locales; pueden ser capturados en las bocas de los ríos, y en varios puntos de las cuencas bajas, como el río Cieneguita, canal Santa Rosa (Westfalia), río Banano, río Viscaya, etc.

Asimismo, algunas de estas especies son las mismas que habitan aguas dulces en la cuenca media y alta, sin influencia de marea, y que han sido descritos en la sección 6.3.

Algunas especies de guavinas (Familia Eleotridae) y chupapiedras (Familia Gobiidae) (6.2.3) son organismos muy sedentarios, que no podrían escapar a otros hábitats en caso de algún cambio drástico en la calidad del agua.

La fauna de macroinvertebrados incluye varias especies muy similares de jaibas, como principal cangrejo para consumo local.

Las poblaciones ubicadas cerca de la salida del Canal Sta. Rosa (Westfalia y Río Banano) se verían influenciadas por el incremento en circulación causado por el proyecto del Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito. Mientras, aquellas más cercanas a la boca del río Cieneguita, enfrentarían una reducción en los aportes de agua dulce por los trasvases propuestos.

Si las poblaciones se ven afectadas por una reducción drástica del caudal mínimo en las cuencas medias de la Quebrada Chocolate y el río Limoncito, se esperarían cambios en las abundancias cercanas a la costa. Sin embargo, el gran volumen de agua en la zona cercana a la boca de este río, podría mitigar localmente estos efectos.

6.2.3.2. Comunidad costera pelágica y en sustrato arenoso

Las playas arenosas que caracterizan la zona entre Cieneguita y Westfalia presentan una amplia gama del estado de las aguas según la época del año o del mes. La costa varía

desde aguas tranquilas con buena visibilidad, hasta momentos con oleaje fuerte de gran energía. En las inmediaciones del Aeropuerto en 1971, las arenas eran de origen ígneo, compuestas por magnetita y olivina, de grano mediano (206 µm) (Dexter, 1974, p. 52). Es probable que los nuevos patrones de corrientes y dinámica costera haya aportado un tipo algo diferente de sedimento en décadas recientes. Por ejemplo, el tsunami del terremoto de Limón del 22 de abril de 1991 causó grandes deposiciones de arena en localidades como 12 Millas y Westfalia (Nishenko *et al*. 1994)

Este tipo de hábitat ha sido poco estudiado en el Caribe Sur, pero en lo referente a invertebrados marinos, la fauna intersticial está dominada por nemátodos, nemertinos, oligoquetos; macrocrustáceos (cangrejos y camarones), diversos crustáceos menores (cumáceos, anfípodos, isópodos) y moluscos (bivalvos y caracoles) (Dexter, 1974, p. 51). Entre las poblaciones más abundantes, estaban los isópodos *Excirolana braziliensis* (entonces conocida como *Cirolana salvadorensis*) y *Ancinus brasiliensis* (Dexter, 1974, p. 51, Brusca & Wehrtmann, 2009, p. 207). Los macroinvertebrados presentes incluyen cangrejos braquiuros, poliquetos y bivalvos de mayor tamaño (Acuña *et al*. 1996-1997).

También desovan algunas tortugas marinas (Acuña *et al*. 1996-1997).

El levantamiento geológico resultante del terremoto de 1991, provocó enormes mortalidades de invertebrados y peces marinos en las semanas y meses subsiguientes (Obs. Pers.), por lo que la estructura de comunidad arrecifal y costera actual depende, en gran parte, de los procesos acontecidos en las últimas dos décadas. Sin embargo, en términos generales podría estimarse que la extensión de playas arenosas se incrementó en la zona entre Moín y Westfalia a raíz de este evento. Por supuesto, la acción de fuertes oleajes producto de huracanes o tormentas tropicales en el Gran Caribe, con cierta periodicidad sustrae significativas cantidades de arena de varias de estas playas.

Cabe destacar que la pesca deportiva en el Caribe de Costa Rica está menos desarrollada en la costa sur que en la norte. Sin embargo, es posible encontrar especies de alto valor deportivo, como macarela española (*Scomberomorus brasiliensis*), barracudas (*Sphyraena barracuda, S. guachancho* y *S. borlis*), jurel común o caballa (*Caranx hippos*), el wahoo (*Acanthocybium solandri*) en aguas costeras, mientras el marlín (*Kajikia albida*), pez vela (*Istiophorus albicans*) y varios tipos de atún (cf. Familia Scombridae, 6.2.3) son más típicos de aguas abiertas. Hacia el norte del río Parismina, es más factible encontrar sábalo real (*Megalops atlanticus*). La mayoría son especies altamente migratorias, y usan las aguas del Caribe norte y sur como parte de su ámbito de hogar.

Un caso especial es el mero Goliat (*Epinephelus itajara*), que no es comúnmente publicitado como objetivo de la pesca deportiva, pero se han pescado varios individuos adultos en el último quinquenio. Detalles sobre su importancia se discuten en las secciones 6.2.3 y 6.2.4 de especies indicadoras y en peligro.

6.2.3.3. Comunidad arrecifal

La comunidad de ictiofauna arrecifal comparte casi todas sus especies con el resto de Mesoamérica, y son fuente de grandes ingresos por concepto de turismo y sus actividades relacionadas. La pesca de langostas, pargos, meros y otras especies permite

la subsistencia de varios pobladores locales, y también abastecen los restaurantes de la zona. Sin embargo, la pesca es tan escasa, que en varias localidades el pescado ofrecido en los restaurantes, sodas y bares son traídos desde la costa Pacífica e incluso, importados del extranjero (Obs. Pers.).

Además de la importancia ecológica de las especies depredadoras apicales, como los meros, pargos y tiburones, los peces herbívoros han recibido mayor atención en años recientes. Los peces cirujano (Familia Acanthuridae) y peces loro (Familia Scaridae) (6.2.3) constituyen el principal gremio trófico capaz de mantener bajo control las poblaciones de macroalgas.

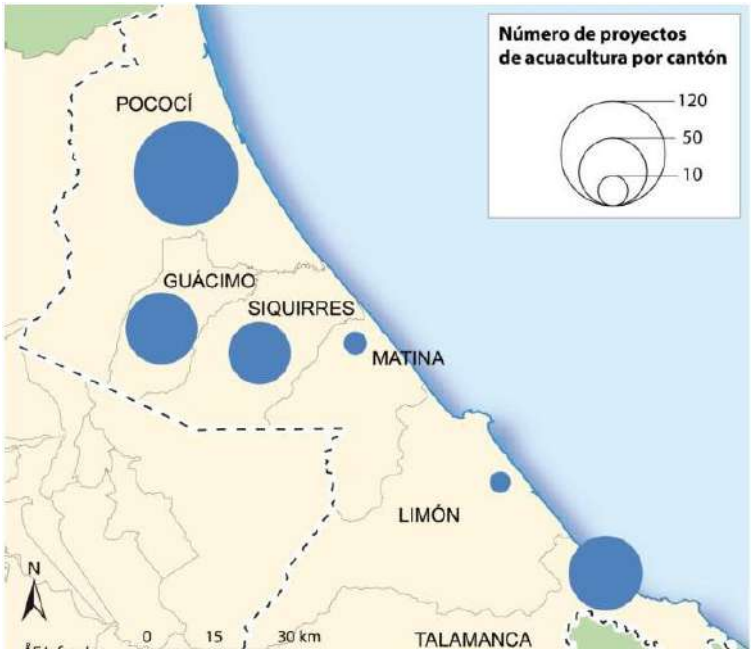
En los arrecifes de la Cuenca del Caribe, el erizo de mar *Diadema antillarum* llegó a una cuasi-extinción ecológica a mediados de los años 80, por efecto del fenómeno El Niño Oscilación Sureña (ENOS) de1982-1983. Este erizo cumplía un rol vital para mantener el equilibrio en la competencia por espacio y luz solar entre corales y macroalgas. Aunado a las grandes mortalidades de peces y macroinvertebrados por el terremoto de Limón de 1991, la desaparición de este erizo causó un cambio en la estructura de la comunidad arrecifal del Caribe: las macroalgas se dispersaron rápidamente, a expensas de la cobertura de coral vivo. Eventualmente, los peces loros y cirujanos han ido cumpliendo el papel de control trófico.

6.2.3.4. Especies invasoras

Hay tres invasiones acuáticas que podrían verse involucradas de una u otra forma con la construcción y operación del proyecto. En algunos casos, los organismos invasores podrían verse favorecidos con los cambios en los flujos y régimen hidráulico. En otros, también podrían ser impactados negativamente. Los vacíos de información acerca de estas tres invasiones, impide predecir con cierto grado de certeza los efectos potenciales del proyecto, a mediano y largo plazo.

Tilapia: Las tilapias agrupan a un complejo de híbridos y especies de la Familia Cichlidae, introducidos a Costa Rica desde África y Asia Menor. Los proyectos de pequeña escala impulsados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) desde la década de 1960, han causado la invasión de especímenes hacia los cuerpos de agua en muchas partes del país. Desde 1979, JAPDEVA y el MAG desarrollaron tecnologías para el cultivo intensivo de híbridos de tilapia en jaulas flotantes en las lagunas litorales de la costa Caribe (Toledo-Pérez & García-Capote 2000). El cantón de Limón cuenta con cinco proyectos acuícolas y una producción de 2.1 TM de tilapia, menos del 1% de la producción de tilapia de la Zona Atlántica JAPDEVA 2012).

Mapa 6.2.3. Población ocupada en proyectos de acuicultura, Provincia de Limón.



Fuente: JAPDEVA (2012).

Este proceso ha tenido resultados positivos y negativos, pues provee una fuente de alimento, recreación e ingresos económicos a poblados rurales que están en malas condiciones económicas. Sin embargo, en la vertiente del Caribe ha sido insuficiente para garantizar seguridad alimentaria y financiera a los finqueros que aplicaron las técnicas de cultivo, así como ofrecer fuentes de trabajo local. Los efectos sobre la biota acuática nativa no han sido totalmente medidos.

Pez León: en abril del 2009, las primeras evidencias de la presencia del pez león (*Pterois volitans*), un pez de la Familia Scorpaenidae nativo del Indo-Pacífico, se dieron en Costa Rica (Molina Ureña, 2009). A pesar del seguimiento propuesto inmediatamente por el CIMAR de la Universidad de Costa Rica (UCR) ante el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), esta especie de alto valor ornamental ha invadido agresivamente los arrecifes del Caribe costarricense.

Por ser depredador voraz, es capaz de consumir grandes cantidades de juveniles de peces arrecifales y langostas, afectando así la pesca artesanal de la región. Por otro lado, su extraordinaria plasticidad fenotípica le ha permitido colonizar ambientes que en su hábitat nativo no ocupaba: de una distribución discreta hasta los ~60 m de profundidad en arrecifes coralinos del Indo-Pacífico, en el Caribe ha sido reportado hasta 330 m de profundidad, y en sustratos tan variados como pastos marinos, manglares, naufragios, arrecifes rocosos. Esta capacidad implica una mayor tolerancia a aguas salobres. Hay un riesgo real de que poco a poco incursione en hábitats fluviales, y también que sea introducido a la costa Pacífica de nuestro país. Las consecuencias a largo plazo aún están por verse.

Pez Diablo: en años recientes, un complejo de especies de la Familia Loricariidae ha invadido muchos tributarios en casi todas las cuencas mayores de Costa Rica (Obs.

Pers.). Es posible que este Pez Diablo sea una especie ornamental de agua dulce (*Plecostomus* sp.) que se ha vuelto feral y ha sobrepoblado varios ríos y quebradas de Mesoamérica, incluyendo México.

En Costa Rica, se desconoce el momento exacto de la invasión, así como su origen. También es probable que se sume una especie nativa de la Zona Sur del país, llamada arruisaca (*Hypostomus panamensis*, cuyo nombre actualizado es *Hemiancistrus aspidolepis*). La vertiente Caribe está bajo esta amenaza, si bien aún hay un gran vacío de información acerca de los efectos reales sobre la ecología de estos ríos y tributarios.

Cabe destacar que en México se realizan experimentos para producir biodiesel a partir de la grasa del Pez Diablo, de modo que esto podría representar una oportunidad como proyecto comunitario de acompañamiento para las comunidades involucradas.

La Dirección de Estrategia Costera del MINAE está al tanto de la presencia del pez león y del pez diablo. Sin embargo, el país aún no ha oficializado un plan nacional de control de ninguna de estas invasiones.

6.2.4 Fragilidad del ambiente marino

El proyecto del Sistema de Control de Inundaciones en la Cuenca Baja del río Limoncito puede constituir un factor de estrés adicional a una serie de eventos y condiciones pre-existentes que ya enfrenta la biota de esta cuenca, a menos que se tomen ciertas previsiones.

La infraestructura que se ha desarrollado alrededor de Puerto Limón ha impactado las comunidades costeras por varias décadas. La construcción y operación de dos grandes muelles internacionales, y una refinería produce diversos niveles de contaminación por hidrocarburos y aguas de lastre, además de otros productos químicos que pueden derramarse accidentalmente.

La ruta 36 que comunica Limón con Cahuita y el aeropuerto en la zona marítimo terrestre, deben haber perturbado el régimen hidrológico original de intercambio de aguas marina y dulce en la parte sur de Puerto Limón. Es posible que el estado natural de los humedales locales (e.g., RNVS Limoncito) se parecería más a los Canales de Tortuguero de lo que ahora aparentan (Molina Ureña, trabajo de campo de ProDUS-UCR, abril y mayo 2013).

Ocasionalmente, Puerto Moín ha visto derrames de derivados de petróleo, y la zona de Cieneguita tiene una clasificación 5 (de una escala 1-10) de sensibilidad ambiental ante derrames de petróleo, por ser una playa arenosa de alta energía (Acuña *et al*. 1996-1997).

La actividad bananera y cacaotera ha generado gran contaminación en las fuentes de agua, donde las sustancias agroquímicas (fertilizantes y plaguicidas) han deteriorado las quebradas, los canales, y las aguas costeras. Aunado a esto, los desechos urbanos e industriales han sepultado ciertas cantidades de metales pesados entre los sedimentos, especialmente en las desembocaduras de ríos y canales. La presencia del fungicida Azoxistrobin, los herbicidas Diuron y Ametrina cerca de Westfalia, representan un riesgo

ecotoxicológico y de hipoxia que no se puede ignorar (Trabajo de campo de ProDUS-UCR, abril y mayo 2013).

La caza ilegal de tortugas marinas ha sido un problema serio por varios años. La anidación de tortuga verde (*Chelonia mydas*) cerca de Cieneguita, las hace vulnerables a la sobrepesca dirigida. De hecho, un matadero antiguo de tortugas estaba localizado en esta vecindad (Cuevas 2002).

Dadas las características biológicas, tectónicas, oceanográficas, hidrológicas y climatológicas de la zona marino costeras asociada al área de estudio, así como el estatus de protección y la infraestructura desarrollada previamente al proyecto de Sistema de Control de Inundaciones en la Cuenca Baja del río Limoncito (cf. Secciones 6.2.2. y 6.2.1.), se puede partir de la premisa de que las comunidades acuáticas bajo consideración se encuentran en una condición alterada desde la década de los años 50, y más notoriamente a partir de mediados de los años 70, cuando el desarrollo urbano se aceleró.

El crecimiento urbano costero podría considerarse actualmente un factor negativo. A pesar de que originalmente la ciudad de Limón tuvo una avanzada planificación urbanística en la década de 1870, con cuadrantes bien trazados de calles amplias, el acelerado desarrollo urbano durante el siglo XX fue carente de planificación. Adicionalmente, por varias décadas el alcantarillado estuvo en pésimas condiciones,

6.2.5 Diseño de obras del proyecto

Según el trabajo de campo de ProDUS-UCR (abril y mayo 2013), se concluye que un caudal mínimo para la fauna acuática puede ser más riesgoso, que las grandes avenidas en las quebradas. De este modo, la época seca se convierte en un factor limitante para el diseño de algunas partes de la obra.

La forma en que están actualmente diseñados algunos vertederos pone en peligro la garantía de un caudal mínimo adecuado para la fauna en las partes altas de la cuenca. La creación de agua estancada en ciertos puntos podría generar mayores riesgos de enfermedades infecto-contagiosas transmitidas por mosquitos, como el dengue. Se sugiere que los diseños de estas estructuras permitan el flujo normal de agua y solo viertan el exceso en caso de eventos extremos.

Se recomienda que los canales no sean ampliados en las partes bajas. Particularmente, en el canal Santa Rosa cerca de Westfalia, se podría realizar una limpieza de troncos caídos que impiden la circulación ligera del agua. De este modo, el sustrato se podría mantener sin mayor perturbación, lo que evitaría afectar aún más a las especies estuarinas y costeras que usan dicho hábitat.

6.2.3.1 Construcción de obras del proyecto

La eliminación de árboles riparios presenta un problema para algunas especies que requieren sombra en el agua, así como aquellas de alimentación alóctona (fuentes externas al cauce, como hojas, frutos, semillas).

La producción de material dragado debe minimizarse, pues su disposición apropiada parece sumamente difícil por los requerimientos de espacio que implica la corta de vegetación.

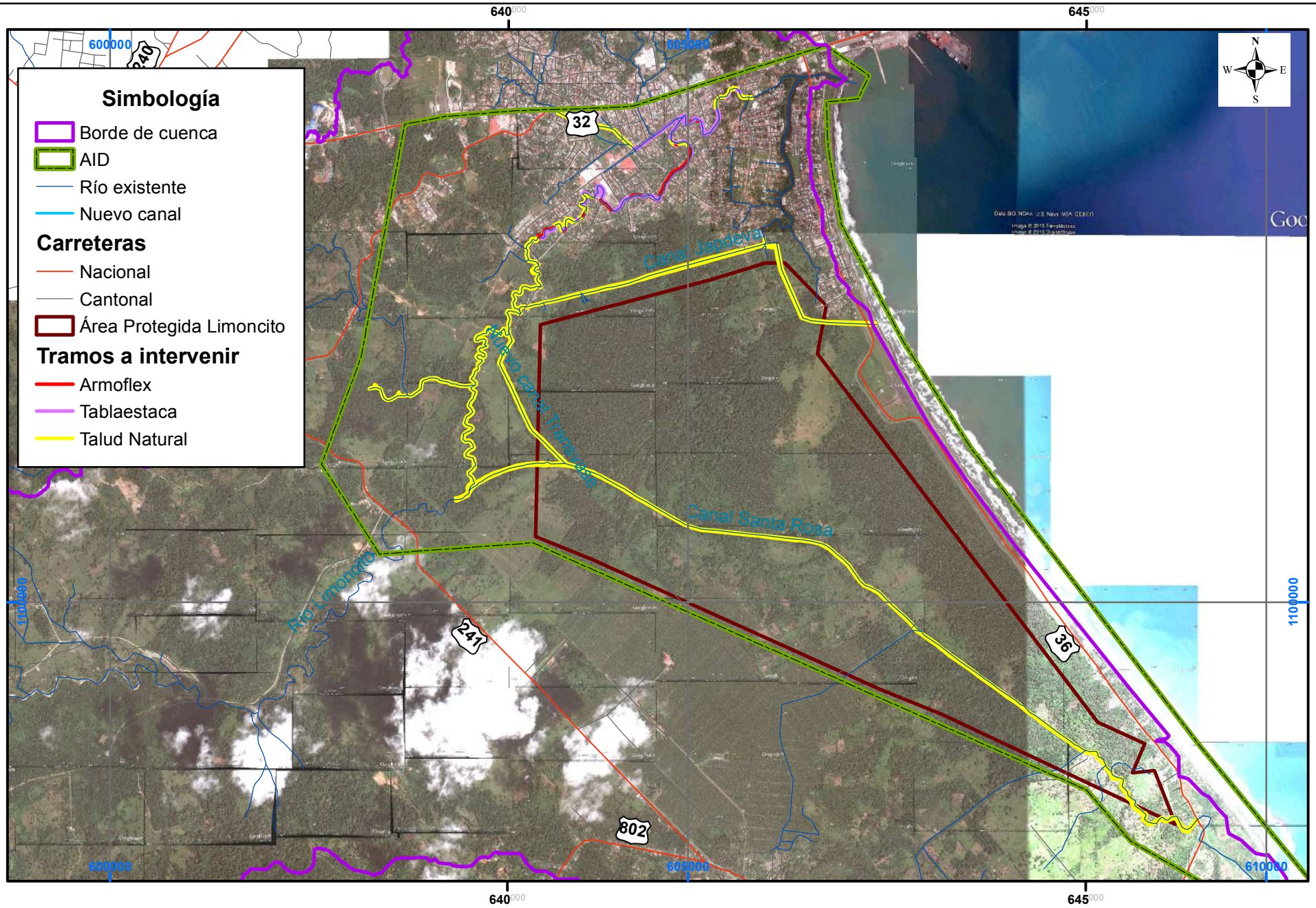
Es altamente recomendable que las obras de este proyecto se realicen en forma simultánea o íntimamente coordinado con la construcción del alcantarillado sanitario a cargo del AyA.

6.2.6 Operación de obras del proyecto

La remoción constante de grandes obstáculos (e.g., desechos sólidos, árboles caídos) es indispensable, para que todos los cauces de quebradas y canales puedan soportar algunas avenidas.

Cuadro 6.2.1. Datos físico – químicos tomados in – situ.

Hora	Estación	Marea	Prof (m)	S (refract srfc)	Dens mg/mL (sf)	T (sf)	O2 mg/L (sf)	O2 % sat (sf)	Cond µS (sf)	Cond % (sf)	Tot Sols ppM (sf)	NaCl ppM (sf)	Res KΩ (sf)
9:45	31 Cativo caido		2.74	0	1	28.4	2.2	23.5	529.8		264.8	260.40	1.891
10:55	32 Poro caido		3.32	0	1	28.2	2.43	26.4	541.2	27.9	270.4	266.60	1.85
11:24	33 Pte Westfalia		1.46	0	1	28.1	0.68	9.3	601.3	7.5	302.1	295.60	1.652
11:43	34 "Aceites"		3.60	0	0	28.1	0.74	7.8	745.5	7.7	369.2	362.00	1.396
12:00	35 Majagua sombra		3.05	0	1	28.5	1.05	15.7	891.1	11.5	446.9	442.60	1.122
15:50	17 Confl Canal Sta. Rosa - Vertido Limoncito		0.00	0	1	29.4	6.39	85.3	457.4	69.9	236.2	227.30	2.152
17:02	15 R. Limoncito (aforo SENARA)		0.05	0	1	27.2	8.06	86.2	324		163.2	162.70	2.821
17:10	14 Q. Sin Nombre (aforo SENARA)		0.15	0	1	27.4	2.82	30			153.2	149.50	3.264
17:35	13 Limoncito Vertido a Sta Rosa (Canal)		0.50	0	1	26.7	1.94	24.3	301.7	21	151.1	148.10	3.31
17:45	12 Limoncito Vertedero JAPDEVA (Canal)		0.00	0	1	27.1	5.43	58.7	293.4		146.6	142.60	3.407
8:25	Muelle Pescadores, Boca Río Cieneguita		1.10	10	1.07	30.3	5.61	56.1	4942	56.6	23.07	30.84	0.2186
8:53	Río Limoncito		0.00										
9:01	Río Limoncito (hacia EBAIS Cocos)		2.10	0	1	27.2	0.82	9	543.4	8.7	2.812	30.47	0.18
9:08	Río Limoncito (Puente por EBAIS Cocos)		1.46										
9:22	Río Cieneguita		2.16	15	1.01	30.6	1.68	134.9	331.3	33.8	17.09	21.58	0.2982



Mapa 6.2.1. Tramos de río a intervenir en el proyecto.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja de río Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:45.000 1 0,5 0 Kilómetros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000; Google Earth, 2010; SENARA, 2013; pROdus, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 6.2.2. Ubicación del Emisario de Limón

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja de río Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:12.000 0 100 200 400 m	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000; Google Earth, 2010; Araya et al., 2009; ProDUS, 2013

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

Cuadro 6.2.2. Lista de especies de peces más comunes de la zona marino costera dentro del área de influencia del proyecto del Sistema de Control de Inundaciones en la Cuenca Baja del río Limoncito.

Familia	Especie	Hábitat principal
PECES CARTILAGINOSOS		
GINGLYMOSTOMATIDAE	Ginglymostoma cirratum X	cs, ar
CARCHARHINIDAE	Csrcharhinus leucss X	pc
SPHYRNIDAE	Sphyma tiburo X	cs, ar
DASYATIDAE	Dasyatis americsna X	cs
DASYATIDAE	Dasyatis guttatus X	cs
UROLOPHIDAE	Urolophus jamaicensis	cs
NARCINIDAE	Diplobatis colombiensisb	cs
NARCINIDAE	Narcine bancroftii X	cs
MYLIOBATIDAE	Aetobatus narinari	pc
MEGALOPIDAE	Megalops atlanticus X	pc
ALBULIDAE	Albula nemoptera X	es
ALBULIDAE	Albula vulpes X	es
MURAENIDAE	Echidna cstenata X	ar
MURAENIDAE	Enchelycore nigricsns X	ar
MURAENIDAE	Enchelocyne csrychroa	ar
MURAENIDAE	Gymnothorax funebris X	ar
MURAENIDAE	Gymnothorax miliaris X	ar
MURAENIDAE	Gymnothorax moringa X	ar
MURAENIDAE	Gymnothorax ocellatus X	cs
CLUPEIDAE	Harengula clupeola X	pc
CLUPEIDAE	Harengula humeralis X	pc
CLUPEIDAE	Harengula jaguana X	pc
CLUPEIDAE	Jenkinsia lamprotaenia X	pc
CLUPEIDAE	Jenkinsia majua	pc
CLUPEIDAE	Jenkinsia stolifera	pc
CLUPEIDAE	Opisthonema oglinum	pc
CLUPEIDAE	Sardinella aurita	pc
CLUPEIDAE	Sardinela brasiliensis	pc
ENGRAULIDAE	Anchoa colonensis	pc
ENGRAULIDAE	Anchoa lamprotenia X	pc
ENGRAULIDAE	Anchoa lyolis	pc
ENGRAULIDAE	Cetengraulis edentulis X	pc
ARIIDAE	Ariopsis assimilis	ac, es
ARIIDAE	Arius melanopus X	ac, es
ARIIDAE	Arius proops	ac, es
ARIIDAE	Bagre bagre X	ac, es
ARIIDAE	Bagre marinus X	ac, es
ARIIDAE	Csthorops melanopus X	ac, es
ARIIDAE	Csthorops spixii	ac, es
ARIIDAE	Selanaspis herzbergii	ac, es
OPHIDIIDAE	Brotula barbata	ac
HEMIRAMPHIDAE	Hemiramphus balao	pc

Familia	Especie	Hábitat principal
HEMIRAMPHIDAE	Hemiramphus brasiliensis	pc
HEMIRAMPHIDAE	Hyporhamphus roberti X	pc
HEMIRAMPHIDAE	Hyporhamphus unifasciatus	pc
BELONIDAE	Platybelone argalus	pc, es
BELONIDAE	Strongylura marina X	pc, es
BELONIDAE	Strongylura notata X	pc, es
BELONIDAE	Strongylura timucu X	pc, es
BELONIDAE	Tylosurus crocodilus ct X	pc, es
SYNGNATHIDAE	Cosmocsmpus elucens	cs, es
SYNGNATHIDAE	Hippocsmpus erectus X	ar
SYNGNATHIDAE	Hippocsmpus reidi X	ar
SYNGNATHIDAE	Oosthethus brachyurus X	cs, es
SYNGNATHIDAE	Pseudophallus mindii X	cs, es
SYNGNATHIDAE	Syngnathus florida X	cs, es
SCORPAENIDAE	Scorpaena brasiliensis X	ar
SCORPAENIDAE	Scorpaena cslcsrata X	ar
SCORPAENIDAE	Scorpaena grandicornis X	ar
SCORPAENIDAE	Scorpaena plumieri X	ar
CENTROPOMIDAE	Centropomus ensiferus X	pc, es
CENTROPOMIDAE	Centropomus paralellus X	pc, es
CENTROPOMIDAE	Centropomus pectinatus X	pc, es
CENTROPOMIDAE	Centropomus undecimalis X	pc, es
SERRANIDAE	Alphestes afer X eb 2 cr rb	ar
SERRANIDAE	Cephalopholis cruentata X	ar
SERRANIDAE	Cephalopholis fulva X	ar
SERRANIDAE	Diplectrum bivitattum X	ar, cs
SERRANIDAE	Epinephelus adscencionis X	ar
SERRANIDAE	Epinephelus guttatus X	ar, cs
SERRANIDAE	Epinephelus itajara	ar, es (manglar)
SERRANIDAE	Epinephelus morio	ar, cs
SERRANIDAE	Epinephelus niveatus	ar, cs
SERRANIDAE	Epinephelus striatus	ar, cs
SERRANIDAE	Hypoplectrus puella	ar
SERRANIDAE	Mycteropercs acutirostris	ar, cs
SERRANIDAE	Mycteropercs bonaci	ar, cs
ECHENEIDAE	Echeneis naucrates	ar, cs, pc
CORYPHAENIDAE	Coryphaena hippurus	pc
CORYPHAENIDAE	Coryphaena equiselis	pc

Familia	Especie	Hábitat principal
CARANGIDAE	Caranx bartholomaei X	pc
CARANGIDAE	Caranx crysos X	pc
CARANGIDAE	Caranx hippos ct X	pc
CARANGIDAE	Caranx latus X	pc
CARANGIDAE	Caranx rubber X	pc, ar
CARANGIDAE	Chloroscombrus chrysurus X	pc
CARANGIDAE	Hemicsranx amblyrhynchus	pc
CARANGIDAE	Oligoplites saliens X	pc
CARANGIDAE	Trachinotus csrolinus	pc
CARANGIDAE	Trachinotus falcstus	pc
CARANGIDAE	Trachinotus goodie	pc
CARANGIDAE	Trachiurus lathami	pc
LUTJANIDAE	Lutjanus analis X	cs, ar, es
LUTJANIDAE	Lutjanus apodus X	cs, ar, es
LUTJANIDAE	Lutjanus cyanopterus X	cs, ar
LUTJANIDAE	Lutjanus griseus X	cs, ar, es
LUTJANIDAE	Lutjanus jocu X	cs, ar
LUTJANIDAE	Lutjanus mahogany X	cs, ar
LUTJANIDAE	Lutjanus synagris X	cs, ar, es
LUTJANIDAE	Ocyurus chrysurus X	cs, ar
GERREIDAE	Diapterus rhombeus X	cs, pc, es
GERREIDAE	Eucinostomus argenteus X	cs, es
GERREIDAE	Eucinostomus gula X	cs, es
GERREIDAE	Eucinostomus harengulus X	cs, es
GERREIDAE	Eucinostomus melanopterus X	cs, es
GERREIDAE	Eugerres plumieri X	cs, es
GERREIDAE	Gerres cinereus eb mb	cs, es
HAEMULIDAE	Anisostremus surinamensis X	cs, es
HAEMULIDAE	Anisostremus virginicus X	cs, es
HAEMULIDAE	Haemulon album	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon aurolineatum X	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon bonariense X	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon carbonarium X	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon chrysargyreum	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon flavolintum X	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon macrostomum X	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon melanurum	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon parrai X	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon plumieri X	ar, cs

Familia	Especie	Hábitat principal
HAEMULIDAE	Haemulon sciurus X	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulon steindachneri X	ar, cs
HAEMULIDAE	Haemulopsis corvinaeformis X	ar, cs
HAEMULIDAE	Pomadasys croco X	es
SCIAENIDAE	Cynoscion acoupa	cs
SCIAENIDAE	Cynoscion jamaicensis X	cs
SCIAENIDAE	Cynoscion leiarchus	cs
SCIAENIDAE	Cynoscion virescens X	cs
SCIAENIDAE	Equetus lanceolatus	ar
SCIAENIDAE	Equetus punctatus	ar
SCIAENIDAE	Isopisthus parvipinnis X eb mb	cs, es
SCIAENIDAE	Larimus breviceps X eb 7–18 mb	cs, es
SCIAENIDAE	Menticirrhus americanus X eb 7–18 mb	cs, es
SCIAENIDAE	Menticirrhus littoralis eb mb	cs, es
SCIAENIDAE	Micropogonias furnieri eb 2–18 mb	cs, es
SCIAENIDAE	Odontoscion dentex X eb 2–8 mb	ar
SCIAENIDAE	Pareques acuminatus X eb 1–8 mb	ar
SCIAENIDAE	Umbrina broussonnetii X eb 9–20 mb	cs, es
SCIAENIDAE	Umbrina coroides eb mb	cs, es
KYPHOSIDAE	Kyphosus incisor X	ar, pc
KYPHOSIDAE	Kyphosus sectatrix X	ar, pc
EPHIPPIDAE	Chaetodipterus faber X	ar, pc, cs
CHAETODONTIDAE	Chaetodon capistratus X	ar
CHAETODONTIDAE	Chaetodon ocellatus X	ar
CHAETODONTIDAE	Chaetodon striatus X	ar
POMACANTHIDAE	Holacanthus ciliaris X	ar
POMACANTHIDAE	Holocathus tricolor X	ar
POMACANTHIDAE	Pomacanthus arcuatus X	ar
POMACANTHIDAE	Pomacanthus paru X	ar
POMACENTRIDAE	Abudefduf saxatilis X	ar
POMACENTRIDAE	Abudefduf taurus X	ar, cs
POMACENTRIDAE	Chromis cyanea	ar
POMACENTRIDAE	Chromis multilineata X	ar
POMACENTRIDAE	Microspathodon chrysurus X	ar
POMACENTRIDAE	Stegastes adustus X	ar
POMACENTRIDAE	Stegastes leucostictus X	ar
POMACENTRIDAE	Stegastes planifrons X	ar
POMACENTRIDAE	Stegastes variabilis X	ar
MUGILIDAE	Agonostomus monticola X	es

Familia	Especie	Hábitat principal
MUGILIDAE	Joturus pichardi X	es
MUGILIDAE	Mugil chalus ct X	es, cs, pc
MUGILIDAE	Mugil curema X	es, cs, pc
MUGILIDAE	Mugil incilis X	es, cs, pc
MUGILIDAE	Mugil lisa X	es, cs, pc
SPHYRAENIDAE	Sphyraena barracuda X	pc
SPHYRAENIDAE	Sphyraena guachancho X	pc
SPHYRAENIDAE	Sphyraena borlis X	pc
POLYNEMIDAE	Polydactylus octonemus	es, cs
POLYNEMIDAE	Polydactylus virginicus X	es, cs
LABRIDAE	Bodianus rufus X	ar
LABRIDAE	Halichoeres bivittatus X	ar
LABRIDAE	Halichoeres caudalis	ar
LABRIDAE	Halichoeres garnoti	ar
LABRIDAE	Halichoeres maculipinna X	ar
LABRIDAE	Halichoeres poeyi X	ar
LABRIDAE	Halichoeres radiatus X	ar
LABRIDAE	Lachnolaimus maximus X	ar
LABRIDAE	Thalassoma bifasciatum X	ar
SCARIDAE	Nicholsina usta X	ar, cs
SCARIDAE	Scarus coelestinus X	ar
SCARIDAE	Scarus coeruleus	ar
SCARIDAE	Scarus iseri X	ar
SCARIDAE	Scarus guacamaia X	ar, es
SCARIDAE	Scarus taeniopterus X	ar
SCARIDAE	Scarus vetula X	ar
SCARIDAE	Sparisoma aurofrenatum X	ar
SCARIDAE	Sparisoma chrysopterum X	ar
SCARIDAE	Sparisoma radians X	ar
SCARIDAE	Sparisoma rubripinne X	ar
SCARIDAE	Sparisoma viride X	ar
ELEOTRIDAE	Dormitator maculatus X	es, cs
ELEOTRIDAE	Eleotris amblyoposis X	es, cs
ELEOTRIDAE	Eleotris pisonis X	es, cs
ELEOTRIDAE	Gobiomorus dormitor X	es, cs
ELEOTRIDAE	Guavina guavina X	es, cs
GOBIIDAE	Bathygobius soporator X	es, cs, ar
GOBIIDAE	Coryphopterus dicrus X	ar
GOBIIDAE	Coryphopterus glaucofraenum X	ar

Familia	Especie	Hábitat principal
GOBIIDAE	Ctenogonius fasciatus X	es, cs, ar
GOBIIDAE	Ctenogonius saepepallens X	cs
GOBIIDAE	Elacatinus illecebrosum X	ar
GOBIIDAE	Elacatinus multifasciatum X	ar
GOBIIDAE	Gnatholepis thompsoni X	ar
GOBIIDAE	Gobionellus oceanicus	ar
GOBIIDAE	Gobionellus spilotum X	ar
ACANTHURIDAE	Acanthurus bahianus X	ar
ACANTHURIDAE	Acanthurus chirurgus X	ar
ACANTHURIDAE	Acanthurus coerulus X	ar
SCOMBRIDAE	Acanthocybium solandri	pc
SCOMBRIDAE	Auxis rochei	pc
SCOMBRIDAE	Euthynnus alletteratus	pc
SCOMBRIDAE	Katsuwonus pelamis	pc
SCOMBRIDAE	Scomberomorus brasiliensis X	pc
SCOMBRIDAE	Thunnus albacares	pc
SCOMBRIDAE	Thunnus atlanticus	pc
SCOMBRIDAE	Thunnus obesus	pc
ISTIOPHORIDAE	Istiophorus albicans	pc
ISTIOPHORIDAE	Kajikia albida	pc
BOTHIDAE	Bothus lunatus	ar, cs, es
BOTHIDAE	Bothus maculiferus	cs, es
BOTHIDAE	Bothus ocellatus X	cs, es
BOTHIDAE	Bothus robinsi	cs, es
BOTHIDAE	Trichopsetta caribb X	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Ancylopsetta cycloid	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Citharichthys arctifrons	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Citharichthys gymnorhinus	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Citharichthys cornutus	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Citharichthys macrops	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Citharichthys spilopterus X	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Citharichthys uhleri X	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Cyclopsetta chittendeni X	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Etropus crossotus	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Paralichthys albigutta	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Syacium gunteri X	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Syacium micrurum X	cs, es
PARALICHTHYIDAE	Syacium papillosum	cs, es
ACHIRIDAE	Achirus declivifrons X	cs, es

6.3 CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA

6.3.1 Introducción

El objetivo del estudio de Calidad Biológica del Agua consistió en hacer un diagnóstico de la fauna acuática con énfasis en macroinvertebrados acuáticos y peces de agua dulce, y así crear la línea base para futuros estudios y biomonitoreos, con el fin de evaluar cualquier posible impacto sobre la fauna acuática a causa de las obras a realizarse como parte del proyecto.

6.3.2 Materiales y métodos

El muestreo estuvo a cargo del Biólogo Bernald Pacheco Chaves (Col. Biol. No. 1695). Se visitó el área del Proyecto en dos ocasiones, entre 10-12 de abril y entre el 30 de abril al 2 de mayo de 2013, bajo condiciones climáticas favorables.

6.3.2.1 Muestreo de macroinvertebrados acuáticos

Las muestras fueron tomadas siguiendo el método de recolecta directa, semi-cuantitativo. Este método consiste en recolectar los organismos directamente en el campo desde el sustrato, con la ayuda de una red tipo D de 500 µm (Wildco Turtox Dipnet). Los organismos se recolectaron con pinzas entomológicas sobre una bandeja blanca y se preservaron inmediatamente en viales con alcohol (etanol) al 70%. Para el muestreo se tomaron en cuenta diferentes microhábitats presentes en cada sitio de muestreo. Se realizó un esfuerzo total de recolecta de 60 minutos en cada sitio.

Los especímenes fueron identificados al máximo nivel taxonómico posible, en su mayoría a género, mediante las claves respectivas (Roldán, 1996; Merritt *et al.,* 2008; Springer *et al.,* 2010; Pacheco Chaves, 2010; Oceguera-Figueroa & Pacheco Chaves, 2012; Springer *et al.,* en prep.). El material es depositado en la colección de Entomología Acuática del Museo de Zoología, Universidad de Costa Rica.

El índice BMWP'-CR ("Biological Monitoring Working Party", modificado para Costa Rica) se calculó según el "Reglamento para la clasificación y la evaluación de la calidad de cuerpos de agua superficiales" (No.33903 MINAE-S). Se utilizó el programa PAST para calcular índice de diversidad de Shannon (ln) y el índice de similitud Bray-Curtis.

6.3.2.2 Muestreo de la Ictiofauna (Peces)

La recolecta de peces se realizó con una atarraya de 1,2 m de radio (Red de pesca de nylon monofilamento Danielson), la cual fue tirada por un tiempo de 15 minutos por sitio. Todos los individuos capturados fueron colocados temporalmente en recipientes para tomar los datos necesarios, posteriormente fueron liberados ilesos al medio acuático. Se tomaron fotos de algunos representantes de las especies encontradas (Cámara Olympus Tough TG-310, 14 MP). Para la clasificación taxonómica de los peces se utilizó los criterios de

Bussing (1998, 2010). Todas las tallas de los peces capturados fueron medidas con una regla milimétrica.

6.3.2.3 Descripción de los sitios de muestreo

A continuación en el Cuadro 6.3-1 se hace una descripción de los sitios muestreados según lo observado durante el muestreo. La numeración de los 11 sitios de estudio no son números consecutivos, ya que se uniformó la numeración con los sitios establecidos por ProDUS para los muestreos físico-químicos. Algunos de los sitios de muestreos físico-químicos no se utilizaron para bioindicadores, ya que se consideró que estaban muy cerca del mar y tienen por consiguiente, alguna influencia del agua salada. En aguas salobres cambian radicalmente las comunidades de organismos que ahí habitan, por lo que el uso de bioindicadores de agua dulce no es efectivo. Todos los sitios coinciden con algún punto de toma de muestras físico-químicas, con excepción del sitio 13 (Quebrada Chocolate cuenca alta), en el que solamente se realizó muestreo biológico, mas no físico-químico.

En todos los sitios de estudio se tomaron datos de coordenadas y altitud con un GPSmap 62s Garmin y su ubicación se muestra en el Mapa 6.3-1. Así mismo se realizó un registro fotográfico de los sitios de muestreo (Fotografía 6.3-1) con una cámara Olympus Tough TG-310, 14 MP.

Cuadro 6.3-1. Descripción de los sitios de muestreo. Estudio de Macroinvertebrados y Peces. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Sitio	Coordenadas CRTM05 Datum WGS84/ Altitud (msnm)	Condiciones ambientales	Tipo de curso	Ancho (A) y Profundidad (P)	Velocidad del agua	Sustrato	Observaciones
1-Quebrada sin nombre cuenca alta	602142 E y 1102199 N/20	Nublado	Medio	A: 2m P: 0,25m	Estancado	Cantos rodados 100%	Había hojarasca, troncos, ramas y raíces sumergidas, las piedras tenían perifiton en su superficie. El agua se veía transparente, se observaban peces. En las orillas había tacotal, había sombra con ventanas.
2-Río Limoncito cuenca alta	602354 E y 1100320 N/18	Soleado	Medio	A: 12m P: >1m	Lento	Arcilla 100%	Había hojarasca, troncos y ramas sumergidas, el agua se veía verde, se observaban peces. En las orilla había pastos y tacotal, había sombra con ventanas.
3-Canal Santa Rosa	603994 E y 1100856 N/3	Nublado	Bajo	A: 10m P: >1m	Lenta	Lodo 100%	En el sitio había hojarasca sumergida, se veían peces, el agua estaba turbia. En las orillas había charral y tacotal, había sombra con ventanas.
4-Río Limoncito, antes de confluencia con Quebrada sin nombre	603107 E y 1101503 N/17	Nublado	Bajo	A: 5m P: <0,5m	Estancado	Lodo 100%	En el sitio había hojarasca, troncos y raíces sumergidos, se veían peces, el agua lucía turbia En las orillas había charral, había sombra con ventanas.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

Cuadro 6.3-1. Continuación: Descripción de los sitios de muestreo. Estudio de Macroinvertebrados y Peces. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Sitio	Coordenadas CRTM05-Datum WGS84 Altitud (msnm)	Condiciones ambientales	Tipo de curso	Ancho (A) y Profundidad (P)	Velocidad del agua	Sustrato	Observaciones
5-Quebrada sin nombre antes de confluencia con Río Limoncito	603073 E y 1101546 N/3	Soleado	Bajo	A: 3m P: 0,25m	Moderado	Arcilla 100%	En el sitio había hojarasca, troncos, ramas y raíces sumergidos, se veían peces, el agua estaba transparente. En la orilla había tacotal, había sombra con ventanas.
6-Quebrada Chocolate Bar Chitá	604861 E y 1103852 N/3	Soleado	Bajo	A: 4m P: 0,5m	Moderado	Lodo 100%	El agua lucía transparente, se veían algunos renacuajos y peces (tilapias) y desechos sólidos en el sitio. En la margen derecha había y una carretera al lado izquierdo, dentro del agua había pastos sumergidos, el sitio estaba 100% expuesto a la luz solar.
7-Río Limoncito Bar Chitá	604914 E y 1103846 N/12	Soleado	Bajo	A: 5m P: 0,25m	Moderado	Lodo 100%	Había hojarasca, troncos, ramas y raíces sumergidos, el agua lucía transparente y se observaban peces y desechos sólidos. En ambas orillas había pastos y dentro del agua pastos sumergidos.
8-Río Limoncito Ebais Los Cocos	605551 E y 1104050 N/10	Soleado	Bajo	A: 20m P: >1m	Moderado	Lodo 100%	En el sitio había hojarasca, troncos, ramas y raíces sumergidas, el agua se veía turbia pero se podían observar peces (tilapias de gran tamaño). En las orillas y dentro del agua había pastos. El sitio estaba 100% expuesto a la luz solar.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

Cuadro 6.3-1. Continuación: Descripción de los sitios de muestreo. Estudio de Macroinvertebrados y Peces. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Sitio	Coordenadas CRTM05 Datum WGS84 Altitud (msnm)	Condiciones ambientales	Tipo de curso	Ancho (A) y Profundidad (P)	Velocidad del agua	Sustrato	Observaciones
10-Río Limoncito, salida a Canal Santa Rosa	603420 E y 1101987 N/18	Soleado	Bajo	A: 7m P: 1m	Lento-estancado	Arcilla 100%	Había hojarasca, troncos y ramas sumergidos, se veían peces, el agua estaba turbia. En la margen derecha había un camino de lastre, en la izquierda había bambú y un potrero en las cercanías. Había sombra con grandes claros.
11-Canal Japdeva	603540 E y 1102222 N/14	Soleado	Bajo	A:2m P: 0,25m	Lento	Arcilla 100%	Había hojarasca, troncos, ramas y raíces sumergidos, las piedras tenían perifiton en su superficie, el agua era transparente y se veían peces y desechos sólidos. En la orilla había tacotal y había sombra con ventanas. Se observó personas que capturaban langostinos con una red circular, y con trampas de balde, además de niños que nadaban en el sitio.
13-Quebrada Chocolate cuenca alta	604482 E y 1104830 N/24	Soleado	Inicial	A: 2m P: 0,15m	Rápido-moderado	30% cantos rodados y 70% arena	Las piedras presentaban perifiton en su superficie, había hojarasca, troncos y ramas sumergidas, el agua se veía transparente y se observaban peces y desechos sólidos. En la orilla había pastos y charral, y sombra con claros.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.



Fotografía 6.3-1. Sitios de muestreo. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013. 1: Quebrada sin nombre (chinita) cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá. Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.











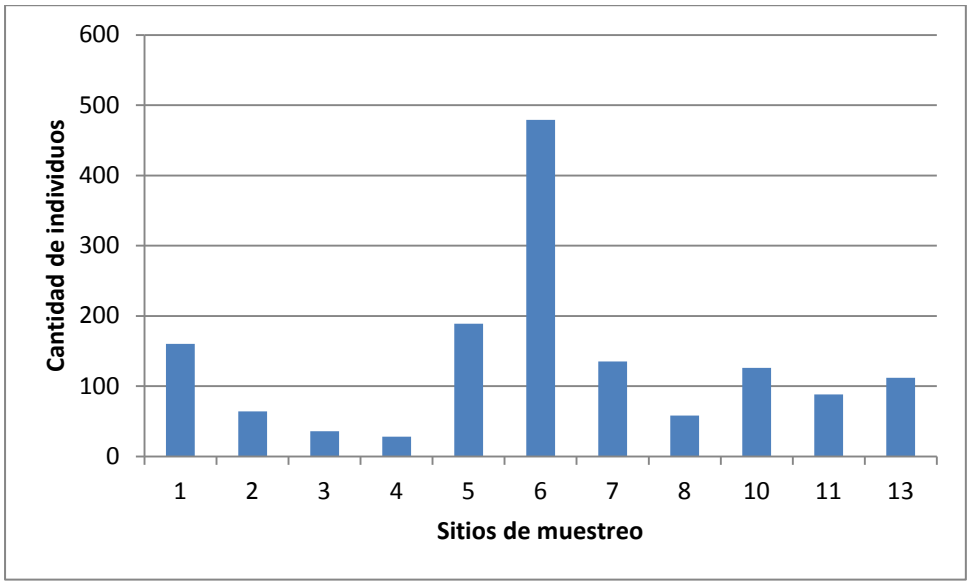
Fotografía 6.3-1. Continuación. Sitios de muestreo en el EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013. 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta. Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

6.3.3 Resultados y discusión

6.3.3.1 Macroinvertebrados acuáticos

Se recolectó un total de 1475 individuos, distribuidos en 15 órdenes, 40 familias y 58 taxa (Cuadro 6.3-2). La abundancia por sitio varió entre 28 y 479 individuos, siendo el sitio 6 (Quebrada Chocolate Bar Chitá) en el que se recolectó una mayor cantidad y en el sitio 4 (Río Limoncito antes confluencia con Quebrada sin nombre) una menor cantidad de individuos (Gráfico 6.3-1).

Gráfico 6.3-1. Abundancia (cantidad de individuos) de macroinvertebrados acuáticos para cada sitio de muestreo. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

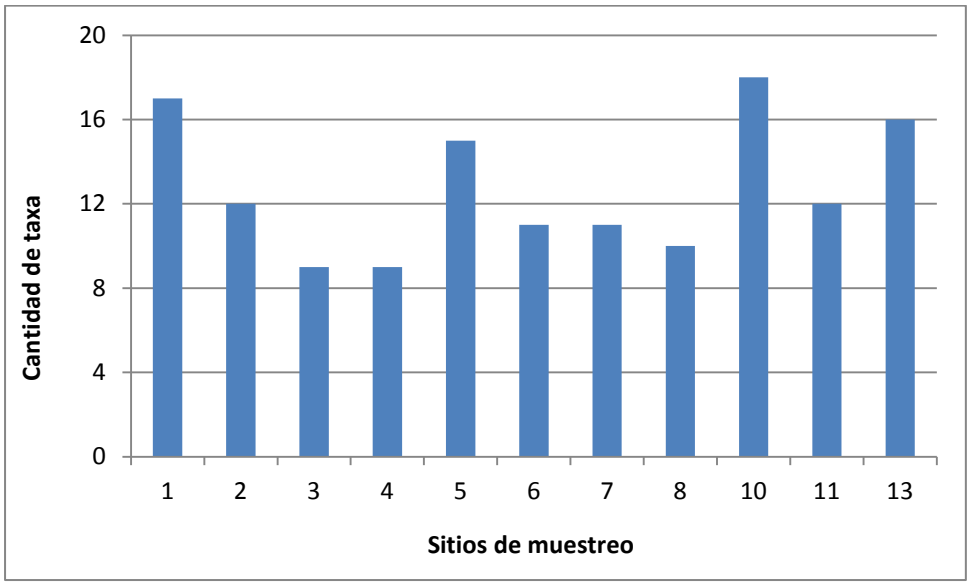


Nota: Sitios de muestreo según número, 1: Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

Con respecto a la riqueza de taxa, ésta varió entre 9 y 18 taxa por sitio. El sitio con mayor riqueza taxonómica fue el sitio10 (Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa); mientras que la menor riqueza se observó en los sitios 3 (Canal Santa Rosa) y 4 (Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre) (Gráfico 6.3-2).

Gráfico 6.3-2. Riqueza de taxa de macroinvertebrados acuáticos para cada sitio de muestreo. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.



Nota: Sitios de muestreo según número, 1: Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

El índice de diversidad de Shannon dio el valor más alto para el sitios 10 (Río Limoncito salida al Canal Santa Rosa), con 2,27; mientras que el valor de diversidad más bajo se obtuvo en el sitio 6 (Quebrada Chocolate Bar Chitá), con 0,56 (Cuadro 6.3-2). Por su parte, con el índice de similitud Bray-Curtis (Cuadro 6.3-6 1) se obtuvo que los sitios que más se parecían entre sí fueron: los sitios 1 (Quebrada sin nombre cuenca alta) y 10 (Río Limoncito salida al Canal Santa Rosa), y los sitios 5 (Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito) y 7 (Río Limoncito Bar Chitá); con un 40% de similitud en ambos casos.

Cuadro 6.3-2. Listado de macroinvertebrados recolectados, riqueza de taxa, abundancias, y resultados del índice de diversidad de Shannon (ln). EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Orden/grupo	Familia	Género/grupo/especie	Sitios de Muestreo										
			1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13
Coleoptera	Dytiscidae	Gen. Indet.		1	3	4							
	Hydrophilidae	*Aculomicrus*				1							
		Derallus				1							
		Gen. Indet.						1					
	Scirtidae	Gen. Indet.	3	25		4					12		
	Staphylinidae	Gen. Indet.			1				5		1		1
Diptera	Ceratopogonidae	Forcipomyinae					1						1
	Chironomidae	Chironomini	3	9	2	10	1	418	22	13	2	12	45
		Gen. Indet.	1					2	2	1		2	
		Orthocladiinae											15
		Tanypodinae	2			1	3	2				6	
	Culicidae	Gen. Indet.		1									
		Johnbelkinia			2								
	Stratiomyidae	Gen. Indet.											1
Ephemeroptera	Baetidae	*Americabaetis*	9									4	12
		Callibaetis										4	
		Cloeodes	1										1
		Paracloeodes			1								

Nota: Sitios de muestreo según número 1: Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

Cuadro 6.3-2. Continuación. Listado de macroinvertebrados recolectados, riqueza de taxa, abundancias, y resultados del índice de diversidad de Shannon (ln). EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Orden/grupo	Familia	Género/grupo/especie	Sitios de Muestreo										
			1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13
Ephemeroptera	Caenidae	*Caenis*	27	1			3				1	1	
	Leptohyphidae	*Asioplax*	1										
		Epiphrades	1	3									
		Tricorythodes	14										2
	Leptophlebiidae	*Farrodes*	13										
		Terpides		2									
		Ulmeritoides	1				43				9		
Hemiptera	Belostomatidae	*Belostoma*									15	1	
	Gerridae	Gen. Indet.		1									
		Tachygerris									2		
		Trepobates			15								
	Hebridae	*Hebrus*											4
	Mesoveliidae	*Mesovelia*		9							2		2
	Notonectidae	Gen. Indet.			9								
	Pleidae	*Neoplea*									1		
	Veliidae	*Microvelia*	1	9		1							
		Rhagovelia calopa										2	
		Rhagovelia tenuipes					2						
	Nepidae	*Ranatra*			2								

Nota: Sitios de muestreo según número, 1: Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

Cuadro 6.3-2. Continuación. Listado de macroinvertebrados recolectados, riqueza de taxa, abundancias, y resultados del índice de diversidad de Shannon (ln). EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Orden/grupo	Familia	Género/grupo/especie	Sitios de Muestreo										
			1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13
Odonata	Calopterygidae	*Hetaerina*											1
	Coenagrionidae	*Argia*	15	2				3			2		10
		Enallagma						11		1			
	Libellulidae	*Brachymesia*	2					1	10	2	5		
		Gen. Indet.	1								1		
		Orthemis									2		
		Perithemis				4	2	1			3		
	Protoneuridae	*Protoneura*					1				2		
Trichoptera	Hydropsychidae	*Smicridea*											4
	Philopotamidae	*Chimarra*											1
Decapoda	Atyidae	*Atya*										5	
		Potimirin										1	
	Palaemonidae	Gen. Indet.							2				
		Macrobrachium					2					48	
Basommatophora	Ancylidae	Gen. Indet.							2	1	2		
	Lymnaeidae	Gen. Indet.										1	
	Physidae	Gen. Indet.						32	1	1			
	Planorbidae	Gen. Indet.		1					26	7			

Nota: Sitios de muestreo según número, 1: Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

Cuadro 6.3-2. Continuación. Listado de macroinvertebrados recolectados, riqueza de taxa, abundancias, y resultados del índice de diversidad de Shannon (ln). EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Orden/grupo	Familia	Género/grupo/especie	Sitios de Muestreo										
			1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13
Mesogastropoda	Ampullaridae	Gen. Indet.					2						
	Hydrobiidae	Gen. Indet.	38				2		2	22	20		
Veneroidea	Sphaeridae	*Eupera veatleyi*					61				6		
Oligochaeta	fam. Indet.	Gen. Indet.			1	2		6	2	5			1
Polichaeta	fam. Indet.	Gen. Indet.								1			
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	*Helobdella cf. triserialis*	1				4	1					
		Helobdella sp1					1						
Arhynchobdellida	Salifidae	*Barbronia weberi*											11
Sorbeoconcha	Thiaridae	Gen. Indet.	26				61	1	61	4	38	1	
		Total de individuos	**160**	**64**	**36**	**28**	**189**	**479**	**135**	**58**	**126**	**88**	**112**
		Total de taxa	**17**	**12**	**9**	**9**	**15**	**11**	**11**	**10**	**18**	**12**	**16**
		Diversidad de Shannon	**2,20**	**1,88**	**1,70**	**1,86**	**1,63**	**0,56**	**1,58**	**1,76**	**2,27**	**1,58**	**2,00**

Nota: Sitios de muestreo según número: 1: Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

En general el grupo de los quironómidos (tribu Chironomini) fue el taxon más abundante, con un total de 537 individuos recolectados, además, fue el único grupo que se recolectó en todos los sitios de muestreo. Al observar la dominancia por sitio, ésta fue muy variable, en cuanto al grupo que dominó. En el sitio 1 (Quebrada sin nombre cuenca alta) dominó la familia Hydrobiidae, en el sitio 2 (Río Limoncito cuenca alta) la familia Scirtidae, en el sitio 3 (Canal Santa Rosa) el género *Trepobates.* La tribu Chironomini dominó en los sitios 4 (Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre), 6 (Quebrada Chocolate Bar Chitá) y 13 (Quebrada Chocolate cuenca alta). En el sitio 5 (Quebrada sin nombre antes de confluencia con Río Limoncito) dominaron los moluscos de la especie *Eupera veatleyi* y de la familia Thiaridae; en los sitios 7 (Río Limoncito Bar Chitá) y 10 (Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa) dominó la familia Thiaridae, en el sitio 8 (Río Limoncito Ebais Los Cocos) la familia Hydrobiidae; y en el sitio 11 (Quebrada Chocolate cuenca alta) dominó el langostino del género *Macrobrachium* (Cuadro 6.3-2).

El Índice de Calidad del Agua BMWP-CR clasificó el sitio 5 (Quebrada sin nombre antes de confluencia con Río Limoncito) en calidad buena, los sitios 1 (Quebrada sin nombre cuenca alta), 7 (Río Limoncito Bar Chitá) y 10 (Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa) en calidad regular, y los demás sitios en calidad mala (Cuadros 6.3-3 y 6.3-4).
En el caso del Río Limoncito, se obtuvo dos sitios con calidad mala y dos con calidad regular, paradójicamente los sitios con mayor influencia urbana (7 y 10), en los que se observó mucha basura, además de desagües de las casas, dieron una mejor calidad del agua que los sitios sin esta influencia (2 y 4), sitios que se encuentran antes de la zona urbanizada del centro de Limón.

La Quebrada Chocolate dio calidad mala para ambos sitios de muestreo (6 y 13). A lo largo de esta quebrada no se encontró un punto que no tuviera alguna influencia urbana, ya que sus nacientes se encuentran en una zona urbanizada, por lo que parece que esta quebrada viene alterada desde su nacimiento. En el caso de la Quebrada sin nombre, el sitio río arriba o "cuenca alta" (1) presentó menor calidad que el sitio más abajo (5), esto debido probablemente al hecho de que en la cuenca alta no había flujo de agua; el agua estaba estancada formando posas, lo cual cambia las características físico-químicas del agua, especialmente disminuye el oxígeno disuelto e influye de manera negativa en la comunidad de macroinvertebrados.

En resumen, el sitio con menor alteración entre todos los sitios muestreados fue la Quebrada sin nombre, la cual presentó los mejores niveles de calidad ecológica del agua. Los otros sitios parecen estar más alterados y esto se hace evidente al entrar en la zona urbana del sur de Limón, en donde los cuerpos de agua reciben descargas de aguas residuales de casas e industrias (Fotografía 6.3-1 (6)). Además, entrando en la ciudad el fondo de los cuerpos de agua se ve cubierto de desechos sólidos antropogénicos, como plásticos, telas, metales, entre otros (Fotografía 6.3-2 (13)). Otro efecto negativo de la zona urbana que se logró observar, es el hecho de que en varios sectores de los cuerpos de agua no se respetó la zona de protección, y se construyó sobre la orilla (Fotografía 6.3-1 (6)).

Cuadro 6.3-3. Resultados del índice de calidad del agua BMWP-CR para los sitios de muestreo. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13
Puntaje BMWP-CR	70	36	26	20	108	23	90	28	93	29	56
Calidad del Agua	Regular	Mala	Mala	Mala	Buena	Mala	Regular	Mala	Regular	Mala	Mala

Nota: Sitios de muestreo según número: 1 Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

Cuadro 6.3-4. Calidad de agua según sumatoria obtenida en el índice BMWP-CR, de acuerdo al reglamento No. 33903 MINAE-S.

NIVEL DE CALIDAD	BMWP'	COLOR
Aguas de calidad excelente	>120	**Azul**
Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible	101-120	**Azul**
Aguas de calidad regular, eutrófica, contaminación moderada	61-100	**Verde**
Aguas de calidad mala, contaminadas	36-60	**Amarillo**
Aguas de calidad mala, muy contaminadas	16-35	**Naranja**
Aguas de calidad muy mala extremadamente contaminadas	<15	**Rojo**

Fuente: La Gaceta, setiembre 2007.

6.3.3.2 Ictiofauna

Con respecto a la pesca con atarraya, se logró capturar un total de 98 individuos pertenecientes a 8 especies dentro de 8 géneros y 4 familias de peces (Cuadro 6.3-5; Fotografía 6.3-3). La sardina *Astyanax aeneus* fue la especie más abundante, además fue la que estuvo presente en más sitios, siendo capturada en 4 sitios (Cuadro 6.3-5). En general las abundancias y la riqueza de especies fueron bajas, con una sola especie capturada en la mayoría de los sitios de muestreo. El sitio 1 (Quebrada sin nombre cuenca alta) fue la excepción, se logró capturar 76 individuos correspondientes a 5 especies; el hecho de que el sitio 1 presentara posas aisladas pudo haber ayudado a obtener este resultado, ya que los peces estaban concentrados en una posa, y no tenían forma de desplazarse a otras partes. En el resto de los sitios las abundancias no pasaron de 6 individuos.

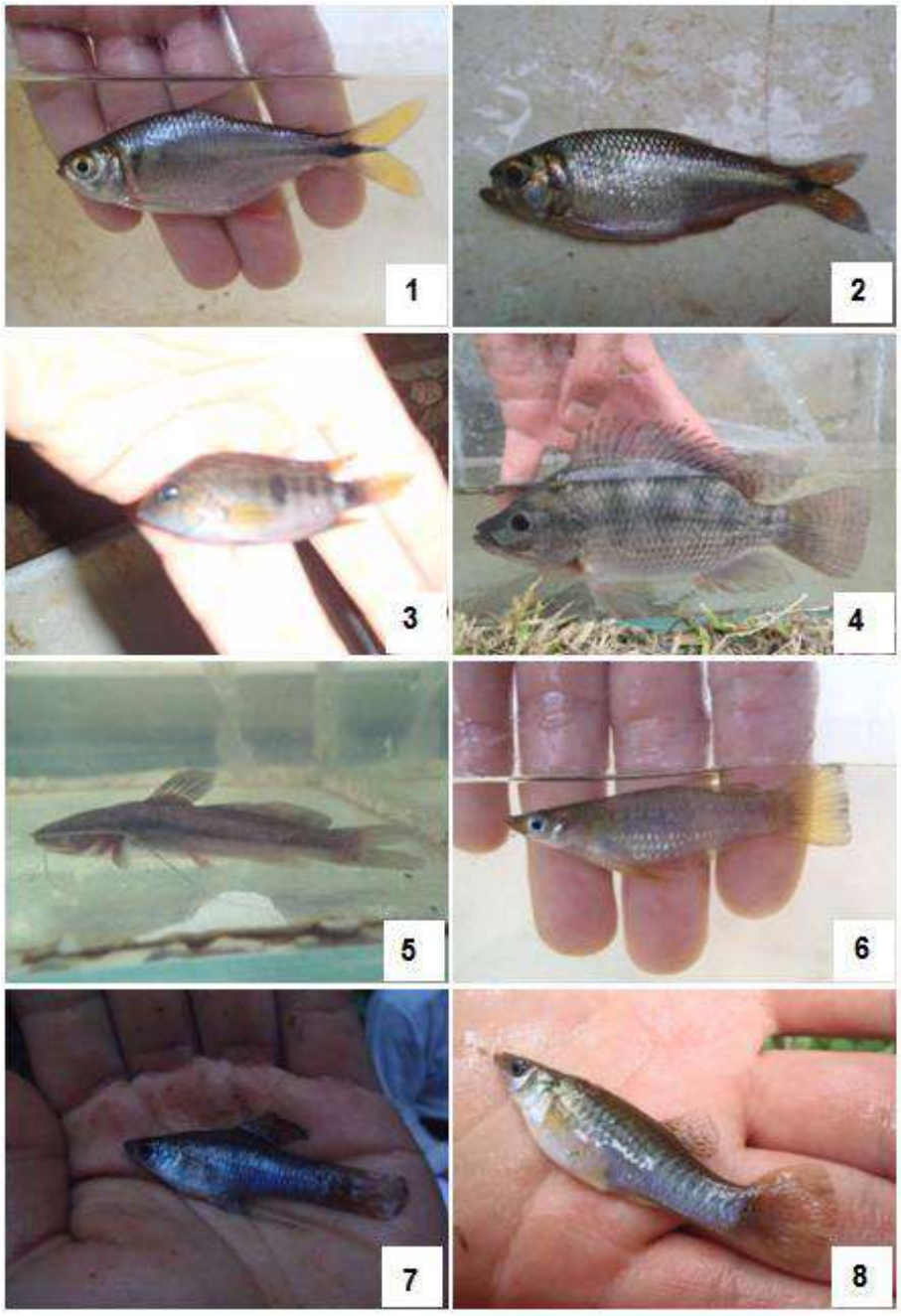
No se capturó ningún pez en los sitios 7 (Río Limoncito Bar Chitá), 8 (Río Limoncito Ebais Los Cocos) y 10 (Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa). El hecho de que no hubiera capturas no significa que no había presencia de peces, ya que sí se observaron algunos peces en dos de estos sitios. En el sitio 7 se capturaron algunos alevines de las familias Eleotridae y Poeciliidae con la red para macroinvertebrados; en el sitio 8 se observaron tilapias (*Oreochromis niloticus*?) de un tamaño considerable (>400mm de longitud total aproximadamente) (Fotografía 6.3-3). Con esta especie existe duda taxonómica, ya que en cultivos de tilapia se suele utilizar híbridos para aumentar la productividad, por lo que podría tratarse de alguna combinación de especies.

Cuadro 6.3-5. Abundancia de especies de peces (número de individuos) obtenida muestreando con atarraya. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Familia	Especie	Nombre común	1	2	3	4	5	6	11	13
Characidae	*Astyanax aeneus*	Sardina	48	5	6				4	
	Bryconamericus scleroparius	Sardina de quebrada	16							
Cichlidae	*Archocentrus septemfasciatus*	Mojarra	2							
	Oreochromis niloticus?	Tilapia						1		
Pimelodidae	*Rhamdia guatemalensis*	Barbudo	1							
Poeciliidae	*Alfaro cultratus*	Olomina					2			
	Phallichthys amates	Olomina	9			1				
	Poecilia gillii	Olomina								3
		Total individuos	**76**	**5**	**6**	**1**	**2**	**1**	**4**	**3**
		Total especies	**5**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**

Nota: Sitios de muestreo según número: 1 Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.



Fotografía 6.3-2. Peces capturados con atarraya. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013. **1**: *Astyanax aeneus* (Characidae), "sardina". **2**: *Bryconamericus scleroparius* (Characidae), "sardina de quebrada". **3**: *Archocentrus septemfasciatus* (Cichlidae), "mojarra". **4**: *Oreochromis niloticus*? (Cichlidae), "tilapia". **5**: *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae), "barbudo". **6**: *Alfaro cultratus* (Poeciliidae), "olomina". **7**: *Phallichthys amates* (Poeciliidae), "olomina". **8**: *Poecilia gillii* (Poeciliidae), "olomina".
Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.



Fotografía 6.3-3. *Oreochromis niloticus*? (Cichlidae), "tilapias" en el sitio 8 (Río Limoncito Ebais Los Cocos). EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.
Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

Además de las especies mencionadas se logró detectar la presencia de otras especies (Fotografía 6.3-5), que fueron capturadas con la red para macroinvertebrados, tales como: la "mojarra" *Herotilapia multispinosa* (Cichlidae), la "anguila de pantano" *Symbranchus marmoratus* (Symbranchidae) y la "guarasapa" *Dormitator maculatus* (Eleotridae) que se capturaron en el sitio 11 (Canal Japdeva); el "pez perro" *Eleotris amblyopsis* (Eleotridae), el "barbudo" *Rhamdia guatemalensis* (Pimelodidae) y la olomina *Phallichtys amates* que se capturaron en el sitio 5 (Quebrada sin nombre antes de confluencia con Río Limoncito), *Dormitator maculatus* también se capturó en el sitio 2 (Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre), y la "mojarra" *Astatheros alfari* (Cichlidae) que fue capturada en el sitio 13 (Quebrada Chocolate cuenca alta).



Fotografía 6.3-4. Peces que fueron atrapados fuera del muestreo de ictiofauna con la red para macroinvertebrados. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013. Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013. 1: *Herotilapia multispinisa* (Cichlidae) "cholesca". 2: *Symbranchus marmoratus* (Symbranchidae), "anguila de pantano". 3: *Gobiomorus maculatus* (Eleotridae), "guarasapa". 4: *Astatheros alfari* (Cichlidae), "mojarra". 5: *Eleotris amblyopsis* (Eleotridae), "pez perro".
Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

6.3.3.3 Especies indicadoras

Algunas de las familias de macroinvertebrados recolectados son consideradas como indicadores de buena calidad del agua, o sea que son sensibles a alteraciones, por lo que reciben un puntaje alto en el índice BMWP-CR, entre éstas: Leptophlebiidae, Protoneuridae y Philopotamidae. La mayoría de las familias recolectadas presentan tolerancia a la alteración del medio acuático, con puntajes intermedios o bajos en este índice de calidad ecológica del agua.

En el caso de los peces, no se ha evaluado en el país su tolerancia a las alteraciones del medio acuático. Es importante recalcar el hecho de haber encontrado tilapias *(Oreochromis niloticus?*), ya que este pez es una especie introducida en el país para acuacultura, la cual se puede encontrar en muchos ríos del país en forma silvestre. No se conoce a ciencia cierta cuál es el efecto que esta especie introducida pueda tener sobre las poblaciones nativas de peces, y otros organismos como los macroinvertebrados.

La sanguijuela *Barbronia weberi*, también es una especie exótica que se encuentra introducida en el país (Oceguera Figueroa *et al*., 2010; Oceguera Figueroa & Pacheco Chaves, 2012), y tampoco se sabe qué efecto estará causando en los ecosistemas de agua dulce del país, ya que su efecto tampoco ha sido evaluado.

6.3.3.4 Especies endémicas con poblaciones reducidas o en vías de extinción

En el presente estudio no se detectaron especies de peces ni de macroinvertebrados que estén bajo alguna categoría de protección, dentro del Reglamento de la Ley de Conservación de Vida Silvestre, la lista roja de la IUCN (2012), ni en los apéndices de CITES (2013). Sin embargo, hay que aclarar que el estado de conservación de la mayoría de las especies de estos grupos no ha sido evaluado en el país. En el caso de los estudios de macroinvertebrados acuáticos, éstos se realizan a nivel de género, con algunas pocas excepciones que sí se pueden determinar a nivel de especie, en la mayoría de los grupos de insectos acuáticos la identificación a nivel de especie se puede realizar únicamente con adultos voladores (en su mayoría terrestres) o se requiere de un alto nivel de especialización taxonómico. De igual forma, no se tiene suficiente información sobre el estado de conservación de las poblaciones, ni se les encuentra en listas de especies amenazadas, con excepción de algunas especies de Odonata (libélulas) que están en la lista roja de la IUCN. Todos los géneros de libélulas recolectados en el presente estudio tienen algunas especies en esta lista, pero no se puede determinar los especímenes recolectados a nivel de especie, dado que para tal efecto se requiere tener estadios adultos, los cuales son de vida terrestre.

Algunos de los macroinvertebrados encontrados podrían considerarse poco comunes o de distribución restringida en el país, tomando en cuenta el material depositado en la colección de Entomología Acuática del Museo de Zoología de la UCR, entre éstos se puede mencionar: *Callibaetis, Asioplax, Paracloeodes, Ulmeritoides, Neoplea, Hebrus, Ranatra, Protoneura, Helobdella cf. triserialis* y *Barbronia weberi*.

Algunas de las especies de peces capturadas son consideradas como poco comunes en el país (Bussing, 1998) entre éstas: *Dormitator maculatus, Phallichtys amates, Eleotris amblyopsis* y *Herotilapa multispinosa.* Otra especie que es considerada poco común por

el autor de este estudio, es la anguila de pantano (*Symbranchus marmoratus*), ya que no es común capturarla. Esta especie no se suele capturar con atarraya ya que tiene la facultad de enterrarse en los fondos lodosos, por lo que podría pasar desapercibida. Bussing (1998), indica que esta especie tiene una distribución amplia en el país, pero no se encuentran muchos individuos en un solo sitio.

6.3.3.5 Especies migratorias

Durante el presente estudio se encontró una especie que podría ser considerada como migratoria, la sardina *Astyanax aeneus*, la cual se ha visto realizando migraciones en Guanacaste (López, 1978). Además, los peces de la familia Eleotridae, también han sido reportados en la literatura realizando migraciones entre agua dulce y agua salada en el Caribe de Costa Rica, con fines reproductivos (Winemiller & Ponwith, 1998).

También se encontraron langostinos conocidos como camarones de río o burritas, de los géneros *Macrobrachium*, *Atya* y *Potimirin.* Se desconoce si los langostinos recolectados tienen hábitos migratorios, pero es posible, ya que en general estos macroinvertebrados realizan migraciones, las cuales se han estudiado en la vertiente pacífica de Costa Rica. Una vez que eclosionan o nacen las larvas, son arrastradas por la corriente del río hasta ambientes estuarinos (desembocaduras de ríos y esteros), donde completan su desarrollo hasta alcanzar la etapa de juvenil. Luego ocurre la migración de los juveniles río arriba en busca de un hábitat disponible para alcanzar su madurez sexual. Estas migraciones en algunos periodos del año (principalmente en época seca) se observan de manera masiva, en que grandes grupos de juveniles (<20 mm de longitud total) nadan por la orilla en dirección río arriba (Lara, 2009). También se ha visto a langostinos realizar migraciones en conjunto con peces del género *Sycidium* (Gobiidae) (Gilberth & Kelso, 1971), los cuales no fueron detectados en el presente estudio, pero por su distribución, podrían encontrarse en la zona (Bussing, 1998).

Dado que hay especies migratorias que requieren pasar de hábitats dulceacuícolas a estuarinos-costeros para reproducirse, es muy importante que las obras a realizarse no corten el paso de éstas especies, mediante la construcción de represas en los ríos, ya que un obstáculo en el paso de estas especies podría afectar sus ciclos reproductivos y por consiguiente, alterar el equilibrio del ecosistema acuático en general.

6.3.3.6 Fragilidad del ambiente acuático continental

El hecho de que se planee talar las orillas de los cuerpos de agua, con el fin de ampliar canales y hacerlos más eficientes en el transporte del agua, implica un grave impacto para el ecosistema acuático. Los árboles de la orilla interactúan con el medio acuático, aportando materia orgánica, como hojarasca, ramas, frutos, flores, que además de servir de microhábitat, sirven de alimento a muchos organismos acuáticos. Aunado a estos, se presenta el problema de liberación de sedimentos, que no solo implica un impacto negativo sobre los organismos de agua dulce, sino también altera el hábitat costero.

Otro efecto importante que se espera de las obras, es la reducción de microhábitats, al canalizar el cauce del río. En ríos no canalizados el fondo tiene diversos sustratos los cuales son heterogéneos y presentan distintos materiales de múltiples formas y

dimensiones; estos sustratos proporcionan diversos microhábitats a los organismos acuáticos, tanto a macroinvertebrados como peces. Al sustituir los diversos sustratos por un sustrato más homogéneo, se esperaría teóricamente una reducción en la diversidad de organismos acuáticos en los cuerpos de agua, debido a la pérdida de microhábitats disponibles para la colonización.

También se esperaría algún grado de influencia sobre el Humedal de Limoncito, al alterar los patrones de entrada (*e.g.* cambios en sus afluentes) y salida de agua de éste (*e.g.* baterías de alcantarillas). Determinar este efecto está fuera del alcance del presente estudio, pero se esperaría que se dieran cambios en el ecosistema del humedal. Tal vez lo más importante en este caso, es garantizar la entrada de agua al humedal, y evitar que éste se seque.

Es importante que las obras de construcción se realicen tomando en cuenta medidas que mitiguen y minimicen el impacto sobre el medio acuático, el cual se podría ver alterado principalmente por efectos como la liberación de sedimentos y la alteración de microhábitats.

6.3.4 Conclusiones

- Los sitios de estudio presentaron individualmente una riqueza de taxa de macroinvertebrados acuáticos relativamente baja. No obstante, la riqueza de taxa total del área de estudio no fue tan baja, ya que se encontraron 58 taxa, dentro de 40 familias.

- El índice de calidad de agua BMWP-CR clasificó 7 de los sitios de muestreo en categorías malas, 2 sitios regulares y un sitio con calidad ecológica buena.

- La abundancia y la riqueza de especies de peces fueron relativamente bajas, con excepción del sitio 1 (Quebrada sin nombre cuenca alta), en donde la abundancia y riqueza de especies fueron mayores, probablemente debido a que los peces estaban confinados a una posa aislada, ya que en este tramo de la quebrada no había flujo de agua, lo cual aumentaba su capturabilidad con este método de muestreo.

- Dada la naturaleza de las obras del Proyecto, se espera que los principales impactos al ecosistema acuático lótico sean: liberación de sedimentos, disminución de materia orgánica aportada por la vegetación ribereña y pérdida de microhábitats por la canalización de los ríos y quebradas.

6.3.5 Recomendaciones

La presencia de una diversa y abundante fauna de macroinvertebrados acuáticos es importante para el río, debido a que cumplen una función elemental en el ecosistema. Por un lado, son importantes en el reciclaje de materia orgánica y ciclo de nutrientes dentro del río, ya que muchos de ellos se alimentan de la hojarasca que cae al río; otros son

filtradores de materia orgánica fina en suspensión, cumpliendo una función elemental en la auto-recuperación del río y mejorando la calidad del agua. Los macroinvertebrados forman parte importante de las cadenas alimenticias, tanto para especies acuáticas como peces, como para especies terrestres (como aves, murciélagos, anfibios, algunos reptiles, arañas y otros insectos).

En el caso de que se otorgue la viabilidad ambiental a este proyecto. La actividad de construcción de vías e infraestructura podría tener efectos directos e indirectos en el ecosistema del río en general. Uno de los aspectos más importantes a considerar es la liberación de sedimentos. Éstos afectan la fauna tanto en el propio sitio como río-abajo del mismo (incluyendo su transporte a los ambientes costeros y marinos). Los sedimentos finos en suspensión dificultan la respiración de los organismos y también pueden afectar sus mecanismos de alimentación (bloqueando redes de filtración, partes bucales especializadas, etc.). Además, si se construyen represas o alguna obra que dificulte el paso de fauna acuática, esto podría afectar el tránsito de organismos, lo cual sería especialmente perjudicial en el caso de especies migratorias, que requieren desplazarse para completar sus ciclos reproductivos, ya que podrían verse imposibilitadas de pasar esta barrera antropogénica.

La actividad y el paso de la maquinaria por el lecho del río destruyen los microhábitats y causa la deriva de los organismos, que son arrastrados corriente-abajo. La eliminación de la vegetación ribereña puede tener un efecto negativo sobre la fauna acuática, debido a la disminución de hojarasca, raíces sumergidas, que conlleva a que haya una menor cantidad de alimento y menor diversidad de microhábitats dentro del río. Finalmente, puede haber un efecto negativo por una posible contaminación por hidrocarburos y aceites, desechos sólidos entre otros, lo cual disminuye considerablemente la calidad del agua tanto en el propio sitio, como río-abajo.

Todos estos efectos pueden llegar a ser más pronunciados en condiciones de caudal bajo, especialmente en la época de menor precipitación. Al haber menor caudal, el efecto de dilución de los sedimentos es menor, por lo que el efecto negativo sería mayor.
Por esta razón, para proyectos de construcción que alteren directamente el hábitat acuático, se considera importante realizar monitoreos periódicos. Se sugieren al menos dos muestreos anuales (tomando en cuenta la época de menor precipitación y la época de mayor precipitación), esto utilizando los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad ecológica del agua, además de muestreo de peces para observar cualquier cambio en estas comunidades de organismos acuáticos, y muestreos físico-químicos para determinar la calidad físico-química del agua. Con el fin de proteger el ecosistema acuático al máximo se recomienda tomar las medidas del caso para poder disminuir el efecto sobre la fauna. A continuación se presentan algunas medidas a tomar:

- Evitar meter la maquinaria al río más de lo estrictamente necesario.

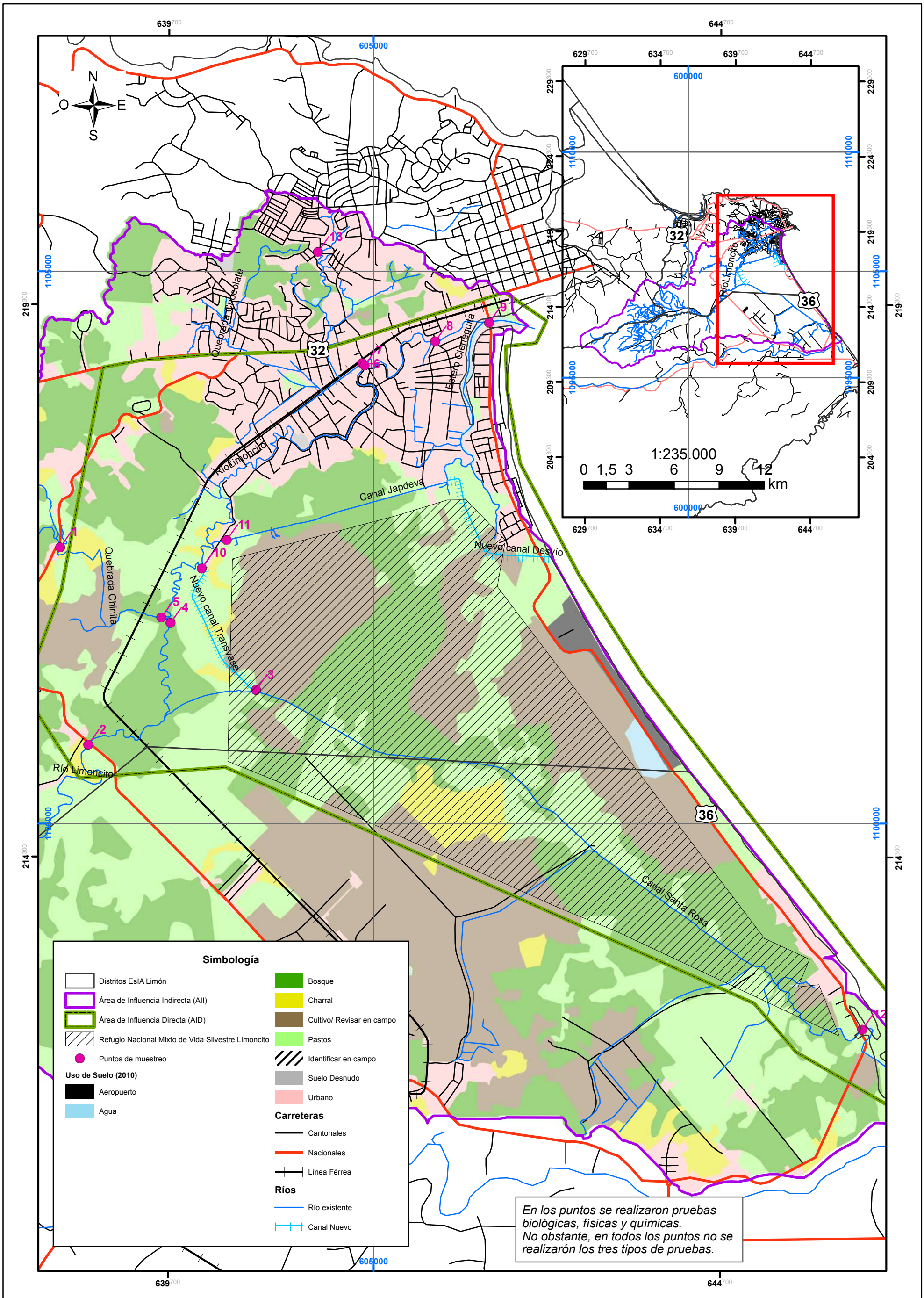
- Realizar un programa de monitoreo de los cuerpos de agua dulce con bioindicadores (macroinvertebrados y peces) e indicadores físico-químicos que sirvan como sistema de alerta temprana ante efectos deletéreos sobre el ecosistema acuático, y como control sobre el estado de conservación de los cuerpos de agua continentales en general, todo esto, tomando como línea base de comparación los datos generados en el presente estudio.

- Proteger la vegetación de las orillas, y reforestar las zonas ribereñas abiertas con especies nativas y adecuadas para este hábitat. Esto es de vital importancia, ya que el medio acuático tiene una estrecha relación con la vegetación de las orillas, porque ésta aporta materia orgánica en forma de hojas, frutos, ramas, troncos, que es utilizada por los organismos acuáticos, tanto peces como macroinvertebrados, no solo como alimento, sino también como refugio.

- Vigilar las buenas prácticas ambientales (no realizar actividades dañinas en o cerca del río, tales como el lavado de vehículos, cambio de aceites, etc.) para evitar la contaminación del agua.

- Dar una adecuada capacitación al personal del proyecto para que cumplan con todas las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales que se establezcan.

- Evitar construir barreras tales como represas en los ríos, que afecten el desplazamiento de especies migratorias y otros organismos que transitan entre agua dulce y zonas estuarinas y costeras.



6.3.1 Mapa con puntos de medición

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0 0,35 0,7 1,4 2,1 km

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala:
1:32.000

Fuente: Mapas 1:50 000 IGN
ProDUS, 2013

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

6.3.7 Información Complentaria

Cuadro 6.3-6 Resultados del índice de similitud Bray-Curtis para los datos de macroinvertebrados en todos los sitios de muestreo. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Sitio	1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	13
1	1,00	0,10	0,02	0,09	0,21	0,03	0,23	0,29	0,40	0,09	0,19
2	0,10	1,00	0,06	0,33	0,02	0,04	0,10	0,17	0,20	0,13	0,15
3	0,02	0,06	1,00	0,19	0,01	0,01	0,05	0,06	0,04	0,03	0,05
4	0,09	0,33	0,19	1,00	0,04	0,06	0,15	0,29	0,12	0,19	0,16
5	0,21	0,02	0,01	0,04	1,00	0,02	0,40	0,06	0,38	0,06	0,01
6	0,03	0,04	0,01	0,06	0,02	1,00	0,09	0,08	0,02	0,05	0,17
7	0,23	0,10	0,05	0,15	0,40	0,09	1,00	0,34	0,39	0,12	0,20
8	0,29	0,17	0,06	0,29	0,06	0,08	0,34	1,00	0,32	0,18	0,17
10	0,40	0,20	0,04	0,12	0,38	0,02	0,39	0,32	1,00	0,05	0,06
11	0,09	0,13	0,03	0,19	0,06	0,05	0,12	0,18	0,05	1,00	0,16
13	0,19	0,15	0,05	0,16	0,01	0,17	0,20	0,17	0,06	0,16	1,00

Nota: Sitios de muestreo según número: 1 Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 7: Río Limoncito Bar Chitá, 8: Río Limoncito Ebais Los Cocos, 10: Río Limoncito salida a Canal Santa Rosa, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

Cuadro 6.3-7 Tallas promedio con desviación estándar (mm) de los peces capturados con atarraya en los sitios de muestreo. EsIA del Sistema de control de inundaciones en el área de Limoncito, Limón, abril 2013.

Familia	1			2			3			4			5			6			11			13		
Especie	n	LS	A	n	LS	A	n	LS	A	n	LS	A	n	LS	A	n	LS	A	n	LS	A	n	LS	A
Characidae																								
Astyanax aeneus	48	54±6	20±3	5	69±9	25±4	6	55±9	20±5										4	61±8	23±3			
Bryconamericus scleroparius	16	63±7	24±2																					
Cichlidae																								
Archocentrus septemfasciatus	2	41±13	20±5																					
Oreochromis niloticus?																1	137	65						
Pimelodidae																								
Rhamdia guatemalensis	1	74	21																					
Poeciliidae																								
Alfaro cultratus													2	46±1	16±1									
Phallichthys amates	9	44±2	16±1							1	39	15												
Poecilia gillii																						3	43±4	14±2

Nota: Nomenclatura utilizada en el cuadro: 1 Quebrada sin nombre cuenca alta, 2: Río Limoncito cuenca alta, 3: Canal Santa Rosa, 4: Río Limoncito antes de confluencia con Quebrada sin nombre, 5: Quebrada sin nombre antes confluencia con Río Limoncito, 6: Quebrada Chocolate Bar Chitá, 11: Canal Japdeva, 13: Quebrada Chocolate cuenca alta. **n:** cantidad de individuos, **LS:** longitud estándar, **A:** altura.

Fuente: Trabajo de campo, Laboratorio de Biomonitoreo Acuático, AquaBioLab S. A. 2013.

7.1.1 Uso de Suelo de la Cuenca

El uso de suelo para el área de estudio se generó a partir de las fotografías aéreas de Google Earth, correspondientes al año 2010. A partir de estas imágenes se determinó la composición general del uso presente en la zona para dicho año.

En la parte alta de la cuenca, la referencia dada por Google corresponde a fotografías de 1969, por lo que se recurrió a fotografías 1:5000, de la Misión CARTA 2005, del Proyecto de Regulación de Catastro Nacional.

Con el fin de aclarar la información de las zonas con composición dudosa, se verificó en visitas de campo la presencia de zonas de cultivo en el interior de los terrenos correspondientes al Refugio Mixto de Vida Silvestre Limoncito.

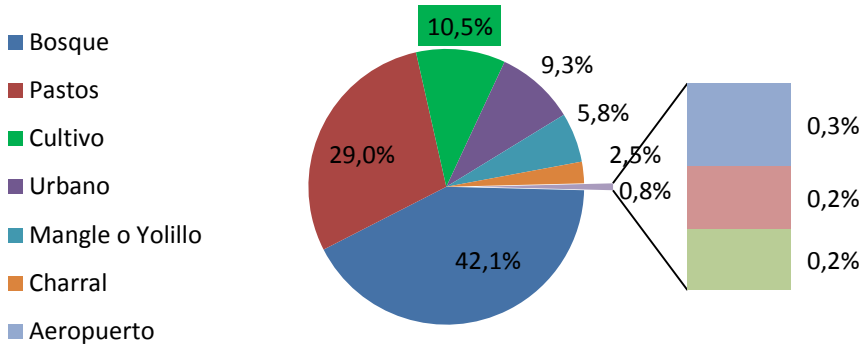
Para la cuenca del río Limoncito, se clasificó en ocho categorías: aeropuerto, agua, bosque, charral, cultivo, pastos, suelo desnudo y uso urbano, obteniéndose la distribución por tipo que se presenta en el Cuadro 7.1.1:

Cuadro 7.1.1 Uso del Suelo para la Cuenca del río Limoncito.

Uso del Suelo	Área (km^2)	(%)
Bosque	34,258	42,1
Pastos	23,611	29,0
Cultivo	8,528	10,5
Urbano	7,578	9,3
Mangle o Yolillo	4,743	5,8
Charral	2,054	2,5
Aeropuerto	0,259	0,3
Suelo Desnudo	0,200	0,2
Agua	0,192	0,2
Total	**81,423**	

Fuente: ProDUS, 2013

Gráfico 7.1.1 Distribución del Uso de Suelo para el área de estudio del río Limoncito



Fuente: ProDUS, 2013

En el mapa 7.1-1 se observa la distribución espacial del uso de suelo en la cuenca del río Limoncito. Como se puede observar los mayores usos los abarcan la cobertura boscosa y los pastos, acumulando entre ambos el 70,9% del área total.

El 42,1% del área de la cuenca corresponde a bosques, siendo la mayor la concentración boscosa en la parte alta de la cuenca, disminuyendo de manera gradual conforme se desciende hacia la planicie, conservándose sectores pequeños entre la zona del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito y sus alrededores. Para efectos del manejo de aguas, los terrenos boscosos presentan una mayor retención del agua, lo que favorece el retardo y disminución de escorrentía de las aguas llovidas.



Fotografía 7.1.1 Bosque lluvioso en las partes altas de la cuenca del río Limoncito
Fuente: Google Earth, 2013

En las elevaciones intermedias se presenta la mayor concentración de pastizales, que para efectos de la cuenca equivalen al 29,0% del área, siendo la mayoría sectores en que la práctica de la ganadería y la agricultura ha llevado a la disminución de la cobertura boscosa de la zona, lo que induce una mayor escorrentía asociada a una menor capacidad de infiltración.



Fotografía 7.1.2 Zona de pastizales dedicada al ganado en la cuenca del río Limoncito
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

La distribución de los cultivos abarca el 10,5% del territorio y presenta dos sectores principales. Uno de los sectores está ubicado en la parte de elevación media-alta de la cuenca, siendo poco ordenado y constituido con cultivos varios. El de mayor tamaño está entre el cauce del Canal Santa Rosa y el río Banano, siendo este segmento el que se muestra más estructurado y a la vez con una menor cobertura vegetativa sobre el terreno.



Fotografía 7.1.3 Plantación de banano en las cercanías del canal Santa Rosa.
Fuente: Google Earth, 2013

El uso urbano equivale al 9,3% del área, concentrándose en las riberas bajas del río Limoncito y alrededor de la quebrada Chocolate, siendo esta zona la que representa la mayor impermeabilización del terreno.



Fotografía 7.1.4 Vía principal en Cieneguita, Limón.
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

Parte del terreno está cubierto por manglares o yolillos, abarcando el 5,8% del terreno de la cuenca. Estos sectores se caracterizan por alta concentración de vegetación de gran tamaño tipo palma, en las cuales se da una gran concentración de humedad.



Fotografía 7.1.5 Grandes concentraciones de yolillo en el límite del RNMVS Limoncito, frente al Aeropuerto de Limón.
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

Los sectores en que la clasificación indica la presencia de charral, corresponden a la existencia de terrenos a los cuales se les ha removido la vegetación de mayor tamaño, ya sea para utilizarse con cultivos o con pastos para ganado, pero que luego de unos años de abandono vuelve a cubrirse con vegetación de tamaño mediano. En este caso, la cobertura corresponde a un 2,5%.



Fotografía 7.1.6 Charral en las cercanías del río Limoncito
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

La categoría agua implica cuerpos de agua estancada y parte del cauce del río, incluyéndose aquí los esteros de Cieneguita y del canal Santa Rosa. En total representa 0,4% del total.



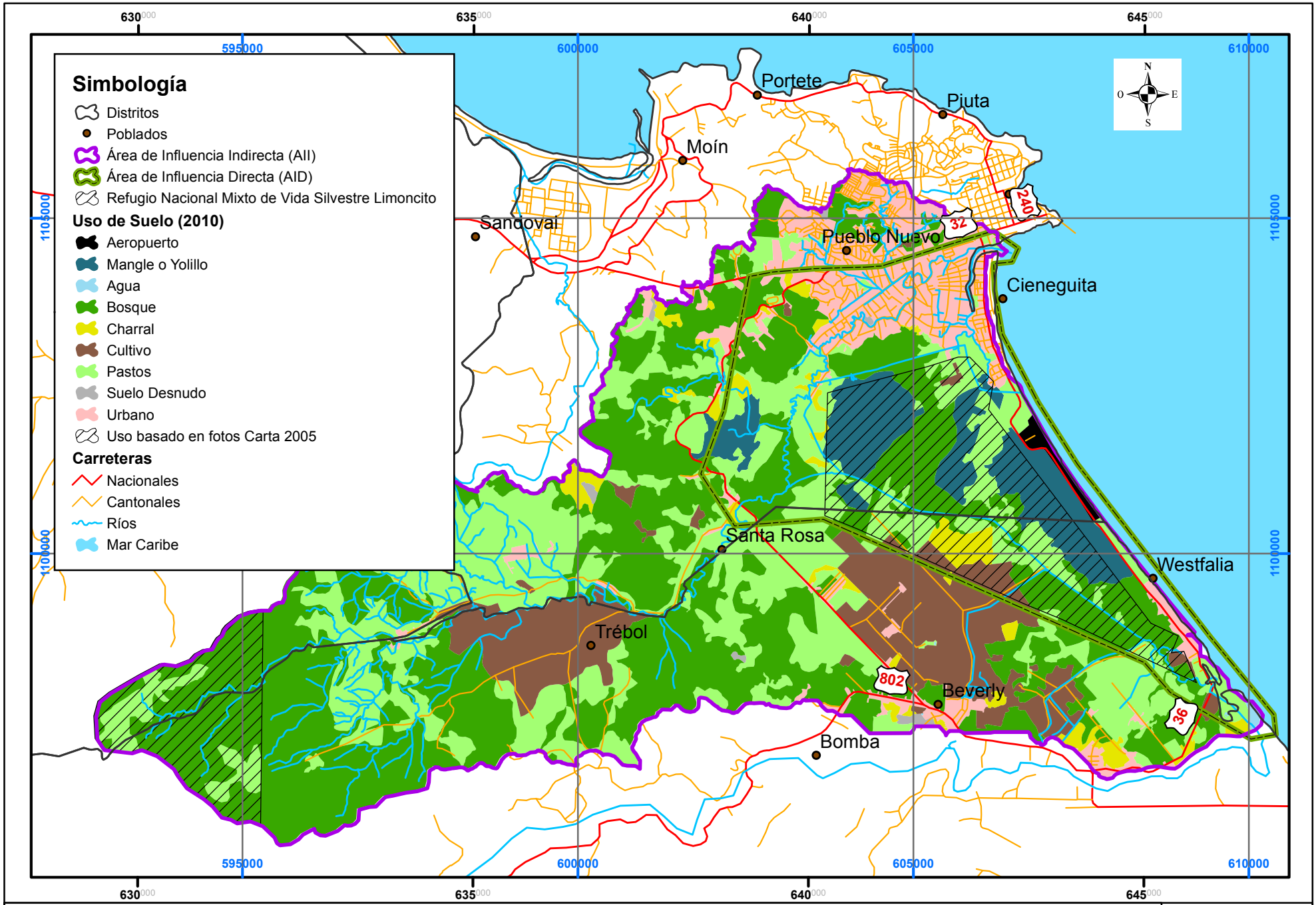
Fotografía 7.1.7 Partes bajas del canal Santa Rosa.
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

El aeropuerto abarca el 0,3% del terreno, encontrándose en las cercanías del humedal y del refugio en sí.



Fotografía 7.1.8 Área del aeropuerto, en la zona costera de Limón.
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

En cuanto al suelo desnudo, se consideró el terreno completamente expuesto, sin presencia de vegetación, alcanzando a ser el 0,2% de la totalidad.



Mapa 7.1-1. Mapa de Uso del Suelo 2010

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:75.000 — 1 0,5 0 1 Kilómetros	ATLAS ITCR 2008. MOPT. Fotografías aéreas Google Earth, 2010. ProDUS, 2013

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

7.1.2 Uso de suelo urbano

En la zona urbana del área de influencia directa viven aproximadamente 23.729 personas, que corresponde al 25,13% del total de habitantes del cantón de Limón. En la misma zona, con respecto a la cantidad de viviendas, existen aproximadamente 7.188 unidades habitacionales, de las cuales se encuentran ocupadas 6.573, lo que corresponde al 91,44% del total de viviendas de la zona de estudio. En la sección **7.2 Características de la población** del presente documento, se presentan con mayor detalle los datos de cantidad de población y viviendas por Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM) para la zona y subzonas establecidas para este Estudio de Impacto Ambiental.

A partir de la clasificación de uso de suelo realizado mediante fotografías aéreas y corroboración en giras de campo, se puede observar que la parte baja de la cuenca del Río Limoncito cuenta con mayor uso de suelo urbano. En esta zona se encuentran los barrios de: Limoncito, Cieneguita, San Luis, Los Cocos, Colina, Juan Pablo II, Pueblo Nuevo, Cielo Amarillo, Urbanización 1, Corales 1 y 2, Bambú, Pacuare, San Juan, Urbanización Gertrudis, Urbanización Atlántida, El Trébol, Ceibón, Los Lirios, Juan Gobán y El Carmen. En el Mapa 7.1.2-1 se presenta el uso de suelo urbano donde se pueden identificar estos barrios antes mencionados, y algunos puntos de referencia.

En medio de los anteriores barrios mencionados, se encuentra el cementerio de Limón, el cual está dividido en varias secciones por el paso de la Ruta Nacional N°32 (Fotografías 7.1.2-1).



Fotografías 7.1.2-1 Cementerio de Limón
Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Dentro de la mancha urbana, se encuentran áreas de recreación, plazas deportivas y áreas de juegos, las cuales se pueden observar en el Mapa 7.1.2-1.

En la siguiente Fotografía muestra la Plaza Paniagua en Barrio El Ceibón, la cual cuenta con cancha de baloncesto, plaza de futbol y juegos infantiles (Fotografías 7.1.2-2).



Fotografías 7.1.2-2 Plaza Paniagua, El Ceibón
Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Como parte del sistema de salud público, en la zona urbana del área de influencia directa se encuentran varias áreas de salud y EBAIS. Entre ellos EBAIS de Pueblo Nuevo 1 y 2, EBAIS Cristóbal Colón 1 y 2, EBAIS La Colina 1 y 2, y EBAIS Los Cocos 1 y 2. Los anteriores Centros de Salud se muestran en el Mapa 7.1.2-1.

El Área de Salud de Barrio Los Cocos, incluye el EBAIS y la Clínica de San Juan, donde se brindan servicios de Atención Primaria, Medicina General, Odontología, Vacunación y toma de muestras de laboratorio (Fotografías 7.1.2-3).



Fotografías 7.1.2-3 EBAIS Los Cocos
Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Con respecto a la infraestructura educativa, en la zona de uso urbano se encuentran varias escuelas tales como: Escuela Los Corales (en Los Corales), Escuela Margarita Rojas Zúñiga (en Barrio Pueblo Nuevo), Escuela General Tomás Guardia G. (en Limón), Escuela de Barrio Limoncito (en Barrio Limoncito) Escuela Proyecto Pacuare y Escuela Balvanero Vargas Molina (en Cieneguita), Escuela Lider Atilia Mata Freses en Los Cocos (Fotografías 7.1.2-4). En el Barrio la Colina, se encuentra el Colegio Público Diurno Colegio Nuevo Limón. Todos los anteriores centros educativos se muestran en el Mapa 7.1.2-1.



Fotografías 7.1.2-4 Escuela Lider Atilia Mata Freses
Fuente: ProDUS-UCR, 2013

También hay otras infraestructuras públicas como Templos, Centros Religiosos y Salones Comunales que son parte social importante de las comunidades. Por ejemplo, en el Barrio Los Cocos se encuentra el Centro Pastoral Parroquial y el Salón Comunal (Fotografía 7.1.2-5).



Fotografías 7.1.2-5 A la izquierda Centro Pastoral y a la derecha Salón Comunal Los Cocos
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013

En el proyecto, se realizarán intervenciones en varias secciones del Río Limoncito, quebradas y canales. La mayoría de las actividades de construcción se concentrarán en los bordes de los cauces, modificando sus perfiles y utilizando diversos sistemas constructivos para la estabilización de taludes y reducción de la erosión, por ejemplo, la colocación de tablaestacas y armoflex. Esto afectará a unas pocas viviendas próximas a los cuerpos de agua donde se estarán realizando los trabajos (Río Limoncito y Quebrada Chocolate), en pocos casos éstas deberán ser reubicadas, lo que está considerado como parte del proyecto.

640000

605000

220000

110500

Simbología

- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (AII)
- Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito
- Puntos de referencia
- Poblados
- Escuelas y Colegios
- Centros de Salud
- Cementerio
- Plazas Deportivas
- Barrios

Uso de suelo año 2010

- Aeropuerto
- Agua
- Bosque
- Charral
- Cultivo/ Revisar en campo
- Pastos
- Uso realizado con base en fotos Carta 2005
- Suelo Desnudo
- Urbano

Carreteras

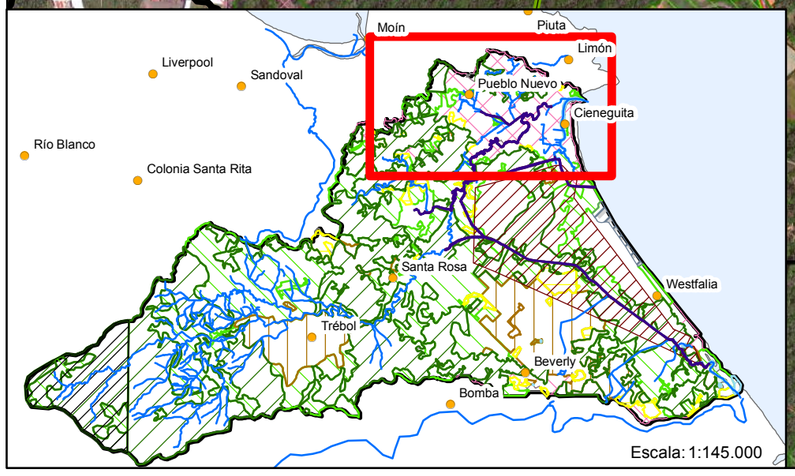
- Cantonales
- Nacionales
- Ríos

Colegio Deportivo de Limón
Esc. Proyecto Pacuare
Esc. Los Corales
Colegio de Limón
Esc. Rafael Yglesias Castro
Esc. Gnral. Tomás Guardia G.
Esc. La Colina
Esc. Lider Atilia Mata Freses
Esc.Margarita Rojas Zúñiga
Liceo Nuevo de Limón
Esc. María Inmaculada
Bar Chita
EBAIS Los Cocos
Centro Comunal Los Cocos
Esc. Barrio Limoncito
Iglesia Católica
Orfanato Los Cocos
El Envaco
Escuela Cristiana
Plaza Paniagua
Esc. Balvanero Vargas Molina
Esc. Santa Eduviges

Pacuare
Corales 2
Urbanizacion 1
Corales 1
Urbanización Gertrudis
Cielo Amarillo
Bambú
San Juan
Pueblo Nuevo
Juan Pablo II
Colina
Los Cocos
Juan Gobán
El Carmen
Limoncito
Cieneguita
El Trébol
Los Lirios
Urbanización Atlantida
En Ceibón
San Lius

32
36

Google earth



Escala: 1:145.000

Mapa 7.1.2-1 Uso de suelo urbano y barrios en el área de estudio

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"

0,25 0,125 0 0,25 0,5 Kilómetros

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:15.000

Fuente: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50.000,
Fotografías Carta 2005, Google Earth 2010
SENARA, 2013.

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

7.1.3 Tenencia de la tierra en sitios aledaños

7.1.3.1 Análisis del tamaño de lote y su distribución espacial

A partir del catastro municipal facilitado por la Municipalidad de Limón, se determinó (a modo de referencia, pues el catastro no abarca la totalidad del área de estudio) el tamaño de lote y su distribución espacial en la zona de estudio (ver mapa 7.1.3-1).

El Cuadro 7.1.3-1 presenta la distribución de los lotes por tamaño, como se ilustra en el Mapa 7.1.3-1. Esta se hizo con el fin de poder analizar gráficamente la distribución de los terrenos por tamaño, se dividió por grupos, siendo mayor la cantidad de lotes de menor área, por lo que se agruparon cada 100 m^2 hasta los 1000 m^2, luego de lo cual los grupos de categorías tienen una distribución más variada. Como se puede ver, la mayoría de los lotes se encuentran por debajo de los 500 m^2, siendo la mediana de los datos de 265,6 m^2 (el promedio se ve sesgado por los lotes de mayor tamaño).

Cuadro 7.1.3-1 Distribución por tamaño del lote

Cantidad de lotes	Límite Inferior (m^2)	Límite Superior (m^2)
910	0	100
2029	100	200
1611	200	300
1343	300	400
836	400	500
370	500	600
234	600	700
154	700	800
91	800	900
55	900	1.000
226	1.000	2.000
63	2.000	5.000
40	3.000	10.000
65	10.000	50.000
45	50.000	100.000
25	100.000	200.000
8	200.000	500.000
3	500.000	1.000.000
1	1.000.000	5.171.457

Fuente: Municipalidad de Limón. Elaborado por ProDUS, 2013

Como se observa en el Mapa 7.1.3-1, la parte baja de la cuenca concentra mayoritariamente lotes de tamaños inferiores a los 800 m^2, mientras que los lotes de

mayor tamaño se presentan más bien hacia las partes altas. Esto se debe principalmente a la concentración urbana en la zona baja, mientras que los terrenos de más elevados son mayoritariamente de uso agropecuario o boscoso.

7.1.3.2 Análisis de la información del Censo 2011

Por medio de un análisis con las unidades geoestadísticas de medición (U.G.M.), se analizaron los resultados obtenidos de las encuestas del proceso participativo, con el fin de caracterizar la posesión de las viviendas por parte de quienes las habitan. En total se analizó la información de 128 U.G.M.; primero, la información general (Cuadro 7.1.3-2) correspondiente a la pertenencia de las viviendas y luego diferentes U.G.M. que, debido a su condición de inundación, ameritan una mención aparte.

Cuadro 7.1.3-2 Información resumida de la tenencia de vivienda en las U.G.M. de la zona de estudio

Pertenencia	Cantidad de viviendas	Porcentaje
Propia	11266	70,3%
Alquilada	2955	18,4%
Prestada	924	5,8%
En Precario	201	1,3%
Otro	115	0,7%
Sin Evaluar	562	3,5%
Total	16023	100,0%

Fuente: INEC, Censo de viviendas 2011. Modificado por ProDUS, 2013

El rubro de vivienda propia abarca el 70,3% de las mismas, lo que indica que la mayoría de las viviendas pertenecen a residentes perdurables, por lo que los problemas que se presentan con las inundaciones y la contaminación presente en el cauce los afectan de manera permanente. El 18,4% corresponde a casas que son alquilados por sus ocupantes, por lo que su permanencia en las mismas no es garantizada de manera continua, siendo que podrían movilizarse en algún momento determinado.

En el área que presenta inundaciones, representada en el Mapa 7.1.3-2 se observa la coincidencia del modelo simulado de la inundación para un periodo de retorno de 10 años, con los porcentajes por U.G.M. en las que, de acuerdo con las personas encuestadas, sí se han presentado inundaciones.

La información proveniente de las encuestas permite conocer los focos en los que la experiencia de la gente demuestra la ocurrencia de inundaciones. En tanto que la información de la modelación, aparte de incluir la información de las zonas no urbanas, indica la profundidad en que se presentan las mismas.

Lo primero que se puede deducir es la diferencia entre lo que dice el modelo y lo que reflejan las encuestas. No todas las regiones en las que se presentan inundaciones según el modelo son cubiertas por las encuestas, dado que se realizó una muestra aleatoria con

el fin de caracterizar la región, considerando mayormente el sector urbano y las cercanías del río. Del mismo modo, no todas las regiones indicadas en encuestas como que presentan problemas de inundación son reflejadas en el modelo. Esto se debe a que el modelo se realizó con base en información escasa de topografía, por lo que no contempla detalles como las condiciones del drenaje de las carreteras, las alcantarillas y posibles obstrucciones de los cauces. De esta forma, se puede complementar la carencia de información para conocer realmente la afectación de las inundaciones.

Al analizar la pertenencia de las U.G.M. que presentan inundaciones, se obtiene una distribución muy similar a la presentada para toda el área estudiada, con la diferencia de que la cantidad de viviendas en precario se reduce sustancialmente (de 1,3% a 0,2%), en tanto que la cantidad de viviendas propias se incrementa en 1,4%. Los resultados de la distribución por pertenencia de viviendas se presentan en el Cuadro 7.1.3-3

Cuadro 7.1.3-3 Información resumida de la tenencia de vivienda en las U.G.M. donde se presentan inundaciones

Pertenencia	Cantidad de viviendas	Porcentaje
Propia	8548	71,7%
Alquilada	2203	18,5%
Prestada	702	5,9%
En Precario	22	0,2%
Otro	114	1,0%
Sin Evaluar	334	2,8%
Total	11923	100,0%

Fuente: INEC, Censo de viviendas 2011. Modificado por ProDUS, 2013

7.1.3.3 Viviendas susceptibles a reasentamiento durante las obras

Dentro del estudio preliminar de Identificación de Viviendas susceptibles a reasentamiento par a la intervención de obras en el Río Limoncito y la sustitución del puente en la comunidad de Westfalia, desarrollado por la unidad técnica ejecutora del SENARA en el año 2012, se identificaron al menos siete viviendas que requieren ser removidas, debido a su cercanía con el cauce de los ríos y su vulnerabilidad. En total se contabilizan cinco viviendas en el sector del río Limoncito, más dos viviendas en las cercanías del puente Westfalia. La posesión y condición de las viviendas se presenta en el Cuadro 7.1.3-4

Cuadro 7.1.3-4. Viviendas por reasentar en por el proyecto del Sistema de control de inundaciones de la cuenca baja del río Limoncito

N° de identificación en mapa 7.1.3-2	Ubicación	Posesión	Condición Física	Condición Legal
1	Limoncito	Alquilada	Mala	Construida en parte sobre el terreno correspondiente y en parte sobre una vía pública no construida
2	Limoncito	Propia	Mala	Construida en zona de calle pública

Cuadro 7.1.3-5. Viviendas por reasentar en por el proyecto del Sistema de control de inundaciones de la cuenca baja del río Limoncito (Continuación)

N° de identificación en mapa 7.1.3-2	Ubicación	Posesión	Condición Física	Condición Legal
3	Limoncito	Prestada	Mala	Construida sobre zona de protección del cauce
4	Limoncito	Propia	Muy Mala	Construida sobre zona de protección del cauce en parte de la vía pública
5	Limoncito	Prestada	Mala	Construida en terreno con legalidad de pertenencia
6	Westfalia	Propia	Muy Mala	Ocupación del lote en posesión precaria
7	Westfalia	Prestada	Mala	Ocupación del lote en posesión precaria

Fuente: SENARA, 2013

Como se evidencia, la mayoría de las viviendas se encuentran con condiciones irregulares en cuanto a su ocupación legal, siendo que la categorización de posesión se hace en función de la pertenencia de la vivienda, no del terreno. La condición física de las viviendas es mala en todos los casos, por lo que su reubicación debe ser favorable en ese sentido.

625000 630000 635000 640000 645000

590000 595000 600000 605000 610000

220000 215000

1105000 1100000

N
O E
S

Kilómetros
0 0,3 0,6 1,2 1,8 2,4

Simbología

- Mar Caribe
- Distritos EsIA Limón
- Cuenca del Río Limocito
- Área Protegida Limoncito

Área de Lote (m^2)

- 41 - 100
- 101 - 200
- 201 - 300
- 301 - 400
- 401 - 500
- 501 - 600
- 601 - 700
- 701 - 800
- 801 - 900
- 901 - 1000
- 1001 - 2000
- 2001 - 5000
- 5001 - 10000
- 10001 - 50000
- 50001 - 100000
- 100001 - 200000
- 200001 - 500000
- 500001 - 1000000
- 1000001 - 5171457

Carreteras_EsIA_Limón

- Nacional
- Cantonal
- Río existente
- Nuevo canal

No se tiene información catastral de las secciones en blanco.

Mapa 7.1.3-1 Tamaño de las fincas en la cuenca del río Limoncito

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

1 0,5 0 1 2 Kilómetros

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala:
1:59.461

Fuente:
- Municipalidad de Limón (2013)
- ProDUS (2013)

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

Simbología

- Área de Influencia Indirecta (AII)
- Área de Influencia Directa (AID)
- Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito
- Viviendas a Reasentar
- Mancha de inundación para un periodo de retorno de 10 años

Unidades Geoestadísticas de Medición

Porcentaje de encuestados que dice sufrir inundaciones

- 00%-20%
- 21%-40%
- 41%-60%
- 61%-80%
- 91%-100%
- Cuenca del Río Limocito
- Río existente
- Nuevo canal

Carreteras

- Nacional
- Cantonal
- Puntos de Referencia

Iglesia de Dios Evangelio Completo
Fuerza Pública
EBAIS Los Cocos
Bar Chita
Puente ferrocarril
Iglesia Católica
ENVACO
Escuela Cristiana
Plaza Paniagua
Puente al final del canal JAPDEVA
Bateria número 1
Bateria número 2
Puente Wesfalia

0 0,325 0,65 1,3 km

Nota:
Se incluyen solamente las U.G.M. encuestadas

Mapa 7.1.3-2 Zonas de inundación en la cuenca del río Limoncito

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0 0,25 0,5 1 1,5 2 km

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala:
1:35.000

Fuente:
- INEC, censo de hogares (2011)
- Municipalidad de Limón (2013)
- ProDUS (2013)

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

7.2.1 Generalidades Sociodemográficas de la Zona de Estudio

Evaluar la dimensión, estructura, evolución y característica de la población en la zona de estudio es vital para comprender el tipo de población afecta y el posible impacto social de las nuevas inversiones que se pretenden realizar. Además estudiar las características de la población es importante como insumo para la aplicación de encuestas y complemento para otros componentes del estudio de impacto ambiental.

En esta investigación se definió, por medio de criterios socioeconómicos, una zona de estudio que consta de 206 Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM), la cual comprende el área urbana que se encuentra en la parte baja de la Cuenca del Río Limoncito y comprende cerca del 98% de la población del área total de estudio. Las Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM) son una división territorial mínima del país, desarrollada exclusivamente para fines estadísticos en el último Censo de población y vivienda del año 2011, la cual tiene forma poligonal de superficie variable y equivale a lo que comúnmente llamamos manzanas o cuadras. Cada una de estas unidades está constituida por un grupo de viviendas, edificios, predios, lotes o terrenos.

7.2.1.1. Tamaño de la población 2011

Los datos del Censo del 2011 muestran que en las 206 Unidades Geo-estadísticas Mínimas (UGM) de la zona de estudio, se tiene una población de 23.729 personas, lo cual representa un 38,9% de la población del distrito de Limón. Cada UGM tiene un promedio de 115 personas, con un mínimo de 11 y un máximo de 683 personas por unidad. (Ver mapa 7.2.1.1)

Cuadro 7.2.1-1 Tamaño y características de la población en la zona de estudio 2011.

	Hombres	Mujeres	Total
Costa Rica	**2.106.063**	**2.195.649**	**4.301.712**
Cantón Limón	**45.744**	**48.671**	**94.415**
Distrito Limón	**28.703**	**32.369**	**61.072**
Total zona de estudio	**11.179**	**11.941**	**23.729**
Promedio de población por UGM	54,27	57,97	115,19
Mediana	43	49,5	93
Moda	30	52	66
Desviación estándar	43,25	47,37	92,16
Varianza de la muestra	1870,44	2244,18	8493,10
Rango	294	365	672
UGM con la población mínima	2	4	11
UGM con la población máxima	296	369	683
Cuenta	206	206	206

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Como se muestra en la tabla 7.2.2-2, el distrito de Limón entre el año 2000 y el 2011 ha mostrado una tasa de crecimiento igual a 0,12%; la cual está muy por debajo del promedio nacional (1,11%), y del de la provincia (1,20%) y el cantón de Limón (0,44%). Asimismo, es de destacar que el distrito de Limón, en este periodo de estudio, ha presentado una disminución en la cantidad de hombres y un aumento en la cantidad de mujeres, con un crecimiento total igual a 0,12%.

Cuadro 7.2.1-2 Crecimiento anual de la población 2011.

	Población 2000			Población 2011			Crecimiento anual		
	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total	Hombres	Mujeres	Total
Costa Rica	1.902.614	1.907.565	3.810.179	2.106.063	2.195.649	4.301.712	0,93%	1,29%	1,11%
Provincia Limón	175.398	163.897	339.295	193.640	193.222	386.862	0,90%	1,51%	1,20%
Cantón Limón	45.280	44.653	89.933	45.744	48.671	94.415	0,09%	0,79%	0,44%
Distrito Limón	29.380	30.918	60.298	28.703	32.369	61.072	-0,21%	0,42%	0,12%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

7.2.1.2. Estructura etaria de la población

La edad es una de las características más básicas de una población. Al analizar la población de las zonas de estudio es posible notar composiciones diferentes por edad, lo anterior es importante ya que el número y proporción de personas en cada grupo de edades puede tener un efecto considerable en su comportamiento demográfico y socioeconómico, tanto presente como futuro.

Los datos del Censo del 2011 muestran como en general la población mayor de 65 años alcanza cerca del 8% y la menor de 15 años es cercana al 31%, por lo que la población de entre 15 y 65 años representa cerca del 60% del total en las zonas de estudio. De manera que, en comparación con otras zonas del país, las zonas de estudio presentan una población joven y una población mayor de 65 años proporcionalmente mayores, lo cual conlleva a una tasa de dependencia alta.

La tasa de dependencia demográfica es el cociente de la población en edades económicamente dependientes (los tramos de 0-14 y 65 años y más) entre la población de edades económicamente productivas (15 a 64 años). El supuesto básico para utilizar esta definición es que la mayoría de las personas menores de 15 años y de 65 años y más, generalmente no participan en la actividad económica y, por lo tanto, dependen de quienes están en edad productiva (15 a 64 años), en las que se concentra la mayoría de la fuerza de trabajo.

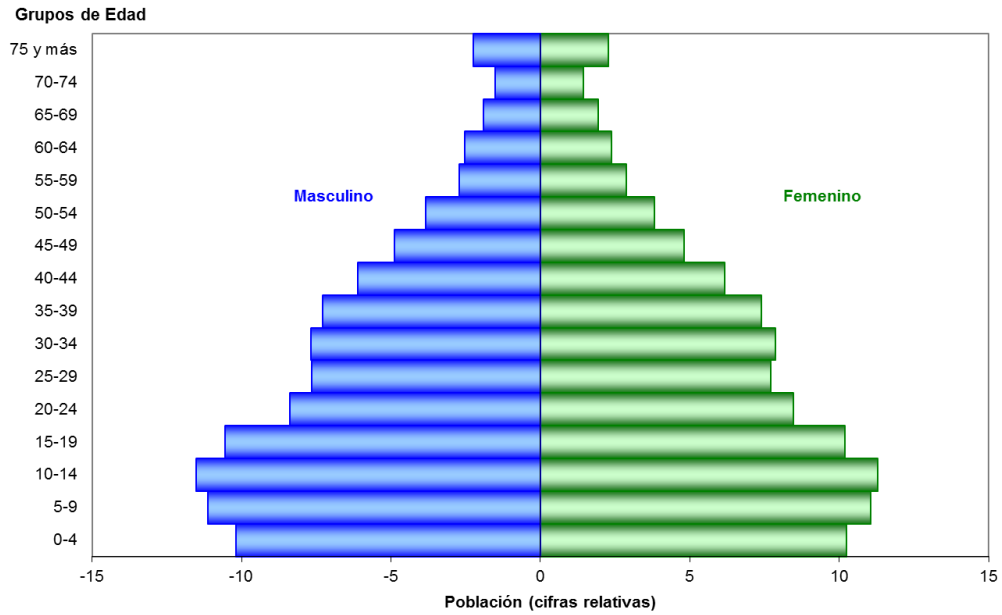
A partir del cuadro 7.2.1-3 se obtiene que, para la zona de estudio, la tasa de dependencia es del 64,2%, la cual es más alta que la obtenida para el distrito de Limón (57,7%) y mucho más alta que la nacional (51,3%).

Cuadro 7.2.1-3 Zonas de Estudio. Población por grupos de edad, 2011.

	Total de personas	Menores de 15 años	Porcentaje menores de 15 años	Mayores de 65 años	Porcentaje mayores de 65 años
Costa Rica	4301712	1147121	26,67%	311712	7,25%
Cantón Limón	94415	30757	32,58%	5378	5,70%
Distrito Limón	61072	18494	30,28%	3849	6,30%
Zona de estudio	23729	7381	31,11%	1897	7,99%
Promedio de población por UGM	115,19	35,83	30,28%	9,21	8,27%
Mediana	93,00	29,00	30,86%	7,00	7,42%
Moda	66,00	21,00	30,30%	3,00	0,00%
Desviación estándar	92,16	32,16	7,98%	8,14	4,94%
Varianza de la muestra	8493,10	1034,10	0,64%	66,27	0,24%
Rango	672	243	40,91%	43	30,00%
UGM con la población mínima	11	1	9,09%	0	0,00%
UGM con la población máxima	683	244	50,00%	43	30,00%
Cuenta	206	206	206	206	206

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Gráfico 7.2.1 Pirámide poblacional de la zona de estudio, 2011



Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

7.2.1.3. Características de las viviendas

Dentro de la zona de estudio el promedio de personas por vivienda es igual a 3,29; mientras que a nivel nacional, cantonal y distrital este promedio es bastante menor (igual a 3,16; 3,17 y 3,07 respectivamente). En la zona estudiada, la UGM con menos personas por vivienda en promedio alcanzó un mínimo de 1,57 personas; mientras que la UGM con más personas por vivienda alcanzó un máximo de 6,25 personas.

Cuadro 7.2.1-4 Tamaño del hogar (personas por vivienda) y porcentaje de hacinamiento por dormitorios, 2011.

	Tamaño	Porcentaje de hacinamiento
Costa Rica	**3,16**	**8,0%**
Cantón Limón	**3,17**	**13,5%**
Distrito Limón	**3,07**	**10,3%**
Total zona de estudio	**3,29**	**11,3%**
Promedio de población por UGM	3,29	11,3%
Mediana	3,34	9,7%
Moda	3,00	0,0%
Desviación estándar	0,56	10,6%
UGM con la población mínima	1,57	0,0%
UGM con la población máxima	6,25	53,8%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

La mayor parte de las viviendas de la zona de estudio son casas independientes (un 95,8% del total de viviendas), seguido por las viviendas conformadas por edificios de apartamentos (igual a 3,4%). Además es de destacar que no hay ninguna vivienda establecida dentro de un edificio de apartamentos en condominio, un bache o barraca para trabajadores, un albergue infantil, hogares de personas adultas mayores, o cárceles.

En cuanto a la ocupación, en la mayoría de las viviendas de la zona de estudio hay residentes habituales presentes (igual a un 91,4% de las viviendas). Seguido a esta categoría destaca la de desocupada para vender o alquilar (3,2%), y la de desocupada en construcción o reparación (2,9%).

Con respecto a la tenencia del hogar, la mayoría de las viviendas de la zona de estudio son propias y totalmente alquiladas (igual a 60,1% del total de las viviendas), seguido por las viviendas que son alquiladas (19,5%) y las que son propias pagando a plazos (4,6%) o prestadas (4,4%).

Cuadro 7.2.1-5 Tipología de la vivienda, 2011.

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de estudio	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%
Casa independiente	1250183	91,9%	28023	94,1%	18598	93,4%	6884	95,8%
Casa independiente en condominio	25388	1,9%	12	0,0%	12	0,1%	7	0,1%
Edificio de apartamentos	53226	3,9%	1144	3,8%	1123	5,6%	242	3,4%
Edificio de apartamentos en condominio	12795	0,9%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Vivienda tradicional indígena	1312	0,1%	327	1,1%	8	0,0%	1	0,0%
Cuarto en cuartería	5482	0,4%	71	0,2%	49	0,2%	12	0,2%
Tugurio	8145	0,6%	91	0,3%	51	0,3%	24	0,3%
Otro (Local casa móvil barco camión)	2637	0,2%	59	0,2%	43	0,2%	12	0,2%
Bache o barraca para trabajadores	268	0,0%	16	0,1%	0	0,0%	0	0,0%
Albergue infantil	58	0,0%	2	0,0%	1	0,0%	0	0,0%
Hogar de personas adultas mayores	92	0,0%	0	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Cárcel	13	0,0%	1	0,0%	0	0,0%	0	0,0%
Otra (Pensión convento)	456	0,0%	15	0,1%	12	0,1%	6	0,1%
Persona sin vivienda	570	0,0%	13	0,0%	10	0,1%	0	0,0%
Total	1360625	100,0%	29774	100,0%	19907	100,0%	7188	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011

.

Cuadro 7.2.1-6 Ocupación de la vivienda, 2011.

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de estudio	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%
NA	1457	0,1%	47	0,2%	23	0,1%	6	0,1%
Residentes habituales presentes	1211964	89,1%	26666	89,6%	18061	90,7%	6573	91,4%
Desocupada para alquilar o vender	51426	3,8%	1008	3,4%	681	3,4%	229	3,2%

Cuadro 7.2.1-6 Ocupación de la vivienda, 2011 (Continuación)

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de estudio	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%
Desocupada en construcción o reparación	19004	1,4%	698	2,3%	476	2,4%	208	2,9%
Desocupada temporal para vacacionar	35312	2,6%	415	1,4%	145	0,7%	26	0,4%
Desocupada trabajadores o estudiantes	14769	1,1%	224	0,8%	106	0,5%	11	0,2%
Desocupada otra	26693	2,0%	716	2,4%	415	2,1%	135	1,9%
Total	1360625	100,0%	29774	100,0%	19907	100,0%	7188	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Cuadro 7.2.1-7 Tenencia de la vivienda, 2011.

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de estudio	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%
NA	148661	10,9%	3108	10,4%	1846	9,3%	615	8,6%
Es propia totalmente pagada	713337	52,4%	16838	56,6%	10640	53,4%	4318	60,1%
Es propia pagando a plazos	134271	9,9%	2032	6,8%	1892	9,5%	334	4,6%
Es alquilada	244474	18,0%	4964	16,7%	4120	20,7%	1404	19,5%
Es prestada por motivo de trabajo	38005	2,8%	828	2,8%	176	0,9%	55	0,8%
Es prestada por otro motivo (no paga)	57449	4,2%	1250	4,2%	672	3,4%	319	4,4%
Está en precario	16019	1,2%	571	1,9%	436	2,2%	87	1,2%
Otro	8409	0,6%	183	0,6%	125	0,6%	56	0,8%
Total	**1360625**	**100,0%**	**29774**	**100,0%**	**19907**	**100,0%**	**7188**	**100,0%**

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

7.2.1.4. Características de los jefes de hogar

En la zona de estudio existen 6.643 jefes de hogar, donde la mayoría de éstos son hombres (66,3%). En comparación con el porcentaje de hombres que son jefes de hogar

a nivel nacional (70%), en esta zona hay una proporción menor de jefes de sexo masculino. Asimismo, en promedio hay 32 jefes de hogar por UGM, de los cuales 21 son hombres y 11 mujeres.

Cuadro 7.2.1-7 Jefatura del hogar por sexo

	Hombres	Mujeres	Total
Costa Rica	**866.100**	**370.881**	**1.236.981**
Cantón Limón	**18.209**	**8.840**	**27.049**
Distrito Limón	**11.536**	**6.709**	**18.245**
Total zona de estudio	**4.402**	**2.241**	**6.643**
Promedio de población por UGM	21,37	11,04	32,25
Mediana	16	9	25,5
Moda	11	6	20
Desviación estándar	17,10	8,85	24,95
UGM con la población mínima	1	1	2
UGM con la población máxima	111	54	165

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Con respecto al nivel educativo de los jefes de hogar, es de destacar que a nivel nacional un 4,4% de los jefes de hogar no poseen ningún tipo de educación; mientras que en la zona de estudio este porcentaje es mucho mayor (9,5%). Asimismo, este porcentaje es bastante mayor al obtenido para el distrito de Limón (2,9%).

Por otra parte, a nivel nacional, la mayor proporción de los jefes de hogar cursaron hasta el último año de primaria (29,2%), seguido por los que recibieron educación universitaria (19,5%). Mientras que, en el caso de la zona de estudio, la mayor proporción de los jefes recibieron educación superior (24,4%); seguido por los que cursaron algún nivel de secundaria académica, pero sin llegar a graduarse (21,2%).

En cuanto al nivel educativo de la población en general, la distribución de los habitantes de la zona de estudio difiere en gran medida de la distribución a nivel nacional. La mayor proporción de la población costarricense se ha graduado de primaria (21,0%), seguido por los que han cursado algún grado de primaria sin llegar a graduarse (19,1%) y por los que no llegaron a completar la secundaria académica (17,8%). En contraste, la mayor proporción de la población de la zona de estudio ha cursado algún nivel de secundaria académica sin llegar a completarla (22,3%), seguido por los que poseen un nivel de primaria incompleta (19,9%) y los que sí llegaron a completar la primaria (17,7%).

Cuadro 7.2.1-7 Jefatura del hogar por nivel educativo

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de estudio	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%
Ningúno grado	54449	4,4%	1651	6,1%	532	2,9%	16020	9,5%
Kinder, preparatoria o enseñanza especial	853	0,1%	23	0,1%	20	0,1%	960	0,6%
Primaria Incompleta	208218	16,8%	4686	17,3%	2379	13,0%	14388	8,5%
Primaria Completa	361296	29,2%	6861	25,4%	3970	21,8%	28032	16,6%
Secundaria Académica Incompleta	196103	15,9%	5498	20,3%	4257	23,3%	35753	21,2%
Secundaria Académica Completa	119857	9,7%	3415	12,6%	2906	15,9%	24100	14,3%
Secundaria Técnica Incompleta	14175	1,1%	273	1,0%	152	0,8%	1456	0,9%
Secundaria Técnica Completa	19034	1,5%	562	2,1%	465	2,5%	4536	2,7%
Algún grado parauniversitario	21803	1,8%	282	1,0%	246	1,3%	2415	1,4%
Algún grado universitario	241193	19,5%	3798	14,0%	3318	18,2%	41091	24,4%
Total	**1236981**	**100,0%**	**27049**	**100,0%**	**18245**	**100,0%**	**168751**	**100,0%**

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Cuadro 7.2.1-7 Nivel educativo de la población

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de estudio	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%
Ningúno grado	174493	4,1%	5037	5,3%	1939	3,2%	854	3,6%
Kinder, preparatoria u otros	439632	10,2%	11900	12,6%	7234	11,8%	3530	14,9%
Primaria Incompleta	820953	19,1%	20573	21,8%	11053	18,1%	4711	19,9%
Primaria Completa	903040	21,0%	16227	17,2%	9296	15,2%	4196	17,7%
Secundaria Académica Incompleta	765134	17,8%	18366	19,5%	13539	22,2%	5296	22,3%
Secundaria Académica Completa	378366	8,8%	8877	9,4%	7278	11,9%	2492	10,5%
Secundaria Técnica Incompleta	72506	1,7%	1724	1,8%	970	1,6%	237	1,0%
Secundaria Técnica Completa	56783	1,3%	1579	1,7%	1292	2,1%	358	1,5%

Cuadro 7.2.1-7 Nivel educativo de la población (Continuación)

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de estudio	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%
Algún grado parauniversitario	64355	1,5%	885	0,9%	740	1,2%	223	0,9%
Algún grado universitario	626450	14,6%	9247	9,8%	7731	12,7%	1832	7,7%
Total	**4301712**	**100,0%**	**94415**	**100,0%**	**61072**	**100,0%**	**23729**	**100,0%**

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

7.2.1.5. Distribución espacial de la población

El mapas 7-2.1-1 muestra la distribución espacial de la población por UGM por hectárea.

Del mapa y la tabla de densidades se desprende la siguiente información:

- La zona de estudio posee una densidad poblacional promedio de 7,4 personas por hectárea, la cual es muy alta en comparación con la densidad poblacional a nivel nacional (igual a 0,84 personas por hectárea). No obstante, la densidad poblacional del área de estudio es menor a la obtenida para el distrito de Limón (11 personas).
- El 3% del área de estudio agrupa a más de la mitad de toda la población que habita en esa misma área (52%).
- De las 209 Unidades Geo-estadísticas Mínimas (UGM) que componen la zona de estudio, 48 acumulan el 3% de área y el 52% de la población. En esta zona, la densidad promedio de habitantes por hectárea es de 115,4 personas. Estas altas densidades se observan en color rojo y rosado en el mapa 7-2.1-1.
- El análisis por UGM muestra que el restante 97% del área de estudio acumula el 48% de la población distribuida en 161 UGM´s. De manera que, la densidad en esta área es de 3,6 habitantes por hectárea en promedio.

Cuadro 7.2.1-7 Densidad poblacional de la zona de estudio

Características	Zona de mayor densidad	Zona de menor densidad
Área en hectáreas	104,5	3054,0
% del área de estudio	3%	97%
Población	12053	11067
% población del área de estudio	52%	48%
Cantidad de UGM	48	161
Densidad promedio	115,4	3,6

Fuente: Elaboración ProDUS-UCR, con datos del INEC.

7.2.1.6. Distribución espacial de las viviendas

El mapas 7-2.1-2 muestra la distribución espacial de las viviendas por Unidad Geo-estadística Mínima (UGM) y por hectárea (Densidad).

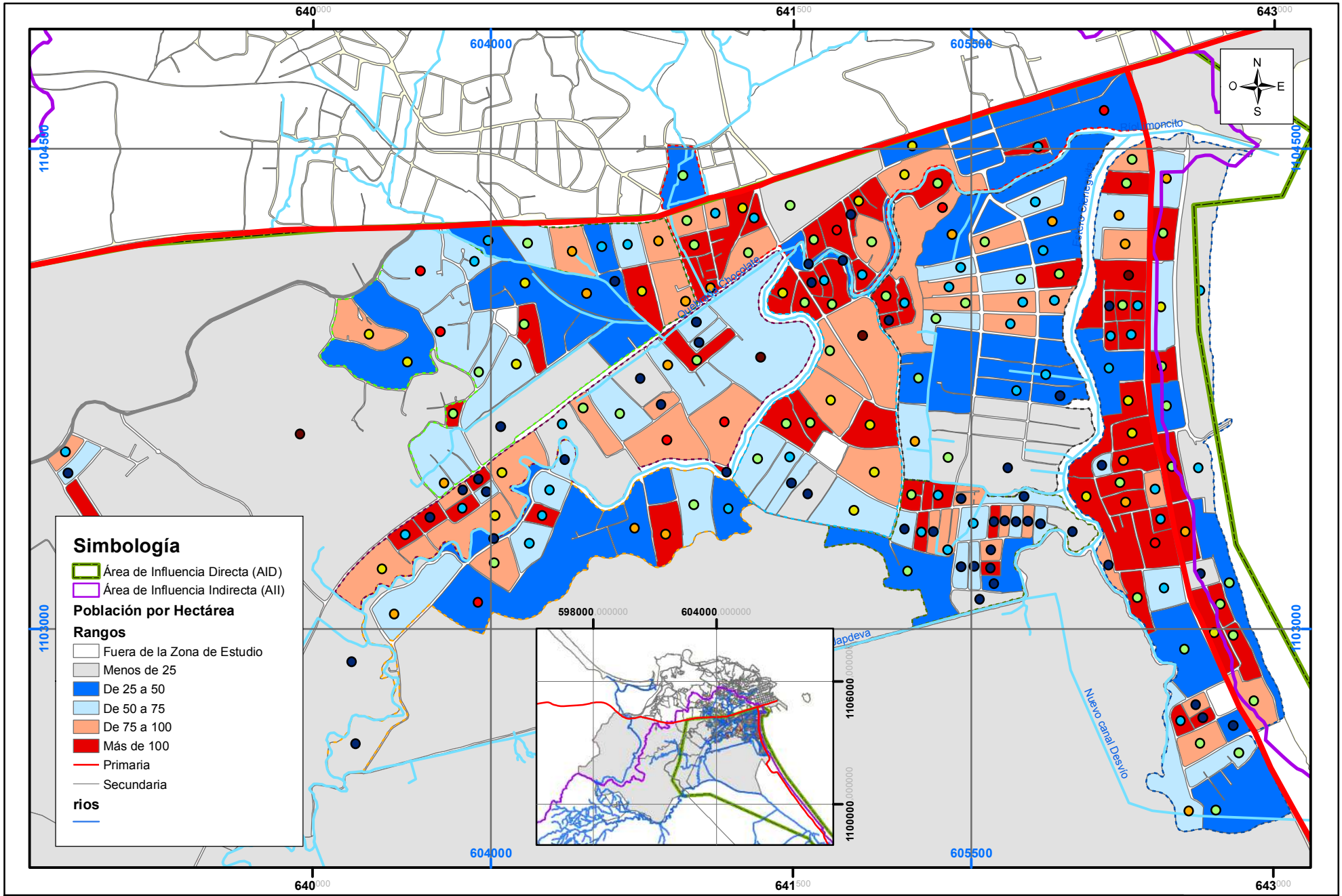
De ambos mapas y la tabla de densidades se desprende la siguiente información:

- La zona de estudio posee una densidad promedio de 2,3 viviendas por hectárea, la cual es relativamente alta en comparación con la densidad de viviendas a nivel nacional (igual a 0,27 personas por hectárea). Sin embargo, la densidad del área de estudio es mucho menor a la obtenida para el distrito de Limón (3,5 viviendas).
- El 1% del área de estudio agrupa el 19% de todas las viviendas de esa misma área.
- De las 209 Unidades Geo-estadísticas Mínimas (UGM) que componen la zona de estudio, 38 acumulan el 1% de área y el 19% de las viviendas. En esta zona, la densidad promedio de las viviendas por hectárea es de 53,1. Estas altas densidades se observan en color rojo y rosado en el mapa 7-2.1-2.
- El análisis por UGM muestra que el restante 99% del área de estudio acumula el 81% de la población distribuida en 171 UGM´s. De manera que, la densidad en esta zona es de 1,9 viviendas por hectárea.

Cuadro 7.2.1-7 Densidad poblacional de la zona de estudio

Características	Zona de mayor densidad	Zona de menor densidad
Área en hectáreas	25,9	3132,7
% del área de estudio	1%	99%
Viviendas	1372	5816
% viviendas del área de estudio	19%	81%
Cantidad de UGM	38	171
Densidad promedio	53,1	1,9

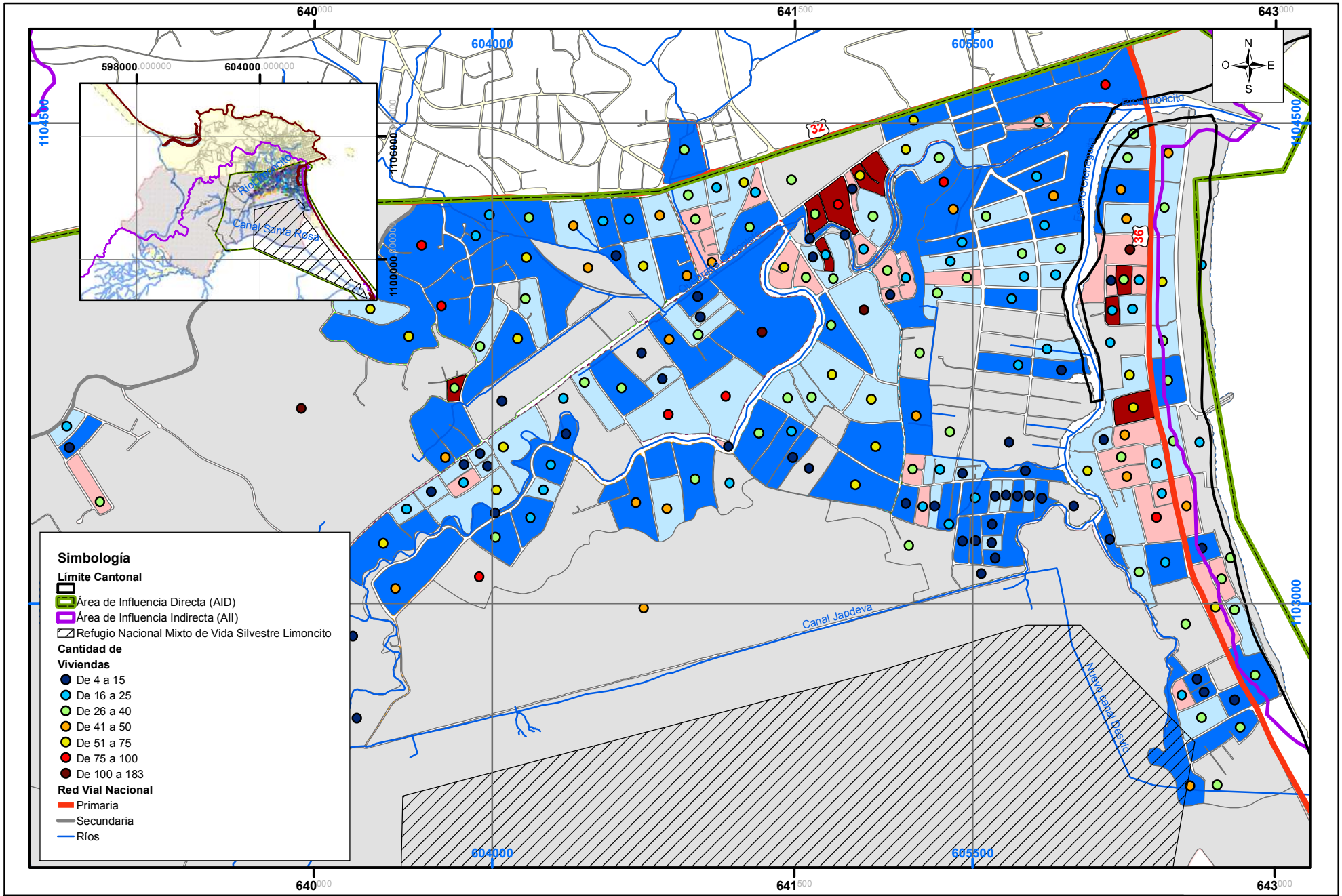
Fuente: Elaboración ProDUS-UCR, con datos del INEC.



Mapa 7-2.1.1. Densidad de la población por Unidad Geoestadística Mínima (UGM)

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja de río Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:16.000 225 112,5 0 225 Metros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 7-2.1.2. Densidad de las viviendas por Unidad Geoestadística Mínima (UGM)

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja de río Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:16.000 — 225 112,5 0 225 Metros	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible, Universidad de Costa Rica

7.2.2 Características históricas, sociales y culturales de la población

A continuación se resumen los aspectos históricos, sociales y culturales que caracterizan el Área de Impacto del Proyecto Indirecta (AIPI) y del Área de Impacto del Proyecto Directa (AIPD).

En la primera parte de la sección 7.2.2.1 se expone un recuento general sobre la historia del Surgimiento de Puerto Limón, ciudad de la cual forma parte el AIPI. La necesidad de realizar esta recopilación Surge ante el interés de entender por qué y cómo Surgieron los barrios que integran el AIPD. Se constató que la historia de éstos estuvo fuertemente marcada por las problemáticas de acceso a tierras que se dio en Puerto Limón, así como otras de tipo social que en conjunto determinaron la colonización de las fincas y el Humedal ubicado al Sur de éste.

La segunda parte de la sección 7.2.2.1 contiene un repaso a la historia de Limoncito y alrededores a partir de la invasión la finca propiedad del señor Quinto Vaglio Lizano en 1965. Se hace un esfuerzo por mostrar las condiciones políticas y sociales que rodearon este suceso y la posterior consolidación de los barrios que actualmente se conocen.

Complementando lo anterior y con el objetivo de ofrecer un panorama actual sobre las características de éstos la sección 7.2.2.2 expone a cerca de sus problemáticas, fortalezas, aspectos laborales, organización comunal, presencia institucional en la zona, características socioculturales y prácticas de relación con el entorno.

Se utilizaron como referencia los aportes brindados por personas pertenecientes a algún grupo organizado de la comunidad, institución o en calidad de vecinas (Ver Cuadro 1.). A éstas se aplicó una entrevista telefónica durante los meses de Abril, Mayo y Junio del 2013.

Cuadro 7.7.2-1. Personas entrevistadas

Entrevistados	Organización/Grupo	Fecha de Entrevista
Carlos Luis Sánchez	Asociación de Desarrollo Integral	10 de mayo, 2013
Carlos Salas	Comité de Deportes	7 de mayo, 2013
Elizabeth Madrigal	Vecina de la comunidad	7 de mayo, 2013
Jeannette Navarro	Escuela Barrio Limoncito	24 de mayo, 2013
Jill Castro	EBAIS Los Cocos	24 de mayo, 2013
Leicell Arce Campos	Escuela Los Lirios	24 de mayo, 2013
Manuel Sánchez Masís	Comité de Caminos	15 de abril, 2013
Rubén García	Grupo de Mujeres Manos a la Obra	7 de mayo, 2013
Steven Ramírez Calderón	Periodista Proyecto Limón Ciudad Puerto	13 de junio, 2013
Teresa Barboza Marín	Vecina de la comunidad	10 de mayo, 2013
Virgita Pérez Quesada	Asociación de Desarrollo Integral	10 de abril, 2013

Fuente: Base de datos "Actores sociales clave en Limoncito", Equipo de Procesos Participativos, ProDUS-UCR, 2013.

Para complementar los testimonios orales se consultaron fuentes bibliográficas diversas y tomaron en cuenta los resultados obtenidos del grupo focal realizado con representantes de algunas instituciones y organizaciones que trabajan con las comunidades del sector

Limoncito en temas de seguridad social, seguridad alimentaria, salud, entre otros. Éste se llevó a cabo el martes 16 de julio del 2013 a las 10:00am en las instalaciones de la Sede de Limón de la Universidad de Costa Rica (Ver Anexo 1. Lista de asistencia Grupo Focal con Instituciones y Organizaciones).

También se incluyó la información brindada por representantes de organizaciones comunales y vecinos de Limoncito durante la reunión realizada el martes 16 de julio del año en curso a las 2:00pm en el salón parroquial (Ver Anexo 2. Lista de asistencia Reunión con Organizaciones comunales).

La información generada en esta sección servirá para conocer un poco más las comunidades que se verán afectadas con el Proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito" y realizar recomendaciones para una adecuada mitigación de los impactos, así como involucrarlas más activamente en las distintas propuestas de planes de gestión ambiental resultado de este EsIA.

7.2.2.1 Historia de Puerto Limón y el sector Limoncito

Puerto Limón (Área de Impacto del Proyecto Indirecta)

El Cantón Limón se extiende sobre la Costa Caribe y se encuentra dividido en cuatro distritos: Limón, Valle de la Estrella, Río Blanco y Matama.

- ***El descubrimiento e inicio de la colonización del Atlántico de Costa Rica (S. XVI-XVIII)***

Durante la colonia la Región Atlántica Centroamericana formaba una frontera interna a lo largo de la costa caribeña debido a las dificultades de acceso desde los centros coloniales localizados en la Región Pacífica y el interior del Virreinato de Guatemala. Esta situación fue aprovechada por el Imperio Británico y los piratas. La Región Atlántica centroamericana se convirtió en una zona sin control colonial efectivo, afectada por constantes invasiones de filibusteros caribeños y misquitos, el contrabando y saqueo de recursos de los asentamientos poblacionales (Gerner, 2011).

El primer asentamiento urbano conformado en la Región Atlántica costarricense durante la segunda mitad del siglo XVII fue Matina. El desarrollo del cultivo de cacao en las llanuras de esta zona permitió su consolidación como uno de los principales centros poblacionales de la época post colonial (Chacón, 1996). Sin embargo, las plantaciones de cacao alrededor de Matina nunca permitieron un gran desarrollo económico en la Región debido a los constantes asaltos siendo el puerto de Moín el lugar de tráfico más importante (Gerner, 2011).

Para 1744 se reportó la existencia de 139 haciendas con más de 350 mil árboles de cacao trabajados por mano de obra indígena que paulatinamente se redujo debido a las malas condiciones y constantes epidemias. Este hecho fomentó la llegada de los primeros esclavos afro descendientes incorporados como nueva fuerza de trabajo en dichas plantaciones. Así se formaron las principales capellanías que posteriormente se convirtieron en las principales ciudades que hoy conforman la Provincia de Limón (Chacón, 1996).

- ***El ferrocarril al Atlántico en Costa Rica (S. XIX)***

Posterior a la independencia de España, el Estado costarricense se interesó en recuperar la potestad de su territorio por medio de la construcción de vías de acceso a diferentes regiones del mismo. La construcción del Ferrocarril al Atlántico se constituyó en uno de los proyectos más ambiciosos para la naciente república, la cual junto a grandes extensiones de terreno en la Región fueron concesionadas al capital extranjero (Chacón, 1996. Gerner, 2011).

Para la segunda mitad del siglo XIX se incrementaron los acuerdos que llevarían a la construcción del ferrocarril, estos se realizaron durante los períodos de Jesús Jiménez Zamora, en 1866, y el gobierno de Tomas Guardia Gutiérrez, en 1871. En este último período se firmó un contrato entre el Estado Nacional con el empresario norteamericano Henry Meiggs para iniciar con la construcción de la vía férrea, quien posteriormente traspasó el contrato a su sobrino, Henry Meiggs Keith; aunque esto último contravenía la cláusula 20 del contrato (Peraldo y Rojas, 1998).

Según Peraldo y Rojas (1998): *"No obstante, Henry Meiggs Keith dejó concluido y en uso el tramo Cartago -Alajuela y avanzados los otros tramos hacia Limón. Una vez que Henry Meiggs Keith abandonó el país, entró en escena Minor Cooper Keith, hermano del anterior quien sería el finiquitador de la construcción de la línea férrea."* (pp.100)

A pesar de las eventualidades con el financiamiento del proyecto ferroviario, por parte de una compañía inglesa, así como por la naturaleza del terreno y al trazado de la línea, que motivaron gastos superiores a lo esperado, y a problemas laborales de quienes participaron en la construcción; la obra ve su terminación después de 16 años entre acuerdos y el arduo trabajo de campo (Casey, 1974)

- ***La colonización agrícola de la Región Atlántica (1870 - 1930)***

Este proceso estuvo acompañado de las concesiones de las plantaciones de banano, a cambio de la construcción de la línea del tren. Esto tuvo implicaciones en la creación de latifundios y restricciones a los costarricenses en el acceso a la tierra.

Las tierras concesionadas se convirtieron en plantaciones bananeras a cargo de la United Fruit Company (UFCO). Su forma de administración desencadenó un desarrollo económico, político y social de enclave bajo el cual el Estado costarricense estuvo ausente mientras las compañías dirigían el desarrollo, influían en los puestos públicos y determinaron la estratificación social.

En 1870 el general Tomás Guardia se propuso la tarea de establecer un puerto seguro y eficiente en Atlántico. Aprovechando las condiciones ideales que ofrecía Limón el objetivo fue desplazar en importancia a los puertos existentes en Moín y la desembocadura del río Matina. Es así como se inició el traslado de la población que habitaba en Moín hacia el nuevo Puerto Limón, generándose un trazado inicial de la ciudad, la repartición de solares e inversión en infraestructura urbana (Municipalidad de Limón, 1992).

La construcción de Puerto Limón fue una de las obras más significativas en esta provincia, pues originó un importante centro operativo para el ferrocarril y las plantaciones

bananeras. La intervención de transnacionales en esta zona contribuyó en la formación de un núcleo urbano moderno y espacioso (Gerner, 2011).

Según La Nación del 26 de agosto de 1973 citado en Lemistre (1983) el poblamiento de la ciudad de Limón ocurre durante la segunda mitad del siglo XIX. Para el año 1870 se contabilizaron alrededor de diez ranchos pertenecientes a sus fundadores, los cuales se asentaron en la ribera del río Cieneguita enfrentando limitaciones en cuanto a acceso a servicios, escasez de alimentos, enfermedades y excesiva lluvia.

En 1883 el gobernador Balvanero Vargas Molina se encargó de construir calles y cañerías, al igual que el actual parque Vargas y otras obras de infraestructura que contribuyeron en mejorar la imagen de la ciudad y calidad de vida de sus habitantes.

Según La Nación del 17 de setiembre de 1973 citado en Lemistre (1983) en ese entonces:

> *"[…] el mar se metía hasta el punto de donde hoy está el parque Vargas […] la población, escasa y pobre en su totalidad se apiñaba en las vecindades. Faltaba tierra habitable. Lo primero fue quitarle espacio al océano, rellenando las costas bajas, mientras se podía construir el tajamar. Se dio forma a la plaza central y se fueron tirando las calles a cordel. Seguidamente se comenzó la distribución de lotes. Puede decirse que fue el nacimiento de la ciudad"*(pp.54).



Fotografía 7.2.2-1 Parque Vargas.
Fuente: Trabajo de campo ProDUS-UCR, 2013.

En 1902 se creó el municipio de Limón. En 1903 se instaló el alumbrado público, en 1907 el alcantarillado y en 1912 el sistema de abastecimiento de agua potable. La ciudad creció bajo la influencia del enclave bananero, importante empleador, proveedor de servicios y la principal fuente de inversiones en infraestructura (FLACSO, 2004).

El desarrollo físico de la ciudad fue simultáneo al proceso de desarrollo económico vivido. La construcción del tajamar, el mercado, la desecación de los humedales y el diseño de cuadrantes producto de la donación de lotes para la personas de Moín; fueron las obras que dieron carácter formal al casco de la ciudad. Igualmente la creación de la "zona", el barrio residencial y de equipamiento de los ejecutivos de la UFCO contribuyó en expandir el área urbana hacia el norte (Ibíd.).

- ***La crisis bananera del Atlántico en Costa Rica (S. XX)***

La homogeneización productiva que imperó durante tantos años en la zona, falta de acceso a tierras para sus habitantes y fuentes de empleo alternativas trajeron como consecuencia que ante la crisis bananera de la tercera década del siglo XX y la ausencia del Estado, se desarrollaran una serie de problemas sociales y económicos que hasta la fecha han sido difíciles de superar.

El abandono de la compañía bananera en la Región trajo consigo la utilización de las tierras para el cultivo del cacao. Según FLACSO (2004) para 1955 la mayoría de las plantaciones de este producto estaban en manos de afro caribeños. Sin embargo la crisis del cacao de 1979 a causa de una infección por hongos que destruyó la producción, afectó la subsistencia de miles pequeños agricultores de la zona Sur y oeste de Limón.

Según la Municipalidad de Limón (1992) los años cincuenta del siglo XX se caracterizaron por profundas crisis económicas consecuencia del abandono de las plantaciones bananeras y del gran deterioro en las condiciones de vida en la ciudad en cuanto al mantenimiento de los sistemas sanitarios, servicios de salud, recolección de basura y mantenimiento de la infraestructura pública.

En dicho período la pobreza se disparó, así como los problemas sociales y el hacinamiento a causa del orden urbano impuesto por la compañía bananera. Éste forzó la ocupación paulatina de la periferia de la ciudad dando origen a gran cantidad de barrios populares como por ejemplo Jamaica Town, conocido actualmente como barrio Roosevelt. Su nombre se modificó en 1942 en reconocimiento a las ayudas recibidas por el gobierno de Estados Unidos para los barrios marginales de Limón; cuyo presidente era Franklin Delano Roosevelt (Ibíd.).

Aunque la creación de JAPDEVA y la llegada de RECOPE a la zona en los años sesenta representaron la esperanza para el mejoramiento en la calidad de vida de Limón, así como acceso a oportunidades de empleo; la crisis y desprotección heredada del período bananero, el descuido del Estado y un acelerado crecimiento poblacional trajeron como consecuencia otro aspecto relevante en el desarrollo urbano de Limón. La invasión de tierras baldías y propiedades de particulares fomentó la creación de asentamientos informales caracterizados por escases de recursos, violencia, inseguridad, drogadicción y otros problemas sociales (Lemistre, 1983; Municipalidad de Limón, 1992).

Ejemplo de ello fue el barrio Santa Eduviges (Municipalidad de Limón, 1992), así como Cieneguita y Limoncito, ubicados sobre la costa, teniendo como eje principal la Ruta Nacional (Jiménez y Young, 2008). Al respecto se comenta:

> *"Cieneguita se inició con el diseño de un cuadrante que creció sin control, sin cloacas, sin agua potable, fenómeno que se manifestó en otras zonas, originándose poblaciones como Westfalia, Zona Americana, Piuta, etc. Sin embargo, a pesar de estas deficiencias de planeamiento en dotación de servicios básicos, los asentamientos perduraron"*(pp.4).

Pueblo Nuevo creció dividido por la Ruta Nacional No. 23. Con un patrón de desarrollo similar, casi rural por su baja densidad de población y alejado del centro de la ciudad. Las viviendas se construyeron con madera y bloques de concreto (Lemistre, 1983).



Fotografía 7.2.2-2 Urbanización Los Cocos
Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013

La urbanización Los Cocos fue construida por JAPDEVA para sus empleados. Se ubica entre el estero Cieneguita y el barrio Limoncito. Este último junto con el barrio San Juan y barrio Quinto conforman un solo sector conocido como Limoncito, el cual se extiende hacia el Sur desde la línea del ferrocarril (ramal Estrella). Se caracteriza por su origen precario y conformación inicial en los alrededores del río que lleva el mismo nombre en una zona de topografía plana; aspecto de influye en la ocurrencia de frecuentes inundaciones de las viviendas (Ibíd.).

La ciudad se caracteriza por una significativa heterogeneidad que se expresa tanto en la diversidad étnica y lingüística como en la marcada diferenciación socioeconómica de sus habitantes. El desempleo figura como una de las problemáticas inmediatas, al igual que la inseguridad ciudadana, el deterioro de la infraestructura pública y la ausencia de una planificación integral para su desarrollo (JAPDEVA, 2000).

Según Chacón (1996) la llegada de RECOPE y empresas aduaneras a la ciudad han fortalecido el protagonismo del puerto y de las actividades económicas paralelas, impidiendo el crecimiento de alternativas productivas para sus habitantes como, por ejemplo, el turismo y actividades agropecuarias desvinculadas del monocultivo bananero.

El trabajo en el ferrocarril y en los muelles define la forma en que el limonense se constituirá como ser económico, desde entonces ha sido un empleado de servicios, particularmente en el transporte y embarque (Municipalidad de Limón, 1992).

Para el Ministerio de Educación Pública (MEP, 1982) un factor determinante de la historia limonense fueron los aportes culturales de la población afro descendiente asentada en la zona. Su llegada al país se remonta a finales del Siglo XIX y principios del Siglo XX, se asocia a la inmigración antillana a Costa Rica por motivos de la construcción del ferrocarril al Atlántico y el enclave bananero. Este grupo fue considerado como población extranjera hasta finales de la década de los años cuarenta (Constitución de 1949); no obstante la diferencia lingüística permanece como un factor distintivo debido al uso del inglés criollo (Gerner, 2011).

Asimismo, el grupo de mestizo-meseteños también constituyen un grupo étnico presente en Limón debido a las constantes inmigraciones desde varias regiones del país. El conjunto de inmigrantes mestizos se distinguen por ser hispano-parlantes y son percibidos

como "no afro-descendiente", "no chinos" y "no indígenas". Generalmente se autodenominan como "blancos" (Ibíd.).

Origen del sector Limoncito (Área de Impacto del Proyecto Directa)

Los orígenes del barrio Limoncito se sitúan alrededor del año 1965 como un asentamiento informal cuya población aumentó paulatinamente bajo muchas limitaciones, principalmente en acceso a los servicios básicos.

Desde sus inicios presentó un alto índice de desempleo. La mayoría de sus habitantes dependía de las fuentes que ofrecía la ciudad a través del muelle y la industria en donde realizaban labores como obreros, jornaleros y trabajadores en servicio (Gordon, 1992); algunas personas también trabajaban en ENVACO S.A., la antigua fábrica de Coca Cola, ventas ambulantes y pesca[1].

De acuerdo con personas entrevistadas de la comunidad la finca ocupada pertenecía al señor Quinto Vaglio Lizano, el cual por las constantes inundaciones la abandonó y así fue tomada por los primeros pobladores. Entre ellos se encontraban Marvin Calalú, Víctor Cascante, Rodolfo Moya, Elizabeth Madrigal, "Chicha bruja" y las familias Marchena, Zumbado, Alfaro, Luna, Masís, Cortés, Sánchez, Chinchilla y Chacón. La mayoría eran habitantes de Limón sin acceso a tierras; aunque algunos procedían de Turrialba y Cartago motivados por los rumores de oferta laboral y buenos salarios en la ciudad[2].



Fotografía 7.2.2-3 Barrio Limoncito
Fuente: Trabajo de campo ProDUS-UCR, 2013.

Los conflictos generados a raíz de la invasión de los terrenos se convirtieron en noticia en 1977 durante el período electoral. El gobierno trató de encontrar una solución rápida al problema y por tanto ofreció comprar la finca de Quinto Vaglio Lizano por un monto de 400.000 colones. Sin embargo omitió consultar a las personas ocupantes de la finca, quienes iniciaron un proceso legal con la Asociación de Residentes y de Desarrollo Integral para obtener la propiedad de otra forma (Gordon, 1992).

[1]Barboza, T., Madrigal, E., Navarro, J. Salas, C., Sánchez, C., Pérez, V. (2013) Conversaciones vía telefónica.**Entrevistas sobre aspectos históricos y sociales de Limoncito y sus alrededores**. San José, Costa Rica: Abril-Mayo.
[2]Barboza, T., Madrigal, E., Salas, C., Sánchez, C., Pérez, V. (2013) Conversaciones vía telefónica.**Entrevistas sobre aspectos históricos y sociales de Limoncito y sus alrededores**. San José, Costa Rica: Abril-Mayo.

Aunque la acción emprendida por el gobierno en parte reducía el problema, fue visto con desconfianza por parte de las personas ocupantes de la finca. Sin previo aviso se contrató un abogado y un ingeniero para que realizaran los trámites, medidas y segregaciones de los lotes correspondientes (Ibíd.).

La Asociación de Residentes y de Desarrollo Integral no recibió la demarcación de los lotes pues no se terminó de pagar el monto correspondiente a los profesionales encargados. Ante esta situación los vecinos presionaron al juzgado de Limón para resolver los conflictos causados a sus espaldas, pues se encontraban ocupando un terreno que ya no era privado pero tampoco les pertenecía. El proceso se detuvo ante las afirmaciones del presidente Daniel Oduber quien informó que pronto recibirían las escrituras (Ibíd.).

En las indagaciones realizadas por las personas ocupantes se encontró que la escritura fue rechazada por el Registro de la propiedad debido a la gran cantidad de defectos y errores; comprobándose que el Estado no realizó las mediciones ni segregaciones y por ende no se podían entregar los títulos de propiedad (Ibíd.).

La reacción de los habitantes ante esta situación no se dejó esperar. Decidieron detener la recaudación de cuotas para agilizar el proceso y conceder un período para que el gobierno resolviera el problema. En 1969 se entregaron las primeras escrituras. Las segregaciones fueron destinadas al uso habitacional y comunal, mientras otras se declararon inhabitables (Ibíd.).

A pesar de lo anterior la presión por acceso a terrenos y la falta de éstos generó una nueva oleada de invasiones que ocuparon las zonas comunales y cualquier otra área disponible aunque careciera de condiciones para su habitabilidad como por ejemplo algunos sectores del Humedal. Esto explicaría la alta densidad que actualmente caracteriza al sector, la ausencia de una planificación para controlar su crecimiento y la consecuente existencia de viviendas afectadas por inundaciones.

7.2.2.2 Características socioculturales del Área de Impacto Directa (AID) del Proyecto

Principales problemáticas



Fotografía 7.2.2-4. Desechos sólidos en Barrio Limoncito
Fuente: Trabajo de campo ProDUS-UCR, 2013

A través de las entrevistas realizadas a residentes de la zona y los resultados obtenidos de la reunión con la comunidad la falta de empleo se percibe como la principal limitación a

la cual se enfrentan, siendo la juventud el grupo más vulnerable y afectado. Esto ha traído consigo el desarrollo de otros problemas sociales como drogadicción, vandalismo, prostitución juvenil, embarazo adolescente, abusos sexuales y desintegración familiar.

Se menciona como un grave problema la falta de manejo de los desechos sólidos, los cuales son depositados por algunas personas en el río como parte de una costumbre que legitima esta acción y que puede verse reforzada ante el posible incumplimiento en el horario de recolección de la basura por parte del gobierno local. Consecuentemente se han desencadenado problemas ambientales asociados. Entre ellos se encuentra el estancamiento del agua en algunos sectores del recorrido, malos olores en la ribera del río, contaminación del agua e incidencia en el aumento de las inundaciones durante la temporada de lluvias.

Otro problema mencionado es la falta de mantenimiento de los árboles y la floresta en los linderos del río, lo que incide en la cuenca del afluente y en la dinámica social de la zona, especialmente en cuanto a la conformación de focos de inseguridad ciudadana debido a la espesura y sombra que generan.

Fortalezas de las comunidades

La génesis del barrio y sus alrededores marcó desde un principio el interés de la comunidad en agruparse para conseguir la titulación de sus tierras y otros objetivos. De acuerdo con Gordon (1992) estos esfuerzos se concretaron con la creación de la primera Asociación de Desarrollo Integral el 27 de Setiembre de 1975. Estaba compuesta por los siguientes vecinos:

- José Cruz Angulo Contreras (Presidente)
- José Manuel Ramírez Valverde (Vicepresidente)
- Carlos Cuadra Lacayo (Tesorero)
- Guillermo Artavía Valverde (Secretario)
- Clara Rodríguez Quesada (Fiscal)
- Gerardo Jiménez Solís (Vocal I)
- Santos Granados Granados (Vocal II)

En el listado de cargos anteriores puede apreciarse cómo la mayoría de puestos estaban ocupados por hombres, destinándole únicamente a la mujer el puesto de Fiscal. En la actualidad (2013) esta situación ha cambiado ya que el puesto de presidente lo ocupa la señora Virgita Pérez Quesada.

Las problemáticas sociales de Limoncito han generado que a lo largo de su historia se creen otras organizaciones de base comunal, contribuyendo a alimentar el sentido de pertenencia e identificación hacia necesidades de diferentes sectores de la población y buscar formas de resolverlas conjuntamente.



Fotografía 7.2.2-5. Grupo focal con Representantes Institucionales de Limón y Barrio Limoncito
Fuente: Trabajo de campo ProDUS-UCR, 2013.

En 1976 se conformó la Asociación de Residentes con el objetivo de resolver la problemática de acceso a tierras. En los años noventa se creó el Comité de Promoción de Unión Cantonal, Comité de Salud, Junta de Educación y Patronato Escolar (Ibíd.).

Para las personas entrevistadas[3] la existencia de organizaciones comunales en la actualidad reflejan el espíritu de lucha y capacidad organizativa de los habitantes a través del tiempo; percibiéndose como su principal fortaleza y base para el emprendimiento de proyectos conjuntos.

Según algunos participantes de la reunión realizada el 16 de julio con la comunidad y representantes de algunas instituciones públicas, es fundamental encontrar mecanismos que estimulen la unión de todas las organizaciones en busca de objetivos comunes y esfuerzos articulados para lograr mejores resultados. Recomendaron aprovechar la base organizativa existente en los barrios para generar alianzas estratégicas entre ésta, las instituciones estatales, empresa privada, sector industrial y comercial de Limón.

La presencia institucional que hay en el sector a través del CENCINAI, las iglesias, escuelas, EBAIS y el IMAS por medio del proyecto "Manos a la obra", también se considera un aspecto positivo que influye en la generación de percepciones sobre bienestar y mejoramiento en la calidad de vida.

A partir de lo anterior en el Cuadro 2. se expone una lista de las principales organizaciones e instituciones que se encuentran activas en la zona y sus principales características, la cual servirá de referencia para la implementación de diferentes planes, producto de los resultados del EsIA.

[3]Barboza, T., Castro, J., García, R., Madrigal, E., Pérez, V., Ramírez, S., Salas, C., Sánchez, C., Sánchez, M. (2013) Conversaciones vía telefónica.**Entrevistas sobre aspectos históricos y sociales de Limoncito y sus alrededores**. San José, Costa Rica: Abril-Mayo.

Cuadro 2. Inventario de organizaciones comunales e instituciones en el AIPD

Organización	Características
Aldeas Infantiles S.O.S	Se ubica en barrio Los Cocos y atiende a 90 niños y adolescentes. Sus principales áreas de trabajo son: -Desarrollo de la Comunidad -Fortalecimiento de la familia -Empoderamiento de la mujer -Desarrollo integral de los niños y niñas La obtención de recursos se hace por medio de subsidios de instituciones públicas que financian el 20 % necesidades diarias de los niños, en tanto el 63% de las operaciones son financiadas por donaciones Contacto: Laura Guzmán Quirós (2283-9794)
Asociación de desarrollo integral (ADI)	Conformada desde 1975 a raíz del surgimiento del barrio Limoncito. Contacto (Edwin Varela secretario (8939-6635)
Fuerza Pública/ Comandancia de Puerto Limón	El Programa de Seguridad Comunitaria está orientado a organizar y capacitar a los vecinos para que tomen medidas de prevención para evitar ser víctimas de la delincuencia y para que mejoren la calidad de vida en sus respectivas comunidades. Objetivos del Programa: - Fortalecer el Binomio Policía-Comunidad. - Fomentar lazos de Solidaridad entre los vecinos (as). - Promover una Cultura Preventiva Comunal. - Prevenir la incidencia delincuencial en las comunidades. - Mejorar la calidad de vida mediante la participación y la organización comunitaria. - Aumentar el sentimiento de seguridad ciudadana. Mayor Información a: Coordinador(a) Nacional: Diana Solano Granados Correo: diana.solano@fuerzapublica.go.cr Teléfono: 2226-2322 (Fuente: http://www.fuerzapublica.go.cr, 2011) Contacto en Limón: Int. Manuel Salas Corrales (Tel: 2758-1285 ext. 111/ 8824-0323)
Comité de Caminos	Comprende las comunidades de Barrio limoncito, Barrio Quinto, Los Lirios y Ceibón. Se conformó hace dos años y cuenta con 6 miembros aproximadamente. Sus principales áreas de trabajo son el mejoramiento de caminos y el alcantarillado. Contacto: Manuel Sánchez Masís (Tel: 8881-2432)

Cuadro 2. Inventario de organizaciones comunales e instituciones en el AIPD (Continuación)

Organización	Características
Comité de Deportes	Comprende las comunidades de Barrio Limoncito, Barrio Quinto y Los Lirios. Se conformó hace 3 años y cuenta con 4 miembros. Su principal área de trabajo es fomentar el deporte por medio de la práctica de fútbol. Los proyectos que tienen vigentes en las comunidades son la limpieza permanente de la cancha y realización de campeonatos, para lo cual trabajan en conjunto con el Comité Cantonal de Deportes y la ADI. Para financiar las actividades realizan rifas, reciben aportes de miembros de grupos y ayuda de la ADI.
Comité de la Iglesia Católica	Se encarga de dar servicio de alimentación a indigentes, así como contribuciones periódicas de la canasta básica a algunas familias de escasos recursos. Contacto: Amelia Cuadra Córdoba (Tel: 8443-1761)
Comité de Salud	Comprende a barrio Limoncito y barrio Quinto. Se conformó hace 3 años aproximadamente. Cuenta con 5 miembros, sin embargo no es estable. Organiza campañas contra el dengue y apoyan labores del EBAIS. Actualmente tienen el proyecto de construcción de una Clínica para Limoncito. Contacto: Elizabeth Madrigal (Tel: 6008-9529)
Grupo de Guías y Scouts No. 114	Cuenta con 80 miembros juveniles activos repartidos en tres secciones: Manada (5-10 años), Tropa (10-15 años) y Wak (15-18 años). Como parte de las actividades de servicio a la comunidad realizan periódicamente la limpieza de playas y ríos, entre los cuales se encuentra el río Limoncito. Sus principales áreas de trabajo son: - Corporeidad - Desarrollo físico - Creatividad - Carácter - Espiritualidad - Sociabilidad - Afectividad. Contacto: Diana Mc Lean Aguilar (Tel: 2758-0169)
Grupo de Mujeres "Manos a la obra" (Organizado por el IMAS)*	El Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS) es una de las instituciones promotoras de este proyecto, el cual trabaja con 10 mujeres jefas de hogar, quienes reciben un subsidio por la recolección de desechos sólidos para reciclaje. Entre los vínculos con otras organizaciones, el proyecto contó con el apoyo de la Pastoral Social de Barrio Quinto para la recolección de desechos sólidos, así como con la concientización social a la comunidad durante el 2010 al 2012. Contacto: Sonia Quirós Chi (8731-8184)

Cuadro 2. Inventario de organizaciones comunales e instituciones en el AIPD (Continuación)

ORGANIZACIÓN	CARACTERÍSTICAS
Junta del CENCINAI	Comprende los barrios Pueblo Nuevo, La Colina, Los Cocos, Limoncito y Los Lirios. Se creó hace aproximadamente 25 años. Recibe a 42 niños para la repartición de leche. 38 niños asisten a comidas servidas. Está conformada por 9 personas, de las cuales 4 son funcionarias del Ministerio de Salud y una maestra de preescolar. El próximo año (2014), en las nuevas instalaciones se pretende realizar un programa de Cuido de niños, hijos de madres adolescentes y mujeres que estudian. Reciben apoyo de: -Dentistas de centros médicos privados: realizan revisiones a los niños. -Dos Pinos: dona la leche del centro. -DINADECO: financia proyectos que la junta directiva presenta. Contacto: Alicia Smith Benz (Tel: 8759-9962)

Fuente: Elaborado por Equipo de Procesos Participativos, ProDUS-UCR, 2013; con base en los resultados obtenidos de las entrevistas a profundidad y reuniones con la comunidad e instituciones.

*IMAS: Instituto Mixto de Ayuda Social



Fotografía 7.2.2-6. Actividad lúdica en el Río Limoncito
Fuente: Trabajo de campo ProDUS-UCR, 2013.

Las plazas de deportes, el río, humedal y diversos canales tienen un lugar importante en el imaginario social de la comunidad como espacios disponibles para la realización de actividades lúdicas, encuentro y socialización entre vecinos. No obstante la inseguridad ciudadana mencionada en párrafos anteriores como una de las principales problemáticas que aqueja de diferentes maneras a los barrios de Limoncito, ha influido en la disminución paulatina de su uso[4].

Aspectos laborales

Según las entrevistas realizadas las personas habitantes de Limoncito y alrededores actualmente se desempeñan en empresas como RECOPE, JAPDEVA, ICE, DECAR, Chiquita y COBAL. Mantienen labores en los tres muelles principales (muelle metálico

[4] Ibíd.

construido en los años 70, muelle Alemán y muelle de Moín). También trabajan en clínicas, escuelas y actividades informales como zapatería, panadería, ventas ambulantes, reciclaje y soldadura[5].

Aspectos socioculturales

La vida social y cultural de las comunidades ha ido mermando conforme aumenta la percepción de inseguridad ciudadana en los pobladores de la zona quienes temen organizar y/o asistir a actividades organizadas en espacios públicos por la posibilidad de verse expuestos a algún hecho delictivo. La falta de recursos también ha incidido en la disminución paulatina de iniciativas relacionadas. Los y las entrevistadas comentaron que en años anteriores se realizaron turnos, fiestas comunales, bingos y corridas de toros con apoyo de personajes emblemáticos de la comunidad como "Chicha bruja".



Fotografía 7.2.2-7. Grupo focal con la comunidad de Barrio Limoncito
Fuente: Trabajo de campo ProDUS-UCR, 2013.

En la actualidad existen algunos esfuerzos de actividades comunitarias como por ejemplo los campeonatos de fútbol organizados por el Comité de Seguridad y Comité de Deportes. Asimismo las iglesias de diferentes nominaciones religiosas llevan a cabo encuentros en los que se acoge gran cantidad de población.

Ejemplo de ello son las celebraciones organizadas por la iglesia católica, por medio de la cual se organizan procesiones, ventas de comidas y ferias con motivo del día de los santos, la semana santa, navidad, entre otras fechas. Además se celebra la misa una vez por semana.

Las iglesias evangélicas realizan cultos, ferias, retiros o paseos con sus feligreses, además de campañas donde colocan toldos en un periodo de 3 días y reciben a personas interesadas.

En cuanto a las comidas y bebidas tradicionales aún presentes en la comunidad, se encuentran:

- Rice and beans
- Rondón
- Sopa de mariscos
- Pescado con coco y chile

[5] Ibíd.

- Bochinche limonense
- Patacones
- Fresco de hiel
- Olla de carne

El principal juego de la población infantil es el fútbol, aunque permanecen juegos tradicionales como bolinchas, quedó, volar papalotes y carreras. Según las personas participantes de la reunión realizada el 16 de julio en la comunidad, estas actividades se realizan principalmente en el interior de las viviendas o en algunas ocasiones en la calle frente a las mismas ya que siempre se busca un espacio cercano y seguro.

Aunque la frecuencia e intensidad de uso de plazas y áreas verdes en las comunidades ha disminuido paulatinamente debido a que son percibidas como espacios de inseguridad; todavía se consideran lugares importantes que sometidos tanto a una renovación física como social, podrían contribuir en mejorar el bienestar colectivo y devolver la confianza en los espacios públicos de los barrios.

Prácticas de relación con el entorno

Existen puntos de referencia importantes en la comunidad. Entre ellos se encuentran la Escuela de Limoncito, Iglesia Católica, Iglesia Evangélica, CENCINAI y la Feria del Agricultor realizada en Barrio Quinto.

El río Limoncito, al igual que la plaza Paniagua y plaza de Barrio Quinto también tienen un significado para sus pobladores. El río es considerado por algunas personas como un elemento característico del paisaje de la zona y por tanto es parte de la identidad colectiva. Sin embargo, las percepciones de inseguridad ciudadana, contaminación por desechos sólidos y descarga de aguas residuales de las viviendas en su interior, han traído como consecuencia la disminución en la frecuencia de visitación de su ribera y realización de actividades recreativas que anteriormente fueron muy frecuentes en éste, como por ejemplo la natación y pesca.

Actualmente en algunas giras de campo y por referencias de las personas entrevistadas, así como los participantes de las reuniones; ha sido posible observar algunos tramos con niños bañándose en el río, así como también personas que se acercan para ver los peces, lagartos y tortugas que allí habitan.



Fotografía 7.2.2-8. Ejemplo de fauna en los linderos del Río Limoncito
Fuente: Trabajo de campo ProDUS-UCR, 2013.

Por otra parte desde la conformación de los primeros asentamientos en esta área, ha existido una estrecha relación entre los pobladores y el humedal, actualmente conocido como Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito. Éste ha sido proveedor de recursos para subsistencia y receptor del crecimiento informal de la zona. Sus límites se modifican conforme avanza el establecimiento de viviendas en su interior, en tanto según algunos participantes de la reunión realizada el 16 de julio en la comunidad, los patrullajes por parte del Comité de Vigilancia de los Recursos Naturales (COVIRENAS) ha disminuido significativamente, poniéndose en riesgo la calidad ambiental de este ecosistema.

Para algunas personas la relación que tienen los vecinos del barrio con el Humedal está mediada por una falta de consciencia social respecto al valor natural de este espacio, el cual alberga especies de animales como: congos y pizotes; al mismo tiempo en que funciona como zona de amortiguamiento al desarrollo urbano y las inundaciones que suceden en sectores aledaños.

7.2.2.3 Conclusiones

La conformación de la comunidad de Limoncito es el resultado de la falta de acceso a la tierra y la búsqueda de una mejor calidad de vida, por parte de la población afrocaribeña y mestizo-meseteña. Sus orígenes se remiten a una conformación espontánea y sin planificación integral en los alrededores del Río Limoncito y el Humedal lo cual generó, desde un principio, el limitado acceso a servicios básicos, deterioro y/o ausencia de la infraestructura pública, inseguridad ciudadana y condición de inhabitabilidad de algunos sectores del Humedal.

Los sectores a intervenir a través del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito" enfrentan problemáticas diversas las cuales son consecuencia directa de la historia de Puerto Limón, la presión generada por su crecimiento urbano descontrolado, ocupación de zonas no aptas para viviendas, el desempleo y la falta de oportunidades para sus habitantes. Aunque dicho proyecto pretende realizar una mejora a la calidad de vida de la población por medio de la inversión en infraestructura; no se pueden ignorar los problemas sociales existentes, los cuales podrían afectar el desarrollo del mismo. Es indispensable que las medidas de compensación y mitigación propuestas contemplen la inversión tanto física como social y cultural.

Entre las principales fortalezas de la zona sobresale la capacidad organizativa de sus habitantes y la presencia institucional por parte del CENCINAI, centros educativos, iglesias, EBAIS y el IMAS. Además, se pueden aprovechar las iniciativas existentes en las iglesias y actividades organizadas por el Comité de Deportes para estimular la participación y uso de los espacios públicos. Simultáneamente se podrían generar nuevos espacios para la recreación de los habitantes, según las necesidades identificadas.

Aunque en el presente informe se hizo un esfuerzo por presentar un inventario de organizaciones e instituciones relacionadas con el AIPD es fundamental conocer las organizaciones existentes en el área, así como las diferentes instituciones que han tenido proyectos en ésta con el fin de establecer mecanismos efectivos de cooperación entre las mismas.

El trabajo en conjunto, persiguiendo objetivos claros, comunes y en busca del bienestar colectivo debe convertirse en directriz para la puesta en marcha de los distintos planes de gestión ambiental como por ejemplo: plan de manejo de desechos sólidos, plan de restauración y reforestación, plan de seguridad, plan de capacitación local, entre otros.



Fotografía 7.2.2-9. Dinámica cotidiana del Barrio Limoncito
Fuente: Trabajo de campo ProDUS-UCR, 2013.

El paisaje natural es un elemento fundamental en la dinámica cotidiana de las personas pobladoras, quienes viven el espacio a partir de diferentes actividades que generan el intercambio social entre niños, jóvenes y adultos. Éste se ve representado principalmente por el río y la ribera arbolada que le caracteriza, aunque también incluye al Humedal y los diferentes canales que comunican con éste. Se conforma así una unidad paisajística compleja donde el componente social y su sentido de pertenencia hacia ésta se deben tomar en cuenta para determinar los impactos del proyecto y de qué manera se puede compensar efectivamente cualquier cambio introducido en ella.

Al respecto es posible afirmar que aunque el uso de estos recursos naturales ha disminuido paulatinamente por la contaminación e inseguridad, todavía persisten en el imaginario social como elementos identitarios de la comunidad y puntos de referencia importantes en el sector.

7.2.3 Generalidades Socioeconómicas de la Zona de Estudio

Este documento pretende evaluar de manera general algunos componentes socioeconómicos de la estructura, evolución y característica de la población en la zona de estudio, lo cual es relevante para comprender el tipo de población afectada y el posible impacto social de las inversiones que se pretenden realizar en el control de inundaciones. Además estudiar las características de la población es importante como insumo para la aplicación de encuestas y complemento para otros componentes del estudio de impacto ambiental.

- **Población Económicamente Activa y Desempleo**

La zona de estudio cuentan con una población económicamente activa (PEA) de 8.509 personas (36% de la población total), de las cuales 8.134 están empleadas y solo 375 están desempleadas, lo que representa una tasa de desempleo abierto de 4,41% más baja que la del distrito de Limón y el cantón de Limón, pero más alta que el promedio nacional (3,41%). En la zona de estudio, el porcentaje de inactivos es de 40,9%, porcentaje similar al nacional (40,3%). Es importante mencionar que el desempleo abierto no incorpora el desempleo invisible ni visible, es decir los problemas asociados a empleos que son parciales o no cumplen con los horarios de 40 horas semanales o trabajos informales donde no se paga el mínimo de ley, por lo que podría estar escondiendo un gran problema en la zona de estudio relacionado con la calidad del empleo y todos los problemas sociales asociados a este fenómeno.

Cuadro 7.2.3-1 Zonas de Estudio. Población ocupada, desocupada e inactiva, 2011.

		Inactivos	Desempleados	Empleados	PEA	Tasa de desempleo
Costa Rica		**1733290,00**	**59089,00**	**1674275,00**	**1733364,00**	**3,41%**
Cantón Limón		**39355,00**	**1623,00**	**30492,00**	**32115,00**	**5,05%**
Distrito Limón		**25104,00**	**1180,00**	**21102,00**	**22282,00**	**5,30%**
Total Zonas de Estudio		**9699,00**	**375,00**	**8134,00**	**8509,00**	**4,41%**
Estadística de las UGM de la zona de estudio	***Total***	9699,00	375,00	8134,00	8509,00	4,41%
	Media	47,41	1,82	39,49	41,31	4,59%
	Mediana	38,00	1,00	31,00	33,00	3,23%
	Moda	17,00	0,00	42,00	29,00	0,00%
	Desviación Estándar	38,63	2,31	30,89	32,28	5,97%
	Mínimo	2,00	0,00	2,00	2,00	0,00%
	Máximo	295,00	15,00	215,00	230,00	33,33%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

- **Distribución de los ocupados por sector económico, ocupación y categoría**

La población ocupada suele clasificarse por sector económico entre primario, secundario y terciario, con el fin de establecer qué sector económico es predominante. El sector primario incluye las actividades agropecuarias, la pesca, así como las actividades de explotación de minas y canteras.
Por otro lado, las actividades de industrias manufactureras y de construcción componen el sector secundario. Las actividades de servicios, que incluyen los servicios financieros, de transporte, de enseñanza, de hoteles y restaurantes entre otros, constituyen el sector terciario.

El cuadro 7.2.3-2 muestra la clasificación de la población ocupada por rama de actividad económica, para la zona de estudio.

La zona de estudio está concentrada en el sector servicios, donde más del 80% de las personas se dedica a estas actividades, principalmente actividades de comercio al por mayor y al por menor y en menor medida trabajos relacionados con educación, salud, seguridad u otras actividades del sector público, que en la mayoría de los casos tienden a ofrecer mayor salarios.
En cuanto a la industria, cerca del 14% de las personas se dedican a éste tipo de actividades. Por último el sector primario es el que tiene menos participación de las personas en la zona de estudio, siendo ésta menor al 5%. En comparación con el resto del país, la zona de estudio presenta mayor concentración en actividades del sector terciario, pues en Costa Rica éste porcentaje es cercano al 68%, muy similar al del cantón de Limón (69,3%).

Cuadro 7.2.3-2 Zonas de Estudio. Empleados según rama de actividad, 2011.

	Sector Primario		Sector Secundario		Sector Terciario		Total	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
Costa Rica	232895	13,9%	299604	17,9%	1141776	68,2%	1674275	100,0%
Cantón Limón	5289	17,3%	4065	13,3%	21138	69,3%	30492	100,0%
Distrito Limón	824	3,9%	3025	14,3%	17253	81,8%	21102	100,0%
Total zonas de estudio	322	4,3%	1078	14,3%	6125	81,4%	7525	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

La categoría ocupacional de los trabajadores, los agrupa de acuerdo a si el trabajador se desempeña como patrón, trabajador por cuenta propia, empleado (de empresa privada, sector público o particular) y ayudante sin pago.

En la zona de estudio, 438 personas trabajan como patronos (5,8%) y 1.400 (18,6%) como trabajadores por cuenta propia. La mayor cantidad de personas empleadas lo hacen en empresas privadas (47,5%) y solo un 0,9% se desempeña como ayudante sin pago.

Como se aprecia en el cuadro 7.2.3-3, en el cantón de Limón y a nivel nacional, el porcentaje de trabajadores en empresas privadas es muy cercano al de la zona de estudio (52,1% en el país, 48% en el cantón de Limón y 47,5% en la zona de estudio).

La zona de estudio se caracteriza por tener un porcentaje mayor de trabajadores en el sector público (23,5%) en comparación al cantón de Limón (23,1%) y el promedio nacional (15,3%), esto se debe probablemente al papel que juega instituciones como JAPDEVA, RECOPE y otras instituciones del estado en la generación de empleo dentro de la zona.

Cuadro 7.2.3-3 Zonas de Estudio. Empleados según categoría ocupacional, 2011

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de Estudio	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
Patrono	109492	6,5%	1673	5,5%	1303	6,2%	438	5,8%
Trabajador por cuenta propia	344580	20,6%	5690	18,7%	3586	17,0%	1400	18,6%
Empleado empresa privada	871907	52,1%	14627	48,0%	9175	43,5%	3571	47,5%
Empleado sector público	255839	15,3%	7058	23,1%	6110	29,0%	1772	23,5%
Empleado particular	74553	4,5%	1015	3,3%	764	3,6%	273	3,6%
Ayudante sin pago	17904	1,1%	429	1,4%	164	0,8%	71	0,9%
Total	1674275	100,0%	30492	100,0%	21102	100,0%	7525	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

En cuanto a tipo de ocupación,en el cuadro 7.2.3-4 se puede ver como cerca de 0,7% de los trabajadores tienen un puesto en el nivel directivo en la zona de estudio, mientras que 24,5% tienen puestos en venta de locales y prestación de servicios, y un 21,1% tienen empleos no calificados.

Relativamente, los porcentajes en la zona de estudio son similares a los del cantón y distrito de Limón y al nivel nacional, con excepción de los puestos en nivel profesional (8,4% en la zona de estudio) y agropecuario calificado (1,4%) que son menores en la

zona de estudio y los de manufactura calificada (14,1%) y ensamblaje de máquinas (11,7%) que son mayores en la zona de estudio.

En cuanto al empleo no calificado, el porcentaje en la zona de estudio es menor al porcentaje nacional (21,6%) al del cantón de Limón (26,5%) pero mayor al del distrito de Limón (17,4%). La información de empleo no calificado que afecta a uno de cada 5 trabajadores es importante tomarla en cuenta, ya que este tipo de empleo es el que genera menos ingresos a los hogares y por lo general estas familias se encuentran por debajo de la linea de pobreza y pobreza extrema.

Cuadro 7.2.3-4 Zonas de Estudio. Empleados según tipo de ocupación, 2011.

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de Estudio	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
Nivel Directivo	25409	1,5%	275	0,9%	244	1,2%	51	0,7%
Nivel Profesional	235165	14,0%	3323	10,9%	2951	14,0%	633	8,4%
Nivel Técnico	169002	10,1%	2389	7,8%	2083	9,9%	643	8,5%
Apoyo Administrativo	130588	7,8%	2566	8,4%	2237	10,6%	724	9,6%
Venta de locales	337366	20,1%	6351	20,8%	4914	23,3%	1843	24,5%
Agropecuario calificado	75155	4,5%	1133	3,7%	235	1,1%	104	1,4%
Manufactura calificada	194030	11,6%	3629	11,9%	2680	12,7%	1062	14,1%
Ensamblaje y operación de máquinas	146330	8,7%	2733	9,0%	2080	9,9%	878	11,7%
No Calificado	361230	21,6%	8093	26,5%	3678	17,4%	1587	21,1%
Total	1674275	100,0%	30492	100,0%	21102	100,0%	7525	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

- **Perfil Socieconómico de la Población Económicamente Activa (PEA)**

La población económicamente activa se compone de las personas que se encuentran ocupadas y aquellas desocupadas pero que estan buscando trabajo, la importancia de analizar este indicador es que permite tener un panorama del tamaño del mercado

laboral. Para caracterizarla, se va a analizar el nivel educativo de las personas en la PEA y los rangos de edad de éstos.

El cuadro 7.2.3-5 muestra el nivel educativo de los empleados en la zona de estudio, la mayoría presentan secundaria incompleta (27,2%) o primaria completa (22,8%), seguidos por los que han completado la secundaria (20,9%) y los que tienen algun grado universitario cursado (18%).

Relativamente, el porcentaje de empleados con algún grado universitario en la zona de estudio es mucho menor al nacional (27,8%), del cantón de Limón (21,5%) y del distrito de Limón (27,2%), mientras que el porcentaje de empleados con secundaria incompleta es mayor al nacional (19,8%) y similar en el Cantón y distrito de Limón (22,7% y 24,5% respectivamente).

El hecho de que seis de cada diez trabajadores no haya completado la secundaria, explica en parte el tipo de empleo que desempeñan las personas en la zona de estudio, en su mayoría relacionados al comercio u servicios que no demandan de un grado importante de capacitación técnica y normalmente se asocia a empleos no calificados.

Cuadro 7.2.3-5 Zonas de Estudio. Nivel educativo de los empleados, 2011

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de Estudio	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
Primaria Incompleta	166037	9,9%	3540	11,6%	1579	7,5%	728	9,7%
Primaria Completa	427915	25,6%	6836	22,4%	3609	17,1%	1719	22,8%
Secundaria Incompleta	331266	19,8%	6936	22,7%	5162	24,5%	2050	27,2%
Secundaria Completa	248057	14,8%	5743	18,8%	4770	22,6%	1573	20,9%
Algún Grado Universitario	465917	27,8%	6560	21,5%	5741	27,2%	1353	18,0%
Ningún Grado	35083	2,1%	877	2,9%	241	1,1%	102	1,4%
Total	1674275	100,0%	30492	100,0%	21102	100,0%	7525	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Los rangos de edad de las personas empleadas en la zona de estudio muestran que la mayoría de personas con trabajo tiene entre 31 y 50 años (46,9%) y seguidos de los de 21 y 30 años (28,9%). El hecho de que cerca de la mitad de la población que trabaja se encuentre entre los 31 y 50 años se explica por el bono demográfico, situación que se presenta actualmente a todo el país, que consiste en las repercusiones de las altas tasas de fecundidad que se dieron en las décadas 70 y 80.

Es importante mencionar que en el mediano y corto plazo la zona de estudio tiene un gran reto asociado al alto porcentaje de población que aún es menor de 18 años que estará

generando mayores presiones sobre los mercados de vivienda y servicios, y actualmente y en especial durante los próximos 10 a 15 años la demanda ira siendo cada vez mayor. Además conforme esta población vaya alcanzando mayores edades se irán incorporando en los mercados de trabajo presionando sobre un mercado de trabajo que actualmente es incapaz de proveerles opciones laborales de calidad.

En la zona de estudio, las personas empleadas tienen una distribución en cuanto a edad muy similar a la nacional, del cantón y del distrito de Limón. En cuanto a menores de 20 años, el porcentaje de trabajadores en la zona de estudio es menor al nacional, mientras que el porcentaje de 50 años es mayor en la zona de estudio que a nivel nacional. El cuadro 7.2.3-6 muestra la información.

Cuadro 7.2.3-6 Zonas de Estudio. Rangos de edad de los empleados, 2011

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de Estudio	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
Menos de 20	100554	6,0%	1582	5,2%	906	4,3%	379	5,0%
De 21 a 30	489358	29,2%	8344	27,4%	5652	26,8%	2174	28,9%
De 31 a 50	784016	46,8%	14607	47,9%	10244	48,5%	3526	46,9%
Más de 50	300347	17,9%	5959	19,5%	4300	20,4%	1446	19,2%
Total	1674275	100%	30492	100%	21102	100%	7525	100%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

- **Aseguramiento Social**

Del total de personas en las zonas de estudio, cerca de un 20% no cuenta con algún tipo de seguro social. Este porcentaje es alto comparado con el distrito (15,7%) y cantón de Limón (15,3%) así como el promedio nacional (14,5%).

Cuadro 7.2.3-7 Zonas de Estudio. Población con seguro social, 2011

		Con algún tipo de seguro	Sin seguro social	Total de personas	Porcentaje sin seguro social
Costa Rica		**3677912**	**623800**	**4301712**	**14,50%**
Cantón Limón		**79887**	**14528**	**94415**	**15,39%**
Distrito Limón		**51442**	**9630**	**61072**	**15,77%**
Total zonas de estudio		**19001**	**4728**	**23729**	**19,92%**
Estadística de las UGM en la zona de estudio	***Total***	***19001***	***4728***	***23729***	***19,92%***
	Media	92,24	22,95	115,19	20,25%
	Mediana	76,50	16,00	93,00	18,93%
	Moda	87,00	9,00	66,00	20,00%

Cuadro 7.2.3-7 Zonas de Estudio. Población con seguro social, 2011 (Continuación)

		Con algún tipo de seguro	Sin seguro social	Total de personas	Porcentaje sin seguro social
Estadística de las UGM en la zona de estudio	Desviación estándar	73,74	21,41	92,16	10,11%
	Mínimo	7	0	11	0,00%
	Máximo	533	150	683	59,26%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

- **Características de los Jefes de la Zona de Estudio**

El nivel educativo del jefe de hogar se encuentra claramente relacionado con el nivel de ingresos de los hogares, pues a mayor educación mayores ingresos y menores niveles de pobreza. En el caso de la zona de estudio, existen cerca de 6.643 jefes según el censo de población y vivienda del 2011, de los cuales solo el 12,1% cuentan con estudios universitarios, valor menor al promedio nacional (21,6%), el cantón de Limón (15,9%) y el distrito (19,5%).

Costa Rica en los últimos años ha presentado un problema de "feminización de la pobreza" esto quiere decir que las jefas de hogar cuentan con mayores tasas de pobreza y pobreza extrema si se compran con los hombres, lo cual se debe a múltiples razones dentro de las cuales están los problemas de acceso al mercado laboral en parte relacionado con los bajos niveles educativos que estas mujeres presentan así como la falta de oportunidades de asistencia como centros de cuido para los niños. Los datos del censo del 2011 muestran que en la zona de estudio un 4,9% de los jefes son mujeres, de estas el 14,6% cuenta con estudios universitarios, valores menores al promedio nacional (22,6%) y del cantón (18,9%).

Cuadro 7.2.3-8 Zonas de Estudio. Jefes y jefas de hogar con universidad, 2011.

		Jefatura con Universidad	Total Jefaturas	Porcentaje Jefatura con Universidad	Jefatura Femenina con Universidad	Total Jefatura Femenina	Porcentaje Jefatura Femenina con Universidad
Costa Rica		**262996**	**1236981**	**21,26%**	**84204**	**370881**	**22,70%**
Cantón Limón		**4080**	**27049**	**15,08%**	**1671**	**8840**	**18,90%**
Distrito Limón		**3564**	**18245**	**19,53%**	**1508**	**6709**	**22,48%**
Total zonas de estudio		**805**	**6643**	**12,12%**	**328**	**2241**	**14,64%**
TOTAL ZONAS	***Total***	***805***	***6643***	***12,12%***	***328***	***2241***	***14,64%***
	Media	3,91	32,25	11,91%	1,62	11,04	13,33%
	Mediana	2	25,5	8,89%	1	9	8,33%
	Moda	1	20	0,00%	0	6	0,00%

Cuadro 7.2.3-8 Zonas de Estudio. Jefes y jefas de hogar con universidad, 2011 (Continuación)

		Jefatura con Universidad	Total Jefaturas	Porcentaje Jefatura con Universidad	Jefatura Femenina con Universidad	Total Jefatura Femenina	Porcentaje Jefatura Femenina con Universidad
TOTAL ZONAS	Mínimo	0	2	0,00%	0	1	0,00%
	Máximo	33	165	89,19%	13	54	88,89%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Del total de jefes en las zonas de estudio, 14,2% de ellos trabaja en ocupaciones no calificadas. A nivel nacional este porcentaje es similar (14,9%), mientras que en el cantón de Limón este porcentaje es relativamente mayor (18,5%) y en el distrito de Limón es menor (11,81%).

Por otra parte, un 15,5% de todos los jefes en las zonas de estudio trabajan en el sector público, lo cual representa un porcentaje mayor que a nivel nacional (10,24%) y que en el cantón de Limón (14,57%), pero menor al distrito de Limón (18,81%).

Cuadro 7.2.3-9 Zonas de Estudio. Jefes con trabajo calificados y no calificados, 2011.

		No calificados	Total de jefes	Porcentaje No Calificados	Jefes que trabajan en el sector público	Porcentaje Sector Público
Costa Rica		**184272**	**1236981**	**14,90%**	**126667**	**10,24%**
Cantón Limón		**5000**	**27049**	**18,48%**	**3942**	**14,57%**
Distrito Limón		**2154**	**18245**	**11,81%**	**3432**	**18,81%**
Total zonas de estudio		**945**	**6643**	**14,23%**	**1030**	**15,51%**
TOTAL ZONAS	***Total***	***945***	***6643***	***14,23%***	***1030***	***15,51%***
	Media	4,59	32,25	14,40%	5,00	15,17%
	Mediana	3,00	25,50	12,50%	4,00	12,50%
	Moda	1,00	20,00	0,00%	4,00	0,00%
	Desviación estándar	4,85	24,95	11,54%	4,80	10,95%
	Mínimo	0	2	0,00%	0	0,00%
	Máximo	33	165	88,89%	35	48,00%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011

- **Características de las Viviendas**

La zona de estudio tiene en total 7.188 viviendas, distribuidas en las 206 Unidades Geo estadísticas Mínimas, cada una con un promedio de 35 viviendas, con un mínimo de 4 viviendas a un máximo de 183 viviendas por UGM.

En la zona de estudio 86% de las viviendas cuentan con acceso agua potable mediante un acueducto del AyA y menos de 2% mediante un acueducto rural y comunal. En comparación, tanto la zona de estudio como el distrito de Limón tienen el mismo porcentaje de viviendas con acceso a acueducto del AyA (86%) lo cual representa cerca del doble del porcentaje nacional (43,7%). En comparación con el nivel nacional, en la zona de estudio solo un porcentaje muy pequeño tiene acceso a acueductos rurales, municipales o privados (Cuadro 7.2.3-10).

Cuadro 7.2.3-10 Acceso a agua potable en la zona de estudio, 2011

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de Estudio	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
NA	148661	10,9%	3108	10,4%	1846	9,3%	615	8,6%
Acueducto rural o comunal	289509	21,3%	3256	10,9%	429	2,2%	140	1,9%
Acueducto Municipal	185523	13,6%	164	0,6%	126	0,6%	75	1,0%
Acueducto del AyA	594043	43,7%	19301	64,8%	17128	86,0%	6182	86,0%
Acueducto privado	58916	4,3%	157	0,5%	33	0,2%	11	0,2%
Pozo	47927	3,5%	1314	4,4%	115	0,6%	75	1,0%
Río o Quebrada	29063	2,1%	2094	7,0%	37	0,2%	15	0,2%
Otra Fuente	6983	0,5%	380	1,3%	193	1,0%	75	1,0%
Total	1360625	100,0%	29774	100,0%	19907	100,0%	7188	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

En la zona de estudio 6.339 viviendas de 7.188 tienen acceso a agua mediante tuberías (88,2%), mientras que solo 234 no cuentas con acceso (3,3%). Relativamente, el porcentaje de las viviendas que tiene acceso, es mayor al nacional (86,9%) y al del cantón de Limón (83,1%), pero menor al del distrito de Limón (88,4%). Esta información se presenta en el cuadro 7.2.3-11.

Cuadro 7.2.3-11 Acceso a tuberías para agua potable en la zona de estudio, 2011

	NA		Tiene acceso a tubería		No tiene acceso a tuberia		Total	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
Costa Rica	148661	10,9%	1182824	86,9%	29140	2,1%	1360625	100,0%
Cantón Limón	3108	10,4%	24756	83,1%	1910	6,4%	29774	100,0%
Distrito Limón	1846	9,3%	17591	88,4%	470	2,4%	19907	100,0%
Zona de Estudio	615	8,6%	6339	88,2%	234	3,3%	7188	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Por otra parte, como muestra el cuadro 7.2.3-12 en cuanto a acceso a electricidad en la zona de estudio, un 91,2% de las viviendas tienen acceso, y solo un 0,3% no. Esto representa un porcentaje mayor al nacional (88,1%), al del cantón (85,5%) y al del distrito de Limón (90,4%).

Cuadro 7.2.3-12 Acceso a electricidad en la zona de estudio, 2011

	NA		Tiene acceso a electricidad		No tiene acceso a electricidad		Total	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
Costa Rica	148661	10,9%	1198431	88,1%	13533	1,0%	1360625	100,0%
Cantón Limón	3108	10,4%	25454	85,5%	1212	4,1%	29774	100,0%
Distrito Limón	1846	9,3%	17987	90,4%	74	0,4%	19907	100,0%
Zona de Estudio	615	8,6%	6552	91,2%	21	0,3%	7188	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

En la zona de estudio, un 69,1% de las viviendas cuentan con tanque séptico, y un 17,3% alcantarillado sanitario, mientras que un 0,8% no tiene servicio sanitario. Menos de un 5% de las viviendas tienen salida a acequia o río, letrina o hueco de pozo. El cuadro 7.2.3-1 muestra los datos.

El porcentaje de viviendas con tanque séptico en la zona de estudio es muy similar al nacional (66,9%), y mayor al del cantón y distrito de Limón (56,9% y 54,4% respectivamente). En cuanto a alcantarillado sanitario, el porcentaje es también similar al nacional (18,3%) pero menor menor al 32% del distrito de Limón. En cuanto a las viviendas que no cuentan con acceso a servicio sanitario, el porcentaje es mayor al nacional y al del distrito de Limón, pero menor al del cantón de Limón.

Cuadro 7.2.3-13 Acceso a servicio sanitario en la zona de estudio, 2011

	Costa Rica		Cantón Limón		Distrito Limón		Zona de Estudio	
	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo	Absoluto	Relativo
NA	148661	10,9%	3108	10,4%	1846	9,3%	615	8,6%
Alcantarillado Sanitario	249116	18,3%	7041	23,6%	6499	32,6%	1242	17,3%
Tanque Séptico	909786	66,9%	16934	56,9%	10825	54,4%	4965	69,1%
Salida a Acequia o Río	11294	0,8%	471	1,6%	418	2,1%	197	2,7%
Letrina o hueco de pozo	36325	2,7%	1898	6,4%	205	1,0%	109	1,5%
No tiene Servicio Sanitario	5443	0,4%	322	1,1%	114	0,6%	60	0,8%
Total	1360625	100,0%	29774	100,0%	19907	100,0%	7188	100,0%

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Del total de viviendas en la zona de estudio, 6.573 se encuentran ocupadas, lo que representan un 91,44%, 609 están desocupadas, con un correspondiente 8,47%. En cuanto a viviendas ocupadas, el porcentaje es mayor al del distrito y cantón de Limón (90,84% y 89,72% respectivamente) y al promedio nacional (89,07%). En cuanto al porcentaje de viviendas desocupadas, para la zona de estudio es más bajo que para el resto de zonas.

Cuadro 7.2.3-14 Viviendas ocupadas y desocupadas en la zona de estudio 2011

		Ocupadas	Porcentaje de viviendas ocupadas	Desocupadas	Porcentaje de viviendas desocupadas	Total de viviendas
Costa Rica		1211964	89,07%	147204	10,82%	1360625
Cantón de Limón		26713	89,72%	3061	10,28%	29774
Distrito de Limón		18084	90,84%	1823	9,16%	19907
Total de zonas de estudio		23120	97,43%	609	2,57%	23729
TOTAL ZONAS	**Total**	**23120**	**0,97**	**609**	**2,57%**	**23729**
	Media	112	97,12%	3	2,88%	115
	Mediana	93	97,83%	2	2,17%	93
	Moda	55	100,00%	0	0,00%	66
	Desviación estándar	90	3,18%	4	3,18%	92
	Mínimo	10	82,35%	0	0,00%	11
	Máximo	665	100,00%	24	17,65%	683

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

En la zona de estudio, en 1.594 viviendas tienen carro para uso particular, lo que representa un 22,18% de las viviendas. Este porcentaje es mayor al del cantón de Limón (20,88%) pero menor al del distrito de Limón (24,58%) y al promedio nacional (33,69%). Por otra parte, 467 de las viviendas cuentan con moto (6,50%). El porcentaje de personas con moto es mayor al del distrito de Limón (6,25%) pero menor al del cantón de Limón (7,58%) y al nacional (10,0%).

Cuadro 7.2.3-15 Tenencia de carro y moto en las viviendas en la zona de estudio 2011

		Poseen carro	Porcentaje de viv. que poseen carro	Poseen moto	Porcentaje de viv. que poseen moto	Total de viviendas
Costa Rica		458339	33,69%	136030	10,00%	1360625
Cantón de Limón		6216	20,88%	2257	7,58%	29774
Distrito de Limón		4894	24,58%	1245	6,25%	19907
Total de zonas de estudio		5915	24,93%	1761	7,42%	23729
TOTAL ZONAS	**Total**	**5915**	**24,9%**	**1761**	**7,4%**	**23729**
	Media	29	25,36%	9	7,6%	115
	Mediana	24	23,24%	6	6,5%	93
	Moda	0	0,00%	0	0,0%	66
	Desviación estándar	25	15,79%	10	7,5%	92

Cuadro 7.2.3-15 Tenencia de carro y moto en las viviendas en la zona de estudio 2011 (Continuación)

		Poseen carro	Porcentaje de viv. que poseen carro	Poseen moto	Porcentaje de viv. que poseen moto	Total de viviendas
TOTAL ZONAS	Mínimo	0	0,00%	0	0,0%	11
	Máximo	188	71,43%	60	36,4%	683

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

- **Necesidades Insatisfechas**

Las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) se definen en cuatro áreas, las cuales a su vez se determinan por medio de sus componentes de la siguiente manera:

Cuadro 7.2.3-16 Dimensiones de las Necesidades Básicas Insatisfechas y los componentes que las definen

Dimensión	Componentes
Acceso a albergue digno.	• Calidad de la vivienda. • Hacinamiento. • Electricidad.
Acceso a vida saludable.	• Infraestructura físico sanitaria.
Acceso al conocimiento.	• Asistencia escolar. • Logro escolar.
Acceso a otros bienes y servicios.	• Capacidad de consumo.

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

Méndez y Trejos (2000) definen cada una de las dimensiones señaladas y sus respectivos componentes de la siguiente manera:

1) El acceso a albergue digno o de calidad es primordial para que los miembros de un hogar se protejan del medio ambiente, puedan llevar una interacción de calidad y posibilitar el desarrollo individual. Esta dimensión se subdivide en tres componentes:
   - El componente de calidad se mide con el tipo de vivienda (si es eventual o tugurio) y por el tipo y estado de los materiales de la vivienda (si son de desecho o estaban en mal estado).
   - El componente de hacinamiento se define si en las viviendas hay más de dos personas por aposento.
   - El tercer componente se basa en la ausencia de alumbrado eléctrico dentro de la vivienda.

2) El acceso a una vida saludable depende, entre otras cosas, de las condiciones sanitarias donde viven las personas y del acceso a agua potable. Las viviendas

deben tener las condiciones adecuadas para que los miembros puedan crecer en un ambiente sano, para ello se definieron dos componentes: agua potable y saneamiento (eliminación de excretas).

3) El acceso al conocimiento constituye un requerimiento mínimo para que las personas puedan integrarse adecuadamente a la vida productiva y social, por lo que se considera una necesidad básica. Para cuantificar esta carencia se consideraron dos componentes:
   - Asistencia escolar para la población de 7 a 17 años. En este componente se considera que todos aquellos hogares con al menos un miembro entre 7 a 17 años que no asista a la escuela o colegio tiene carencia.
   - Rezago escolar para la población de 7 a 17 años. Si un miembro o más asiste a la escuela o colegio pero con un rezago de más de dos años se considera que el hogar posee carencia.

4) El acceso a otros bienes y servicios se define como la capacidad de consumo, esta dimensión refleja la disponibilidad potencial de recursos del hogar, para adquirir los bienes y servicios de consumo en el mercado y, a través de ellos, los chances de vida de sus miembros (CEPAL / PNUD,1989).

Aspectos Generales de la Zona de Estudio

En la zona de estudio un 66,6% de la población no posee ningún tipo de carencia, mientras que el porcentaje conformado a nivel nacional (72,6%) y distrital (72,1%) para esta categoría es mucho mayor. No obstante, en comparación con la proporción de los hogares que no poseen carencias en el cantón de Limón (60,6%), la zona de estudio presenta una proporción mayor. Asimismo, en la zona de estudio una de cada cuatro personas presenta al menos una carencia, lo representa un valor mayor al promedio nacional (20,1%), cantonal (24,5%) y distrital (21,6%). Finalmente, en lo que concierne con la tenencia de dos, tres y cuatro carencias, la zona de estudio se comporta de una manera similar a la del promedio nacional y distrital, y además presenta menores valores que los obtenidos para el cantón en general.

Cuadro 7.2.3-17 Distribución de la población según cantidad de carencias críticas, 2011

Cantidad de carencias		Costa Rica	Cantón de Limón	Distrito de Limón	Zona de estudio
0 Carencias	**Abs**	3111216	56798	43865	15298
	%	72,6%	60,6%	72,1%	66,6%
1 Carencia	**Abs**	862857	22935	13156	5850
	%	20,1%	24,5%	21,6%	25,5%
2 Carencias	**Abs**	237633	8940	3189	1537
	%	5,5%	9,5%	5,2%	6,7%

Cuadro 7.2.3 – 17 Distribución de la población según cantidad de carencias críticas, 2011 (Continuación)

Cantidad de carencias		Costa Rica	Cantón de Limón	Distrito de Limón	Zona de estudio
3 Carencias	**Abs**	61733	4024	600	281
	%	1,4%	4,3%	1,0%	1,2%
4 Carencias	**Abs**	9624	1082	70	13
	%	0,2%	1,2%	0,1%	0,1%
Total		**4283063**	**93779**	**60880**	**22979**

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011

El cuadro 7.2.3-18 muestra la cantidad de personas, absolutas y relativas, para cada dimensión de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Es de destacar que, en las cuatro dimensiones, el porcentaje de personas que poseen algún tipo de NBI es muy superior en el cantón de Limón; además de igual manera en estas cuatro dimensiones, la segunda proporción más alta se alcanza en la zona de estudio. Esta desfavorable situación podría ser un buen indicador de la calidad de vida que se experimenta actualmente en el cantón de Limón y en la zona de estudio.

Con respecto a las personas que poseen algún tipo de NBI, se repite el patrón observado para cada una de las dimensiones de este indicador; ya que el cantón de Limón posee el mayor porcentaje de habitantes con alguna carencia de este tipo (39,4%), seguido por la zona de estudio (33,4%). Por otra parte, Costa Rica y el distrito de Limón poseen un comportamiento similar y presentan porcentajes más favorables (27,4% y 27,9% de sus respectivas poblaciones).

Este comportamiento se repite en el cuadro 7.2.3-19; no obstante, dado que en este cuadro se muestran las dimensiones de las necesidades básicas insatisfechas (NBI´s) para la población infantil (de 12 años o menos), se obtienen proporciones mayores para cada una de las dimensiones de este indicador y para cada una de las regiones estudiadas.

Cuadro 7.2.3-18 Distribución de la población para cada dimensión de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), 2011

NBI		Costa Rica	Cantón de Limón	Distrito de Limón	Zona de estudio
Albergue	**Abs**	446155	16400	6163	2800
	%	10,4%	17,5%	10,1%	12,2%
Acceso Vida Saludable	**Abs**	276684	15245	3155	1487
	%	6,5%	16,3%	5,2%	6,5%
Conocimiento	**Abs**	506980	15610	7583	3376
	%	11,8%	16,6%	12,5%	14,7%

Cuadro 7.2.3-18 Distribución de la población para cada dimensión de las Necesidade Básicas Insatisfechas (NBI), 2011 (Continuación)

NBI		Costa Rica	Cantón de Limón	Distrito de Limón	Zona de estudio
Acceso Otros Bienes	**Abs**	331999	9960	4713	2156
	%	7,8%	10,6%	7,7%	9,4%
Alguna NBI	**Abs**	1171847	36981	17015	7681
	%	27,4%	39,4%	27,9%	33,4%
Total		**4283063**	**93779**	**60880**	**22979**

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Cuadro 7.2.3-19 Distribución de la población infantil para cada dimensión de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI), 2011

NBI		Costa Rica	Cantón de Limón	Distrito de Limón	Zona de estudio
Albergue	**Abs**	134714	5943	2084	922
	%	14,8%	23,9%	14,0%	15,4%
Acceso Vida Saludable	**Abs**	74974	4958	922	432
	%	8,2%	19,9%	6,2%	7,2%
Conocimiento	**Abs**	123894	4758	2062	940
	%	13,6%	19,1%	13,8%	15,7%
Acceso Otros Bienes	**Abs**	87869	3014	1243	574
	%	9,7%	12,1%	8,3%	9,6%
Alguna NBI	**Abs**	299201	11238	4750	2163
	%	32,9%	45,1%	31,8%	36,2%
Total		**910386**	**24915**	**14918**	**5981**

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

- **Necesidades Básicas Insatisfechas de la Zona de Estudio**

La zona de estudio consta de 206 Unidades Geo-estadísticas Mínimas (UGM) que poseen datos para los componentes de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Al promediar el porcentaje de personas por UGM que no poseen ningún tipo de carencia se obtuvo una media de 66,9%; con siete UGM´s que alcanzaron el máximo del 100% y una que alcanzó el mínimo de 0%. Las UGM´s que alcanzaron el 100% son 7 y principalmente se encuentran ubicadas en la parte sur de los Lirios y de Cieneguita, en los Cocos y en Limoncito; mientras que la UGM que alcanzó el mínimo se encuentra en el este de los Lirios.

Con respecto al porcentaje de la población que posee una NBI se obtuvo un promedio de 25,7%; con un mínimo de 0% (principalmente en la misma región que alcanzó el 100% de la población con cero carencias) y un máximo de 70% alcanzado en el barrio Santa Eduviges. Asimismo para el porcentaje de la población que posee 2 NBI´s se obtuvo un mínimo de 0%, pero en este caso el máximo fue igual a 53,8% y se obtuvo al este de Los Lirios (mismo UGM que presentó un 0% de su población sin carencias), de ahí que el

promedio de personas que poseen 2 carencias ronda al 6,4% de la población. En cuanto al porcentaje promedio de la población concentrada en la zona de estudio que poseen 3 y 4 carencias se obtuvieron promedios muy bajos (igual a 1% y 0,03% de los habitantes). (Ver Cuadro 7.2.3-20)

En el Mapa 7-2.3.1 se muestra el porcentaje de la población que posee 3 y 4 carencias clasificado en 5 categorías. En este mapa se observa que los UGM´s con mayor porcentaje de la población bajo esta categoría de NBI se concentra en las zonas de Los Lirios, Limoncito y en el barrio La Trinidad. Es fundamental tomar en consideración el hecho de que poseer 3 y 4 carencias implica vivir en condiciones no dignas, tener un nivel muy bajo de acceso a los servicios de salud y de educación y/o tener una capacidad de consumo insuficiente; de manera que el conjunto de estas condiciones reflejan un nivel alto de pobreza en la población de estas zonas.

A través de los datos obtenidos en el cuadro 7.2.3-20 se puede afirmar que, en términos generales, la mayor parte de la población que reside en la zona de estudio vive en condiciones relativamente buenas y que es muy poca la población que vive en condiciones de pobreza extrema. De manera que, son pequeñas áreas dentro de la zona de estudio, las que poseen una situación desfavorable en cuanto a la satisfacción de las necesidades básicas de sus habitantes. Esto si se compara con los valores de las concentraciones de pobreza dentro de la Gran Área Metropolitana que tienen a concentrar mayor porcentajes de población con 3 y 4 carencias.

Cuadro 7.2.3-20 Porcentaje de la población por cantidad de Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) para la zona de estudio, 2011

	0 Carencias	1 Carencia	2 Carencias	3 Carencias	4 Carencias
Media	66,9%	25,7%	6,4%	1,0%	0,0%
Mediana	68,1%	24,9%	3,0%	0,0%	0,0%
Moda	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Desviación estándar	19,2%	14,5%	8,9%	3,4%	0,3%
Varianza de la muestra	3,7%	2,1%	0,8%	0,1%	0,0%
Rango	100,0%	70,0%	53,8%	23,2%	3,5%
Mínimo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Máximo	100,0%	70,0%	53,8%	23,2%	3,5%
Cuenta	206	206	206	206	206

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

Con respecto al porcentaje de la población que posee algún tipo de NBI en el acceso a un albergue digno, se obtuvo un promedio de 11,5% por UGM; con un mínimo de 0% y un máximo de 66,7% alcanzado en Cieneguita. En cuanto al porcentaje de la población que posee NBI en el acceso a una vida saludable se obtuvo un promedio de 6,3% para la zona, con un mínimo de 0% y un máximo igual a 92,4%, el cual se obtuvo en el barrio La Trinidad. Es importante observar que el mayor porcentaje de la población con algún tipo de NBI se obtuvo en el ámbito del acceso al conocimiento, ya que en esta categoría se

obtuvo un promedio de 14,3% de los habitantes de la zona, con un mínimo de 0% y un máximo de 58,8% alcanzado al sur del barrio Santa Eduviges. Por último, el promedio porcentual de personas con NBI en el acceso a otros bienes para la zona de estudio es igual a 9,6%, con un mínimo de 0% y un máximo de 69,2% en la parte este de Los Lirios (mismo UGM que presentó un 0% de su población con ninguna carencia).

En cuanto al porcentaje promedio de la población concentrada en la zona de estudio que posee algún tipo de NBI se obtuvo un promedio de 33,1% de la población, con un mínimo de 0% y un máximo de 100% en la parte oriental de Los Lirios. Asimismo se alcanzaron porcentajes muy elevados en el barrio La Trinidad, al sur del barrio Santa Eduviges y en la región suroeste de Los Lirios. Ver Cuadro 7.2.3-21 y Mapa 7-2.3.1.

Cuadro 7.2.3-21 Porcentaje de la población (menor de 12 años) para cada dimensión de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en la zona de estudio, 2011

	Albergue	Acceso Vida Saludable	Conocimiento	Acceso Otros Bienes	Alguna NBI
Media	11,5%	6,3%	14,3%	9,6%	33,1%
Mediana	8,7%	0,0%	11,9%	7,0%	31,9%
Moda	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Desviación estándar	12,3%	12,6%	12,4%	10,6%	19,2%
Varianza de la muestra	1,5%	1,6%	1,5%	1,1%	3,7%
Rango	66,7%	92,4%	58,8%	69,2%	100,0%
Mínimo	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Máximo	66,7%	92,4%	58,8%	69,2%	100,0%
Cuenta	206	206	206	206	206

Fuente: ProDUS-UCR con datos del Censo de Población y Vivienda del 2011.

7.3 SERVICIOS DE EMERGENCIA

Debido a que durante la construcción las obras se requieren la movilización de personal, el traslado de maquinaria pesada y de materiales pesados, es indispensable tener conocimiento de los lugares a los que se debe acudir en caso de presentarse una emergencia.

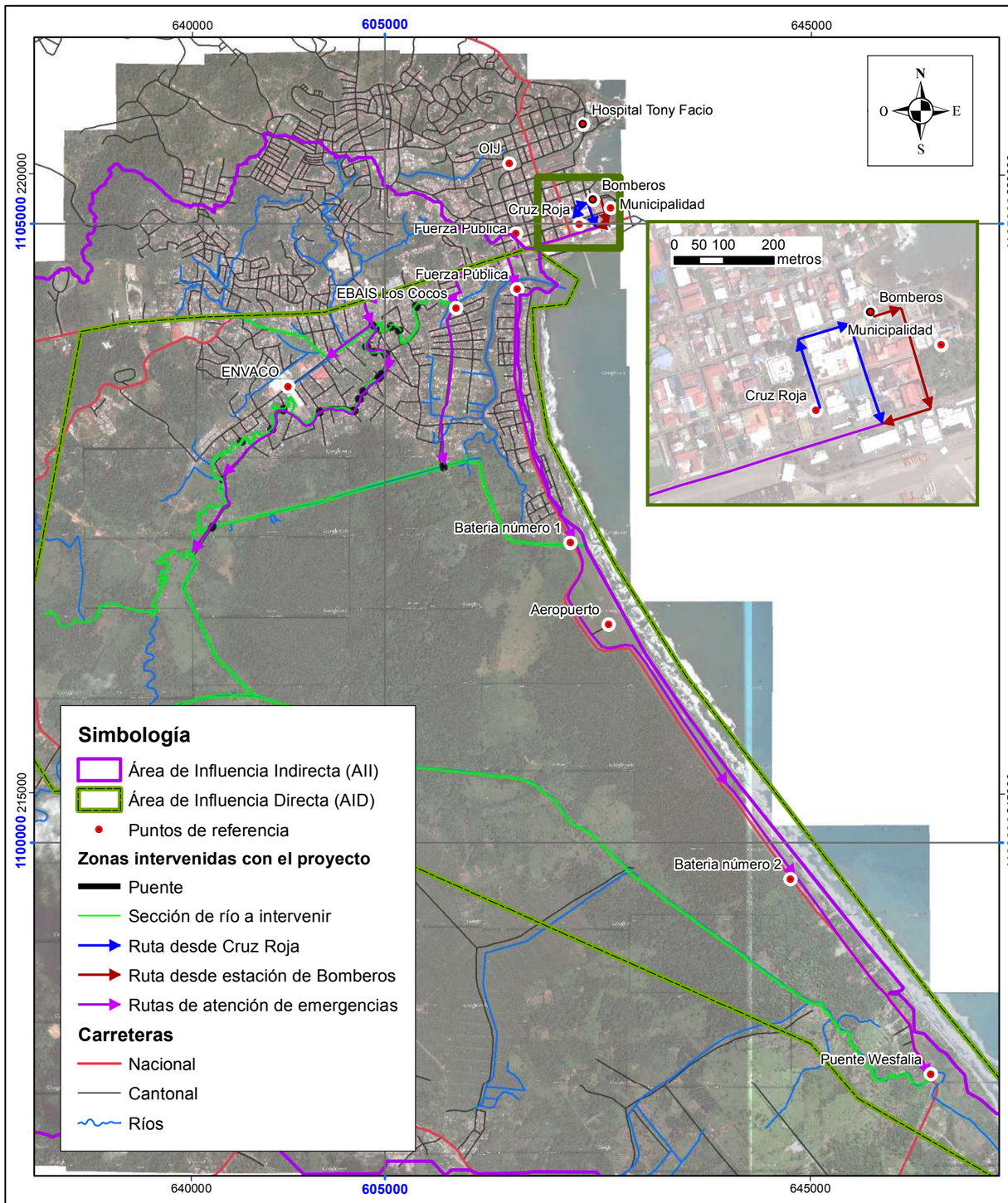
La zona donde se realizarán los trabajos en las márgenes del río Limoncito se encuentran próximos de varios centros de atención médica, siendo el más cercano a la zona el EBAIS de Los Cocos, mientras que el EBAIS del barrio Juan Pablo II también puede ser útil por su cercanía a la zona del ENVACO. Para situaciones que requieran atención de emergencia primaria se cuenta con un puesto de Cruz Roja frente al Muelle de Limón, en tanto que para atención más especializada, el Hospital de Limón se encuentra cerca de un kilómetro más hacia el norte de la Cruz Roja. Debido a la distribución de las carreteras, para desplazarse hacia cualquiera de estos centros de atención se debe hacer uso de las rutas 32 ó 36 y luego desviarse por rutas cantonales. Del mismo modo, la estación de bomberos se encuentra a dos cuadras de la base de la Cruz Roja, por lo que el desplazamiento hacia las obras debería de realizarse por la misma ruta.

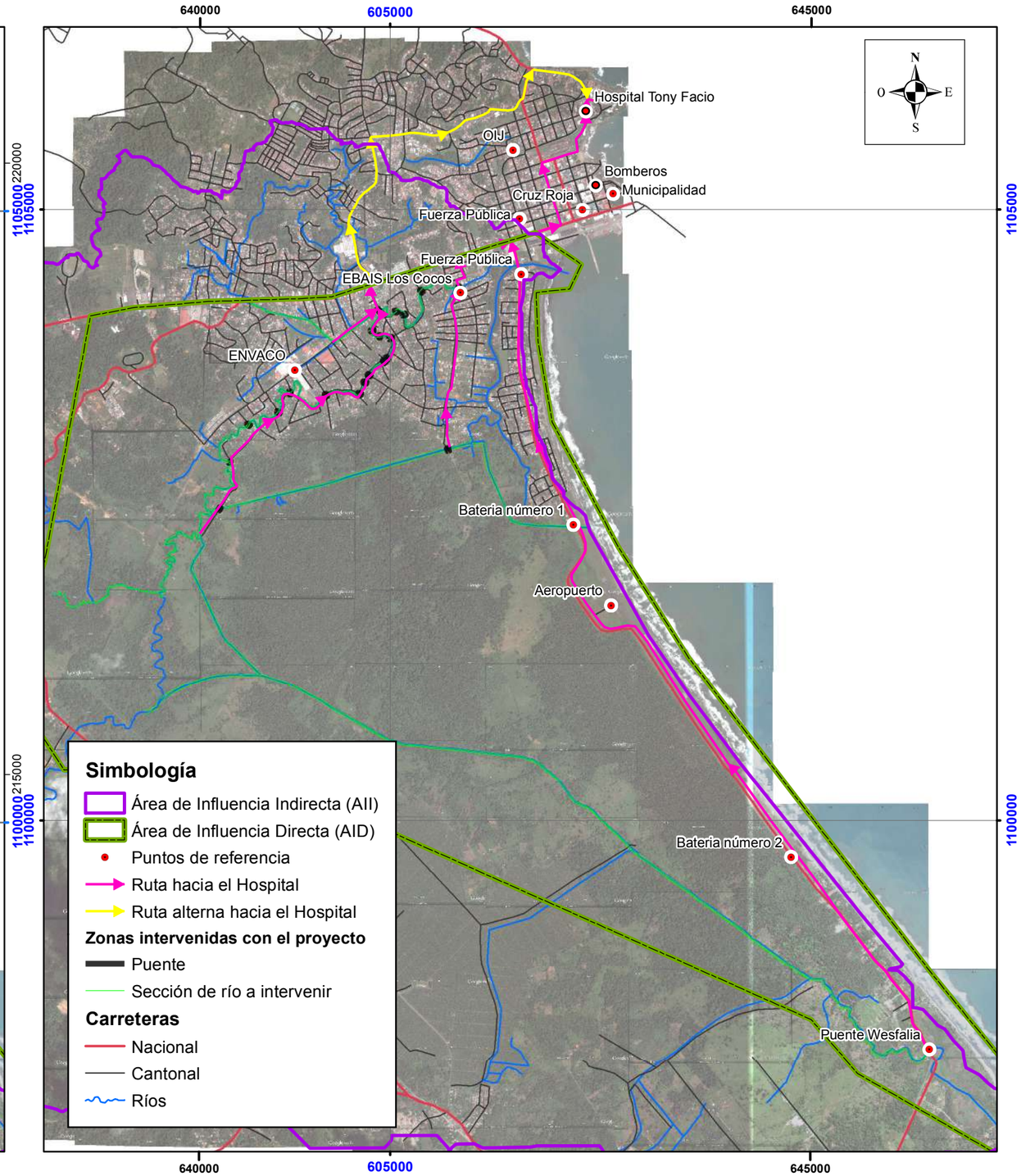
El Mapa 7.3-1 muestra la ubicación de los centros de atención de emergencias, junto con las rutas a seguir en caso de requerir la intervención de los servicios de atención primaria (Cruz Roja o Bomberos) o de movilización desde las obras hacia el Hospital. Adicionalmente, se presenta una segunda ruta de acceso al Hospital Tony Facio, considerando que la circulación por el centro de la ciudad de Limón pueda presentar problemas de transitabilidad debido a problemas de congestión en el acceso de los vehículos al puerto o por la simple interacción vehicular y peatonal de un casco urbano. A partir del punto donde estas rutas de acceso al hospital se bifurcan, la diferencia en distancia es de 700 metros, pero el tiempo que se tarde para el traslado hacia el centro hospitalario puede ser significativo cuando se trata de preservar vidas humanas.

Dependiendo del frente de avance de la obra en el que se presente la situación de emergencia, así será la ruta seleccionada para trasladarse. Dentro de las rutas presentadas se plantean los viajes sobre las vías existentes, sin embargo se debe considerar que gran parte de las obras se desarrollarán en sectores donde no existen vías transitables, por lo que se debería recorrer atravesando el campo abierto desde el punto de ocurrencia hasta la vía más cercana de las rutas indicadas.

De presentarse una acontecimiento que requiera de intervención policial, el puesto de la fuerza pública se encuentra ubicado al costado este del estadio de fútbol Juan Gobán, 300 metros norte del puente sobre el estero de Cieneguita. Un segundo puesto policial se ubica al sur del puente, propiamente en el barrio Cieneguita. Las oficinas del Organismo de Investigación Judicial (OIJ) se ubican 900 metros hacia el norte del mismo puente.

En caso de una emergencia durante la construcción u operación de las obras concluidas (caso de inundación), se puede hacer uso de los centros comunales, escuelas e iglesias, como se indica en la sección 7.6 del presente informe.





Mapa 7.3-1 Rutas de acceso entre los servicios de Emergencias y los sectores donde se desarrollarán las obras.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0 0,5 1 2 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:40.000

Fuente:
- IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50.000,
- Google Earth (2010).
- ProDUS (2013).

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

7.4.1 Agua Potable (Línea Base)

Cobertura y proveedores del servicio de agua potable en la zona de estudio

A partir de los datos del Censo Nacional 2011 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), ProDUS-UCR analizó la cantidad de servicios de agua potable y los proveedores del servicio en cada Unidad Geoestadística Mínima (UGM) incluídas dentro de la Cuenca del Río Limoncito. Estas UGM son las divisiones utilizadas por el INEC para la realización del Censo 2011.

En el Mapa 7.4.1-1 "Porcentaje de viviendas por UGM que se abastecen de agua mediante tubería" se muestran los resultados del Censo 2011 para la pregunta: ¿El agua le llega por tubería dentro de la vivienda? Esta variable del Censo identifica si el agua llega directamente a la vivienda por medio de una llave o tubería (de hierro galvanizado, plástico, bambú, etc.), sin importar su origen y sin necesidad de salir de la vivienda para abastecerse de agua. Esta variable se utiliza como indicador para determinar si el agua de una vivienda es segura, pues si la tubería está afuera de la vivienda o si el abastecimiento es por medio de río, lluvia o camión cisterna, el agua debe ser acarreada hasta el interior por diferentes medios (recolección con estañones, baldes, tuberías, etc.) lo que reduce la calidad del agua para consumo humano.

ProDUS-UCR clasificó en rangos los porcentajes de vivienda por UGM, que tienen acceso a agua por medio de tubería hasta el interior de la vivienda, y en el Mapa 7.4.1-1 se puede observar que dentro de la zona de estudio hay algunos sitios con bajos porcentajes. Por ejemplo, en el Barrio los Lirios, menos del 50% de las viviendas por UGM cuentan con tuberías de agua potable, incluso en un UGM de este barrio, tan sólo 7.7% de las viviendas cumplen con esta característica.

El Mapa 7.4.1-2 "Cobertura y proveedores del servicio de agua potable en la zona de estudio" resume para cada UGM los resultados de la pregunta del Censo 2011 sobre el origen del agua que se consume en la vivienda, ya sea proveniente de: AyA (ICAA), ASADAS (Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales), Pozo, Cooperativa, Río, Municipalidad, u Otros.

Para la realización de este mapa, ProDUS-UCR ha clasificado cada UGM dentro del área de estudio, según el proveedor del servicio de agua potable más representativo. A partir de los mayores porcentajes de representatividad del proveedor, para cada UGM se realizó la clasificacion utilizando el término "Completamente" para los porcentajes de cobertura del servicio mayores a 95%, y "Predominantemente" para aquellos porcentajes de cobertura del 51% al 95%.

Como se aprecia en el Mapa 7.4.1-2, la zona de estudio cuenta con diversidad de proveedores del servicio de agua potable. En la parte baja de la Cuenca del Río Limoncito, donde se encuentra la mayor concentración de población y uso urbano, el servicio de agua potable está administrado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICCA). También hay explotación de pozos en la zona.

En la parte alta de la cuenca del Río Limoncito, donde predomina el bosque y cultivos, el abastecimiento es directamente del río. Mientras que en Valle La Aurora (cerca de Santa

Rosa) y en Westfalia, Beberly y Río Banano, el servicio es principalmente administrado por ASADAS.

En el Anexo 7.4.1 se muestra una Tabla resumen con los resultados de las dos variables del Censo 2011 sobre abastecimiento de agua pobable, analizadas anteriormente. Las UGM que se muestran son las que se encuentran dentro de la zona de impacto directo del proyecto. Se resaltan aquellas UGM donde el total de viviendas están abastecidas por el AyA, así como las UGM que el 100% cuentan con acceso a agua potable por medio de tubería.

Cabe mencionar que el resultado del Censo no necesariamente refleja la realidad, pues al ser obtenido mediante respuestas de la población en entrevistas personales, es posible que las personas no tengan conocimiento o estén mal informadas sobre algún tema.

Acueducto administrado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICCA)

A partir de información aportada por la Dirección Regional de Limón del ICAA y el Área de ingeniería, el acueducto de Limón cuenta con una producción media de 450 l/s, siendo la capacidad de las fuentes utilizadas de 500 l/s.

El acueducto de Limón cuenta con las siguientes fuentes de abastecimiento: nacientes en Moín, 6 pozos y el Río Bananito. Tiene varios tanques de almacenamiento, ubicados en: Corales, Villas Cacao, Pacuare, Pueblo Nuevo, Bellavista, La Colina, Decar, Isaías Marchena, Villa del Mar y La Bomba. Las plantas potabilizadoras se encuentran en Moín y La Bomba. En el Mapa 7.4.1-3 se muestra el acueducto de Limón existente actualmente, administrado por el ICAA.

Actualmente hay un problema de capacidad principalmente en conducciones y almacenamiento. Se están estudiando mejoras a mediano plazo, entre ellas está la creación de una estación elevadora de presión o bomba de empuje conocida como "booster". En el sistema actual ya se cuenta con este tipo de bombas, en La Colina, en Estadio y en Santa Rosa. También se pretende aumentar la capacidad del almacenamiento.

Otro de los proyectos que se están estudiando para mejorar el abastecimiento, es tomar el Río Banano como la fuente principal, con lo que se ampliaría la capacidad de potabilización a 700 l/s. Esto para abastecer a todo el acueducto el cual cuenta con 19.100 servicios en todo el cantón.

Para toda la cuenca del Río Limoncito, se cuenta con un total de **12.695 abonados**, mientras que para el área de influencia directa se cuenta en total con **5.421 abonados**, los cuales cuentan con micromedición.

La cantidad de servicios son distribuidos según los siguientes tipos:

* **Domiciliar** corresponde a viviendas y apartamentos destinados exclusivamente a la vivienda.
* **Empresarial** corresponde a servicios utilizados en locales destinados a actividades comerciales o industriales.

* **Gobierno** se aplica a los establecimientos de los Poderes del Gobierno Central, instituciones descentralizadas y municipios.
* **Preferencial** se aplica a las escuelas públicas, Asociaciones de Desarrollo Comunal, instituciones de beneficencia, culto y otras instituciones donde se imparten o realizan actividades de interés social (inscritas como tales y con personería jurídica).

En la siguiente tabla se presenta la cantidad de servicios por tipo, abastecidos por el acueducto del ICAA.

Cuadros 7.4.1-1. Cantidad de servicios de agua potable abastecidos por el ICAA en el área de influencia directa del proyecto (datos de Junio 2013)

Comunidades	Cantidad de abonados por tipo de Servicio				Total
	Domiciliar	Empresarial	Gobierno	Preferencial	
Colina	1 039	39	4	8	1 090
Envaco – Atlántida	771	16	0	6	793
Limoncito	843	13	0	10	866
Barrio Quinto – Cocos	803	31	1	12	847
Cieneguita lado de la Laguna	825	8	0	8	841
Cieneguita lado de la Playa	363	13	1	7	384
Ceibón – Santa Fé	217	1	0	1	219
Los Lirios	250	0	0	0	250
Segunda etapa Cocos	127	1	0	3	131
Total	5 238	122	6	55	5 421
Porcentaje	96,6%	2,3%	0,1%	1,0%	100,0%

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Cantonal Limón. Junio 2013

Como se aprecia en la cuadro 7.4.1-1, la demanda de agua potable en el área de estudio está representada casi por completo por el sector domiciliar, seguido del sector empresarial, y en porcentajes muy bajos el sector preferencial y gobierno.

A continuación se muestra la cuadro 7.4.1-2 con los datos de metros cúbicos de consumo de agua potable por tipo de servicio, para el área de influencia directa.

Cuadro 7.4.1-2. Consumo de agua potable por tipo de servicio abastecidos por el ICAA en el área de influencia directa

Comunidades	Consumo por Tipo de Servicio (m^3)				Total
	Domiciliar	Empresarial	Gobierno	Preferencial	
Colina	14 817	1 305	1 287	221	17 630
Envaco – Atlántida	9 488	2 395	0	48	11 931
Limoncito	13 041	150	0	390	13 581
Barrio Quinto – Cocos	12 430	1 191	52	803	14 476

Cuadro 7.4.1-2. Consumo de agua potable por tipo de servicio abastecidos por el ICAA en el área de influencia directa (Continuación)

Comunidades	Consumo por Tipo de Servicio (m^3)				Total
	Domiciliar	Empresarial	Gobierno	Preferencial	
Cieneguita lado de la Laguna	10 015	88	0	655	10 758
Cieneguita lado de la Playa	5 058	412	56	316	5 842
Ceibón – Santa Fé	2 766	6	0	134	2 906
Los Lirios	11 806	0	0	0	11 806
Segunda etapa Cocos	1 697	1	0	2 025	3 723
Totales	81 118	5 548	1 395	4 592	92 653
Porcentaje	87,6%	6,0%	1,5%	5,0%	100,0%

Fuente: Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Cantonal Limón. Junio 2013

ASADAS presentes en la zona

Según la Oficina Regional de Gestión de Sistemas Comunales en Limón, dentro del área de estudio (Cuenca del Río Limoncito) se encuentran dos Asociaciones Administradoras de los Sistemas de Acueductos y Alcantarillados Comunales (ASADAS), constituidas legalmente como tales.

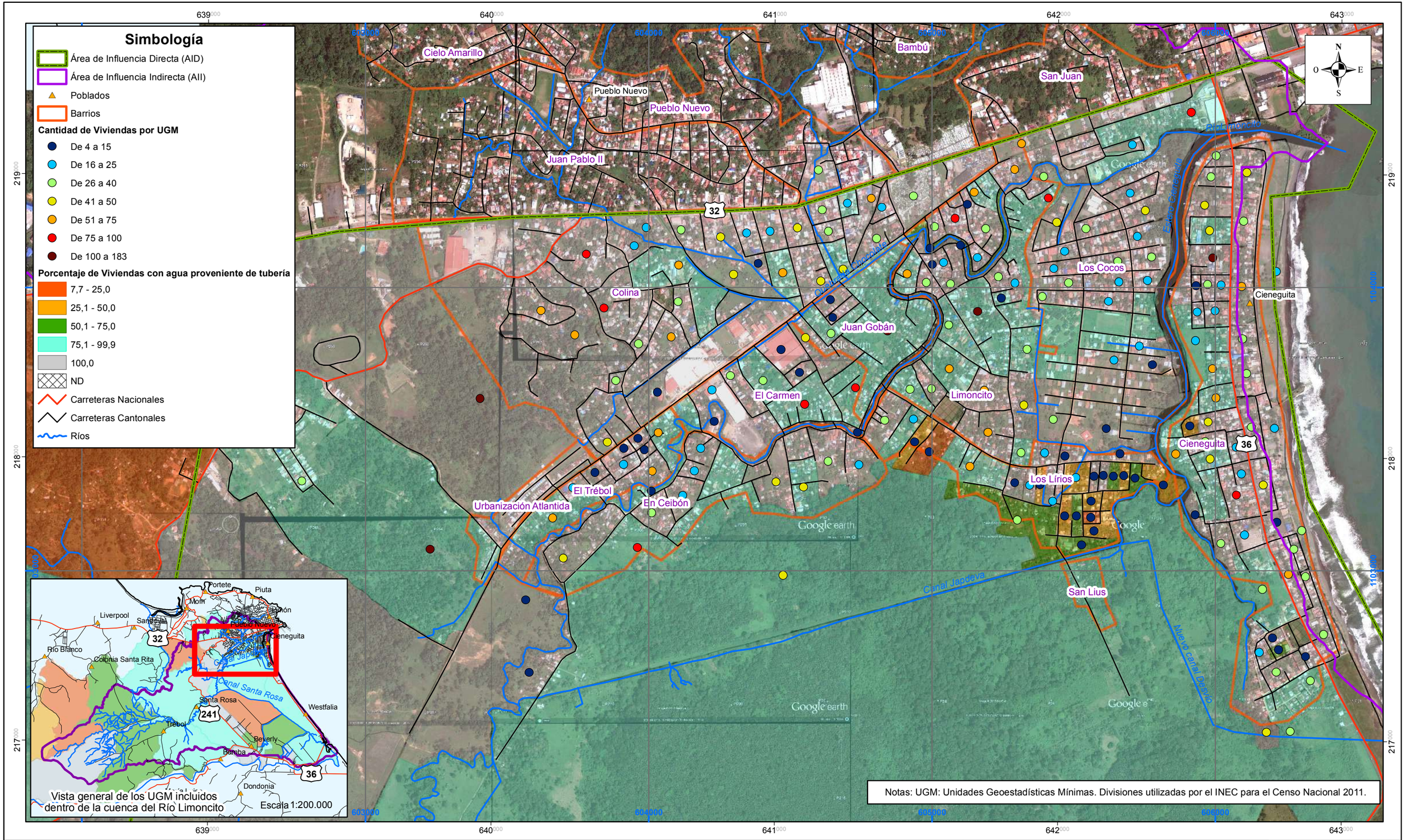
Una de estas ASADAS es Valle Aurora, conocida también como *Waghope*. Este acueducto abastece aproximadamente a 111 abonados, de los cuales ninguno cuenta con micromedición, y tampoco se ha contabilizado el caudal extraído. Anteriormente se han estado abasteciendo de la Quebrada Limoncito por sistema de gravedad. Sin embargo, a partir de informes de calidad del agua, se ha decidido dejar de extraer de esta agua para consumo, pues los indicadores de contaminación del agua (principalmente Coliformes Fecales) indican que esta fuente ha cambiado a Clase 3 (según el Decreto N°33903 MINAE-S), lo que significa que para poder hacer uso y consumo humano, deberá ser tratada mediante mecanismos avanzados de desinfección. Por este motivo, actualmente se está perforando un pozo para abastecer a los usuarios con una nueva fuente, con la cual se pretende abastecer a una nueva comunidad (Miravalles) según el caudal obtenido.

La otra ASADA es la del Río Banano, la cual abastece las comunidades de Westfalia, Beverly y Río Banano. Este acueducto tiene aproximadamente 972 abonados, y se abastecen por medio de bombeo de pozos. Según informes de calidad de agua, el agua es apta para consumo humano.

Comentarios Finales

En general, el abastecimiento de agua potable en la zona de estudio no representa una problemática; sin embargo, como se mencionó anteriormente, es necesario que los administradores del acueducto realicen periódicamente análisis de calidad de agua para

determinar si ésta es apta para consumo humano, y si se requieren tratamientos más avanzados para tener agua de mejor calidad.



Mapa 7.4.1-1 Porcentaje de viviendas por UGM que se abastecen de agua mediante tubería

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"

0,2 0,1 0 0,2 0,4 Kilómetros

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:12.000

Fuente: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50.000,
INEC, Censo 2011.
SENARA, 2013.

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

Simbología

- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (AII)
- Poblados
- Área de estudio
- Barrios

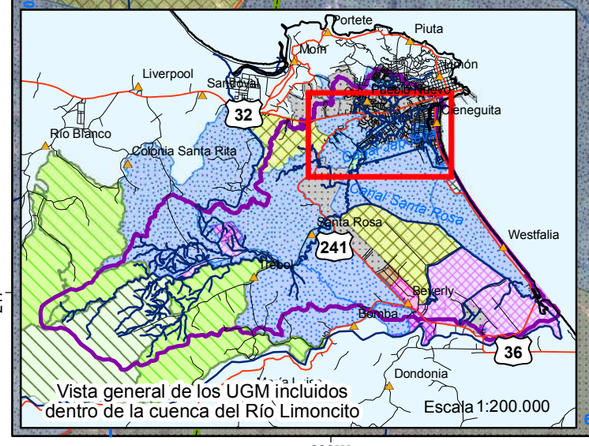
Proveedores del servicio de agua potable

- AyA Completamente
- AyA Predominantemente
- AyA y Pozo Predominantemente
- Pozo Completamente
- Pozo Predominantemente
- Río Completamente
- Río Predominantemente
- AyA y ASADA Predominantemente
- ASADA Predominantemente
- ASADA Completamente
- Municipal Predominantemente
- Otro (lluvia, hidrante o cisterna) Predominantemente
- ND

Cantidad de Viviendas por UGM

- De 4 a 15
- De 16 a 25
- De 26 a 40
- De 41 a 50
- De 51 a 75
- De 75 a 100
- De 100 a 183

- Carreteras Cantonales
- Carreteras Nacionales
- Ríos



Notas: (1) UGM: Unidades Geoestadísticas Mínimas. Divisiones utilizadas por el INEC para el Censo Nacional 2011.
(2) El término "completamente" incluye los porcentajes de cobertura mayores a 95%, mientras que "predominantemente" incluye los porcentajes de cobertura del 51% al 95% para cada UGM.

Mapa 7.4.1-2 Cobertura y proveedores del sevicio de agua potable en la zona de estudio

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"

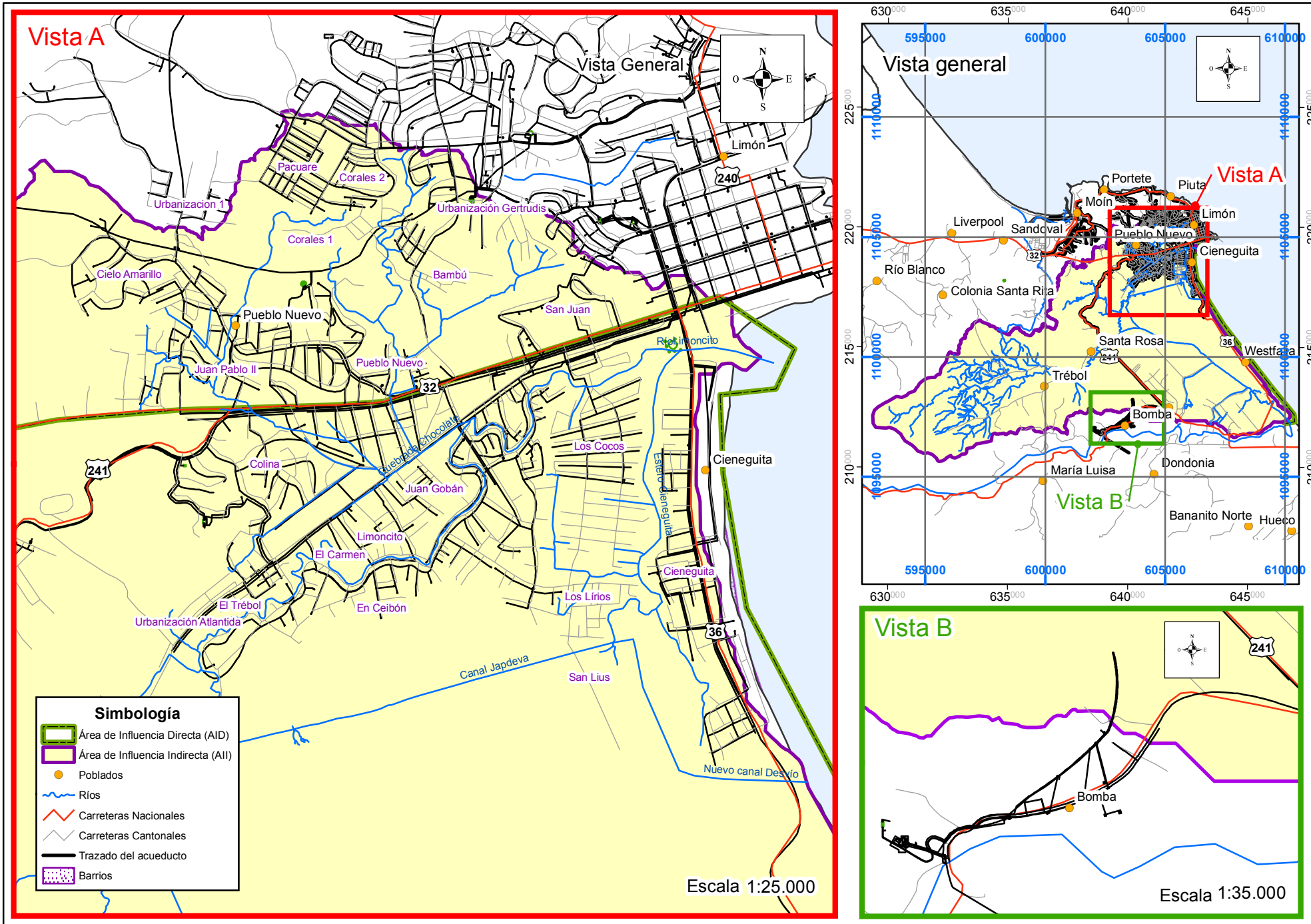
0,2 0,1 0 0,2 0,4 Kilómetros

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:12.000

Fuente: IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50.000,
INEC, Censo 2011.
SENARA, 2013.

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 7.4.1-3 Acueducto de Limón administrado por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"

10,50 1 2
Kilómetros

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala correspondiente a la Vista General: 1:210.000

Fuentes:
IGN, Hojas Cartográficas 1:50.000
ICAA, 2013.

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

7.4.2 Alcantarillado Pluvial

Caracterización del sitio

En las giras de campo al área de estudio realizadas por ProDUS-UCR, se determinó que la gran mayoría de barrios y áreas urbanas, no cuentan con infraestructura de alcantarillado pluvial.

Las calles principales se encuentran asfaltadas (Ruta N°32 y entrada a ENVACO); sin embargo, la mayoría de calles internas que conectan los barrios son de lastre, y no cuentan con acera, cordón, ni caño. En la época seca, estas calles presentan problemas de polvo y partículas en el aire (Fotografías 7.4.2-1).



Fotografías 7.4.2-1 Calles de lastre en época seca.
Fuente: ProDUS-UCR, octubre 2012.

En época lluviosa el problema es la acumulación y estancamiento de agua en las calles (charcos), incluso inundación de secciones de carretera y viviendas, lo que además provoca la reproducción de insectos y vectores de enfermedades como el dengue (Fotografías 7.4.2-2).



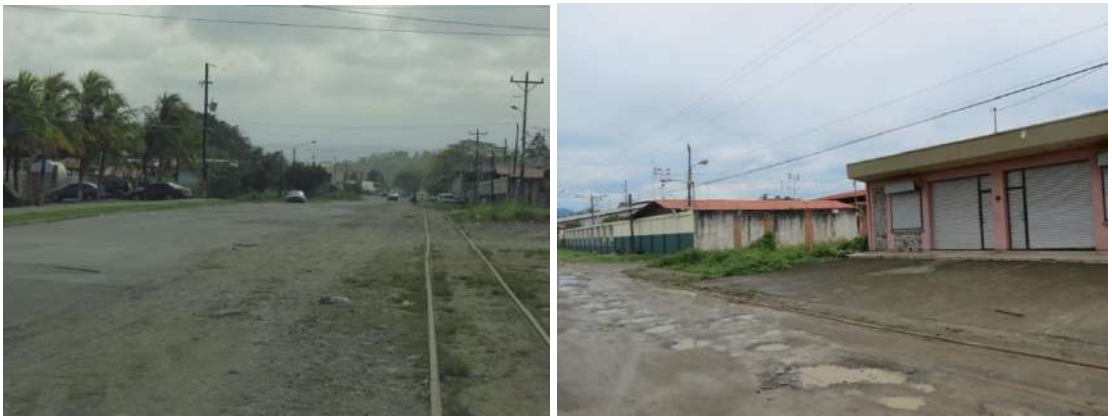
Fotografías 7.4.2-2 Calles de lastre en época lluviosa.
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013.

Cabe mencionar que estas calles son de topografía muy plana, lo que dificulta la evacuación del agua de lluvia y provoca problemas de deterioro de las vías, incluso hay inexistencia de drenajes en vías importantes (sobre la Ruta N°32), y en zonas muy transitadas donde se dan actividades comerciales y de servicios (Fotografías 7.4.2-3). Estas acumulaciones de agua también dificultan el paso de peatones para cruzar o caminar a la orilla de la calle, pues en muchas secciones no hay aceras lo que reduce la seguridad de paso de peatones.



Fotografías 7.4.2-3 Secciones sobre la Ruta N°32 sin drenajes de agua pluvial (época lluviosa).
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013.

Otra de las calles muy transitadas y que carece de drenajes pluviales, es la vía hacia la fábrica de cartones ENVACO (paralela a la línea férrea), la cual cuenta con secciones asfaltadas y una leve división simulando cordón de caño (Fotografías 7.4.2-4). Esta vía es muy transitada por vehículos pesados, pues transportan los cartones desde la fábrica ENVACO hacia el puerto Moín para el empaque de banano y otros productos de exportación. La acumulación de carga pesada y la inexistencia de sistemas de alcantarillado pluvial, reduce la calidad de las vías, pues las deteriora con mayor rapidez y dificulta la circulación vehicular y peatonal.



Fotografías 7.4.2-4 Calle hacia ENVACO con problemas de evacuación de aguas pluviales
Fuente: ProDUS-UCR. Fotografía izquierda: marzo, 2013. Fotografía derecha: junio, 2013.

En el caso del Barrio Juan Gobán, se distinguieron secciones de la vía que cuentan con acera, cordón y caño; sin embargo, está ausente el sistema de alcantarillado pluvial, lo que se muestra en las siguientes fotografías (Fotografías 7.4.2-5).



Fotografías 7.4.2-5 Calles en el Barrio Juan Gobán
Fuente: ProDUS-UCR, octubre 2012.

Únicamente el Barrio Los Cocos cuenta con un sistema de evacuación de agua pluvial, compuesto por tragantes pluviales en medio de las vías y en secciones perimetrales al lado de aceras (Fotografías 7.4.2-6). Esto reduce los problemas de inundaciones al evacuar con mayor rapidez las aguas de lluvia.



Fotografías 7.4.2-6 Sistema de evacuación de aguas pluviales en Barrio Los Cocos
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013.

Conclusiones sobre el tema

La inexistencia de infraestructura de evacuación pluvial en una zona con altos niveles de precipitación como lo es Limón, tiene consecuencias importantes en la calidad de vida de las personas. Algunas de estas consecuencias son:

- Aumento de inundaciones.
- Riesgo sanitario asociado a presencia de aguas residuales mezcladas con aguas pluviales.
- Impactos ambientales negativos tanto en los cursos de agua dulce como en la zona costera.
- Mayor cantidad de problemas de salud en la población por presencia de vectores.

La caracterización realizada sobre el sitio, evidencia que en la zona es urgente el diseño y construcción de un sistema de evacuación pluvial integral, que incluya tragantes pluviales (alcantarillas) con sistemas de conducción (microdrenaje) hacia tanques de almacenamiento transitorio que retengan el agua y la transporten hacia obras de drenaje final (macrodrenaje). De esta manera se amortiguarían picos de caudales y serían obras complementarias al proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito".

A nivel de la Municipalidad de Limón, actualmente no se cuenta con ningún proyecto de alcantarillado pluvial a futuro. Sin embargo, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (ICAA) cuenta con el proyecto de *Alcantarillado Sanitario para el Sector de los Barrios Limoncito, Envaco y Alrededores de la ciudad de Limón,* en el cual se consideran las múltiples conexiones entre aguas pluviales y aguas residuales que afectan en el tratamiento de las aguas residuales. Por este motivo, el ICAA actualmente realiza un monitoreo de la cantidad de conexiones que deberán separarse del alcantarillado sanitario y que deberán evacuar sus aguas al río.

7.4.3 Alcantarillado Sanitario

En este documento se describe la manera en que se disponen las aguas residuales actualmente dentro de la zona de estudio, además se muestra cuál es la cobertura de la red de alcantarillado sanitario existente, administrada por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

Actualmente existen varios puntos de descarga de aguas residuales en las quebradas y ríos donde se realizarán las obras del proyecto objeto del presente EsIA. Al hacer cambios en las condiciones actuales de los cauces, es importante que se analice el impacto que se tendrá sobre estas descargas, por la manera en que la población las utiliza para disponer sus aguas residuales.

Debido a estos casos de descargas directas, y con la intención de evitar que vuelvan a funcionar posterior a la realización del proyecto de control de inundaciones, es que se sugiere que se lleve a cabo el proyecto de ampliación de la red de alcantarillado sanitario existente, el cual también será descrito en el presente documento.

De no llevarse a cabo el proyecto de ampliación de alcantarillado sanitario, el encargado del proyecto indicó que se deberán reconectar las descargas directas de los ríos, por lo que el mejoramiento de la calidad del agua en el Río Limoncito y en la Q. Chocolate se vería comprometido.

7.4.3.1 Disposición actual de aguas residuales en Limoncito

Se utilizó la información de las Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM) del Censo 2011 ubicadas dentro de los barrios del proyecto, para obtener la cantidad de viviendas y las respuestas indicadas por los vecinos a la pregunta de la encuesta de viviendas del Censo sobre el sistema al que está conectado el servicio sanitario. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 7.4.3-1 Sistema de disposición de aguas residuales en Limoncito

Sistema utilizado	N° viviendas	%
Alcantarillado Sanitario	205	5.21
Tanque Séptico	3567	90.72
Descargas directas a río o quebrada.	130	3.31
Pozo Negro o letrina	30	0.76
No tiene servicio sanitario	0	0
Total	**3932**	**100**

Fuente: Análisis de Vulnerabilidad de la Infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales" (CFIA, IMN, AyA, 2011)

Tal y como se observa en el cuadro anterior, el dato más importante es la cantidad de viviendas que están conectadas a tanque séptico, pasando el 90%. Sin embargo, a pesar que en la zona no existe alcantarillado sanitario, un poco más del 5% de las viviendas respondieron estar conectados a dicho sistema (ver Mapa 7.4.3-1)

Mientras que 130 viviendas aseguraron contar con descargas directas ya sea al Río Limoncito o a la Quebrada Chocolate, que son los cuerpos de agua dentro del área de estudio. De acuerdo a la información brindada por SENARA, se identificaron 103 descargas a partir de un recorrido en campo, las cuales se muestran en el Mapa 7.4.3-2.

7.4.3.2 Descripción del sistema de alcantarillado sanitario existente

La primera referencia de un *"sistema de cloacas"* data del año 1928[1]. Posteriormente se reconstruyó en 1976, donde se instalaron colectores nuevos de asbesto cemento que iban desde los 200 mm hasta los 400 mm de diámetro, el resto de la red existente consistía en tubería de 150 mm de diámetro de arcilla vitrificada.

Este sistema abarcaba solamente el casco central de la ciudad, y algunos barrios aledaños, sin embargo este alcantarillado sanitario colapso como consecuencia del terremoto que afectó la ciudad de Limón el 22 de abril de 1991.

De acuerdo con el informe del *"Análisis de Vulnerabilidad de la Infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales"* (CFIA, IMN, AyA, 2011), al año 2011 el alcantarillado sanitario cubría 7.164, de los 17.101 servicios de agua potable que tenía el acueducto, lo que representa un 42% de cobertura del total.

La red de alcantarillado sanitario tiene longitud de unos 67,15 km de longitud y un área de recolección de 290 hectáreas. En el siguiente cuadro se muestran las comunidades que cuentan con el servicio y en el Mapa 7.4.3-3 se muestra la cobertura del sistema.

Cuadro 7.4.3-2 Sectores según sistema comercial del AyA

Sector	Barrio	Cantidad de Servicios
1	Limón Centro	653
2	Limón Centro	653
3	B° Rooselvelt	623
4	Cangrejos (sin tratamiento)	127
5	Bella Vista, Triunfo y Laureles	508
6	Margarita Garrón, Urb. Lomas, Siglo XXI, Coopeutba San Juan	1172
7	Corales 1 (algunos sectores), Corales 2 y Corales 3	792
13	Cristóbal Colón	535
14	Cristóbal Colón	283
18	Pacuare	1629
21-22	Urb. Los Almendros y Coopedecar (sin tratamiento)	146
23	Siglo XXI 2da y 4ta Etapa	43
Total		**7164**

Fuente: Análisis de Vulnerabilidad de la Infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales" (CFIA, IMN, AyA, 2011)

Funcionamiento actual del sistema

El sistema está organizado en una serie de microcuencas urbanas definidas por el AyA. Cada una de ellas contiene redes, subcolectores y colectores las cuales vierten las aguas residuales a diferentes estaciones de bombeo. A su vez, estas estaciones de bombeo redirigen las aguas hacia la Estación de Pre-Acondicionamiento (EPA), antes de ser enviadas al Emisario Submarino.

En total se tienen 4 estaciones de bombeo llamadas: Asis Esna, Cristóbal Colón, Pacuare 1 y Pacuare 2. Adicionalmente, se cuenta con 7 miniestaciones, 5 de ellas ubicadas en el barrio Cristóbal Colón (Cieneguita), una en Siglo XXI y por último otra en la Urb. Lomas. A continuación se muestra un esquema de bombeo del sistema.

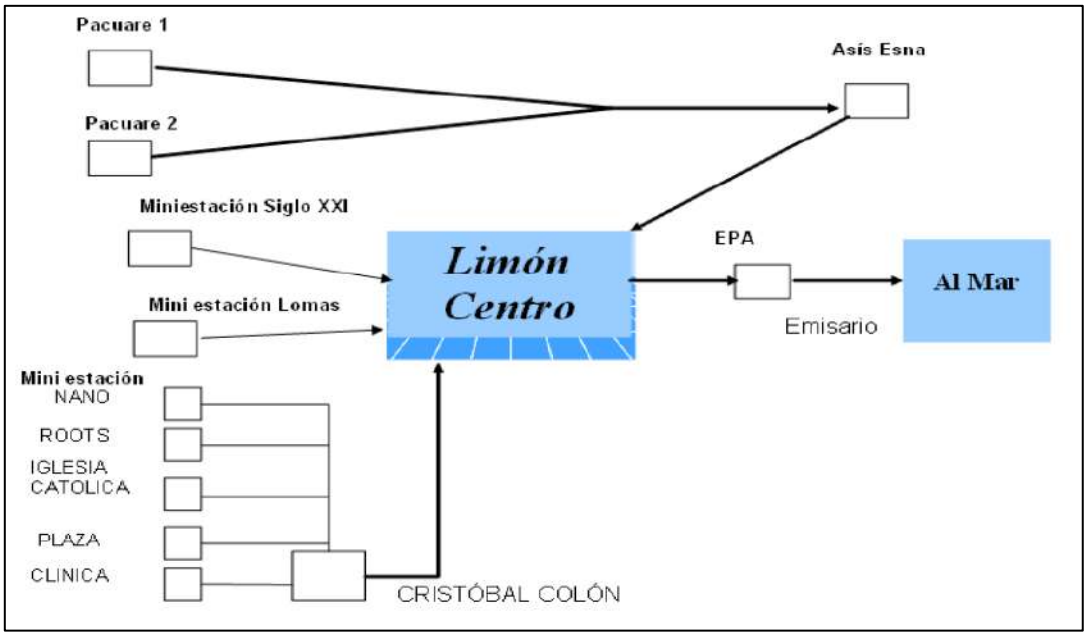


Imagen 7.4.3-1 Esquema de bombeo del sistema de recolección de aguas residuales.

Fuente: Análisis de Vulnerabilidad de la Infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales" (CFIA, IMN, AyA, 2011)

La EPA es una planta de tratamiento para el sistema, esta estación cumple la función de disminuir la carga contaminante de las aguas residuales provenientes de las estaciones de bombeo, antes de su vertido al mar por medio del Emisario. La EPA está compuesta de las siguientes partes:

- Sistema de ventilación: consiste en dos extractores de aire mecánicos.
- Compuertas, rejillas, canal Parshall y canal de interconexión: se da el control del caudal de ingreso y el filtrado grueso.
- Militamices: contiene dos baterías de 4 militamices estáticos con capacidad de 70 l/s y apertura de tamizado de 0,5mm.

- Tornillo sin fin, canastas, sistema de izaje y transporte: los tornillos sin fin reciben el sólido de los militamices, se almacenan, secan y transportan a un relleno sanitario para su disposición. El volumen promedio generado por mes es de 6 Ton.
- Tanque cisterna: recibe el agua residual después de ser tamizada.
- Bombas: se utilizan para bombear el agua del tanque cisterna al Emisario.

El Emisario Submarino cuenta con 1.8 Km de tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE), de 60 cm de diámetro. Está instalado en el fondo marino y es el encargado de transportar el efluente desde la EPA hasta un punto mar adentro donde se garantice que las concentraciones no afectarán ni generarán conflictos con los usos de las playas circundantes.

Al final de la tubería se encuentran los difusores, los cuales ayudan a diluir y dispersar el efluente proveniente de la EPA. Están ubicados a cada 4m en los últimos 60m de tubería, para un total de 14 difusores de 75mm de diámetro cada uno.

Los ingenieros del AyA encargados del proyecto, proporcionaron el *"Estudio de Factibilidad y Diseño Preliminar del Proyecto de Alcantarillado Sanitario para el Sector de los Barrios Limoncito, Envaco y Alrededores de la ciudad de Limón"*, llevado a cabo en el 2006 por la empresa Consultores en Ingeniería Ambiental y Sanitaria S.A. (CIAS S.A.),

En este estudio se señala que, en términos generales, el alcantarillado sanitario opera en buenas condiciones. Las redes primarias de recolección presentan problemas de obstrucción debido al desecho de materiales sólidos en los drenajes y a múltiples interconexiones ilícitas entre las tuberías cloacales y las de drenaje pluvial.

La cantidad de agua de lluvia que ingresa al sistema durante las tormentas afecta sensiblemente la operación de la EPA, por lo que las compuertas de entrada debían ser reguladas en forma manual para permitir el ingreso únicamente del flujo máximo para el que la estación fue diseñada. Actualmente se tiene instalado un *by-pass* con el fin de regular la entrada de flujo a la estación.

Capacidad instalada en el sistema

En el estudio realizado por la empresa CIAS S.A. se indica que el punto de vertido de la ampliación propuesta es el pozo de registro ubicado en la esquina conocida como El Cruce (Avenida Primera con Calle 9, frente a entrada a la Ruta 36), correspondiente al Colector Cieneguita de 600 mm de diámetro. Posteriormente se tiene:

- El Colector El Cruce-EPA, tiene una capacidad en el tramo inicial de 316.8 l/s. En su recorrido hasta la EPA, aumenta su capacidad para recibir las aguas residuales locales del vecindario por el cual se proyectaron. Este caudal es mínimo en comparación al de inicio.
- La capacidad de la EPA es de 525 l/s. Para este caudal será necesaria la operación de los ocho militamices instalados. Al momento de ser realizado el informe, solamente se estaban utilizando cuatro.
- La capacidad de los equipos de bombeo es de 200 l/s en promedio. Cabe indicar que uno de estos tres equipos cuenta con una bomba de caudal variable, pudiendo ser este regulado en un rango que va de los 100 l/s hasta los 250 l/s.

- La capacidad del emisario es de 525 l/s. que corresponde al flujo máximo de fin de período de diseño.
- Los militamices cuentan con ranuras de ½ milímetro de espesor, y de este tamaño es la partícula que se remueve.
- La EPA no cuenta con sistema para la remoción de grasas y aceites, ni con detectores de tales sustancias.

7.4.3.3 Ampliación propuesta al alcantarillado sanitario

En la reunión sostenida con los ingenieros del AyA, se informó que el proyecto de ampliación cuenta con dos etapas: la primera incluye los barrios de Limoncito, Envaco y alrededores, mientras que la segunda etapa los barrios al norte de la Ruta 32 (ver Mapa 7.4.3-3).

Para la Etapa I se tienen dos propuestas de diseño preliminar, la primera desarrollada dentro del estudio llevado a cabo por la empresa CIAS SA, y la segunda por la empresa TecnoSan. Sin embargo, solamente se tiene referencia del primero, a partir del informe proporcionado por el AyA.

De acuerdo con la descripción del informe elaborado por CIAS SA, el proyecto de ampliación comprende los barrios La Colina, la parte sur del Cementerio de Limón, Barrio Quinto, Urbanización Atlántida, El Ceibón, Paniagua, Limoncito, Los Lirios y Los Cocos, además de la Planta Industrial de Envaco (fábrica de cajas de cartón para banano).

En el informe se indica que el Barrio San Luis, ubicado al sur de Los Lirios y al sur del Canal Artificial Limoncito, no formará parte del estudio, debido a que se trata de unas pocas casas aisladas, en una zona altamente inundable.

Consideraciones generales tomadas para el diseño

- El área del estudio es una zona relativamente plana, en la que el río Limoncito provee el drenaje principal, conjuntamente con sus afluentes, la Quebrada Chocolate y otros cursos menores, que drenan tanto las aguas de lluvia, como las descargas de aguas jabonosas y residuales de los vecinos que viven frente a estos cursos de agua permanentes.

- Debido a los límites de profundidad máxima para las tuberías de aguas servidas, se dividió el área del estudio en varias zonas o cuencas que concentran todas sus aguas captadas en un punto, en donde se requerirá de la implementación de una estación de bombeo, que levante e impulse el agua, hasta otro colector inicial de una zona posterior o a un colector principal, el cual deposite el volumen total en el punto de disposición final.

- Los límites de las cuencas o zonas de cada estación de bombeo, se definieron considerando el río Limoncito y las quebradas y acequias existentes, con el fin de minimizar las dificultades constructivas de instalar redes recolectoras o colectores principales bajo estos cauces de agua.

- La mayor parte de las calles en el área de proyecto son de lastre, sin cordón, caño ni aceras, con excepción de la urbanización Los Cocos, la que cuenta con calles pavimentadas de concreto, aceras y un sistema de drenaje pluvial con colectores ubicados en la línea centro de las vías.

- Las calles de lastre existentes son de un ancho variable, y se evidencia que el control ha sido mínimo en cuanto a la aplicación de regulación que establezca una alineación uniforme para la construcción de las viviendas. Por otro lado, algunas de estas calles presentan curvas de corto radio, que obliga a la instalación de pozos de registro con separaciones cortas.

- En su mayor parte, con excepción del sector al este del cementerio, y paralelamente a la línea del ferrocarril, corre una calle pavimentada, relativamente ancha, la que funciona como vía principal de acceso a Limoncito y barrios aledaños. Al ser esta calle de gran amplitud y prácticamente recta, se presenta como la mejor opción para la instalación del colector principal del proyecto.

- Debido a la altura del relleno sobre el cual se encuentra la Ruta 32 con respecto al nivel de piso de las casas y comercios adyacentes, no se pueden incluir dentro del área del estudio, las viviendas y comercios ubicados al norte de esta Ruta.

Actualmente, el AyA se encuentra en el proceso de definir un diseño para la Etapa I, basándose en los prediseños de ambas empresas, los cuales difieren en la metodología utilizada y en los resultados obtenidos. En ambos casos, el AyA analiza esos resultados para determinar una solución definitiva.

Para el caso del diseño preliminar elaborado por la empresa CIAS SA, los resultados de caudales obtenidos se consideran muy altos, debido principalmente al factor de magnificación incluido en el cálculo del caudal de las aguas pluviales entrantes en el sistema.

Mientras, para el diseño preliminar elaborado por la empresa Tecnosan, sucede lo contrario, ya que los resultados de caudales obtenidos se consideran muy bajos, debido a que dentro de los cálculos se asume que se llegará a una condición donde no se filtran aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, lo cual no es real.

Por lo tanto, a partir de los resultados en ambos estudios, se busca un punto medio en donde se logren cuantificar de mejor manera los caudales provenientes de las aguas pluviales y se llegue a un diseño definitivo.

Posteriormente, se debe realizar el prediseño para la Etapa II del proyecto y con los caudales obtenidos para esa sección, determinar cómo se comporta la capacidad instalada actual con respecto a la demanda futura, para proponer mejoras y ampliaciones al sistema actual, en caso de ser necesario.

7.4.3.4 Recomendaciones importantes

De acuerdo a la transcendencia que tienen ambos proyectos para la zona de Limoncito, refiriéndose al sistema de control de inundaciones y a la ampliación del alcantarillado sanitario, se considera importante llevar a cabo ambos proyectos de manera paralela, con el fin de darle a la población una solución más integral. Para esto, se toman en cuenta los siguientes aspectos:

a) Calidad del agua

El primer aspecto y quizá el más importante, es el de mejorar la calidad del agua dentro de los barrios que se encuentran dentro del proyecto. En la sección 5.4.1.1 se estudia la calidad de las aguas del Río Limoncito y sus afluentes a partir de la toma de muestras y el análisis de estas en laboratorio.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se logró constatar que el Río Limoncito, después de su paso por los barrios de la zona del proyecto y antes de su desembocadura en el estero de Cieneguita, presenta una condición anaranjada, lo que significa que presenta contaminación severa.

Esta contaminación en la parte urbana tiene dos fuentes principales: los residuos sólidos que son depositados en el cauce de los ríos y quebradas de la zona y las descargas directas de aguas residuales de las casas que se sitúan frente a estos cauces. Actualmente, al darse una inundación, el agua que alcanza las casas contiene este grado de contaminación, llevándolo a convertirse en un problema de salud pública, debido a la posibilidad de brotes de enfermedades.

Se debe recordar que el proyecto de control de inundaciones no eliminará por completo la ocurrencia de estos eventos, pero sí pretende reducir su frecuencia. Ante este panorama, se vuelve primordial que mejore la calidad de agua de los ríos y quebradas, con el fin de evitar que, en el caso de alcanzar viviendas, las inundaciones que se den provoquen la menor cantidad de problemas en cuanto a la salud de los pobladores.

b) Características físicas del sitio

La zona presenta tres condiciones físicas que dificultan la utilización de sistemas individuales de tratamiento y vertido de aguas residuales, principalmente el tanque séptico con zonas de drenaje. La primera condición es el alto nivel freático presente en la zona, la segunda es el material fino (predominantemente arcillas) y la tercera es el tamaño de los lotes.

El alto nivel freático provoca la infiltración de agua a los tanques sépticos, reduciéndoles su capacidad para recibir las aguas residuales de las viviendas y produciendo rebalse del tanque. El material fino impide que el efluente saliente de los tanques se filtre hacia el subsuelo de manera adecuada, mientras que el tamaño de los lotes impide desarrollar un área de drenaje apropiada para asegurar el vertido de las aguas residuales.

La combinación de estas tres condiciones dificulta la construcción de un tanque séptico con zona de drenaje que cuente con un diseño adecuado. Si no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, se deben buscar soluciones alternativas, que por lo general

son más elevadas de precio, dificultando el acceso a la población promedio del lugar debido a su condición socioeconómica.

La información anterior puede ser analizada más a fondo a partir de los resultados que arroje el estudio hidrogeológico que se encuentra en elaboración, ya que ahí se tendrá una referencia más certera de los parámetros físicos antes mencionados, como el nivel freático y el tipo de material presente en el suelo.

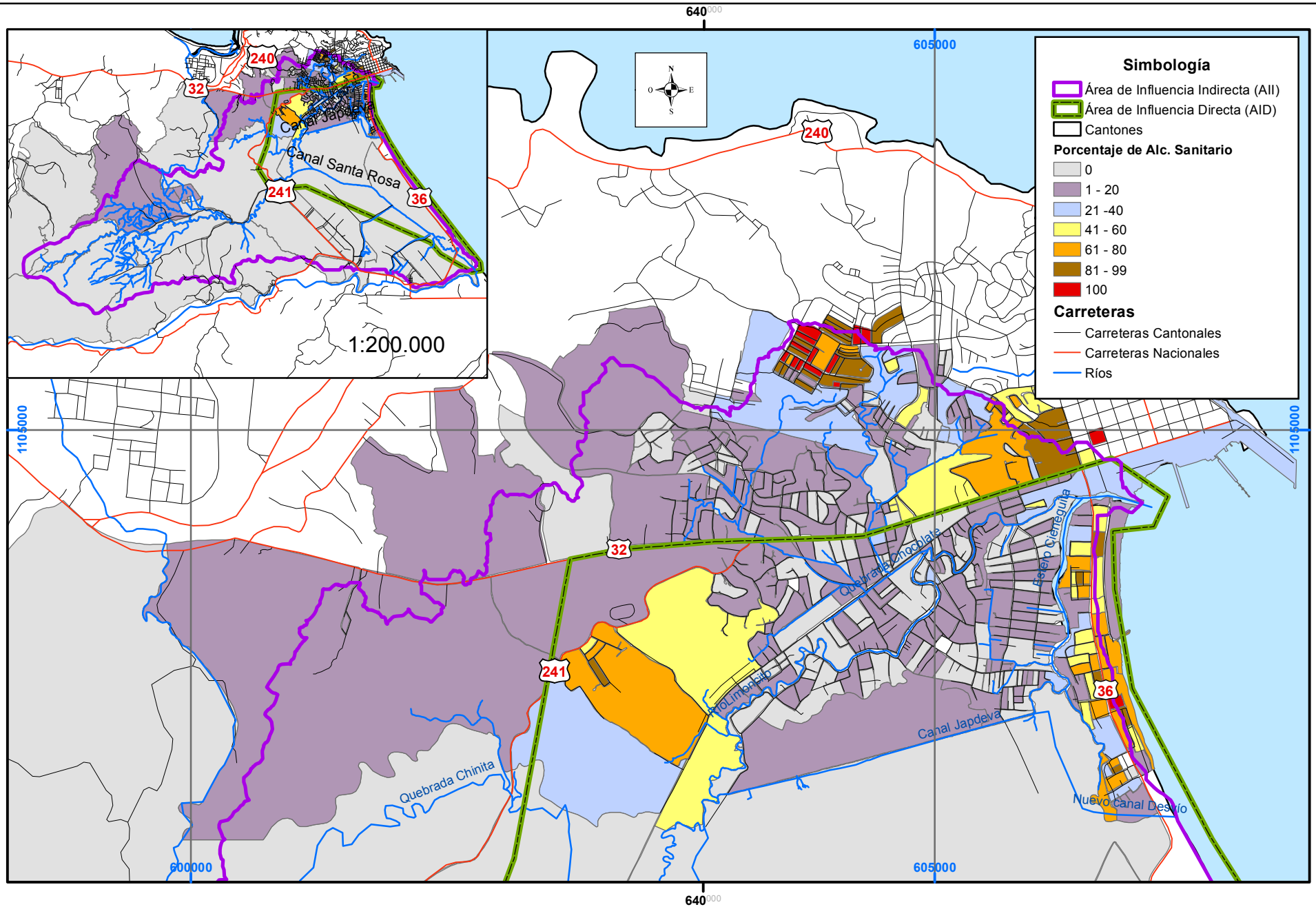
c) Ahorro en la inversión

Existen sitios donde se realizarán labores concernientes a ambos proyectos. En estos sitios, se pueden aprovechar las obras de un proyecto para llevar cabo trabajos del otro proyecto.

Por ejemplo, en la calle de entrada hacia Envaco, se realizará un intercambio entre el alineamiento actual de la vía y el cauce de la Quebrada. Chocolate. En este tramo, tal y como se observa en el Mapa 7.4.3-2, existen varias descargas directas de aguas residuales a la quebrada.

Lo ideal sería que al realizar el intercambio, se coloque el colector del sistema de alcantarillado, con el fin de evitar que se vuelvan a dar las descargas directas y que una vez concluida la obra correspondiente al proyecto de control de inundaciones, se tenga que realizar nuevamente un movimiento de tierra correspondiente a la colocación de dicho colector.

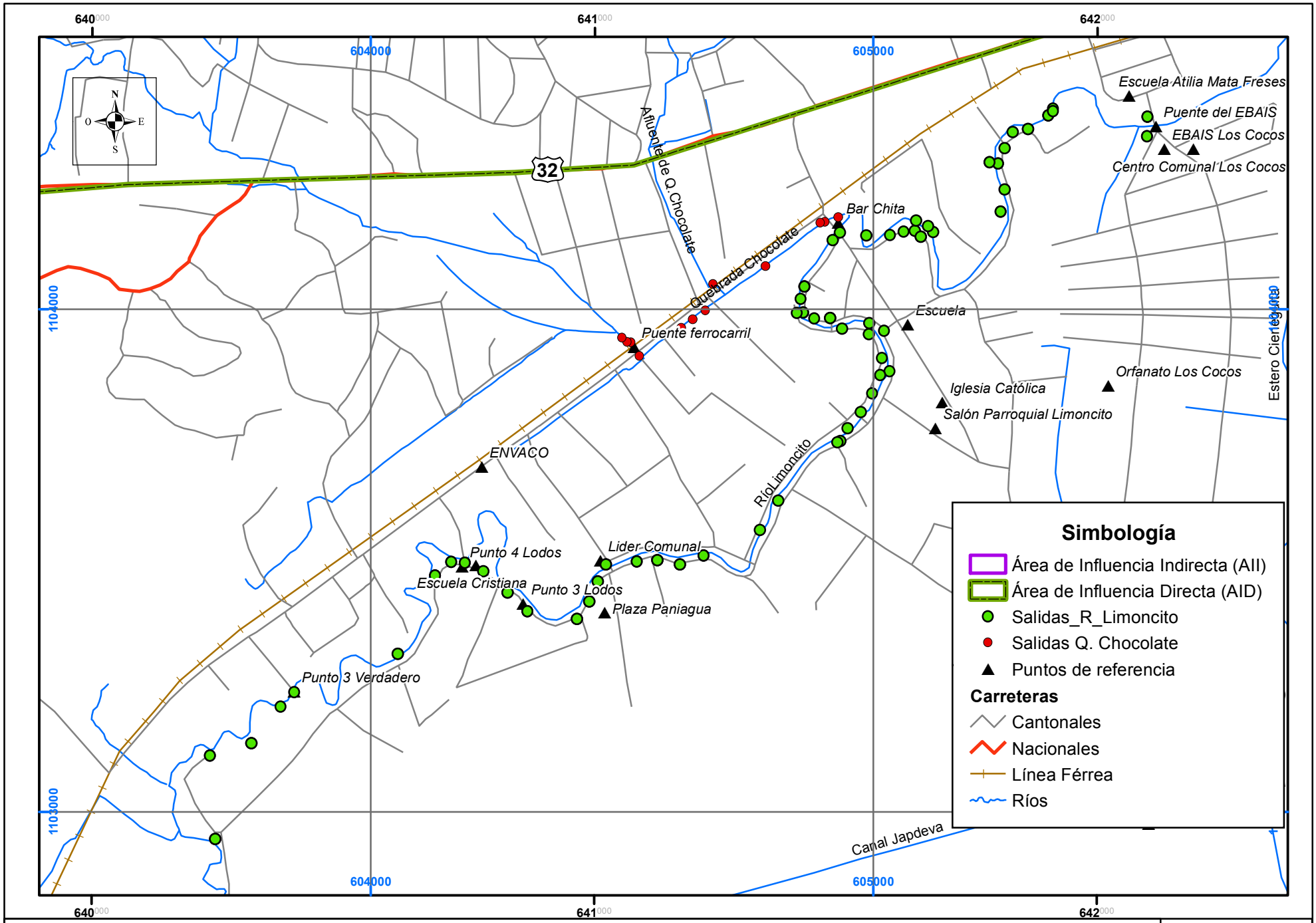
Una situación similar se podría dar en las calles paralelas al Río Limoncito, donde se realizarán obras en tramos del cauce que tienen descargas directas al río. El plan original es restaurar esas descargas una vez que se hayan realizado los trabajos en el cauce, sin embargo lo más recomendable es instalar el colector del alcantarillado sanitario antes que se concluyan las obras en el cauce, para evitar que se vuelvan a presentar estas descargas directas.



Mapa 7.4.3-1. Porcentaje de viviendas conectadas a alcantarillado sanitario por UGM

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:35.000 0 1,5 3 6 Km	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 INEC, Censo 2011

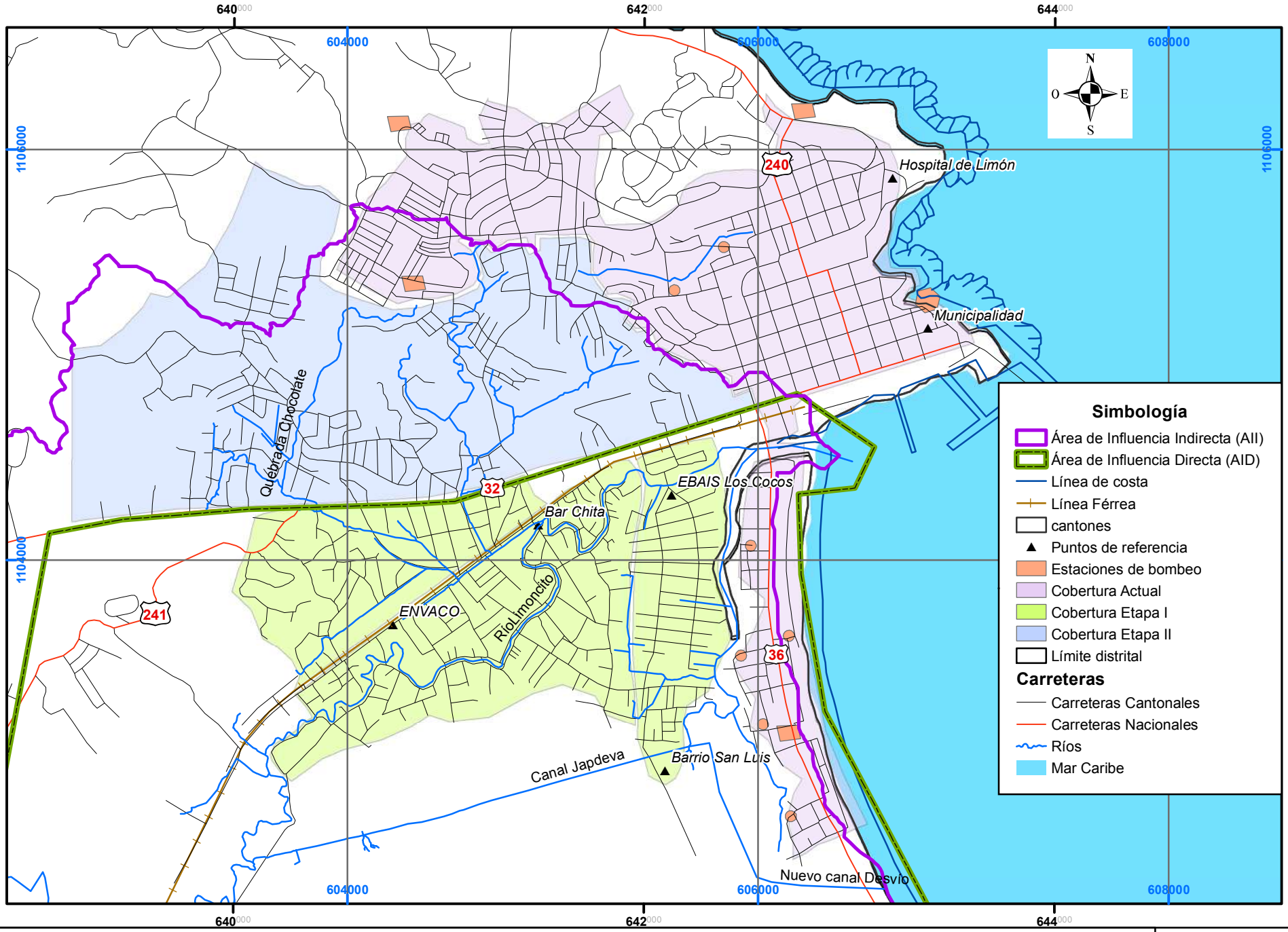
ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 7.4.3-2. Puntos de descarga de aguas residuales en ríos Limoncito y Chocolate.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:10.000 0 75 150 300 m	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 SENARA, 2013.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 7.4.3-3. Cobertura actual del sistema de alcantarillado sanitario y etapas de ampliación

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:25.000 0 200 400 800 m	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 SENARA, 2013.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

7.4.4 Desechos Sólidos

En este documento se describe la cobertura y la frecuencia del servicio de recolección de desechos sólidos que brinda la Municipalidad de Limón en los barrios que se encuentran en la parte baja de la cuenca del río Limoncito.

Es importante contar con esta información, ya que sirve como insumo para determinar si el servicio se podría ver interferido por la realización del proyecto. Adicionalmente, se debe conocer en qué sectores del proyecto se brinda el servicio de recolección, para planear la manera en que se dispondrán los residuos sólidos que se generen por la realización del proyecto.

7.4.4.1 Rutas de recolección

De acuerdo con la información brindada por el encargado del servicio de recolección de la Municipalidad de Limón, el señor Víctor Díaz, las siguientes rutas son las que contienen a los barrios dentro de la zona de estudio:

- **Ruta C:** Cieneguita: San Martín, Sector la Playa, Urbanización La Conquista. Cocos 1 y 2.
- **Ruta K:** Limoncito, Barrio Quinto, Los Lirios y Ceibón.
- **Ruta I:** Entrada de Colina, Envaco, Juan Gobán, Atlántida, Colina, Santa Rosa, Los Almendros, Isaías Marchena.

Las tres rutas indicadas se realizan los días martes con horario de 6 am a 2 pm y los viernes de 6 am a 12 pm. En el Mapa 7.4.4-1 se señalan las rutas mencionadas anteriormente.

En cuanto a la cobertura del servicio, el encargado mencionó que en los barrios ubicados en los alrededores del Río Limoncito es prácticamente del 100%. Según describe, en las afueras de las calles muy angostas o alamedas, se ubican puntos donde los vecinos de que viven dentro de ellas puedan disponer sus desechos (ver Fotografía 7.4.4-1).

Sin embargo, esto en ocasiones provoca que la basura se disperse por la calle o incluso que caiga al río, por lo que el encargado del servicio tiene un proyecto que promueve la construcción de cajones de concreto en estos puntos identificados por los vecinos. Además, indica se está trabajando en la concientización de los vecinos, con el fin de hacerles entender que deben sacar sus desechos solamente los días en los que se da el servicio en su respectiva zona.

Dentro de los barrios de la zona de estudio, principalmente Limoncito, Ceibón y Lirios, las calles principales son igualmente angostas, por lo que los camiones recolectores ocupan prácticamente todo el ancho de la vía para transitar y llevar a cabo la recolección (ver Fotografía 7.4.4-2), esto es un factor importante a destacar ya que durante los días y horas de recolección se debe coordinar muy bien el tránsito de otros vehículos pesados en la zona.



Fotografía 7.4.4-1 Recolección de desechos en un punto común
Fuente: Trabajo de campo del equipo de ProDUS-UCR



Fotografía 7.4.4-2 Ancho de vía con respecto a camión recolector
Fuente: Trabajo de campo del equipo de ProDUS-UCR

7.4.4.2 Equipo de recolección disponible

Para llevar a cabo el servicio de recolección, la Municipalidad cuenta con un total de 5 camiones compactadores de 16 toneladas de capacidad. Según fue indicado, en los últimos 3-4 años fueron adquiridos dichos camiones. En promedio, estos camiones disponen aproximadamente 80 toneladas por día de lunes a miércoles y 60 toneladas por día los días jueves y viernes.

7.4.4.3 Sitio de disposición

El sitio de disposición utilizado por la Municipalidad es el Parque Tecnológico Ambiental de Limón (PTA Limón), el cual es operado y administrado por la empresa EBI de Costa Rica. El Parque está ubicado a 5 kilómetros del centro de Limón y a 1 kilómetro del centro de la localidad de Santa Rosa, en la finca conocida como El Tomatal (ver Mapa 7.4.4-1).

El PTA Limón cubre el requerimiento del Cantón Central de Limón, Matina, Talamanca, Siquirres y Pococí, de acuerdo con la información que pone a disposición la empresa en su dirección electrónica.

De acuerdo con la información de la empresa, el PTA Limón cuenta con la siguiente infraestructura:

- Un relleno sanitario mecanizado.
- Una estación de lavado de camiones (plataforma de lavado)
- Una estación para la recuperación y reciclaje
- Un centro multiuso para capacitación y recreación
- Un sistema de tratamiento de lixiviados
- Un sistema de control y vigilancia de las instalaciones
- Una estación electrónica de pesaje
- Un taller de mantenimiento de maquinaria y equipos
- Un vivero
- Una estación para el control y vigilancia de las operaciones y de los compromisos ambientales.
- Red de pozos de monitoreo.
- Un sistema de evacuación pluvial
- Una red de caminos internos
- Obras complementarias: caseta de guarda, cercas, portones, conducciones al cuerpo receptor, estaciones de bombeo, planta eléctrica de emergencia, zonas verdes, parqueos, accesos, red telefónica, acometida eléctrica, banco de transformadores, acometida de agua potable y otras obras menores.



Fotografía 7.4.4-3 Compactación del terreno en las celdas de trabajo



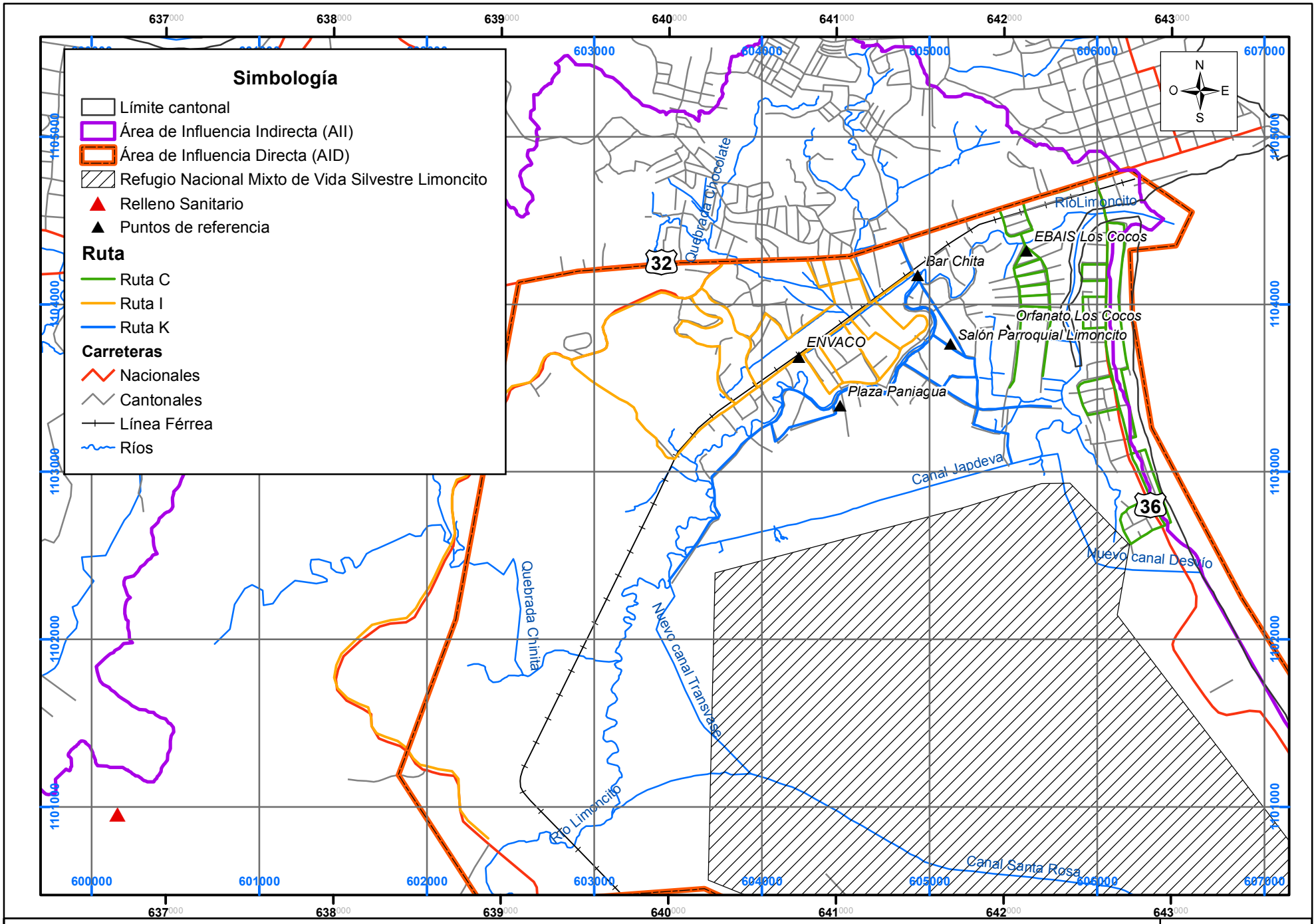
Fotografía 7.4.4-4 Colocación de geosintéticos y tuberías.



Fotografía 7.4.4-5 Ingreso de desechos a las celdas de trabajo

7.4.4.4 Reciclaje

Actualmente, la Municipalidad no cuenta con el servicio de recolección separada para residuos reciclables. El cantón cuenta con diferentes escuelas y colegios en los cuales se reciben este tipo de residuos, además de las campañas que realiza el Programa Ambientados de manera ocasional en el centro de Limón.



Mapa 7.4.4-1. Rutas de recolección en el sector de Limoncito y Ubicación de Relleno Sanitario

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:30.000 0 230 460 920 m	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 SENARA, 2013.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

7.4.2 Alcantarillado Pluvial

Caracterización del sitio

En las giras de campo al área de estudio realizadas por ProDUS-UCR, se determinó que la gran mayoría de barrios y áreas urbanas, no cuentan con infraestructura de alcantarillado pluvial.

Las calles principales se encuentran asfaltadas (Ruta N°32 y entrada a ENVACO); sin embargo, la mayoría de calles internas que conectan los barrios son de lastre, y no cuentan con acera, cordón, ni caño. En la época seca, estas calles presentan problemas de polvo y partículas en el aire (Fotografías 7.4.2-1).



Fotografías 7.4.2-1 Calles de lastre en época seca.
Fuente: ProDUS-UCR, octubre 2012.

En época lluviosa el problema es la acumulación y estancamiento de agua en las calles (charcos), incluso inundación de secciones de carretera y viviendas, lo que además provoca la reproducción de insectos y vectores de enfermedades como el dengue (Fotografías 7.4.2-2).



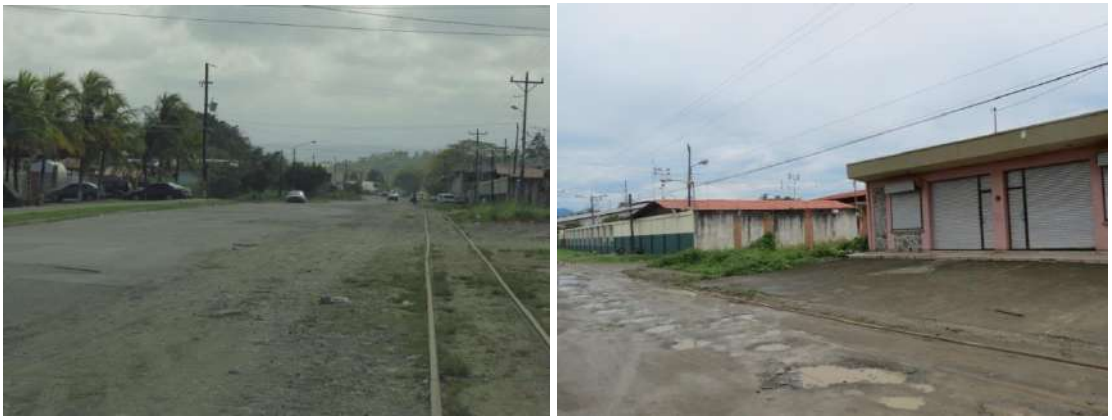
Fotografías 7.4.2-2 Calles de lastre en época lluviosa.
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013.

Cabe mencionar que estas calles son de topografía muy plana, lo que dificulta la evacuación del agua de lluvia y provoca problemas de deterioro de las vías, incluso hay inexistencia de drenajes en vías importantes (sobre la Ruta N°32), y en zonas muy transitadas donde se dan actividades comerciales y de servicios (Fotografías 7.4.2-3). Estas acumulaciones de agua también dificultan el paso de peatones para cruzar o caminar a la orilla de la calle, pues en muchas secciones no hay aceras lo que reduce la seguridad de paso de peatones.



Fotografías 7.4.2-3 Secciones sobre la Ruta N°32 sin drenajes de agua pluvial (época lluviosa).
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013.

Otra de las calles muy transitadas y que carece de drenajes pluviales, es la vía hacia la fábrica de cartones ENVACO (paralela a la línea férrea), la cual cuenta con secciones asfaltadas y una leve división simulando cordón de caño (Fotografías 7.4.2-4). Esta vía es muy transitada por vehículos pesados, pues transportan los cartones desde la fábrica ENVACO hacia el puerto Moín para el empaque de banano y otros productos de exportación. La acumulación de carga pesada y la inexistencia de sistemas de alcantarillado pluvial, reduce la calidad de las vías, pues las deteriora con mayor rapidez y dificulta la circulación vehicular y peatonal.



Fotografías 7.4.2-4 Calle hacia ENVACO con problemas de evacuación de aguas pluviales
Fuente: ProDUS-UCR. Fotografía izquierda: marzo, 2013. Fotografía derecha: junio, 2013.

En el caso del Barrio Juan Gobán, se distinguieron secciones de la vía que cuentan con acera, cordón y caño; sin embargo, está ausente el sistema de alcantarillado pluvial, lo que se muestra en las siguientes fotografías (Fotografías 7.4.2-5).



Fotografías 7.4.2-5 Calles en el Barrio Juan Gobán
Fuente: ProDUS-UCR, octubre 2012.

Únicamente el Barrio Los Cocos cuenta con un sistema de evacuación de agua pluvial, compuesto por tragantes pluviales en medio de las vías y en secciones perimetrales al lado de aceras (Fotografías 7.4.2-6). Esto reduce los problemas de inundaciones al evacuar con mayor rapidez las aguas de lluvia.



Fotografías 7.4.2-6 Sistema de evacuación de aguas pluviales en Barrio Los Cocos
Fuente: ProDUS-UCR, junio 2013.

Conclusiones sobre el tema

La inexistencia de infraestructura de evacuación pluvial en una zona con altos niveles de precipitación como lo es Limón, tiene consecuencias importantes en la calidad de vida de las personas. Algunas de estas consecuencias son:

- Aumento de inundaciones.
- Riesgo sanitario asociado a presencia de aguas residuales mezcladas con aguas pluviales.
- Impactos ambientales negativos tanto en los cursos de agua dulce como en la zona costera.
- Mayor cantidad de problemas de salud en la población por presencia de vectores.

La caracterización realizada sobre el sitio, evidencia que en la zona es urgente el diseño y construcción de un sistema de evacuación pluvial integral, que incluya tragantes pluviales (alcantarillas) con sistemas de conducción (microdrenaje) hacia tanques de almacenamiento transitorio que retengan el agua y la transporten hacia obras de drenaje final (macrodrenaje). De esta manera se amortiguarían picos de caudales y serían obras complementarias al proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito".

A nivel de la Municipalidad de Limón, actualmente no se cuenta con ningún proyecto de alcantarillado pluvial a futuro. Sin embargo, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados (ICAA) cuenta con el proyecto de *Alcantarillado Sanitario para el Sector de los Barrios Limoncito, Envaco y Alrededores de la ciudad de Limón,* en el cual se consideran las múltiples conexiones entre aguas pluviales y aguas residuales que afectan en el tratamiento de las aguas residuales. Por este motivo, el ICAA actualmente realiza un monitoreo de la cantidad de conexiones que deberán separarse del alcantarillado sanitario y que deberán evacuar sus aguas al río.

7.4.3 Alcantarillado Sanitario

En este documento se describe la manera en que se disponen las aguas residuales actualmente dentro de la zona de estudio, además se muestra cuál es la cobertura de la red de alcantarillado sanitario existente, administrada por el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

Actualmente existen varios puntos de descarga de aguas residuales en las quebradas y ríos donde se realizarán las obras del proyecto objeto del presente EsIA. Al hacer cambios en las condiciones actuales de los cauces, es importante que se analice el impacto que se tendrá sobre estas descargas, por la manera en que la población las utiliza para disponer sus aguas residuales.

Debido a estos casos de descargas directas, y con la intención de evitar que vuelvan a funcionar posterior a la realización del proyecto de control de inundaciones, es que se sugiere que se lleve a cabo el proyecto de ampliación de la red de alcantarillado sanitario existente, el cual también será descrito en el presente documento.

De no llevarse a cabo el proyecto de ampliación de alcantarillado sanitario, el encargado del proyecto indicó que se deberán reconectar las descargas directas de los ríos, por lo que el mejoramiento de la calidad del agua en el Río Limoncito y en la Q. Chocolate se vería comprometido.

7.4.3.1 Disposición actual de aguas residuales en Limoncito

Se utilizó la información de las Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM) del Censo 2011 ubicadas dentro de los barrios del proyecto, para obtener la cantidad de viviendas y las respuestas indicadas por los vecinos a la pregunta de la encuesta de viviendas del Censo sobre el sistema al que está conectado el servicio sanitario. Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 7.4.3-1 Sistema de disposición de aguas residuales en Limoncito

Sistema utilizado	N° viviendas	%
Alcantarillado Sanitario	205	5.21
Tanque Séptico	3567	90.72
Descargas directas a río o quebrada.	130	3.31
Pozo Negro o letrina	30	0.76
No tiene servicio sanitario	0	0
Total	**3932**	**100**

Fuente: Análisis de Vulnerabilidad de la Infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales" (CFIA, IMN, AyA, 2011)

Tal y como se observa en el cuadro anterior, el dato más importante es la cantidad de viviendas que están conectadas a tanque séptico, pasando el 90%. Sin embargo, a pesar que en la zona no existe alcantarillado sanitario, un poco más del 5% de las viviendas respondieron estar conectados a dicho sistema (ver Mapa 7.4.3-1)

Mientras que 130 viviendas aseguraron contar con descargas directas ya sea al Río Limoncito o a la Quebrada Chocolate, que son los cuerpos de agua dentro del área de estudio. De acuerdo a la información brindada por SENARA, se identificaron 103 descargas a partir de un recorrido en campo, las cuales se muestran en el Mapa 7.4.3-2.

7.4.3.2 Descripción del sistema de alcantarillado sanitario existente

La primera referencia de un *"sistema de cloacas"* data del año 1928[1]. Posteriormente se reconstruyó en 1976, donde se instalaron colectores nuevos de asbesto cemento que iban desde los 200 mm hasta los 400 mm de diámetro, el resto de la red existente consistía en tubería de 150 mm de diámetro de arcilla vitrificada.

Este sistema abarcaba solamente el casco central de la ciudad, y algunos barrios aledaños, sin embargo este alcantarillado sanitario colapso como consecuencia del terremoto que afectó la ciudad de Limón el 22 de abril de 1991.

De acuerdo con el informe del *"Análisis de Vulnerabilidad de la Infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales"* (CFIA, IMN, AyA, 2011), al año 2011 el alcantarillado sanitario cubría 7.164, de los 17.101 servicios de agua potable que tenía el acueducto, lo que representa un 42% de cobertura del total.

La red de alcantarillado sanitario tiene longitud de unos 67,15 km de longitud y un área de recolección de 290 hectáreas. En el siguiente cuadro se muestran las comunidades que cuentan con el servicio y en el Mapa 7.4.3-3 se muestra la cobertura del sistema.

Cuadro 7.4.3-2 Sectores según sistema comercial del AyA

Sector	Barrio	Cantidad de Servicios
1	Limón Centro	653
2	Limón Centro	653
3	B° Rooselvelt	623
4	Cangrejos (sin tratamiento)	127
5	Bella Vista, Triunfo y Laureles	508
6	Margarita Garrón, Urb. Lomas, Siglo XXI, Coopeutba San Juan	1172
7	Corales 1 (algunos sectores), Corales 2 y Corales 3	792
13	Cristóbal Colón	535
14	Cristóbal Colón	283
18	Pacuare	1629
21-22	Urb. Los Almendros y Coopedecar (sin tratamiento)	146
23	Siglo XXI 2da y 4ta Etapa	43
Total		**7164**

Fuente: Análisis de Vulnerabilidad de la Infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales" (CFIA, IMN, AyA, 2011)

Funcionamiento actual del sistema

El sistema está organizado en una serie de microcuencas urbanas definidas por el AyA. Cada una de ellas contiene redes, subcolectores y colectores las cuales vierten las aguas residuales a diferentes estaciones de bombeo. A su vez, estas estaciones de bombeo redirigen las aguas hacia la Estación de Pre-Acondicionamiento (EPA), antes de ser enviadas al Emisario Submarino.

En total se tienen 4 estaciones de bombeo llamadas: Asis Esna, Cristóbal Colón, Pacuare 1 y Pacuare 2. Adicionalmente, se cuenta con 7 miniestaciones, 5 de ellas ubicadas en el barrio Cristóbal Colón (Cieneguita), una en Siglo XXI y por último otra en la Urb. Lomas. A continuación se muestra un esquema de bombeo del sistema.

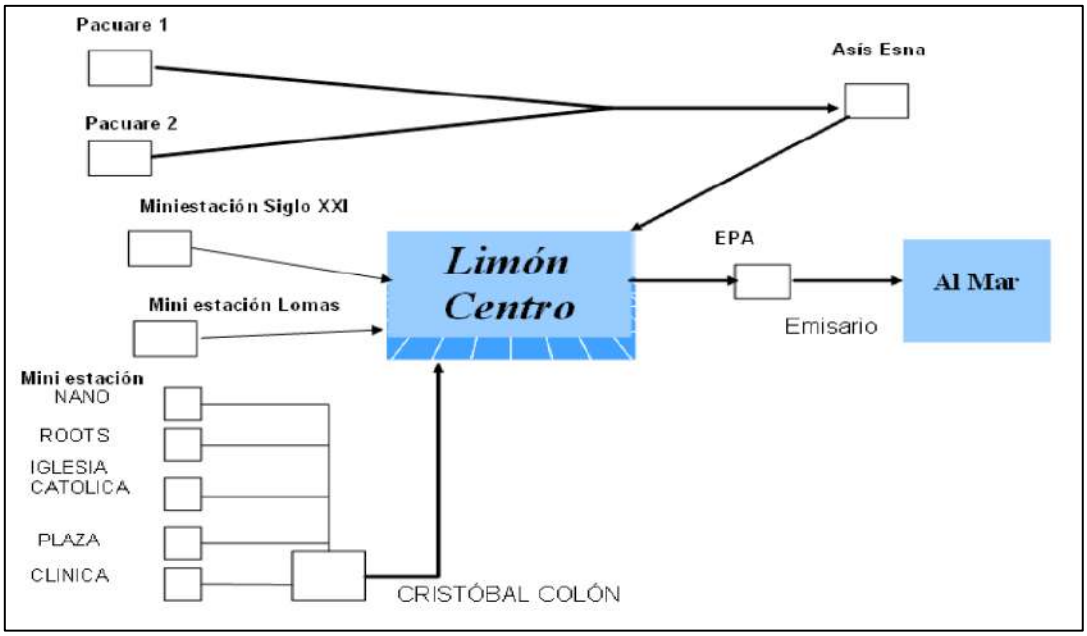


Imagen 7.4.3-1 Esquema de bombeo del sistema de recolección de aguas residuales.

Fuente: Análisis de Vulnerabilidad de la Infraestructura al Cambio Climático: Sistema de Recolección, Tratamiento y Disposición de Aguas Residuales" (CFIA, IMN, AyA, 2011)

La EPA es una planta de tratamiento para el sistema, esta estación cumple la función de disminuir la carga contaminante de las aguas residuales provenientes de las estaciones de bombeo, antes de su vertido al mar por medio del Emisario. La EPA está compuesta de las siguientes partes:

- Sistema de ventilación: consiste en dos extractores de aire mecánicos.
- Compuertas, rejillas, canal Parshall y canal de interconexión: se da el control del caudal de ingreso y el filtrado grueso.
- Militamices: contiene dos baterías de 4 militamices estáticos con capacidad de 70 l/s y apertura de tamizado de 0,5mm.

- Tornillo sin fin, canastas, sistema de izaje y transporte: los tornillos sin fin reciben el sólido de los militamices, se almacenan, secan y transportan a un relleno sanitario para su disposición. El volumen promedio generado por mes es de 6 Ton.
- Tanque cisterna: recibe el agua residual después de ser tamizada.
- Bombas: se utilizan para bombear el agua del tanque cisterna al Emisario.

El Emisario Submarino cuenta con 1.8 Km de tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE), de 60 cm de diámetro. Está instalado en el fondo marino y es el encargado de transportar el efluente desde la EPA hasta un punto mar adentro donde se garantice que las concentraciones no afectarán ni generarán conflictos con los usos de las playas circundantes.

Al final de la tubería se encuentran los difusores, los cuales ayudan a diluir y dispersar el efluente proveniente de la EPA. Están ubicados a cada 4m en los últimos 60m de tubería, para un total de 14 difusores de 75mm de diámetro cada uno.

Los ingenieros del AyA encargados del proyecto, proporcionaron el *"Estudio de Factibilidad y Diseño Preliminar del Proyecto de Alcantarillado Sanitario para el Sector de los Barrios Limoncito, Envaco y Alrededores de la ciudad de Limón"*, llevado a cabo en el 2006 por la empresa Consultores en Ingeniería Ambiental y Sanitaria S.A. (CIAS S.A.),

En este estudio se señala que, en términos generales, el alcantarillado sanitario opera en buenas condiciones. Las redes primarias de recolección presentan problemas de obstrucción debido al desecho de materiales sólidos en los drenajes y a múltiples interconexiones ilícitas entre las tuberías cloacales y las de drenaje pluvial.

La cantidad de agua de lluvia que ingresa al sistema durante las tormentas afecta sensiblemente la operación de la EPA, por lo que las compuertas de entrada debían ser reguladas en forma manual para permitir el ingreso únicamente del flujo máximo para el que la estación fue diseñada. Actualmente se tiene instalado un *by-pass* con el fin de regular la entrada de flujo a la estación.

Capacidad instalada en el sistema

En el estudio realizado por la empresa CIAS S.A. se indica que el punto de vertido de la ampliación propuesta es el pozo de registro ubicado en la esquina conocida como El Cruce (Avenida Primera con Calle 9, frente a entrada a la Ruta 36), correspondiente al Colector Cieneguita de 600 mm de diámetro. Posteriormente se tiene:

- El Colector El Cruce-EPA, tiene una capacidad en el tramo inicial de 316.8 l/s. En su recorrido hasta la EPA, aumenta su capacidad para recibir las aguas residuales locales del vecindario por el cual se proyectaron. Este caudal es mínimo en comparación al de inicio.
- La capacidad de la EPA es de 525 l/s. Para este caudal será necesaria la operación de los ocho militamices instalados. Al momento de ser realizado el informe, solamente se estaban utilizando cuatro.
- La capacidad de los equipos de bombeo es de 200 l/s en promedio. Cabe indicar que uno de estos tres equipos cuenta con una bomba de caudal variable, pudiendo ser este regulado en un rango que va de los 100 l/s hasta los 250 l/s.

- La capacidad del emisario es de 525 l/s. que corresponde al flujo máximo de fin de período de diseño.
- Los militamices cuentan con ranuras de ½ milímetro de espesor, y de este tamaño es la partícula que se remueve.
- La EPA no cuenta con sistema para la remoción de grasas y aceites, ni con detectores de tales sustancias.

7.4.3.3 Ampliación propuesta al alcantarillado sanitario

En la reunión sostenida con los ingenieros del AyA, se informó que el proyecto de ampliación cuenta con dos etapas: la primera incluye los barrios de Limoncito, Envaco y alrededores, mientras que la segunda etapa los barrios al norte de la Ruta 32 (ver Mapa 7.4.3-3).

Para la Etapa I se tienen dos propuestas de diseño preliminar, la primera desarrollada dentro del estudio llevado a cabo por la empresa CIAS SA, y la segunda por la empresa TecnoSan. Sin embargo, solamente se tiene referencia del primero, a partir del informe proporcionado por el AyA.

De acuerdo con la descripción del informe elaborado por CIAS SA, el proyecto de ampliación comprende los barrios La Colina, la parte sur del Cementerio de Limón, Barrio Quinto, Urbanización Atlántida, El Ceibón, Paniagua, Limoncito, Los Lirios y Los Cocos, además de la Planta Industrial de Envaco (fábrica de cajas de cartón para banano).

En el informe se indica que el Barrio San Luis, ubicado al sur de Los Lirios y al sur del Canal Artificial Limoncito, no formará parte del estudio, debido a que se trata de unas pocas casas aisladas, en una zona altamente inundable.

Consideraciones generales tomadas para el diseño

- El área del estudio es una zona relativamente plana, en la que el río Limoncito provee el drenaje principal, conjuntamente con sus afluentes, la Quebrada Chocolate y otros cursos menores, que drenan tanto las aguas de lluvia, como las descargas de aguas jabonosas y residuales de los vecinos que viven frente a estos cursos de agua permanentes.

- Debido a los límites de profundidad máxima para las tuberías de aguas servidas, se dividió el área del estudio en varias zonas o cuencas que concentran todas sus aguas captadas en un punto, en donde se requerirá de la implementación de una estación de bombeo, que levante e impulse el agua, hasta otro colector inicial de una zona posterior o a un colector principal, el cual deposite el volumen total en el punto de disposición final.

- Los límites de las cuencas o zonas de cada estación de bombeo, se definieron considerando el río Limoncito y las quebradas y acequias existentes, con el fin de minimizar las dificultades constructivas de instalar redes recolectoras o colectores principales bajo estos cauces de agua.

- La mayor parte de las calles en el área de proyecto son de lastre, sin cordón, caño ni aceras, con excepción de la urbanización Los Cocos, la que cuenta con calles pavimentadas de concreto, aceras y un sistema de drenaje pluvial con colectores ubicados en la línea centro de las vías.

- Las calles de lastre existentes son de un ancho variable, y se evidencia que el control ha sido mínimo en cuanto a la aplicación de regulación que establezca una alineación uniforme para la construcción de las viviendas. Por otro lado, algunas de estas calles presentan curvas de corto radio, que obliga a la instalación de pozos de registro con separaciones cortas.

- En su mayor parte, con excepción del sector al este del cementerio, y paralelamente a la línea del ferrocarril, corre una calle pavimentada, relativamente ancha, la que funciona como vía principal de acceso a Limoncito y barrios aledaños. Al ser esta calle de gran amplitud y prácticamente recta, se presenta como la mejor opción para la instalación del colector principal del proyecto.

- Debido a la altura del relleno sobre el cual se encuentra la Ruta 32 con respecto al nivel de piso de las casas y comercios adyacentes, no se pueden incluir dentro del área del estudio, las viviendas y comercios ubicados al norte de esta Ruta.

Actualmente, el AyA se encuentra en el proceso de definir un diseño para la Etapa I, basándose en los prediseños de ambas empresas, los cuales difieren en la metodología utilizada y en los resultados obtenidos. En ambos casos, el AyA analiza esos resultados para determinar una solución definitiva.

Para el caso del diseño preliminar elaborado por la empresa CIAS SA, los resultados de caudales obtenidos se consideran muy altos, debido principalmente al factor de magnificación incluido en el cálculo del caudal de las aguas pluviales entrantes en el sistema.

Mientras, para el diseño preliminar elaborado por la empresa Tecnosan, sucede lo contrario, ya que los resultados de caudales obtenidos se consideran muy bajos, debido a que dentro de los cálculos se asume que se llegará a una condición donde no se filtran aguas pluviales al sistema de alcantarillado sanitario, lo cual no es real.

Por lo tanto, a partir de los resultados en ambos estudios, se busca un punto medio en donde se logren cuantificar de mejor manera los caudales provenientes de las aguas pluviales y se llegue a un diseño definitivo.

Posteriormente, se debe realizar el prediseño para la Etapa II del proyecto y con los caudales obtenidos para esa sección, determinar cómo se comporta la capacidad instalada actual con respecto a la demanda futura, para proponer mejoras y ampliaciones al sistema actual, en caso de ser necesario.

7.4.3.4 Recomendaciones importantes

De acuerdo a la transcendencia que tienen ambos proyectos para la zona de Limoncito, refiriéndose al sistema de control de inundaciones y a la ampliación del alcantarillado sanitario, se considera importante llevar a cabo ambos proyectos de manera paralela, con el fin de darle a la población una solución más integral. Para esto, se toman en cuenta los siguientes aspectos:

a) Calidad del agua

El primer aspecto y quizá el más importante, es el de mejorar la calidad del agua dentro de los barrios que se encuentran dentro del proyecto. En la sección 5.4.1.1 se estudia la calidad de las aguas del Río Limoncito y sus afluentes a partir de la toma de muestras y el análisis de estas en laboratorio.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se logró constatar que el Río Limoncito, después de su paso por los barrios de la zona del proyecto y antes de su desembocadura en el estero de Cieneguita, presenta una condición anaranjada, lo que significa que presenta contaminación severa.

Esta contaminación en la parte urbana tiene dos fuentes principales: los residuos sólidos que son depositados en el cauce de los ríos y quebradas de la zona y las descargas directas de aguas residuales de las casas que se sitúan frente a estos cauces. Actualmente, al darse una inundación, el agua que alcanza las casas contiene este grado de contaminación, llevándolo a convertirse en un problema de salud pública, debido a la posibilidad de brotes de enfermedades.

Se debe recordar que el proyecto de control de inundaciones no eliminará por completo la ocurrencia de estos eventos, pero sí pretende reducir su frecuencia. Ante este panorama, se vuelve primordial que mejore la calidad de agua de los ríos y quebradas, con el fin de evitar que, en el caso de alcanzar viviendas, las inundaciones que se den provoquen la menor cantidad de problemas en cuanto a la salud de los pobladores.

b) Características físicas del sitio

La zona presenta tres condiciones físicas que dificultan la utilización de sistemas individuales de tratamiento y vertido de aguas residuales, principalmente el tanque séptico con zonas de drenaje. La primera condición es el alto nivel freático presente en la zona, la segunda es el material fino (predominantemente arcillas) y la tercera es el tamaño de los lotes.

El alto nivel freático provoca la infiltración de agua a los tanques sépticos, reduciéndoles su capacidad para recibir las aguas residuales de las viviendas y produciendo rebalse del tanque. El material fino impide que el efluente saliente de los tanques se filtre hacia el subsuelo de manera adecuada, mientras que el tamaño de los lotes impide desarrollar un área de drenaje apropiada para asegurar el vertido de las aguas residuales.

La combinación de estas tres condiciones dificulta la construcción de un tanque séptico con zona de drenaje que cuente con un diseño adecuado. Si no se cuenta con un sistema de alcantarillado sanitario, se deben buscar soluciones alternativas, que por lo general

son más elevadas de precio, dificultando el acceso a la población promedio del lugar debido a su condición socioeconómica.

La información anterior puede ser analizada más a fondo a partir de los resultados que arroje el estudio hidrogeológico que se encuentra en elaboración, ya que ahí se tendrá una referencia más certera de los parámetros físicos antes mencionados, como el nivel freático y el tipo de material presente en el suelo.

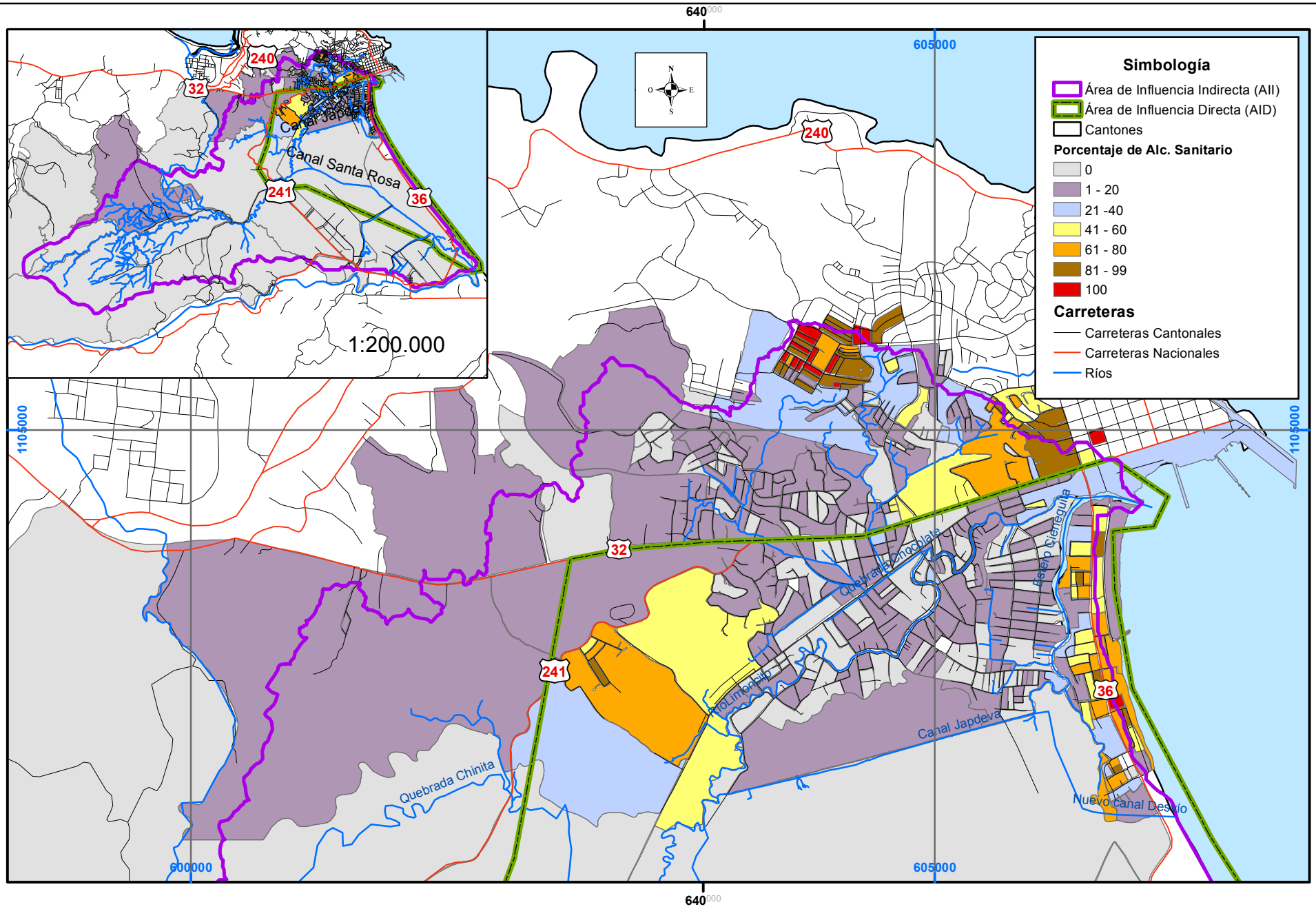
c) Ahorro en la inversión

Existen sitios donde se realizarán labores concernientes a ambos proyectos. En estos sitios, se pueden aprovechar las obras de un proyecto para llevar cabo trabajos del otro proyecto.

Por ejemplo, en la calle de entrada hacia Envaco, se realizará un intercambio entre el alineamiento actual de la vía y el cauce de la Quebrada. Chocolate. En este tramo, tal y como se observa en el Mapa 7.4.3-2, existen varias descargas directas de aguas residuales a la quebrada.

Lo ideal sería que al realizar el intercambio, se coloque el colector del sistema de alcantarillado, con el fin de evitar que se vuelvan a dar las descargas directas y que una vez concluida la obra correspondiente al proyecto de control de inundaciones, se tenga que realizar nuevamente un movimiento de tierra correspondiente a la colocación de dicho colector.

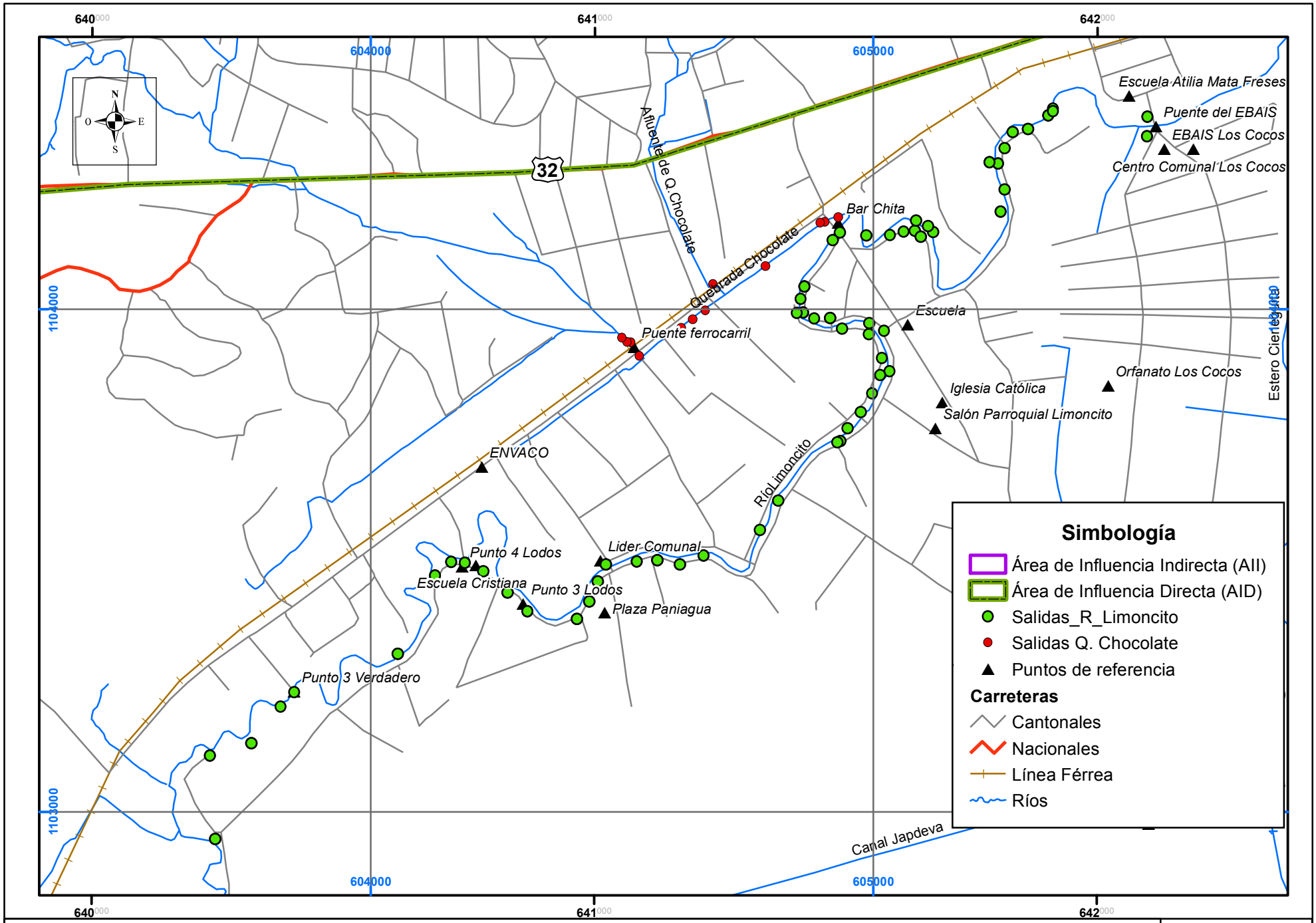
Una situación similar se podría dar en las calles paralelas al Río Limoncito, donde se realizarán obras en tramos del cauce que tienen descargas directas al río. El plan original es restaurar esas descargas una vez que se hayan realizado los trabajos en el cauce, sin embargo lo más recomendable es instalar el colector del alcantarillado sanitario antes que se concluyan las obras en el cauce, para evitar que se vuelvan a presentar estas descargas directas.



Mapa 7.4.3-1. Porcentaje de viviendas conectadas a alcantarillado sanitario por UGM

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:35.000 0 1,5 3 6 Km	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 INEC, Censo 2011

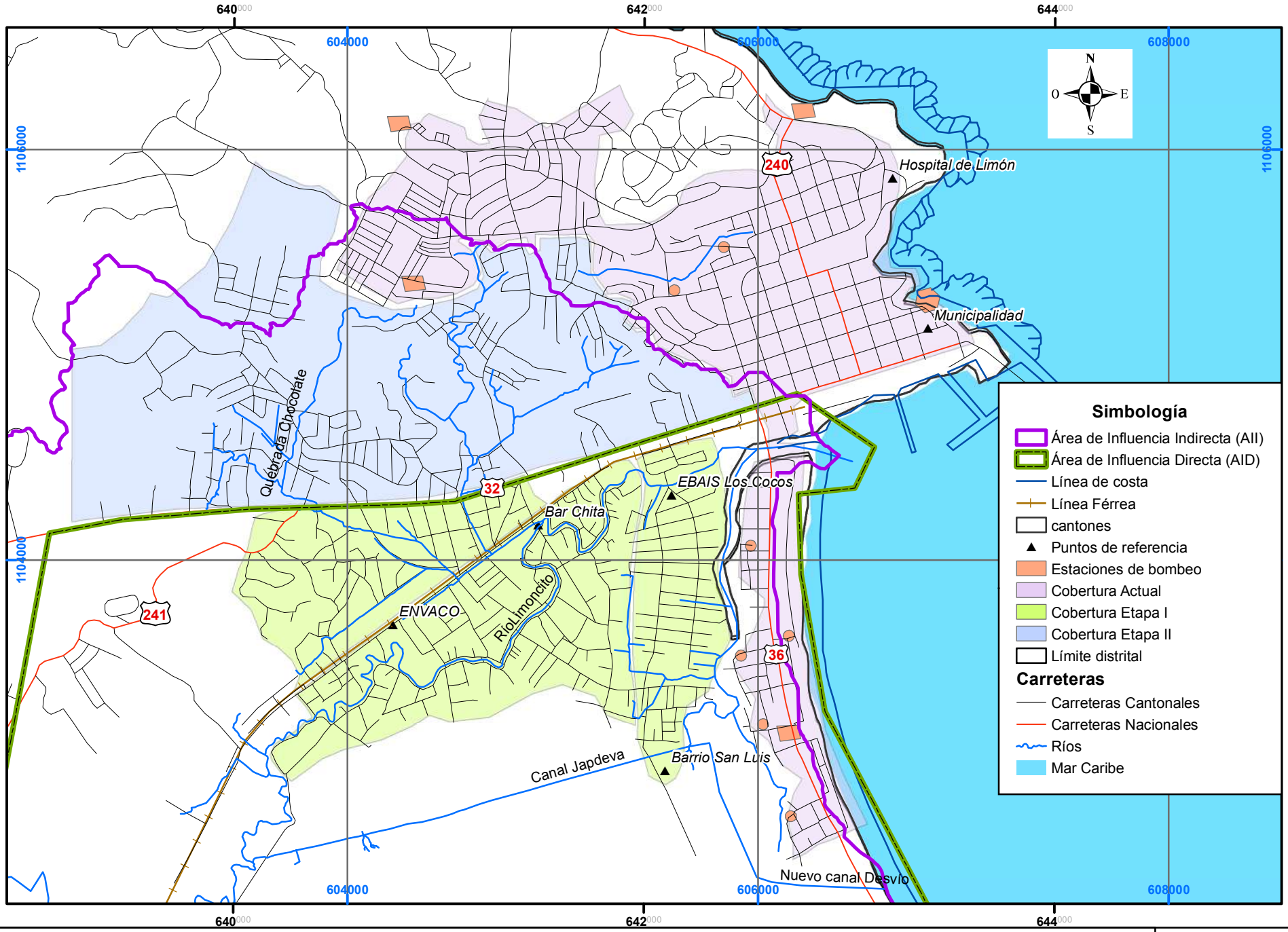
ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 7.4.3-2. Puntos de descarga de aguas residuales en ríos Limoncito y Chocolate.

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:10.000 0 75 150 300 m	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 SENARA, 2013.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 7.4.3-3. Cobertura actual del sistema de alcantarillado sanitario y etapas de ampliación

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:25.000 0 200 400 800 m	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 SENARA, 2013.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

7.4.4 Desechos Sólidos

En este documento se describe la cobertura y la frecuencia del servicio de recolección de desechos sólidos que brinda la Municipalidad de Limón en los barrios que se encuentran en la parte baja de la cuenca del río Limoncito.

Es importante contar con esta información, ya que sirve como insumo para determinar si el servicio se podría ver interferido por la realización del proyecto. Adicionalmente, se debe conocer en qué sectores del proyecto se brinda el servicio de recolección, para planear la manera en que se dispondrán los residuos sólidos que se generen por la realización del proyecto.

7.4.4.1 Rutas de recolección

De acuerdo con la información brindada por el encargado del servicio de recolección de la Municipalidad de Limón, el señor Víctor Díaz, las siguientes rutas son las que contienen a los barrios dentro de la zona de estudio:

- **Ruta C:** Cieneguita: San Martín, Sector la Playa, Urbanización La Conquista. Cocos 1 y 2.
- **Ruta K:** Limoncito, Barrio Quinto, Los Lirios y Ceibón.
- **Ruta I:** Entrada de Colina, Envaco, Juan Gobán, Atlántida, Colina, Santa Rosa, Los Almendros, Isaías Marchena.

Las tres rutas indicadas se realizan los días martes con horario de 6 am a 2 pm y los viernes de 6 am a 12 pm. En el Mapa 7.4.4-1 se señalan las rutas mencionadas anteriormente.

En cuanto a la cobertura del servicio, el encargado mencionó que en los barrios ubicados en los alrededores del Río Limoncito es prácticamente del 100%. Según describe, en las afueras de las calles muy angostas o alamedas, se ubican puntos donde los vecinos de que viven dentro de ellas puedan disponer sus desechos (ver Fotografía 7.4.4-1).

Sin embargo, esto en ocasiones provoca que la basura se disperse por la calle o incluso que caiga al río, por lo que el encargado del servicio tiene un proyecto que promueve la construcción de cajones de concreto en estos puntos identificados por los vecinos. Además, indica se está trabajando en la concientización de los vecinos, con el fin de hacerles entender que deben sacar sus desechos solamente los días en los que se da el servicio en su respectiva zona.

Dentro de los barrios de la zona de estudio, principalmente Limoncito, Ceibón y Lirios, las calles principales son igualmente angostas, por lo que los camiones recolectores ocupan prácticamente todo el ancho de la vía para transitar y llevar a cabo la recolección (ver Fotografía 7.4.4-2), esto es un factor importante a destacar ya que durante los días y horas de recolección se debe coordinar muy bien el tránsito de otros vehículos pesados en la zona.



Fotografía 7.4.4-1 Recolección de desechos en un punto común
Fuente: Trabajo de campo del equipo de ProDUS-UCR



Fotografía 7.4.4-2 Ancho de vía con respecto a camión recolector
Fuente: Trabajo de campo del equipo de ProDUS-UCR

7.4.4.2 Equipo de recolección disponible

Para llevar a cabo el servicio de recolección, la Municipalidad cuenta con un total de 5 camiones compactadores de 16 toneladas de capacidad. Según fue indicado, en los últimos 3-4 años fueron adquiridos dichos camiones. En promedio, estos camiones disponen aproximadamente 80 toneladas por día de lunes a miércoles y 60 toneladas por día los días jueves y viernes.

7.4.4.3 Sitio de disposición

El sitio de disposición utilizado por la Municipalidad es el Parque Tecnológico Ambiental de Limón (PTA Limón), el cual es operado y administrado por la empresa EBI de Costa Rica. El Parque está ubicado a 5 kilómetros del centro de Limón y a 1 kilómetro del centro de la localidad de Santa Rosa, en la finca conocida como El Tomatal (ver Mapa 7.4.4-1).

El PTA Limón cubre el requerimiento del Cantón Central de Limón, Matina, Talamanca, Siquirres y Pococí, de acuerdo con la información que pone a disposición la empresa en su dirección electrónica.

De acuerdo con la información de la empresa, el PTA Limón cuenta con la siguiente infraestructura:

- Un relleno sanitario mecanizado.
- Una estación de lavado de camiones (plataforma de lavado)
- Una estación para la recuperación y reciclaje
- Un centro multiuso para capacitación y recreación
- Un sistema de tratamiento de lixiviados
- Un sistema de control y vigilancia de las instalaciones
- Una estación electrónica de pesaje
- Un taller de mantenimiento de maquinaria y equipos
- Un vivero
- Una estación para el control y vigilancia de las operaciones y de los compromisos ambientales.
- Red de pozos de monitoreo.
- Un sistema de evacuación pluvial
- Una red de caminos internos
- Obras complementarias: caseta de guarda, cercas, portones, conducciones al cuerpo receptor, estaciones de bombeo, planta eléctrica de emergencia, zonas verdes, parqueos, accesos, red telefónica, acometida eléctrica, banco de transformadores, acometida de agua potable y otras obras menores.



Fotografía 7.4.4-3 Compactación del terreno en las celdas de trabajo



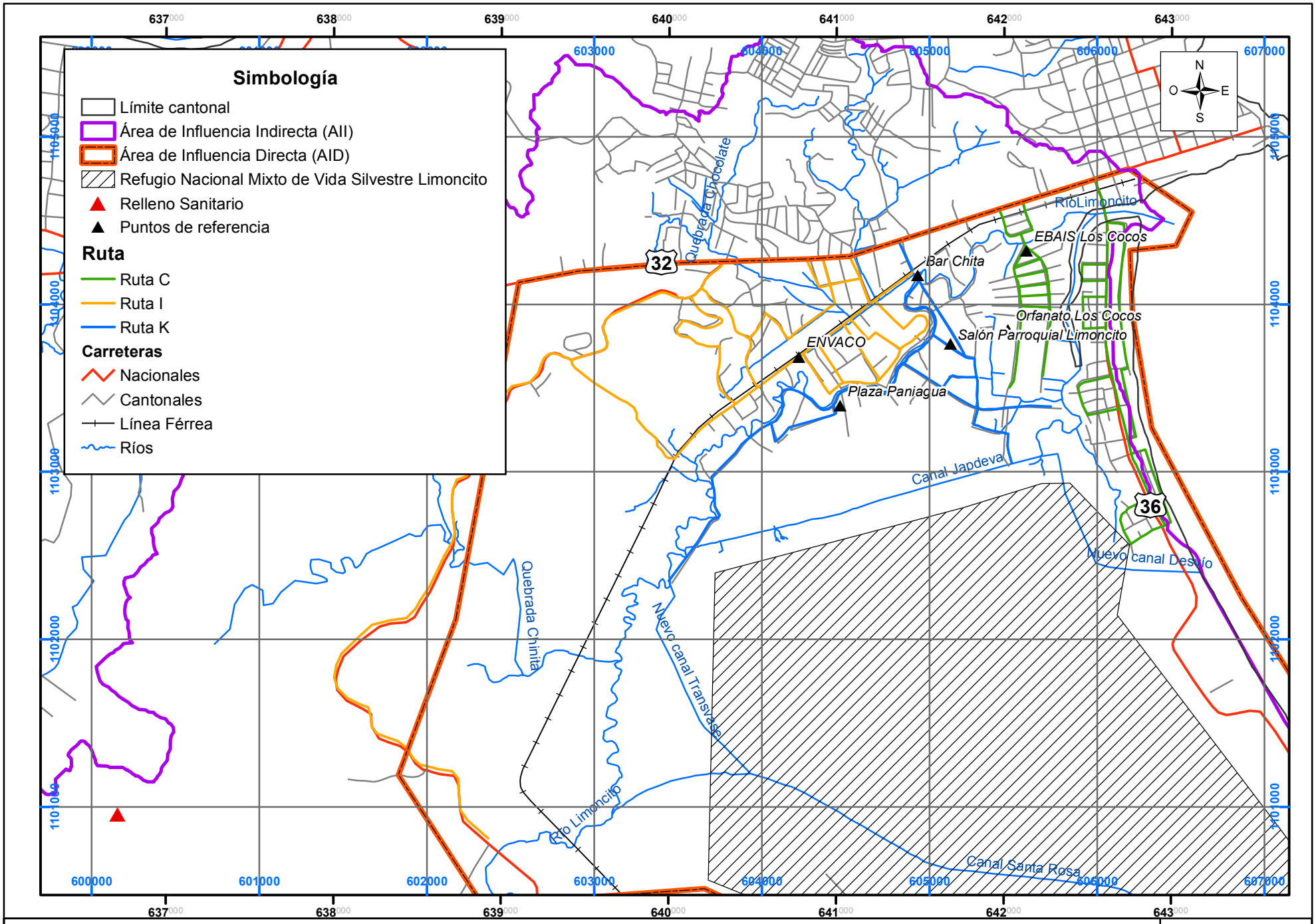
Fotografía 7.4.4-4 Colocación de geosintéticos y tuberías.



Fotografía 7.4.4-5 Ingreso de desechos a las celdas de trabajo

7.4.4.4 Reciclaje

Actualmente, la Municipalidad no cuenta con el servicio de recolección separada para residuos reciclables. El cantón cuenta con diferentes escuelas y colegios en los cuales se reciben este tipo de residuos, además de las campañas que realiza el Programa Ambientados de manera ocasional en el centro de Limón.



Mapa 7.4.4-1. Rutas de recolección en el sector de Limoncito y Ubicación de Relleno Sanitario

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:30.000 0 230 460 920 m	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 SENARA, 2013.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

7.4.5. Energía Eléctrica (Línea Base)

Cobertura y proveedores del servicio de electricidad en la zona de estudio

A partir de los datos del Censo Nacional 2011 realizado por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), ProDUS-UCR analizó el porcentaje de viviendas que cuentan con servicio de energía eléctrica, así como los proveedores del servicio en cada Unidad Geoestadística Mínima (UGM) incluídas dentro de la Cuenca del Río Limoncito. Estas UGM son las divisiones utilizadas por el INEC para la realización del Censo 2011.

En el Mapa 7.4.5-1 "Porcentaje de viviendas por UGM que cuentan con electricidad en la zona de estudio" se muestran los resultados del Censo 2011 para la pregunta sobre cuál empresa brinda el servicio de alumbrado público en la vivienda, ya sea suministrado por la Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL) o por medio del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), de una cooperativa, junta o planta privada; de panel solar; de otra fuente; o si la vivienda no dispone de electricidad.

ProDUS-UCR clasificó en rangos los porcentajes de vivienda por UGM dentro del área de estudio, para la cobertura del servicio de electricidad, estableciendo el caso más representativo, ya sea el proveedor predominante o la ausencia del servicio. A partir de los mayores porcentajes de representatividad, para cada UGM se realizó la clasificacion utilizando el término "Completamente" para los porcentajes mayores a 95%, y "Predominantemente" para aquellos porcentajes de cobertura del 51% al 95%.

Como se aprecia en el Mapa 7.4.5-1, en la zona de estudio predomina el servicio eléctrico brindado por el ICE, esto principalmente en la zona urbana, donde también se encuentran algunos UGM en los barrios de Cieneguita y Juan Gobán con porcentajes del servicio entre el 51% y 95% de cobertura. En la parte alta de la cuenca hay territorios montañosos y boscosos con ausencia del servicio eléctrico.

En el cuadro 7.4.5.1 se muestra una resumen con los resultados de la variable del Censo 2011 sobre proveedores del servicio eléctrico mencionada anteriormente. Las UGM que se muestran son las que se encuentran dentro de la zona de impacto directo del proyecto. Se resaltan aquellas UGM donde el total de viviendas están abastecidas por el ICE.

Cabe mencionar que el resultado del Censo no necesariamente refleja la realidad, pues al ser obtenido mediante respuestas de la población en entrevistas personales, es posible que las personas no tengan conocimiento o estén mal informadas sobre algún tema.

Comentarios Finales

Con la información anterior se puede concluir que el sitio de impacto directo, cuenta con el servicio eléctrico disponible para la realización del proyecto.

Simbología

- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (AII)
- Poblados
- Barrios
- Área de estudio

Cobertura del servicio eléctrico

- ICE Completamente
- ICE Predominantemente
- Sin electricidad 47%, ICE 41%, otra fuente 12%
- Sin electricidad predominantemente
- Sin electricidad completamente
- ND

Cantidad de Viviendas por UGM

- De 4 a 15
- De 16 a 25
- De 26 a 40
- De 41 a 50
- De 51 a 75
- De 75 a 100
- De 100 a 183
- Carreteras Cantonales
- Carreteras Nacionales
- Ríos

Cielo Amarillo
Pueblo Nuevo
Pueblo Nuevo
Juan Pablo II
Bambú
San Juan
Colina
Juan Gobán
Los Cocos
Cieneguita
El Carmen
Limoncito
Cieneguita
El Trébol
En Ceibón
Urbanización Atlantida
Los Lirios
Canal Japdeva
San Lius
Nuevo cerral Desvío
Río Limoncito
Canal Pacuare
Canal Pacuare
Canal Pacuare

7.5 PERCEPCIÓN LOCAL Y SUS POSIBLES IMPACTOS

Con el objetivo de poder determinar la percepción y conocimiento de la población con respecto al proyecto, algunas características de los hogares, el empleo, uso, problemas e importancia del rio entre otros, se concibió un plan metodológico que involucra un diseño de muestreo apto para el objetivo, y la confección, aplicación y procesamiento del instrumento que recolecta la información requerida.

En términos del diseño de muestreo se consideró aspectos indispensables como:
1. ¿Cuál es la mejor forma para seleccionar las unidades de análisis?
2. ¿Cuál es el tamaño de muestra necesario para cubrir el objetivo del proyecto?
3. ¿Cuáles son las unidades de análisis que van a ser estudiadas?

En respuesta a la primer interrogante y dadas las características del proyecto, y de la zona de estudio el muestreo más indicado es el aleatorio estratificado por Unidad Geoestadística Mínima (UGM) con una asignación proporcional de muestras a cada UGM. La justificación radica en que este tipo de muestreo hace referencia a una población de la cual interesa un análisis de diferentes subpoblaciones o estratos y un equilibrio de la muestra según la variable de estratificación. Las subpoblaciones no se sobreponen y conforman juntas la población completa, de manera que cada unidad de muestreo pertenece exactamente a una sola subpoblación. La teoría plantea extraer una muestra independiente de cada estrato, y posteriormente, reunir la información para obtener las estimaciones globales de la población.

Para nuestros efectos las subpoblaciones o estratos están dados por las características socioeconómicas de cada uno de los UGM que componen la zona de estudio. Los establecimientos que formaron parte de la muestra debían estar ubicados geográficamente dentro de los límites del proyecto, es decir dentro de la zona de estudio. Como parte de lo que propone un muestreo estratificado la obtención de este tipo de muestras proporciona en general las siguientes ventajas:

- Se evita la posibilidad de obtener una mala muestra, entendiéndose por esto una concentración de la muestra en ciertos estratos, impidiendo la representatividad de todos los estratos o presiones no comparables entre grupos.
- Una muestra estratificada puede administrarse de manera más conveniente, a un menor costo, porque permite utilizar distintos esquemas de muestreo para los diversos estratos.
- Un muestreo estratificado aplicado correctamente da estimaciones más precisas para toda la población, ya que, estratificando se logra reducir la varianza, pues es frecuente que cada estrato genere una varianza inferior a la de toda la población.

En resumen, el muestreo estratificado propuesto busca con las propiedades de los estimadores de una muestra estratificada elegir el mejor tamaño de muestra para una máxima precisión. Con esto, entramos a responder la segunda pregunta que hace referencia al tamaño de muestra, en el cual la teoría nos indica que para dicho cálculo se hace necesario plantear un nivel de confianza, un error permisible y la variabilidad asociada a las variables de estudio, así como el factor adicional del costo afrontable por el proyecto.

De acuerdo a los aspectos anteriores se trabajó con un nivel de confianza de 98,7%, con un nivel de error permisible del 2,4%. Con estos valores se obtuvo un tamaño de muestra de 1176 entrevistas. Es importante recordar que en los términos de referencia el proyecto estaba concebido para un nivel de confianza del 98% y un nivel de error del 4%, y esto implica un tamaño de muestra de 583 dado que la población en la zona de estudio es de 4816 aproximadamente. Se decidió incrementar el tamaño de la muestra considerablemente para mejorar la confiabilidad y credibilidad de la información.

Para la distribución del tamaño de muestra entre los subgrupos (UGM), un procedimiento bastante utilizado consiste en distribuir la muestra proporcionalmente entre los estratos de acuerdo a una variable de interés, en este caso, la asignación de la muestra por estrato toma como criterio la cantidad de viviendas existentes. El diseño de la muestra es por tanto probabilística y estratificado. Es probabilístico debido a que cada elemento de la población tiene una probabilidad conocida y distinta de cero de entrar en la muestra, lo cual permite conocer la precisión de los resultados muestrales. Es estratificado porque para las unidades de selección son agrupadas en estratos (UGM) con características de tamaño similares; en donde se realizara una selección sistemática para obtener los elementos que formarán la muestra.

Para ser coherente con el punto anterior, se necesita un marco muestral, el cual para este caso consiste en un listado de viviendas por Unidad Geoestadistica Minima (UGM) elaborado en el marco del Censo Nacional y Vivienda del año 2011 por el Instituto de Estadística y Censo. Se identificó la zona de estudio y se clasificaron aquellos UGM que quedan dentro de la zona. Las Unidades Geoestadísticas Mínimas (UGM) son una división territorial mínima del país, desarrollada exclusivamente para fines estadísticos en el último Censo de población y vivienda del año 2011, la cual tiene forma poligonal de superficie variable y equivale a lo que comúnmente llamamos manzanas o cuadras. Está constituida por un grupo de viviendas, edificios, predios, lotes o terrenos

Para la obtención de la información se diseñó un instrumento discutido y adaptado a los objetivos del proyecto, el cual se aplicó personalmente a las viviendas en la zona de estudio. Las Encuestas se realizaron en los días 18,19 y 25 de mayo. La información se obtuvó por medio de una encuesta directa en una de cada tres viviendas, la que se realizara a un informante calificado, el cual se definió idealmente como aquel miembro del hogar mayor de 15 años, presente en la vivienda al momento de la visita, y en capacidad de brindar los datos sobre el resto de los miembros del hogar.

Con respecto al personal encargado de aplicar las encuestas en la zona de estudio, mayoritariamente corresponderá a estudiantes universitarios, asistentes en el Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible de la Universidad de Costa Rica (ProDUS-UCR) de décimo año, de ingeniería civil, de economía y antropología. Así como licenciados en economía y antropología que coordinarían el trabajo de campo. En ciertas zonas se contará con la participación de estudiantes universitarios de las comunidades que tienen amplio conocimiento de las características del lugar

El instrumento se compone de los siguientes módulos:

Modulo I: Aspectos Generales del hogar

El objetivo con estas preguntas es caracterizar los hogares de la zona de estudio para determinar sus características demográficas, sociales y laborales. Con ello se pretende diferenciar las percepciones según condición socioeconómica.
Para los efectos de la encuesta, un hogar particular puede estar compuesto por una persona sola o grupo de personas con o sin vínculos familiares, que son residentes habituales en una vivienda individual ocupada, que consumen y comparten un mismo presupuesto para comprar la comida.

La pregunta referente a las personas que trabajan y en que lo hacen, busca clasificar a las personas en edad de trabajar según su participación en el mercado laboral, es decir, según hayan desempeñado o no una actividad económica o buscado o no realizar una,. Con esta pregunta se pretende separar las personas en dos ámbitos generales: población en la fuerza de trabajo y población fuera de la fuerza de trabajo.

1. ¿Cuántas personas viven en esta vivienda?

1._____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ 5. _____ 6. _____ Más de 6. _____

2. ¿Cuántas de las personas que viven en la vivienda trabajan actualmente?

_____

3. ¿En que trabajan? (Preguntar por el sector económico y tipo de ocupación)

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Modulo II: Aspectos de las inundaciones

El objetivo de estas preguntas es identificar y cuantificar hasta donde sea posible si las personas sufren de inundaciones en sus viviendas a causa del río. Se busca determinar con qué frecuencia ocurre el evento y poder medir de cierto modo la magnitud de esa inundación. Cada encuesta tiene un identificador de UGM que permitirá localizar a niveles de desagregación pequeños la zona donde está localizada la vivienda y determinar variación geográfica de los impactos de las inundaciones. También se tiene como objetivo medir los problemas de sequias del río y cambio climático, que es un problema en los períodos secos.

4. ¿Esta vivienda se inunda? (si la respuesta es 2. No pase a la pregunta 7)

1. Si _____ 2. No _____ 3. NS/ NR _____

5. ¿.Con qué frecuencia se inunda la vivienda? ¿Cuál es la altura del agua más frecuente durante una inundación en los últimos dos años?

1. Varias veces al año ¿cuántas?_____ 2. Una vez al año: _____
3..Una vez cada dos años _____ 4. Una vez cada cinco años _____
5.. R/ (Altura) _____ 6. NS/NR _____

Modulo III: Usos, importancia y problemas asociados al río

Estas preguntas tienen como objetivo identificar en la zona de estudio las opciones de recreación y diferentes usos que brinda el río a las familias y como el proyecto puede alterar estas opciones. Además, se busca indagar con información base sobre los problemas sociales y ambientales que se presentan actualmente en el río y sus alrededores. Con ello se busca identificar entre otras cosas la calidad del agua del rio, la disposición de desechos sólidos, pero también aspectos de inseguridad ciudadana.
Otro de los objetivos es obtener la percepción de la comunidad sobre la importancia que para ellos tiene el río. De igual forma se busca que la población identifique nuevas opciones de recreación y posibles lugares donde se podrían desarrollar.
El contemplar opciones recreativas permite solventar los efectos que genere el proyecto sobre la dinámica cotidiana de las personas vecinas. Esto mediante la renovación de áreas verdes existentes o, bien, definiendo áreas con potencial recreativo que permitan el bienestar físico, social y emocional de la población. Lo anterior, tomando en cuenta que el proyecto tiene incidencia en el espacio vivido y, por tanto, se requiere establecer un proceso de reconfiguración sobre aquellos espacios simbólicos, como es el caso de los linderos del río, con el fin de mitigar los efectos en la vida comunitaria.

6. *¿Qué hacen ustedes en el río? (Niños, jóvenes, adultos mayores) (No mostrar las opciones)*

1. Compartir con los amigos y familiares_____ 3. Conversar _____
2. Disfrutar de la Naturaleza y Animales Salvajes _____ 4. Otros _____

7. *¿Qué problemas tiene el río? (No mostrar las opciones)*

1. Aguas Sucias (Contaminación con aguas residuales) _____
2. Manejo de basura (Disposición de desechos sólidos) _____
3. Malos olores _____
4. Inseguridad Ciudadana_____
5. Otros _____

8. *¿Qué importancia tiene para ustedes el río? (Si no sabe plantearle las opciones)*

1. Muy importante _____
2. Algo importante_____
3. Poco importante_____

4. Nada Importante _____

¿Porque? _____

9. ¿Colocan sus vecinos la basura en los márgenes del río o la tiran en el río?

1. Si _____
2. No _____
3. NS/ NR _____

10. ¿Qué opciones de recreación necesita su comunidad? ¿Dónde?

_____

Modulo IV: Aspectos generales del proyecto

En esta sección se trata de obtener la percepción que tiene la población de la zona de estudio con respecto al proyecto. En caso que desconozcan del mismo, se les hará una breve explicación y se procederá a recoger su criterio.

11. ¿Conocen ustedes el proyecto que se va a realizará en algunos sectores del Río Limoncito y la Quebrada Chocolate? (Si la respuesta es No, favor pasar a explicar la ficha de información del proyecto y pasar a la pregunta 12.).

_____

12. ¿Está de acuerdo con los cambios que se realizaran principalmente en ciertos sectores del Río Limoncito y Quebrada Chocolate?

Resultados de la encuesta

Los resultados que se presentan a continuación corresponden a los obtenidos por la encuesta aplicada en la zona de estudio para los fines de este proyecto. La sección se divide en dos partes, la primera analiza diferentes variables relacionadas con la encuesta y en la segunda parte se presentan los resultados de un modelo econométrico aplicado para identificar relaciones entre algunas características de los encuestados y su percepción acerca del proyecto.

En general como se muestra en el cuadro *7.5-7.1*, se entrevistó en la zona de estudio un total de 1.176 viviendas, donde habitaban cerca de 4.481 personas. De estas personas 1.693 trabajaban, esto representa un 37,8% de la población del cantón, un porcentaje

muy bajo que denota no solo un problema de desempleo sino una población con una estructura etaria muy joven (muchos niños por hogar) creando una alta relación de dependencia económica lo cual explica en la zona las altas tasas de pobreza. De las viviendas entrevistadas que dijeron inundarse, más de la mitad (53,7%) dijeron que presentaban problemas de inundaciones. La altura más alta de las inundaciones que han vivido según las personas entrevistadas es de menos de 60 cm (39,4% menos de 30 cm y 39,4% entre 60 cm y 30 cm), un 25% de las viviendas que se inundan dijo presentar inundaciones que en promedio tenían entre 60cm y un metro. Un 14,4% dijo haber presentado inundaciones entre 1 metro y 1,2 metros, mientras que un 12,8%, mayores a 1,2 metros. El 6,1% de las viviendas entrevistadas que dijeron inundarse no recordaron el tamaño aproximado de la inundación.

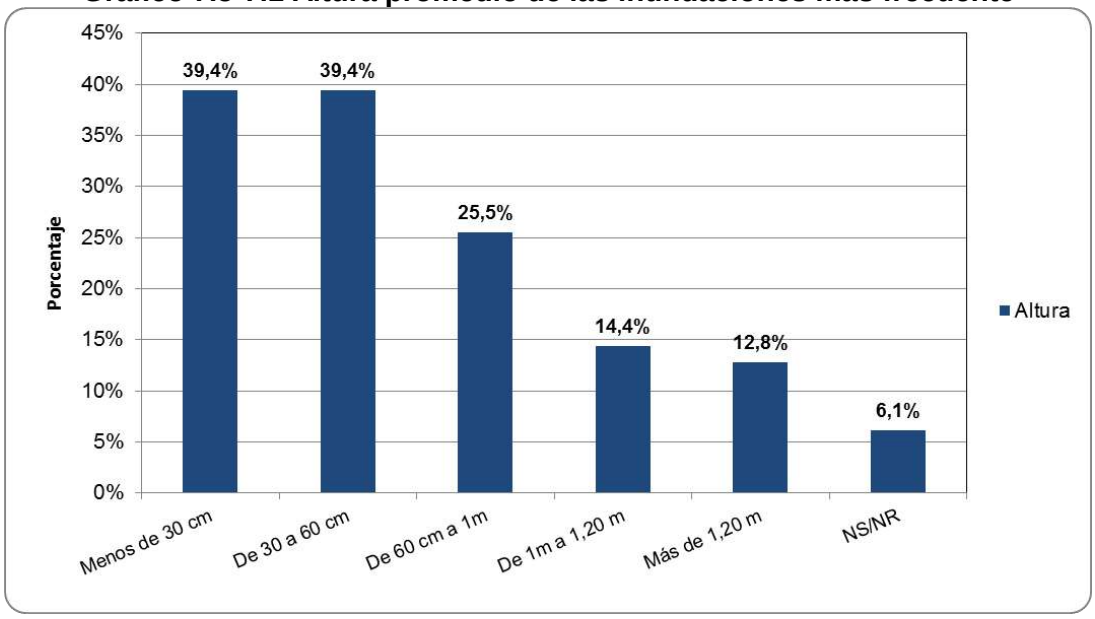
Cuadro 7.5-7.1 Resultados generales de la encuesta

Variable	Total
Cantidad de Personas	4481
Cantidad de Personas que trabajan	1693
% Personas que trabajan	37,8
Cantidad de viviendas entrevistadas que se inundan	631
% de viviendas entrevistadas que se inundan	53,7
Viviendas	1176

Fuente: ProDUS-UCR, 2013

.

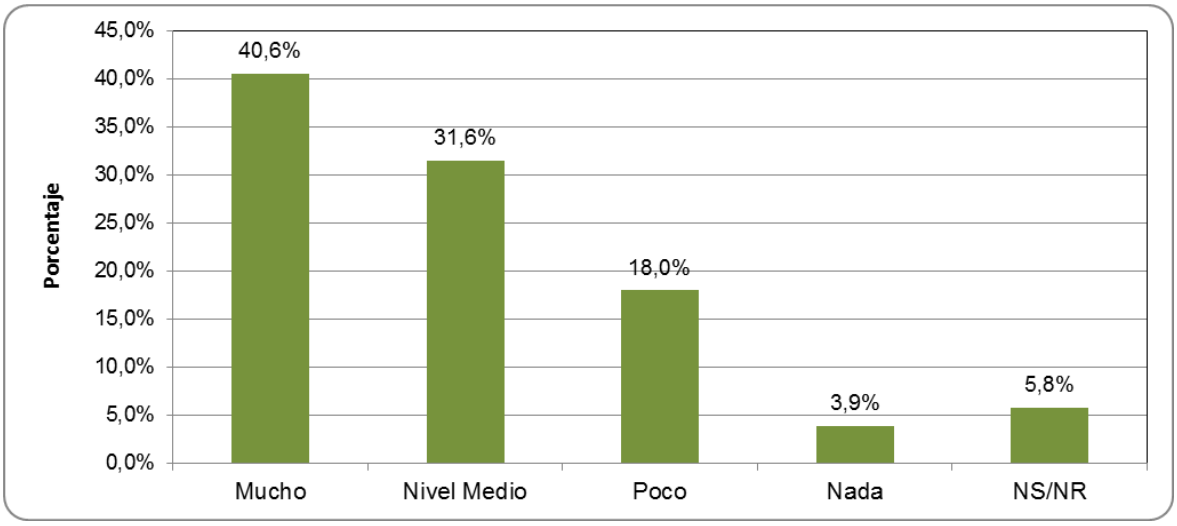
Grafico 7.5-7.1 Altura promedio de las inundaciones más frecuente



Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Cerca de un 40% de las viviendas entrevistadas dijo que el nivel de los ríos de la zona de estudio bajaba mucho en época de verano, un 31,6% dijo que llegaba a un nivel medio, un 18% dijo que poco y un 3,9% que no había cambios importantes.

Grafico 7.5-7.2 Cuánto baja el nivel del agua del rio en la época más seca

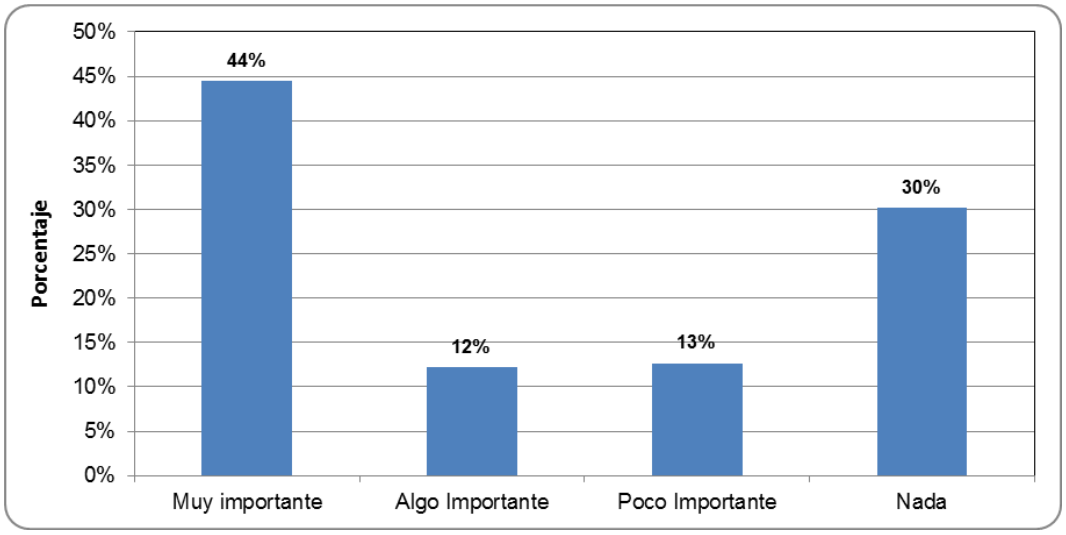


Fuente: ProDUS-UCR, 2013

.

Con respecto a la importancia que se le da al río cerca de un 44% de los hogares entrevistados dijo que el río era muy importante, un 12% algo importante, un 13% poco importante y casi uno de cada tres hogares dijo que el río actualmente no era importante para ellos.

Grafico 7.5-7.3 Importancia que le dan los hogares al río

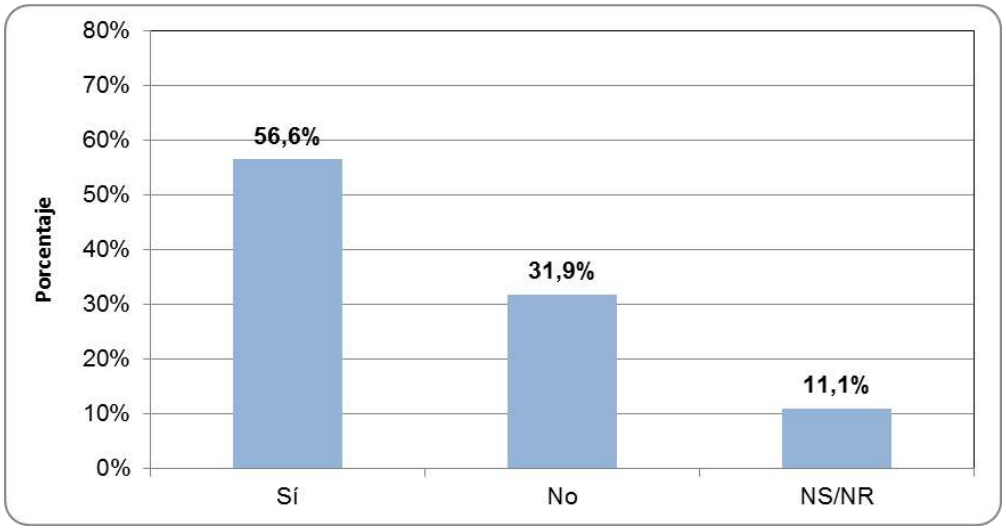


Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Por otro lado un 56,7% de los entrevistados dijo que sus vecinos tiraban la basura al río contra un 31,9% que dijo que no, mientras que un 11% dijo que no sabía o prefería no responder. Al preguntar sobre los problemas actuales que presenta el río, cerca de un

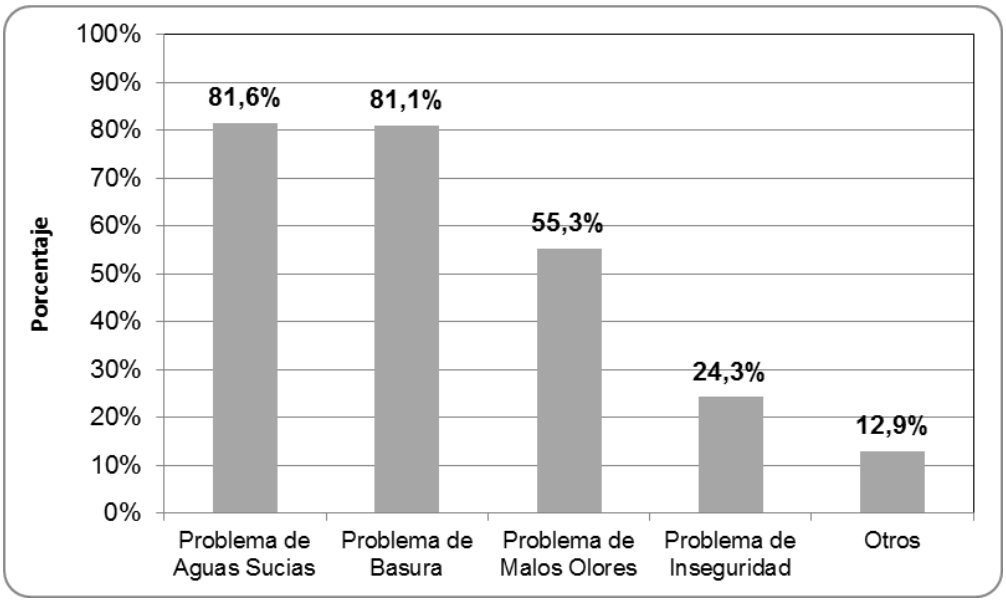
81,6% coincidió en que tenía problemas de aguas sucias, un 81,1% dijo tener problemas por estar contaminado con basura, el 55% de las viviendas dijo que el río presentaba problemas de malos olores, mientras que el 24% dijo que tenía problemas de inseguridad, y un 13% dijo tener otros problemas.

Grafico 7.5-7.4 Colocan sus vecinos la basura en los márgenes del río o la tiran en el río



Fuente: ProDUS-UCR, 2013

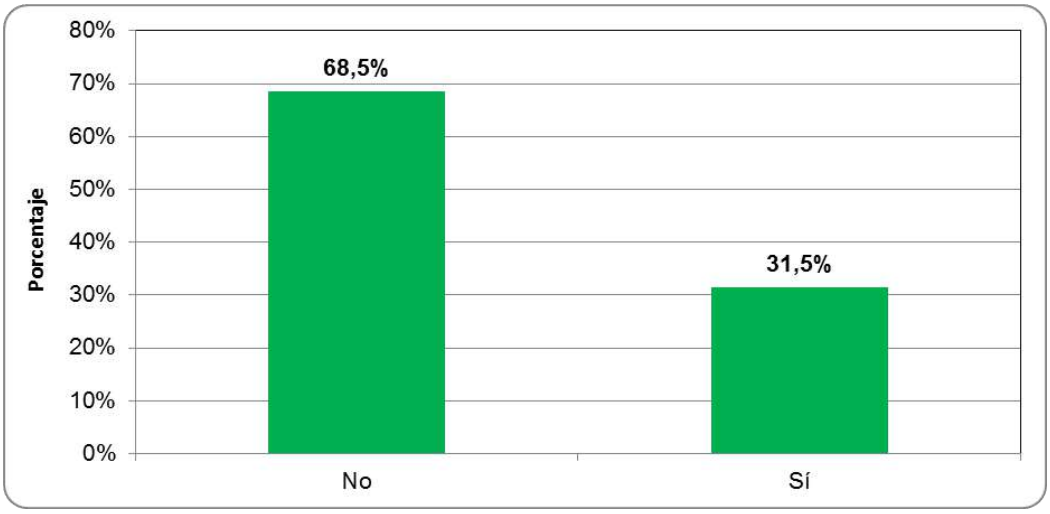
Grafico 7.5-7.5 Problemas actuales del río



Fuente: ProDUS-UCR, 2013

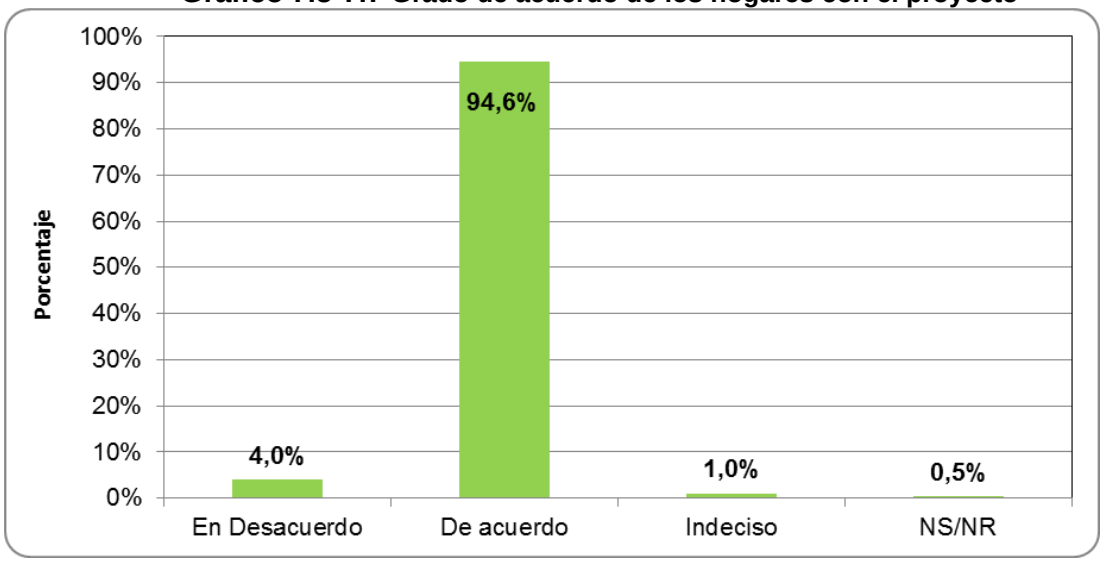
Con respecto al conocimiento que tenía la población entrevistada del proyecto, cerca de un 31,5% de los hogares dijo conocer acerca del proyecto. Es importante mencionar, que al restante 68,5% de los hogares entrevistados que dijeron no conocer sobre el proyecto se les explico en qué consistía el proyecto. La idea posterior a esto, era preguntarles sobre si estaban de acuerdo con que se llevara a cabo o no. En este sentido, cerca del 95% de los hogares dijo estar de acuerdo, mientras que un 4% dijo que no y un 1% dijo estar indeciso.

Grafico 7.5-7.6 Conocimiento de los hogares sobre el proyecto



Fuente: ProDUS-UCR, 2013

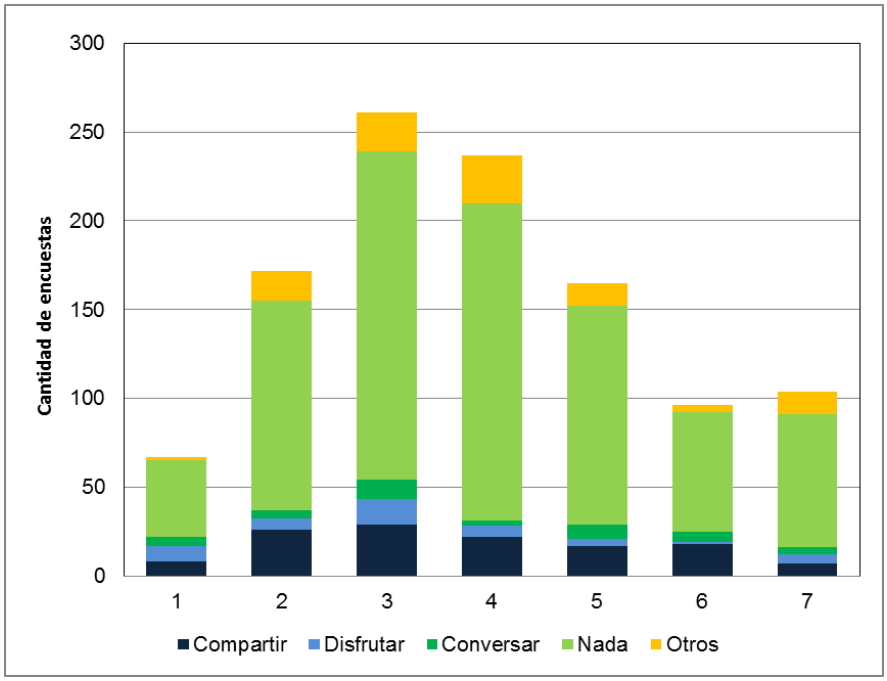
Grafico 7.5-7.7 Grado de acuerdo de los hogares con el proyecto



Fuente: ProDUS-UCR, 2013

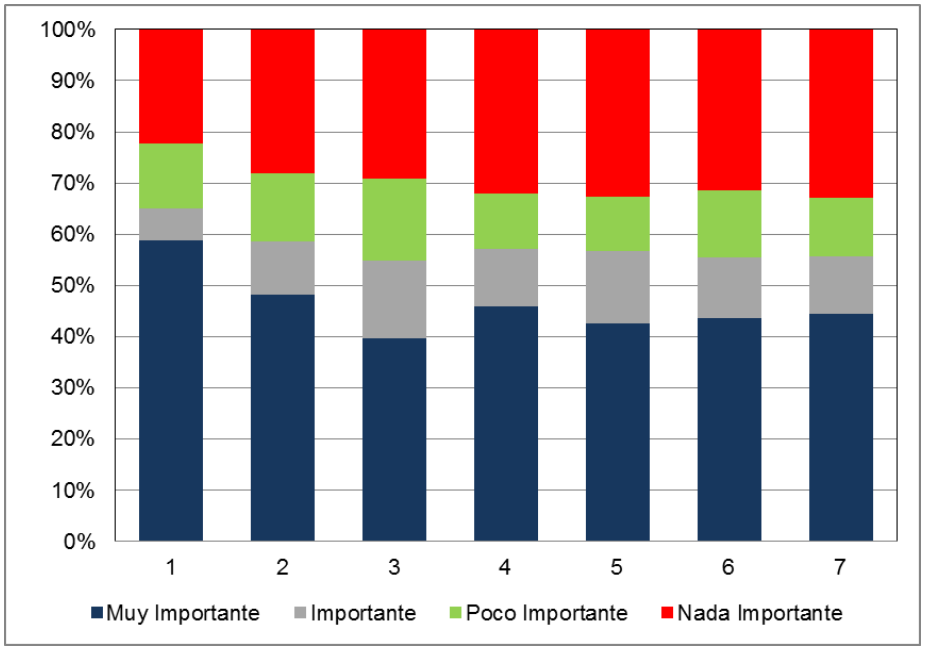
.

Grafico 7.5-7.8 Personas por vivienda según uso que le dan al río



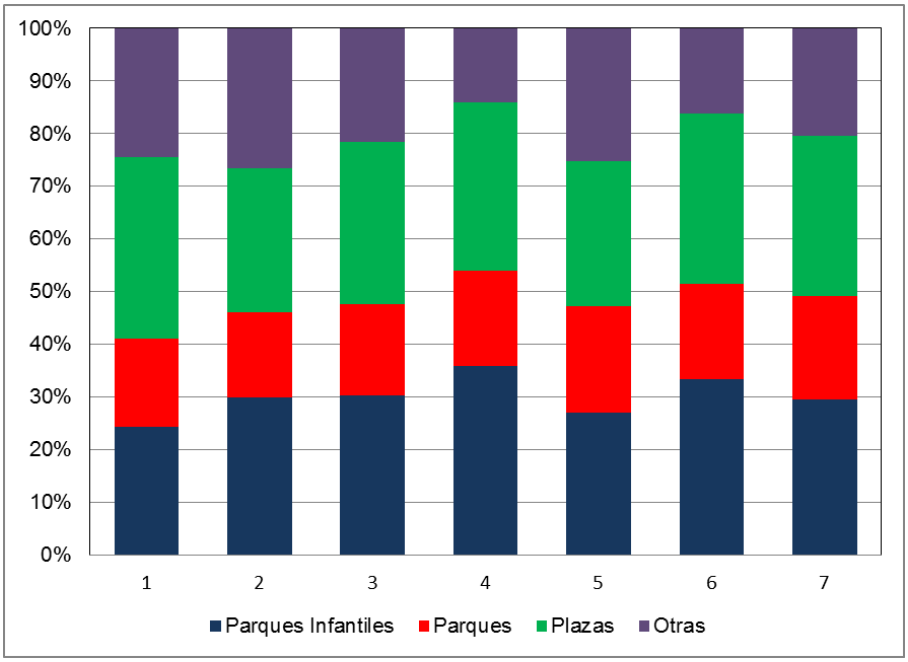
Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Grafico 7.5-7.9 Personas por vivienda según importancia que tiene el río para ellas



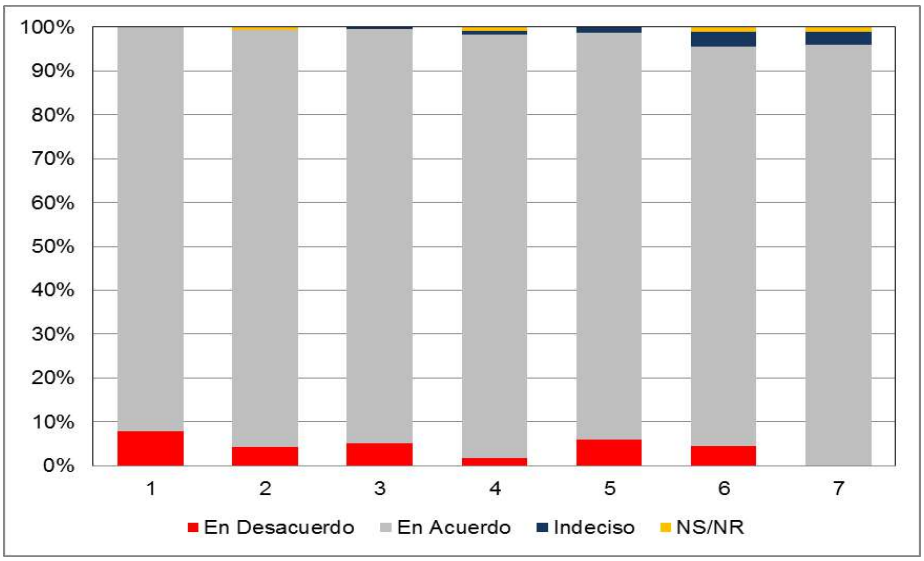
Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Grafico 7.5-7.10 Personas por vivienda según opciones de recreación buscadas



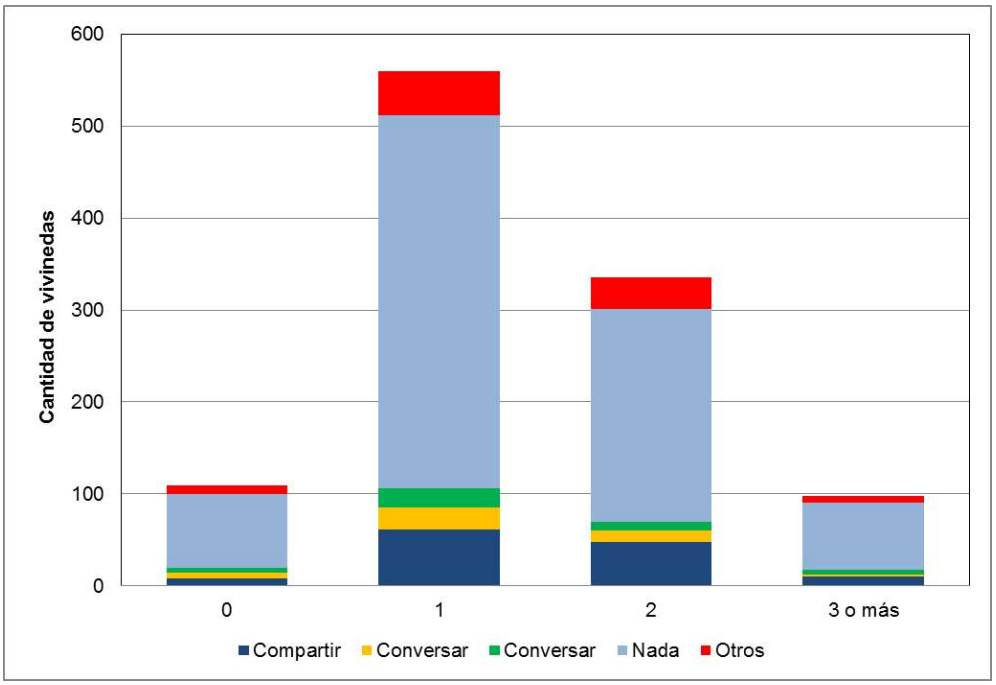
Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Grafico 7.5-7.11 Personas por vivienda según posición respecto al proyecto



Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Grafico 7.5-7.12 Trabajadores por vivienda según el uso que le dan al río



Fuente: ProDUS-UCR, 2013

Resultados estadísticos de la encuesta

Con la finalidad de desarrollar un modelo para explicar si los habitantes entrevistados están de acuerdo con el proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el Área de Limoncito", se utilizó un modelo de tipo logit. Bajo este modelo la variable dependiente toma un valor de 1 cuando la persona está de acuerdo con el proyecto y toma un valor de 0 cuando no lo está.

El modelo logit establece que la probabilidad de que suceda la variable dependiente (i.e. que la persona está de acuerdo con el proyecto) está dada por:

$$\mathrm{Pi} = \frac{1}{1+e^{-(\beta o+\beta 2*Xi)}} \qquad (1)$$

Por facilidad escribimos (1) como: $\mathrm{Pi} = \frac{1}{1+e^{-Zi}} = \frac{e^{zi}}{1+e^{zi}}$ (2)

donde $\mathrm{Zi} = \beta o + \beta 2 * Xi$

En este caso Xi representa la matriz de todas las variables explicativas que se utilizaron para calcular la probabilidad de que suceda la variable dependiente (Pi).

Si Pi representa la probabilidad de estar de acuerdo con el proyecto, entonces (1-Pi) representa la probabilidad de no estar de acuerdo, es decir:

$$1\text{-Pi} = \frac{1}{1+e^{Zi}} \qquad (3)$$

Por consiguiente: $$\frac{Pi}{1-Pi} = \frac{1+e^{Zi}}{1+e^{-Zi}} = e^{Zi} \qquad (4)$$

Ahora Pi/(1 − Pi) es la razón de las probabilidades en favor de estar de acuerdo; es decir, representa la razón de la probabilidad de que una persona esté de acuerdo respecto de la probabilidad de que no esté. Asimismo, si tomamos el logaritmo natural de (4) obtenemos:

$$\text{Li} = \ln \frac{Pi}{1-Pi} = \text{Zi} = \beta o + \beta 2 * Xi \qquad (5)$$

Es decir Li, el logaritmo de la razón de las probabilidades, no es sólo lineal en X, sino también (desde el punto de vista de estimación) lineal en los parámetros. Li se llama logit, y de aquí el nombre modelo logit para modelos como (5).

Para el planteamiento se utilizaron las siguientes variables explicativas:

- Cantidad de personas que habitan en la vivienda
- Cantidad de personas que trabajan en la vivienda
- Si se inunda o no la vivienda (variable dicotómica)
- La importancia que posee el río para el encuestado (variable dicotómica)
- Si el río pasa por la Unidad Geoestadística Media (UGM) en la que se encuentra la vivienda (variable dicotómica)
- Porcentaje de la UGM en la que se encuentra la vivienda que posee al menos una carencia
- Porcentaje de la UGM en la que se encuentra que posee viviendas en mal estado
- Porcentaje de la UGM en la que se encuentra que no posee acceso a servicio sanitario
- Porcentaje de la UGM en la que se encuentra que sí posee acceso al agua por tubería

A partir de estas variables se planteó un modelo como el de la ecuación (5); donde Zi (variable que representa si está o no de acuerdo) está dada por:

Zi = βo + β1*CantidadPers + β2*CantidadPersonas_T + β3*Inunda + β4*Importancia + β5*PasaRio + β6*ConCarencia + β7*Mal_estado + β8*No_sanit + β9*Agua_tuberia

En el siguiente cuadro se puede observar los resultados del modelo. Los datos muestran que existe una relación significativa (estadística) entre las personas que se les inunda la vivienda y las personas que aceptan el proyecto, de igual forma, dicha relación también se presentó entre las personas que le dieron gran importancia al río y aquellas personas que viven en zonas con alta presencia de necesidades básicas insatisfecha de albergue, higiene, saber o consumo. En otras palabras, estas variables sí contribuyen para explicar si los individuos están de acuerdo con el proyecto.

Modelo 2: Logit, usando las observaciones 1-1086 (n = 1071)
Se han quitado las observaciones ausentes o incompletas: 15
Variable dependiente: Acuerdo
Desviaciones típicas basadas en el Hessiano

	Coeficiente	Desv. Típica	z	Valor p	
const	2,47818	3,01751	0,8213	0,4115	
CantidadPers	-0,0413176	0,0900529	-0,4588	0,6464	
CantidadPers_T	0,118166	0,170965	0,6912	0,4895	
Inunda	0,514705	0,291617	1,765	0,0776	*
Importancia	-0,558704	0,294026	-1,900	0,0574	*
PasaRio	-0,209503	0,390125	-0,5370	0,5913	
ConCarencia	1,84434	1,02105	1,806	0,0709	*
Mal_estado	0,953689	2,00784	0,4750	0,6348	
No_sanit	1,36038	3,00373	0,4529	0,6506	
Agua_Tuberia	-0,286825	3,06195	-0,09367	0,9254	

Media de la vble. dep.	0,945845	D.T. de la vble. dep.	0,226429
R-cuadrado de McFadden	0,037341	R-cuadrado corregido	-0,007000
Log-verosimilitud	-217,1016	Criterio de Akaike	454,2033
Criterio de Schwarz	503,9667	Crit. de Hannan-Quinn	473,0538

Número de casos 'correctamente predichos' = 1013 (94,6%)
f(beta'x) en la media de las variables independientes = 0,045
Contraste de razón de verosimilitudes: Chi-cuadrado(9) = 16,8425 [0,0512]

Imagen 7.5-1 Resultados del modelo planteado utilizando el programa estadístico STATA

Fuente: ProDUS-UCR, 2013

7.6 INFRAESTRUCTURA COMUNAL

Debido a la concentración urbana de la ciudad de Limón se ubica en las cercanías de los muelles de Limón y Moín, la mayoría de la infraestructura de uso comunal se encuentra ubicada en la zona baja de la cuenca, como se muestra en el Mapa 7.6-1, en el cual se muestra la ubicación de centros educativos, iglesias (son distinción de credo), estaciones de recarga de combustible, centros de atención de emergencias y de servicios de salud, así como algunos puntos de referencia de importancia dentro del marco del proyecto. El mapa se enfoca en la parte baja de la cuenca por ser el área de influencia directa del proyecto.

Dentro de los centros comunales que se pueden tener en cuenta como posibles albergues en caso de presentarse alguna emergencia, se considera el centro comunal de Los Cocos y el salón parroquial de Limoncito. Como medida secundaria, dependiendo de la gravedad de la inundación, se podría recurrir a los centros educativos, de los cuales hay once escuelas y tres colegios en las cercanías, o también a las iglesias (se contabilizan once entre las pertenecientes a la religión católica y las de otros credos religiosos). Cabe mencionar que no todas las instalaciones identificadas se podrían disponer para tal fin, ya sea por las condiciones propias de la infraestructura, su ubicación con respecto a la zona de inundación (o inclusive dentro de la misma) y la disposición de los entes encargados de dichas infraestructuras. Sin embargo, en un eventual plan de emergencias se deben contemplar todos estos factores, incluyendo también cuál es el centro más accesible para refugiar a las personas de acuerdo con la ubicación de la vivienda afectada.

Las plazas y otras canchas deportivas (de las cuales algunas se encuentran identificadas en el Mapa 7.6-1) se pueden utilizar como zonas de campamentos temporales, ya sea para las obras constructivas o como medida adicional en eventuales emergencias.

Por otro lado, para desplazarse en transporte público se puede hacer desde las diferentes paradas de autobús distribuidas sobre las vías principales, o acudiendo a la terminal de buses. La estación de buses con rumbo a San José se encuentra ubicada al costado sur del puesto de policía de Limón, mientras que la terminal de buses que se desplazan por Limón se encuentra dos cuadras hacia el este.

Para efectos de suministro en las obras, en las cercanías se ubican cuatro estaciones expendedoras de combustible, por lo que en una eventualidad se puede disponer de abastecimiento cercano al área del proyecto.

640000

605000

1105000

1105000

N
O E
S

Simbología

- Área de Influencia Directa (AID)
- Área de Influencia Indirecta (AII)
- Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito

Puntos de importancia

- Hospital Tony Facio
- INA
- Colegio
- Escuela
- Iglesia
- Gasolinera
- Bomberos
- Cruz Roja
- EBAIS
- Fuerza Pública
- OIJ
- Municipalidad
- Terminal de Buses
- Centro Comunal Los Cocos
- Salón Parroquial Limoncito
- Bar Chita
- ENVACO
- Instalaciones Deportivas

Layer

- Armoflex
- Puente
- Tablaestaca
- Talud Natural

Carreteras

- Nacional
- Cantonal
- Ríos

640000

605000

Mapa 7.6-1 Ubicación de la infraestructura comunal

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0 0,25 0,5 1 Km

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro) 1:15.000

Fuente:
- IGN, Hojas Cartográficas 1 : 50.000,
- Google Earth (2010).
- ProDUS (2013).

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

7.7 PROTOCOLO DEL ESTUDIO ARQUEOLÓGICO

7.7.1 Resumen ejecutivo

El presente apartado tiene como finalidad valorar los efectos que tendría la realización del Proyecto *"Sistema de Control de las Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito*" sobre el patrimonio arqueológico precolombino y el histórico. Para cumplir con estos objetivos se siguió una estrategia metodológica que incluyó una búsqueda de información y una prospección asistemática de área del proyecto. Se consultó la Base de Datos Orígenes del Museo Nacional de Costa Rica, que es el registro oficial de sitios precolombinos y el registro de Bienes Inmuebles declarados mediante la Ley 7555 de la Base de Datos del Ministerio de Cultura. De acuerdo con estas fuentes el cantón de Limón cuenta con 20 yacimientos arqueológicos, de los cuales 14 se localizan en el área de impacto indirecto (AID); mientras que el Ministerio de Cultura posee 17 edificios declarados como Bienes de Interés Cultural

Una vez concluida esta labor se llevó a cabo el trabajo de campo con la finalidad de prospectar la mayor cantidad de área posible y de entrevistar informantes. Durante la visita al Ap se hizo un esfuerzo por contrastar los datos recuperados durante la revisión de fuentes escritas y se llevó a cabo una prospección asistemática siguiendo los cauces que serían impactados, los caminos y los terrenos donde se construirían los canales artificiales. Una de las principales limitantes del estudio arqueológico fue la existencia de una cubierta vegetal densa y las dificultades de acceso a algunos sectores. Dado lo anterior fue necesario realizar labores de limpieza selectiva de la cubierta vegetal, cateos y la limpieza de perfiles.

Como resultado de la prospección se descartó la afectación de todos los bienes patrimoniales registrados, no se detectaron sitios arqueológicos no registrados, no se hallaron rasgos culturales o concentraciones importantes de evidencia arqueológica, pero si algunos fragmentos de cerámica precolombina dispersos.

Dado que las obras a efectuarse se restringen a la modificación de cauces de ríos, quebradas, y canales existentes; a los dos canales que serán excavados; y a la construcción de infraestructura en los mismos cauces; se considera que la afectación potencial al patrimonio arqueológico e histórico será muy localizada; por tanto, los sitios antiguos que pudieran existir en el resto del área no se verán afectados. Teniendo en cuenta esta situación, y como una medida preventiva se recomienda que un profesional en la disciplina arqueológica sea contratado para supervisar periódicamente los movimientos de tierra a realizarse.

7.7.2 Características generales

El área de estudio se localiza en la Región Arqueológica del Atlántico Central, que abarca el Valle de Turrialba y la llanura aluvial del Atlántico Central. Esta región se caracteriza por poseer una zona de vida de bosque tropical lluvioso. Presenta una topografía plana y ligeramente ondulada, formada por llanuras y terrazas aluviales. Los ríos existentes tienen su origen en las laderas de la cordillera de Talamanca, desembocando en el mar Caribe. La vegetación presente incluye parches boscosos, tacotales y cultivos. El uso tradicional de los suelo es agrícola, principalmente cultivo de banano, plátano y cacao. En

el Ap incluyen varios sectores poblados de la ciudad de Limón, como es el caso de los barrios de Cienaguita, Quebrada Chocolate, Rio Blanco y los Cocos. Desde el punto de vista geológico la región se conformó por un levantamiento tectónico Pleistocénico, dando origen a una terraza marina. En la Figura 1, se observan fotografía tomadas durante la prospección, donde se observa la cobertura vegetal.



Fotografías 7.7-1: Fotografías descriptivas de la zona de estudio tomadas durante visita a campo
Fuente: ProDUS, 2013

7.7.3 Antecedentes

De la revisión de las fuentes bibliográficas sobre la arqueología del Atlántico Central, se denota que se tienen datos muy valiosos para el Valle de Turrialba y Línea Vieja (entre Guápiles y Siquirres), pero no así para el Ap. Debido a que el cantón de Limón nunca ha sido objeto de una prospección sistemática para el registro de yacimientos precolombinos. No obstante, a la fecha se conocen 20 sitios arqueológicos, que son el producto de hallazgos fortuitos y no han sido objeto de excavaciones sistemáticas, por lo que existen grandes vacíos de información que se irán llenando conforme se lleven a cabo nuevas investigaciones. A fin de comprender las características de la historia antigua del área de estudio se ofrece una breve historiografía a continuación.

El Atlántico Central, ha sido objeto de estudios científicos arqueológicos por más de 100 años. En los archivos del Museo Nacional existen informes de finales del siglo XIX y la primera parte del siglo XX, en donde Fernández Feraz (1908) y Anastasio Alfaro (1893), documentan principalmente los objetos comprados o recuperados a saqueadores. Estos trabajos estuvieron orientados a la excavación de cementerios y la recuperación de artefactos, por lo que son de tipo descriptivo e historicista como se demuestra en las excelentes contribuciones de Hartman (1901) en la descripción del sitio Las Mercedes y Lothrop (1926). Durante la primera mitad del siglo XX, las investigaciones arqueológicas estuvieron marcadas por el coleccionismo. La estrategia de los investigadores fue establecer alianzas con huaqueros y la compra de artefactos era una práctica común. Unos ejemplos claros de este tipo de trabajo lo encontramos Stone (1966), donde hacen intentos por sintetizar información sobre las características estilísticas de artefactos provenientes de varios sitios donde se hallaron figurilla de oro del estilo "Internacional Quimbaya" y jade.

Para los años setenta, con la apertura de la carrera de Arqueología en la Universidad de Costa Rica, se empieza una etapa de investigación más científica. Snarskis (1978) sienta las bases para la definición de la secuencia cronológica para el Atlántico Central, la cual todavía es utilizada. Desde los años ochenta hasta la actualidad, se proponen una serie de estudios de gran importancia tanto en el Valle de Turrialba como en Línea Vieja.

Con la promulgación de la Ley Orgánica del Ambiente en 1995 y del Decreto de Trámites Arqueológicos, se inicia una etapa en donde la iniciativa privada comienza a financiar estudios a fin de prevenir la destrucción de sitios arqueológicos. Bajo esa coyuntura se intensifican los trabajos de inspección, evaluación y excavación en todo el país. Es así como se intensifican el hallazgo de sitios en zona que nunca antes habían sido objeto de estudio.

En el 2010, el Museo Nacional de Costa Rica ha dado inicio un nuevo proyecto, cuya finalidad es la puesta en valor de un nuevo museo histórico arqueológico. Esta iniciativa surge en el contexto del proyecto Limón Ciudad Puerto, ya que uno de los objetivos que plantea esta iniciativa es la revitalización urbana y cultural de ese cantón. Los resultados de esta investigación no han sido publicados, pero se conoce que estuvieron abocados a la caracterización de los sitios Isla Quiribrí (L-215 IQ), Penshurt (L-108 Pn), Tuba Creek (L-109 TC), Ortiz (L-214 Or), Sixaola (L-216 Sx). y Moín (L-123 Mn) (Guerrero y Villalobos, 2011y 2012).

Nuestra historia antigua comprende un lapso que va desde 12 mil años a.C., hasta la llegada de Colon en su cuarto viaje en 1492 d.C. Este ha sido dividido en periodos establecidos de acuerdo con los cambios que experimentaron los grupos humanos que habitaron nuestro territorio (Fonseca 1992). Estos cambios toman en consideración aspectos de tipo económico, sociopolítico, religioso y se denominan Modo de Vida. Los cambios se manifestaron en la cultura material dejadas por estos grupos humanos ahora extintos, los cuales sobrevivieron a la acción del tiempo, de agentes naturales y del ser humano. Esto permite a los investigadores reconstruir cómo eran, cómo vivían estas poblaciones antiguas y cuáles eran sus creencias. A continuación se presenta una caracterización de la periodización propuesta para la zona bajo estudio.

Para el Atlántico Central han registrado alrededor 485 yacimientos arqueológicos. Estos sitios son evidencia que dejaron las sociedades que habitaron en la región. A partir de estas reminiscencias se ha podido reconstruir nuestro pasado antiguo. No obstante, todavía existen vacíos de información que se podrán ir llenando, en la medida en que se logre recuperar la mayor cantidad de datos posibles.

Cuadro 7.7-1. Secuencia cronológica para el Atlántico Central

Período	Ubicación Temporal
Paleo indio	10.000 a 8.000 a.C.
Arcaico	8.000 a 2.000 a.C.
Montaña	2.000 a 500 a.C.
Bosque	500 a.C.- 300 d.C.
Selva	300 – 800 d.C.
Cabaña	800 – 1550 d.C.

Periodo I: Paleoindio

Durante este lapso se cree que los grupos humanos se organizaban en bandas nómadas, en donde las prácticas de subsistencia involucraban la cacería de fauna plestocénica[1]. Estos grupos se establecían en campamentos estacionales. Al final del Pleistoceno, de acuerdo a los registros existentes nuestro país poseía un clima más templado, y pudo haber estado cubierto por bosque montano (Ranere y Cooke, 1991: 144-245). Esta zona fue ocupada por grupos nómadas que levantaban campamentos semiestacionales cerca de una fuente de sílice, como se ha documentado para el Valle de Turrialba en el sitio Finca Guardiria-2 (C-9FG-2). Este yacimiento se encuentra junto a la confluencia del río Tuis y la quebrada Eslabón. Esta fuente de lavas calizas silicificadas fueron utilizadas para la talla de herramientas de piedra. De acuerdo con Snarskis, 1978, la presencia de una gran cantidad de artefactos completos lleva a inferir que el sitio Guardiria además de

[1] La cual incluye especies de gran tamaño así como animales extintos como mastodontes, tigres dientes de sable.

ser utilizado como taller, pudo poseer una función funeraria. Otro yacimiento paleoindio es el sitio Tirro (C-109Tr), ubicado a 1,7 Km al sur de Finca Guardiria-2. Donde se recuperaron una raedera aquillada y un bifase, completo de factura paleoindia. Para la zona de Limón no se cuenta con el registro de sitios precerámicos.

Período II y III: Arcaico

El Arcaico es uno de los períodos menos conocidos en la historia cultural del Continente Americano. Para el sur de Centroamérica, el conocimiento sobre el Arcaico tardío ha sido generado mayormente en territorio panameño. Las investigaciones desarrolladas en Panamá han identificado indicios del surgimiento de prácticas horticultoras en la parte tardía del período, que corresponderían a los albores de la agricultura en el sur de Centroamérica (Ranere y Cooke, 1996: 60-64). El inicio del proceso de fisión que derivó en la conformación de las tribus de la Familia Lingüística Chibcha, ha sido datado en ese lapso (cf. Barrantes, 1993: 168-172).

La información del período Arcaico para el Valle de Turrialba, durante dos décadas se había restringió a los sitios Florencia-1 (C-121Fl-1) y Cruzada (C-199Cz). El primero constituía un depósito de lítica lasqueada muy superficial de 200 m². El segundo un yacimiento menos conocido, que no pudimos localizar en reconocimientos recientes, a partir del dato de ubicación disponible (Acuña, 2002: 69). Más recientemente, se detectó un componente del Arcaico en Finca Guardiria-2, el cual ha sido identificado con claridad en el sector noroeste del sitio, por medio de artefactos como puntas de proyectil.

Con la excavación del sitio Florencia se recuperó la colección de materiales arcaicos más completa del país. Otros yacimientos como El Vertedero (C-105EV), La Cruzada-1 (C-133LC-1), San Gerardo (C-162SG), El Carmen (C-107EC), Linda Vista (C-230LV) y Los Ortuño (C-241LO) poseen materiales que por sus características puedes adscribirse a este al lapso entre 7000 – 3000 a.C. Esos sitios constituyen depósitos líticos pequeños, que registran alrededor de 200 m². Se localizan en un radio de 2,4 Km del afloramiento de quebrada Eslabón en terrenos planos que tuvieron un ambiente ribereño con humedales, que de seguro constituía un ecosistema muy rico y diverso. Por otra parte, los emplazamientos serranos gozaron de acceso inmediato a la materia prima mineral, para la fabricación de herramientas e implementos, y fueron idóneos en aspectos como protección y vigilancia.

Período IV:

La Montaña

Para la fase La Montaña se han documentado asentamientos escasos y dispersos, preferentemente en tierras bajas situadas en cuencas principales, para producción agrícola, así como explotación de recursos silvestres en zonas de relieve irregular (Findlow, Snarskis y Martín, 1979: 63). Baja densidad y lento crecimiento de la población (Snarskis, 1984: 204; 1992: 143). Estas sociedades basan sus economías a partir de caza, pesca y recolección, sobre una base vegecultora (Snarskis, 1982: 84; 1984: 204; 1992: 143; Blanco y Mora, 1994: 60). Semicultura, al menos en parte del rango cronológico, como lo atestigua polen de maíz —datado en la segunda mitad de la fase— que se recuperó en los sedimentos de la laguna Bonillita, a 10 Km del Valle de Turrialba (Northrop y Horn, 1996: 296). La impresión es que eran sociedades tribales, sin

estructuras marcadas de rango (Snarskis, 1992: 143; Fonseca, 1996: 115). A la fecha se han registrados más de 160 yacimientos que presentaron evidencia de La Montaña. Sin embargo no se han hallado aun sitio unicomponentes o rasgos culturales que representen esta fase.

El Bosque

De acuerdo a Snarskis (1978) durante la Fase Bosque se da un crecimiento demográfico importante, aparejado a la especialización artesanal y la aparición de marcadores de diferenciación social, sustentado todo ello en la intensificación en el cultivo del maíz. Arqueológicamente, estos procesos han sido inferidos a partir del incremento en el número, extensión y densidad de los depósitos culturales, la lapidaria, la constitución de los contextos funerarios, además de la frecuencia de artefactos líticos para la molienda de granos. El ritual sí parece bien instituido en vinculación a eventos mortuorios, contrario a lo indicado a partir de observaciones iniciales al respecto (cf. Kennedy, 1975: 562). Según los datos cerámicos, la cantidad de sitios con material El Bosque se cuadriplica, respecto de los que presentan material La Montaña en el Valle de Turrialba. A partir de El Bosque, se van perfilando como aldeas de mediano y gran tamaño, entre ellos: Canadá, La Isabel (C-4LI), La Montaña (C-18LM), Azul (C-23Az), Playa Hermosa (C-118PH), Canadá (C-123Cn), Seis Montañas (C-165SM), El Lago (C-167EL), El Embalse (C-176EE) y Jurai (C-204Jr). Resulta interesante como lugares con evidencia de La Montaña coinciden con asentamientos de alto perfil en fases posteriores, en parte por condiciones naturales favorables en esos espacios, pero, según nuestra lectura, bajo la existencia de indicadores antrópicos —como la modificación de la cubierta vegetal, restos culturales y construcciones de piedra— que hicieron patente ocupaciones precedentes de los sitios. El sitio Canadá incluía un cementerio de tumbas de corredor y otros rasgos culturales de piedra que sugieren la existencia de un asentamiento Las tumbas de corredor debieron ser fácilmente identificables, como lo fueron al inicio de las acciones arqueológicas en el sitio, pues la parte superior de la mampostería de esos rasgos era visible en superficie. Este yacimiento fue muy alterado por la mecanización del suelo.

Período V: La Selva

Durante se da un crecimiento demográfico que conlleva un cambio a nivel social donde se pasa de sociedades igualitarias a jerarquizadas. Para este periodo los asentamientos pasan de pequeñas aldeas nucleares de gran tamaño que eran sostenidas por un grupo de aldeas más pequeñas. En este último perfil se ubica lo que hemos llamado la localidad La Zoila, integrada por El Mora (C-3EM), La Isabel (C-4LI), La Zoila (C-5LZ) y Azul (C-23Az) que, con casi 3 Km², proponemos que está entre las localidades extensas a escala regional. Northrop y Horn (1996: 287) proponen que en este periodo se da una expansión de la población local y por ende en la cuenca del Reventazón se da un proceso erosivo por limpieza de previos para su cultivo que pudo haber ocurrido alrededor de 1100 – 1300 a.p.

Período VI: La Cabaña

De acuerdo a las síntesis interpretativa de Snarskis (1978) se caracteriza por la aparición de complejas aldeas cacicales donde se denota una distribución de los asentamientos en función de factores estratégicos para la defensa d elos sitios más importantes. Sitios de

bien logrado diseño arquitectónico con construcciones que incluyen rellenos de tierra y mampostería de enrocamiento. Disminución en la cantidad de sitios, pero mayor aglomeración y densidad en algunos, con aumento demográfico en términos globales. En los mismos trabajos sinópticos, Snarskis toma dichos aspectos como indicadores —que deberían palparse en el registro arqueológico— de un modelo interpretativo al cual él asocia el término "balcanización". Desde esa óptica, los complejos arquitectónicos fueron lugares desde donde líderes ejercieron control político sobre otros centros similares, en alianzas mediante las cuales se ligaron sitios de diverso tamaño. Las alianzas eran transitorias, efectivas algunas veces por períodos breves, y esto generaba cambios en la estructura jerárquica de los asentamientos. La ubicación estratégicamente defensiva es atribuible a la presión provocada por el incremento de la población y la competición por recursos. La construcción de las obras civiles complejas requirió de trabajo impuesto e intensivo en grandes proporciones, así como especialización de tareas. Estas líneas de inferencia marcan la senda de una forma de ver el Período VI en la cual concurren otros investigadores (cf. Fonseca, 1992:180-182; Corrales, 2001: 62-67).

Un ejemplo de este tipo de arquitectura se halla en el sitio Guayabo de Turrialba, Las Mercedes, La Cabaña, Wiliamsburg, y en la Zoila. De este periodo datan las tumbas de cajón. En los sitios Playa Hermosa (C-118PH) y Canadá (C-123Cn) fueron excavados cementerios con ese tipo de sepulturas, claramente asociados a artefactos cerámicos del complejo La Cabaña. Además, una serie de cinco determinaciones radiocarbono, sobre carbón contenido en artefactos de las tumbas de cajón del sitio Canadá, fecharon en el rango 1000 a 1640 d.C. En esos sitios se excavaron zonas con más de 20 y hasta 50 tumbas, cuya distribución sugirió grupos compuestos por cajones de diferentes dimensiones, que pudieron haber alojado individuos fallecidos a varias edades, como ha sido establecido con base en análisis de restos humanos para cementerios del Valle de Guarco (cf. Vázquez, 1981, 1984, 1991).

Reseña histórica

De acuerdo a los cronistas durante la época precolombina Limón, estuvo habitado por indígenas de los grupos llamados Pococís y Tariacas (Fernández de Oviedo 1959). Se cuenta con datos que indican que a inicios de la conquista, Abacara y Citará fueron caciques de la provincia. El 18 de setiembre de 1502, Cristóbal Colón en su cuarto viaje a las américas, arribó la isla Quiribrí, a la cual denominó La Huerta, que al día de hoy se conoce como isla Uvita. En tierra firme visitó un pueblo denominado Cariari, el cual se conoce poco porque posiblemente se ubicaría donde se halla la ciudad de Limón. El almirante Colon recoge provisiones y zarpa hacia Veraguas.

En 1540 Hernán Sánchez de Badajoz fundó la ciudad de Badajoz, en la desembocadura del río Sixaola, el cual se constituye el primer asentamiento europeo en la costa caribeña de Costa Rica. Posteriormente en 1543 Diego Gutiérrez fundó la ciudad de Santiago, en la desembocadura del río Suerre o Reventazón. Para 1564 don Juan Vázquez de Coronado, cruzó la cordillera de Talamanca, pasando por la costa antes de llegar a Cartago y Perafán de Ribera en 1570, dejó constancia de su paso por la región.

En 1605 Diego de So fundó la ciudad de Santiago de Talamanca en la margen derecha del río Sixaola. Los piratas Mansfield y Morgan desembarcaron en Portete el 8 de abril de 1666, llegando hasta el Valle de Turrialba donde fueron obligados a retirarse para luego abandorar nuestro territorio nacional. En 1659 el Gobernador Andrés Arias Maldonado fue

a reconocer la bahía de Limón, habitada por los amerindios Tariacas y los Zambos Misquitos, quienes llamaron al actual río Estrella, "rìo Changuinola", ocupada por un grupo indígena denominado Chánguinas.

Durante los siglos XVII y XVIII la región permaneció deshabitada salvo por tres puertos de pescadores que se ubicaban en el Rio Suerre, Matina, y Moín. En 1710 El Gobernador Don Lorenzo de Granda y Balbín entró en Talamanca siguiendo la ruta por Boruca, ya que por el sur era más accesible, durante sus correrias tomó presos a varios centenares de amerindios, entre ellos Pable Presbere, Rey de Talamanca, que fue ejecutado mientras repartían prisioneros.

En 1839, el presidente Braulio Carrillo Colina, se dispuso abrir un camino desde el valle de Paraíso hasta la bahía de Moín por el antiguo sendero; así como establecer aldeas de seis familias, cada una en los lugares de Lajas, Pascua, Reventazón y Pacuar. El Presidente José María Castro Madriz nombra a Federico Fernández Oreamuno, como primer gobernador, comandante y capitán residente en Limón. Para 1870 el presidente Juan Rafael Mora crea la comarca de Limón con jurisdicción independiente a Cartago y habilitó el Puerto Limón, mediante el decreto 84 del 6 de octubre de 1852. En 1871 se inician los trabajos de construcción del ferrocarril al Atlántico, que uniría San José con Puerto Limón con el fin de facilitar las exportaciones a Europa del café. En 1872 llegan los primeros barcos proceden de Belice, Aruba, Jamaica, Curaçao y Surinam con inmigrantes destinados para trabajar en las obras del ferrocarril. Este hecho va a tener importantes implicaciones en la cultura limonense. En 1901 la Compañía del Ferrocarril de Costa Rica inauguró la primera instalación portuaria de verdadera importancia, con un muelle sobre pilotes de hierro forjado, que hasta hoy se conoce con el nombre de Muelle Metálico

En 1874 por motivos financieros se interrumpe la construcción del ferrocarril. Para poder continuar con el proyecto se ofrece a los trabajadores tierras a lo largo de la línea del ferrocarril. En 1884 se otorga a Minor C. Keith un nuevo contrato de concesión, además de abundantes terrenos ubicados en la provincia durante 100 años. Para 1890 se terminó la obra de ferrocarril. En las llanuras del caribe se inicia el cultivo del banano y del cacao. En 1892 mediante el decreto 61 del 25 de julio, se crea la municipalidad de Limón. En 1888, se instala el alumbrado eléctrico y en 1892 se realizan la construcción de una serie de obras públicas que incluyeron el tajamar, cañerías y desagües, así como la demarcación de calles. La primera ermita data de 1876. En 1982 el Congreso Constitucional, donó una cuadra para construir en ella la actual catedral. Tomás Guardia Gutiérrez construyó la primera escuela en 1877. Rafael Ángel Calderón Guardia, se estableció una escuela complementaria para primer y segundo año de segunda enseñanza en 1944; y en 1959 se inauguró el edificio del Liceo de Limón. La Universidad de Costa Rica abrió su sede en 1975.

7.7.4 Resultados

Revisión de la Base de Datos del Museo Nacional AID

El cantón de Limón no ha sido objeto de un estudio orientado el registro de todos los sitios arqueológicos existentes. Sin embargo, a la fecha se conocen 20 yacimientos arqueológicos de los cuales 14 se localizan en los alrededores del AID (Mapa 7.7.1,

Cuadro 7.7-2). De acuerdo a este registro los sitios más cercanos al Ap son: Isla Quiribí, Portete, Moín, Bartolo, Chocolate, Botadero, Filadelfia, Bomba 1 y Quitaría.

Prospección

Durante la revisión del Ap no se halló evidencia arqueológica, ni rasgos culturales. Sin embargo si se halló evidencia arqueológica en los caminos existentes cerca de los sitios Bartolo, Chocolate, en baja densidad (Mapa 7.7.2).

Cuadro 7.7-2: Características principales de los yacimientos precolombinos registrados en los alrededores del Ap.

Caso	Sitio	Clave	Tipo Sitio	Temporalidad
4882	Alto Cuen	L-173 AC	Funerario, Habitación, Arquitectónico	300 - 800 dC, 800 - 1350 dC
4475	Bartolo	L-86 Bt	Funerario, Habitación	500 aC - 300 dC, 300 - 800 dC
4818	Boca Cuen	L-172 BC	Arquitectónico	
4485	Bomba-1	L-112 B-1	Arquitectónico	300 - 800 dC, 800 - 1350 dC
4486	Bomba-2	L-113 B-2	Funerario, Arquitectónico	300 - 800 dC, 800 - 1350 dC
4476	Botadero	L-88 Bo	Habitación	
4477	Cable 77	L-89 C77		
4483	Chocolate	L-110 Ch	Funerario	
4053	Espavel	L-230 Ee / UCR-477		
4507	Finca-21	L-141 F-21	Funerario, Habitación	500 aC - 300 dC
1742	Gedsemani	L-22 Gs	Habitación	300 - 800 dC
5009	La Logia	L-168 LL	Arquitectónico	1950 - presente
1642	Moín	L-123 Mo	Funerario, Habitación	500 aC - 300 dC, 300 - 800 dC, 800 - 1350 dC, 1350 - 1550 dC
1798	Norwick	L-224 Nw / UCR-276		
1630	Ocelote	L-83 Oc		
4504	Palma Real	L-85 PR		
1797	Portete	L-223 Pt / UCR-275		
	Isla Quiribi			Histórico
1631	Tomatal	L-84 Tm		
4484	Trébol	L-111 Tb		

Materiales o rasgos culturales identificados en el AP

Los materiales arqueológicos observados corresponden a fragmentos de cerámica precolombina monocromos. Cabe señalar, que por las características topográficas del área de estudio se espera hallar pequeños sitios dispersos. Dado el nivel de erosión del suelo y al hecho de que los depósitos conocidos son por lo general superficiales se espera hallar la evidencia arqueológica en los primeros 30 cmb.s.

Densidad de material encontrado y extensión del sitio en el AP

En todas las localidades donde se identificaron vestigios arqueológicos la densidad de los materiales fue muy baja menor a 1 elemento m^2.

Análisis de la información arqueológica recuperada en el AP

En virtud de que la zona de estudio presenta evidencia arqueológica a fin de prevenir un impacto negativos de estos bienes se deberá elaborar un plan de regencia arqueológica que incluya el monitoreo de los movimientos de tierra, una prospección sistemática de los sectores que presentan evidencia arqueológica y deberá efectuarse una etapa de evaluación arqueológica cuando se detecten concentraciones importantes de evidencia arqueológica o rasgos culturales.

Posibilidad de recuperación de información adicional en el AP

Las posibilidades de recuperación de la información son buenas debido a que los terrenos presentan poca alteración de las que han sido objeto.

7.7.5 Patrimonio Histórico

El Cantón de Limón cuenta con 17 bienes inmuebles declarados, en el cuadro 3 se ofrece un resumen de los mismos. Ninguno de estas obras serán afectadas directamente por el proyecto.

Cuadro 7.7-3: Bienes de Interés Cultural, Cantón de Limón, según Base de Datos del Ministerio de Cultura

Inmueble	Nombre Edificio	Época Constructiva
	Antigua Capitanía de Puerto	1901-1950
	Antiguos Edificios United Fruit Company	1901-1950
	Black Star Line	1901-1950
	Casa Misionera de la Iglesia Bautista	1851-1900
	Edificio de Correos y Telégrafos	1901-1950

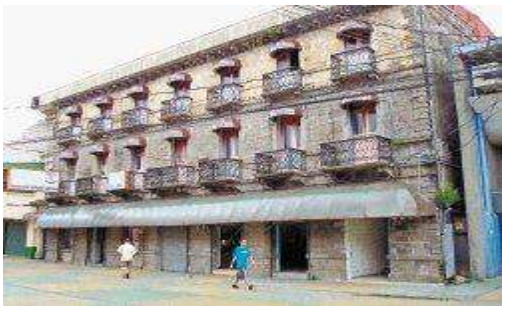
Cuadro 7.7-3: Bienes de Interés Cultural, Cantón de Limón, según Base de Datos del Ministerio de Cultura (Continuación)

Inmueble	Nombre Edificio	Época Constructiva
	Edificio Patronato Nacional de la Infancia	1901-1950
	Escuela General Tomás Guardia	1901-1950
	Estadio Big Boy	1851-1900
	Hotel Cariari	1851-1900
	Inmueble Familia Ingianna Rosito	1901-1950

Cuadro 7.7-3: Bienes de Interés Cultural, Cantón de Limón, según Base de Datos del Ministerio de Cultura (Continuación)

Inmueble	Nombre Edificio	Época Constructiva
	Isla La Uvita	
	Mercado Municipal	1901-1950
	Palacio Municipal	1951-2000
	Parque Balvanero Vargas	1851-1900

Cuadro 7.7-3: Bienes de Interés Cultural, Cantón de Limón, según Base de Datos del Ministerio de Cultura (Continuación)

Inmueble	Nombre Edificio	Época Constructiva
	Pasaje Cristal	1901-1950
	Pensión Costa Rica	1901-1950
	Tajamar	1851-1900

7.7.6 Conclusiones

A las conclusiones a las que se llegó después de finalizar el estudio son:

- No se hallaron nuevos sitios arqueológicos, ni posibles rasgos culturales u concentraciones de evidencia arqueológica.
- El impacto que tendrían las obras del proyecto sobre los bienes patrimoniales arqueológicos es muy parcial por la naturaleza del proyecto,
- El proyecto no tendrá un impacto negativo sobre los bienes históricos declarados mediante la Ley 7555.

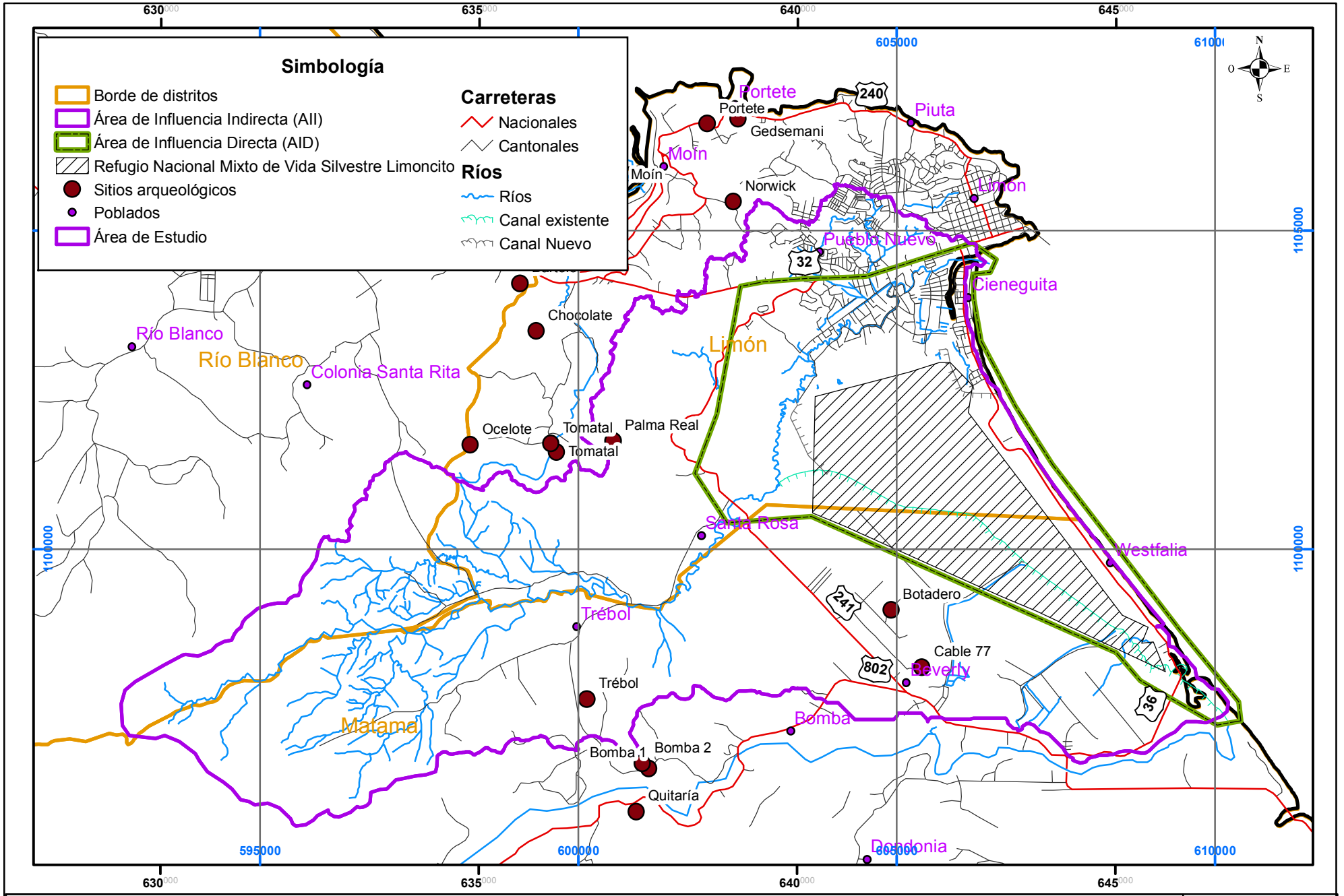
7.7.7 Recomendaciones

Teniendo en cuenta lo anterior, se establecen las siguientes recomendaciones:

1. Se recomienda que un profesional en la disciplina sea contratado a fin de darle seguimiento a los estudios más profundos y para que se encargue de supervisar los movimientos de tierra, así como de la prospección sistemática. Con esta medida preventiva se busca minimizar el impacto que tendría el proyecto sobre los bienes patrimoniales y cumplir con la legislación en materia arqueológica que está vigente.

2. En aquellos casos donde durante el movimiento de tierras se detecte evidencia arqueológica se deberá realizar una etapa de evaluación arqueológica. Los objetivos de esta etapa de la investigación son el conocimiento y caracterización del Ap en términos de: tamaño, temporalidad, funcionalidad, estado de conservación, presencia o ausencia de rasgos culturales o áreas de actividad, estratigrafía y estratificación y de la relación de la evidencia existente en el Ap, con otros sectores ya investigados y con el estado del conocimiento del área de estudio.

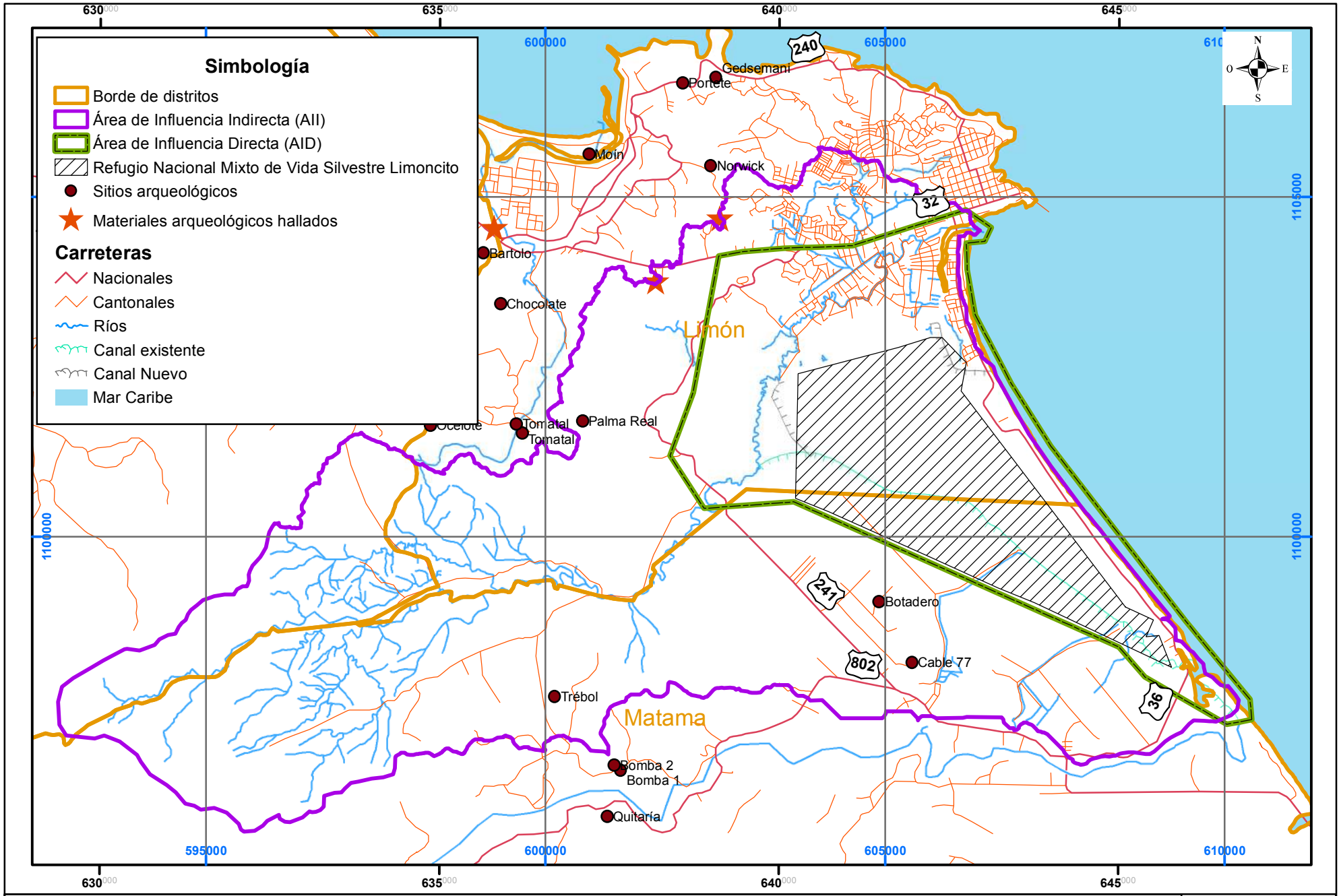
3. Por último, se recuerda a los propietarios y desarrolladores que el patrimonio arqueológico está protegido por la Ley 6703. De conformidad a la normativa legal vigente (Ley 6703), en caso de que se realice algún hallazgo de tipo arqueológico en la propiedad aunque el mismo haya pasado desapercibido anteriormente, por cualquier motivo se debe detener los trabajos que se estén realizando y dar aviso inmediato, al personal del Departamento de Antropología e Historia del Museo Nacional de Costa Rica, a los teléfonos 2291-3468 o al 2257-1433. Esta ley contempla la posibilidad de que el estado establezca sanciones para quienes infrinjan este cuerpo legal (Ver anexo 1).



Mapa 7.7.1. Sitios arquelógicos registrados en el cantón Limón, Base de datos del Museo Nacional de Costa Rica

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:80.000 — 1 0,5 0 1 Kilómetros	Fuente: IGN; Museo Nacional de Costa Rica; ProDUS, 2013.

ProDUS — Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible — Universidad de Costa Rica



Mapa 7.7.2. Sectores donde se observó cerámica precolombina

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:75.000 — 1 0,5 0 1 Kilómetros	Fuente: IGN; Museo Nacional de Costa Rica; ProDUS, 2013.

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

7.8. PAISAJE

7.8.1. Introducción

La valoración del paisaje puede resultar desde varias perspectivas como algo subjetivo, donde se vuelve complejo establecer los parámetros estéticos de calificación. Sin embargo, el concepto de paisaje trasciende la concepción meramente física, de acuerdo con la Unión Europea del Paisaje (2000) el paisaje corresponde a *"Cualquier parte del territorio tal y como es percibida por las poblaciones y cuyo carácter resulta de la acción de factores naturales y/o humanos y sus interrelaciones"*

De esta forma, podría decirse que el paisaje va más allá de un grupo de cuencas visuales que podrían afectarse por una serie de intervenciones, es necesario abordar la dimensión cultural del paisaje, como un elemento dinámico que no puede limitarse simplemente a una tutela estética, sino concebido como algo más vivencial.

Así las cosas, de acuerdo con la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN-ONU) el paisaje protegido corresponde a *"Paisajes naturales de relevancia nacional, que se caracterizan por la armoniosa interacción entre población y territorio (People and Land), al tiempo que proporcionan oportunidades para el disfrute público a través de la recreación y el turismo, dentro de las formas de vida tradicionales y las actividades económicas de estas áreas"* (Mata, R & Tarroja, A, 2006, p25).

Si bien no existe en Costa Rica, una metodología claramente establecida para la valoración del paisaje en estudios de impacto ambiental (EIA), considerando la más comúnmente usada correspondiente al *Decreto Nº 32967-MINAE,* que pertenece a la metodología de los índices de fragilidad ambiental (IFA's), basada en la calificación de cuencas visuales, donde dichas "vistas" muchas veces se encuentran inclusive fuera del área de estudio, es claro determinar que se está reduciendo el paisaje a un elemento contemplativo y descartando toda la tradición y las relaciones sociales que construyen riqueza cultural de un lugar a través de los años.

Este tipo de inconsistencias han tratado de ser subsanadas por diferentes organizaciones a nivel mundial, donde el estudio del paisaje corresponde a una visión más integral: *"La amplitud y complejidad del campo de estudio paisajístico obedece a que el paisaje es tanto una visión como una realidad"* (Agencia Europea de Medio Ambiente, 1998,p15). Así pues, el presente estudio busca abordar no solo la afectación física del proyecto sobre sistema natural desde el punto de vista físico, sino también como a raíz de dicha intervención es posible involucrar a la población y generar espacios de convivencia que permitan no sólo mitigar los efectos de la obra, sino ampliar las posibilidades de espacios recreativos más allá de lo existente.

7.8.2. Metodología

La metodología de trabajo consiste en establecer unidades de paisaje, las cuales se valoran a partir de características tales como uso del suelo, potencial recreativo, infraestructura, elementos naturales, entre otros. Posteriormente se determina el nivel de afectación que dicha unidad tendrá una vez ejecutado el proyecto para determinar las medidas de mitigación respectivas.

Las fases metodológicas se establecen de la siguiente manera:

- Estudios preliminares de la zona
- Criterios para el establecimiento de unidades de paisaje
- Trabajo de campo
- Valoración de unidades de paisaje
- Medidas de mitigación
- Recomendaciones finales

Criterios y elementos a utilizar para la delimitación de las unidades de paisaje

Cada unidad de paisaje está compuesta por características homogéneas, los criterios para el establecimiento de estas similitudes son los siguientes:

- *Uso del suelo urbano:* De acuerdo con el uso del suelo actual y con ayuda de las unidades geoestadísticas mínimas (UGM) se han determinado sectores que comparten las mismas características de suelo urbano, vivienda, industria, comercio, entre otros.
- *Uso del suelo general:* Uso del suelo general, generado a partir de las fotografías del Programa de Regularización de Catastro y Registro (2005) escala 1:1000 y 1:5000.
- *Fotografías aéreas* En casos de dudas específicas a la hora de la delimitación de las unidades se han revisado tanto las fotografías del Programa de Regularización de Catastro y Registro (2005) como otras fuentes disponibles más recientes a la fecha.
- *Elementos naturales existentes:* De acuerdo con la características naturales del sitio se establecen diferentes unidades de acuerdo con el uso del suelo actual que indica la existencia de cobertura boscosa, pastos, arboles dispersos, entre otros.
- *Presencia de elementos importantes y particulares:* La existencia de hitos y elementos particulares, pueden marcar una diferencia entre dos unidades de paisaje con características físicas similares, la predominancia de elementos arqueológicos importantes o bien elementos culturales particulares de la zonas por ejemplo, son un criterio importante en la distinción de dichas unidades.
- *Estado general de la infraestructura:* Este elemento marca de manera significativa la percepción del paisaje y las diferencias entre un barrio y otro, en muchos casos esta puede ser una variable reversible mediante inversión estatal, sin embargo, para el presente estudio se parte del estado actual.
- *Segregación de la propiedad:* Principalmente en el caso de las unidades residenciales, el nivel de segregación indica una diferencia en la condición general del barrio, dicho análisis se efectuará a partir del catastro existente.
- *Límites físicos importantes:* Se realizará una división de unidades cuando un grupo de barrios están separados por límites físicos importantes, tales como ríos, carreteras muy transitadas, desniveles importantes, entre otros. De esta forma la continuidad física y de tránsito ha sido contemplada como uno de los criterios de estudio.
- *Otros cambios drásticos en la percepción del paisaje:* Esta variable abarca cualquier otro cambio significativo en la percepción del paisaje que no fue contemplado en las variables anteriores.

En el *Mapa 7.8-1***,** se puede apreciar la delimitación de cada unidad de paisaje, las cuales se generaron a partir de sus características homogéneas, en el *Cuadro 7.8-1,* se muestran las características generales de cada unidad de paisaje.

Las cuales fueron clasificadas en las siguientes categorías:

- Urbana predominantemente vivienda
- Urbana predominantemente comercial
- No urbana con vivienda dispersa
- Recreativa
- Industrial
- No urbana pastos y charrales
- No urbana bosques

En total se identificaron 20 unidades de paisaje, valor que podría variar en el desarrollo de la valoración en caso de contar con información más detallada.

A cada una de estas unidades de paisaje se llevó a cabo una valoración preliminar, cuyos criterios se exponen en el *cuadro 7.8-2*, los cuales consideran además de los elementos naturales presentes, aspectos recreativos formales y no oficiales, en las fotografías 7.8-1 se muestran fotografías de espacios de recreación informales, donde se muestra el río como un espacio de encuentro para la población. Por otra parte en las fotografías 7.8-2 se expone una muestra de la biodiversidad existente en la zona de estudio, elemento que será incorporado a la valoración del paisaje.



Fotografías 7.8-1 Ejemplos del río como espacio de recreación.



Fotografías 7.8-2 Biodiversidad existente en zona de estudio, flora y fauna.

Cuadro 7.8-1 Criterios de delimitación de unidades de Paisaje

Unidad	Tipo de unidad	Uso del suelo urbano	Uso suelo general	Elementos naturales existentes	Presencia elementos importantes	Estado general infraestructura	Segregación propiedad	Limites físicos importantes	Cambios drásticos paisaje
1	No urbana con vivienda dispersa	No, vivienda dispersa	Pastos	Árboles dispersos, bambú	no	malo	Muy segregada en catastro, no en campo	Calles y bosque	Hacia el este
2	No urbana con vivienda dispersa	No, vivienda dispersa	pastos y árboles dispersos	Árboles dispersos	no	malo	no	Borde de Reserva Natural	Bosques hacia el este
3	Urbana predominantemente vivienda	Si, vivienda lineal	vivienda	pastos este y oeste	Río	malo	no	Río Limoncito	no
4	Urbana predominantemente vivienda	Si, vivienda lineal	vivienda y comercio	Río Limoncito	Río/Puente dos carriles	malo	Sí	Río Limoncito	no
5	Urbana predominantemente vivienda	Sí, vivienda cuadrantes	vivienda	Río Limoncito	vegetación	malo	Sí	Río Limoncito, bosque al sur	uso industrial
6	Industrial	Industrial	Industria	Río Limoncito	No	malo	No	Río Limoncito	No
7	Recreativa	Area recreativa	Canchas rodeadas de vivienda	frente al río	frente a uso industrial	malo	No	Río Limoncito	No
8	Urbana predominantemente vivienda	Si, Vivienda	Vivienda y actividad industrial	Río Limoncito	Industria, Linea férrea	malo	Sí	Río Limoncito y linea férrea	Hacia zona industrial
9	Urbana predominantemente vivienda	Si, Vivienda	Vivienda	Río Limoncito	Linea férrea	malo	Sí	Río Limoncito y línea férrea	Hacia zona industrial
10	Urbana predominantemente vivienda	Si, ,vivienda	Vivienda	Río Limoncito	colindante con área recreativa	malo	Sí en campo, no en catastro	Río Limoncito, bosque al sur	No
11	Urbana predominantemente vivienda	Si, ,vivienda	Vivienda y comercio	Río Limoncito	colindante con área recreativa	Regular	Sí en campo, no en catastro	Río Limoncito, bosque al sur	No
12	Urbana predominantemente vivienda	Si, ,vivienda	Vivienda y comercio	Río Limoncito	no	malo	Sí	Río Limoncito	No
13	Urbana predominantemente vivienda	Si, ,vivienda	Vivienda y comercio	Río Limoncito	Linea férrea	malo	Sí	Río Limoncito y línea férrea	No
14	Urbana predominantemente vivienda	Sí, vivienda cuadrantes	Vivienda y comercio	Río Limoncito	Puente sobre Río Limoncito e intersección importante	Bueno	Sí	Río Limoncito	Configuración de barrio regular

Cuadro 7.8-1 Criterios de delimitación de unidades de Paisaje (continuación)

Unidad	Tipo de unidad	Uso del suelo urbano	Uso suelo general	Elementos naturales existentes	Presencia elementos importantes	Estado general infraestructura	Segregación propiedad	Límites físicos importantes	Cambios drásticos paisaje
15	Urbana predominantemente vivienda	Sí, vivienda cuadrantes	Vivienda	Sección del río que va desde el canal de Japdeva a la desembocadura del Río Limoncito	Canal de Japdeva sobre Río Limoncito	Bueno	Sí	Río Limoncito (canal de JAPDEVA)	Al otro lado del Río existe una configuración de barrio contrastante
16	Urbana predominantemente comercio	Sí, comercio	Comercio	Río Limoncito	Linea férrea	Bueno	no	Línea Férrea y ruta 32	Actividad comercial
17	No urbana pastos y charrales	No, pastos	Pastos	Río Limoncito	Linea férrea	N/A	no	Línea Férrea	Transición urbano-rural
18	No urbana pastos y charrales	No, charral	Charral	Río Limoncito	No	N/A	no	Río Limoncito	No
19	No urbana bosque	No, Bosque	Bosque	Río Limoncito	no	N/A	no	Línea Férrea	De charral a bosque
20	No urbana pastos y charrales	No, pastos	Pastos	Río Limoncito	Linea férrea	N/A	no	Línea Férrea	De charral a bosque

Criterios de valoración de las unidades de paisaje

Para cada una de estas unidades se establecieron ciertos valores dependiendo de la fragilidad existente y las condiciones actuales, para determinar así los diferentes niveles de vulnerabilidad.

Según los criterios de evaluación señalados en el cuadro 7.8-2, se establece una valoración en una escala del 1 a 3, donde 1 representa en nivel más alto de vulnerabilidad, en otras palabras, lo que se vería más afectado en caso de la alteración del paisaje.

Para dicha valoración se consideró la cercanía que tiene la población con diferentes puntos de recreación, tanto áreas formales como informales, estas últimas representan los espacios de reunión de las personas a lo largo del río, los cuales no están registrados oficialmente como área verde o recreativa, sin embargo, corresponden a puntos de inmediatez importantes en la vida diaria de sus habitantes. Otro aspecto más relacionado con la estética, es el estado de las fachadas y la contaminación visual existente en la zona, que si bien son aspectos importantes paisajísticamente, pueden ser compensados con inversión.

Inevitablemente el proyecto va afectar el paisaje, de esta forma, será necesario determinar el nivel de intervención que se llevará a cabo y como compensar las afectaciones que se tendrán.

Las medidas de mitigación pueden ser clasificadas de la siguiente forma:

- Medidas que implican una compensación directa en la estética del paisaje físico.
- Intervenciones que permiten involucrar al paisaje y la dinámica de las poblaciones vecinas. Tales como:
    - Valoración del río como espacio recreativo
    - Espacios de estar y convivencia relacionados con los puntos a intervenir
    - Sistemas recreativos y el río como conector
- Medidas de acción necesarias.

Cuadro 7.8-2 Criterios de valoración de unidades de Paisaje

Criterio	Valoración	Descripción
Calidad de las fachadas	1	Fachadas en buen estado, con acabados en mampostería o madera de buena calidad
	2	Fachadas regulares, en mampostería o madera con faltantes de piezas y necesidad de mantenimiento
	3	Fachadas deterioradas, cuyo material predominante son láminas de Hierro Galvanizado o madera en mal estado.
Contaminación visual	1	Uso del suelo no urbano, con presencia de elementos naturales sin rótulos publicitarios
	2	Uso del suelo urbano con presencia de elementos publicitarios y elementos deteriorados
	3	Uso del suelo urbano, con presencia de basura y/o rótulos publicitarios excesivos
Proximidad con áreas recreativas oficiales	1	Áreas recreativas a menos de 200m, medidos desde calles
	2	Áreas recreativas a más de 200 metros pero menos de 400m
	3	Áreas recreativas a más de 400m
Proximidad con elementos recreativos informales	1	Áreas recreativas a menos de 200m, medidos desde calles
	2	Áreas recreativas a más de 200 metros pero menos de 400m
	3	Áreas recreativas a más de 400m
Presencia importante de árboles	1	Presencia de un grupo importante de individuos
	2	Presencia de pequeñas agrupaciones de individuos
	3	Presencia de elementos aislados
NBI Albergue	1	Menos del 20% con NBI Albergue
	2	Entre el 20% y el 50%
	3	Más del 50%
Estado general de la infraestructura	1	Bueno, con calles asfaltadas, superficie asfáltica en buen estado, con drenajes y cordón de caño, con aceras.
	2	Regular, superficie en lastre en buen estado, sin aceras o con aceras discontinuas, con carencia de drenajes
	3	Malo, calles en lastre o tierra con superficie irregular, sin aceras ni drenajes.

Calificación de las unidades de paisaje

Cada unidad de paisaje fue debidamente valorada de acuerdo a los criterios del cuadro 7.8-2, gracias a la diversidad que presenta la zona y la existencia de elementos naturales importantes, fue necesario establecer en la metodología un abordaje diferente entre las unidades urbanas y algunas no urbanas.

De esta forma en el cuadro 7.8-3 se muestra la tabla de valoración de paisaje con cada una de las calificaciones en los distintos criterios, además en los mapas 7.8-2 al 7.8-4, se exponen algunos de los cuales pueden ser mapeados y han sido considerados en la ponderación final.

El procedimiento de valoración fue el siguiente:

1. Se establecieron 7 criterios de valoración los cuales fueron calificados del 1 al 3 como ya se indicó anteriormente.
2. Para cada unidad de paisaje se calificó cada uno de los criterios.
3. Se hizo una sumatoria de cada valoración cuyo resultado se refleja en la columna "Valoración de unidad de paisaje".
4. Para el caso de unidades no urbanas, existen criterios de valoración que no cuentan con la misma importancia que para zonas urbanas, por ejemplo la existencia de áreas recreativas, pues al no contar con población este aspecto no tiene la misma importancia que para las zonas pobladas, por esta razón se aplicó un factor de reducción (0,75) a la calificación inicial (lo que consecuentemente aumentará la valoración final), los criterios a los cuales se aplicó este factor son:
    i. Estado general de la infraestructura
    ii. Proximidad con áreas recreativas oficiales
    iii. Proximidad con elementos recreativos informales
5. Se establece la valoración final de la sumatoria con la aplicación de los factores respectivos.
6. Se promedia la calificación de la valoración final entre la cantidad de criterios utilizados, en su mayoría se utilizó 7 como la base de este promedio, sin embargo, en algunos casos las unidades no urbanas carecían de alguno de los criterios evaluados, por ejemplo: Calidad de las fachadas, en este caso la base del promedio fue 6, y para el caso de la unidad 18 fue una base de 5, pues no cuenta además con infraestructura.
7. Una vez obtenido el promedio final se hacen rangos para estimar el nivel de vulnerabilidad, donde las unidades cuya valoración es "Alta", son más valiosas desde el punto de vista paisajístico, los rangos para determinar dicha calificación fueron los siguientes:

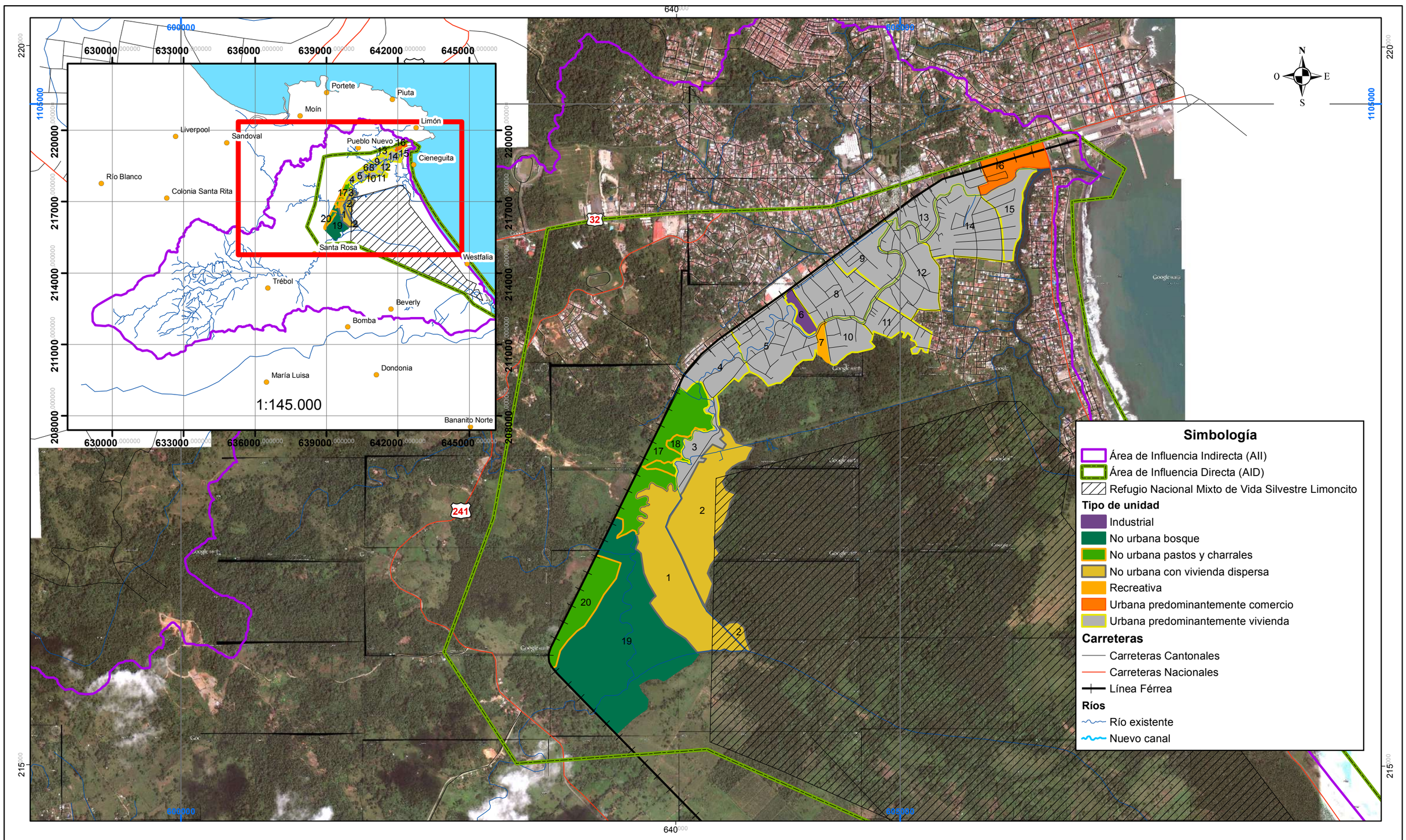
1-1,5	Alta
1,5-2	Media
2-2,5	Baja

Cuadro 7.8-3: Valoración de las unidades paisaje

		1	2	3	4	5	6	7					
Unidad	**Tipo de unidad**	**Nbi Albergue**	**Calidad de fachadas**	**Estado general de la infraestructura**	**Contaminación visual**	**Proximidad con áreas recreativas oficiales**	**Proximidad con elementos recreativos informales**	**Presencia de elementos naturales a conservar o bosque**	**Valoracion de unidad de paisaje**	**Factor para valores no urbanos por 0,75 en puntos 3, 5 y 6 (1)**	**Valoración final**	**Promedio final (2)**	**Valoracion paisajística preliminar**
1	***No urbana con vivienda dispersa***	1	1	3	1	3	3	2	14	0,75	11,75	1,7	Media
2	***No urbana con vivienda dispersa***	1	N/A	3	1	3	3	2	13	0,75	10,75	1,8	Media
3	***Urbana predominantemente vivienda***	1	2	3	2	3	1	2	14		14	2,0	Media
4	***Urbana predominantemente vivienda***	2	3	3	2	3	1	3	17		17	2,4	Baja
5	***Urbana predominantemente vivienda***	1	2	3	2	1	1	1	11		11	1,6	Media
6	***Industrial***	1	2	3	2	1	2	1	12		12	1,7	Media
7	***Recreativa***	2	2	3	2	1	3	2	15		15	2,1	Baja
8	***Urbana predominantemente vivienda***	2	2,5	3	3	1	3	1	15,5		15,5	2,2	Baja
9	***Urbana predominantemente vivienda***	1	2	3	2,5	2	1	1	12,5		12,5	1,8	Media
10	***Urbana predominantemente vivienda***	2	2,5	3	2	1	3	1	14,5		14,5	2,1	Baja
11	***Urbana predominantemente vivienda***	2	2	2	2,5	1	2	1	12,5		12,5	1,8	Media
12	***Urbana predominantemente vivienda***	2,5	2,5	2	2	1	1	1	12		12	1,7	Media
13	***Urbana predominantemente vivienda***	2	2	2	2,5	1	1	1,5	12		12	1,7	Media
14	***Urbana predominantemente vivienda***	1	1	1	2	1	1	1,5	8,5		8,5	1,2	Alta
15	***Urbana predominantemente vivienda***	1	1	1	2	1	3	1	10		10	1,4	Alta
16	***Urbana predominantemente comercio***	1	1	1	2,5	2	3	1	11,5		11,5	1,6	Media
17	***No urbana pastos y charrales***	1	N/A	2	1	3	2	2	11	0,75	9,25	1,3	Alta
18	***No urbana pastos y charrales***	1	N/A	N/A	1	3	2	1	8	0,75	6,75	1,4	Alta
19	***No urbana bosque***	1	N/A	2	1	3	3	1	11	0,75	9	1,3	Alta
20	***No urbana pastos y charrales***	1	N/A	2	1	3	3	1	11	0,75	9	1,3	Alta

(1) Para las unidades de paisaje no urbanas, existen elementos cuya relevancia no tiene la misma jerarquía que para las unidades urbanas, por esta razón se aplicó un factor que reduce la valoración.
(2) Para el caso donde los elementos a evaluar no aplican (N/A) se excluyeron de la valoración, de modo que la base de ponderación es diferente, así las cosas, mientras el resto de las unidades se promediaron entre 7, las unidades 2,17, 19 y 20 lo hicieron en base 6 y la unidad 18 en base 5.

Fuente: Elaboración ProDUS



Mapa 7.8-1. Delimitación de unidades de paisaje

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

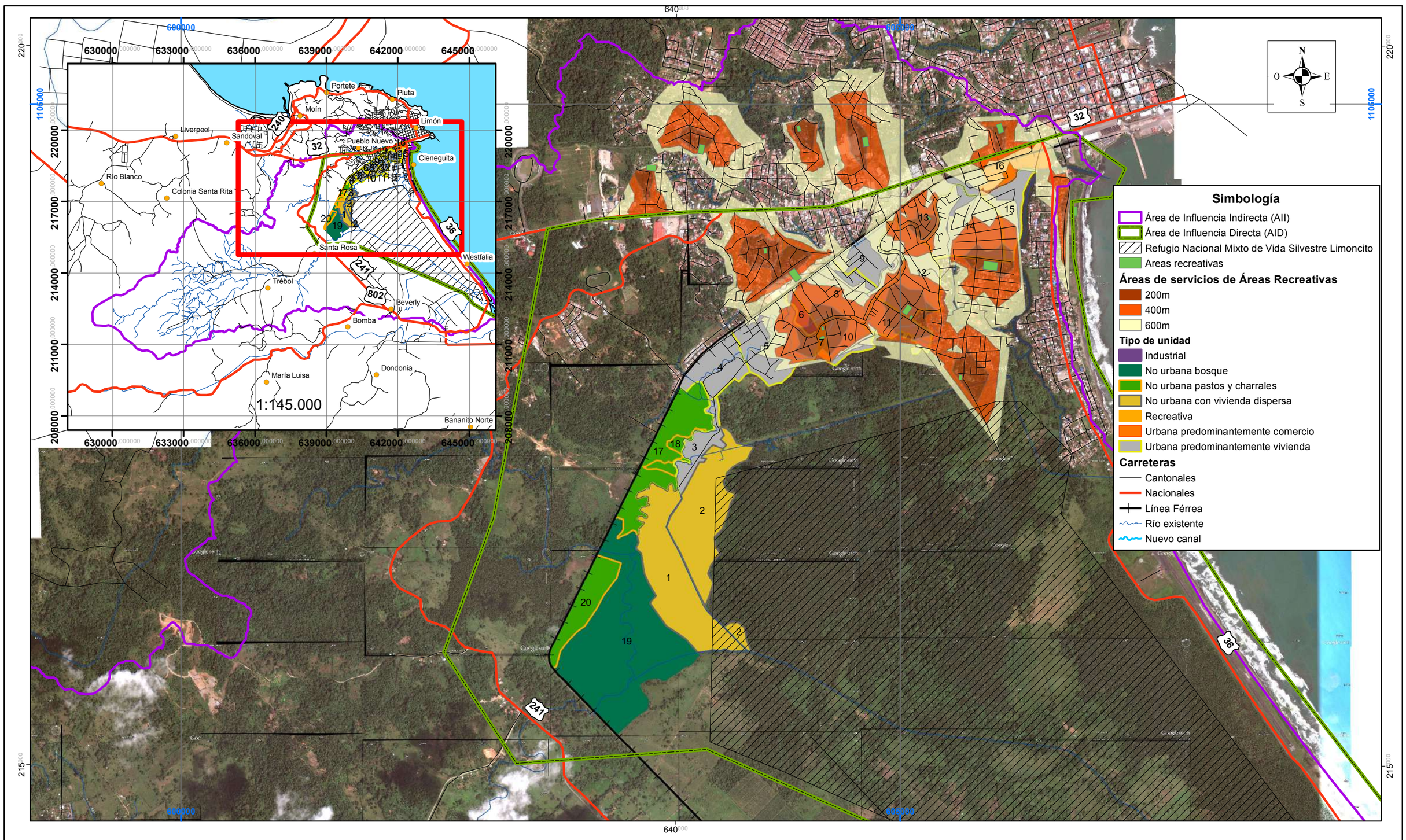
0,4 0,2 0 0,4 0,8 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:24.000

Fuente:
-Proyecto Carta (2005)
-Google Earth (2010)
-ProDUS (2013)

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica



Mapa 7.8-2. Areas de servicio para áreas recreativas oficiales

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0,4 0,2 0 0,4 0,8 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:24.000

Fuente:
-Proyecto Carta (2005)
-Google Earth (2010)
-ProDUS (2013)

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

Mapa 7.8-3. Areas de servicio para áreas recreativas informales

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

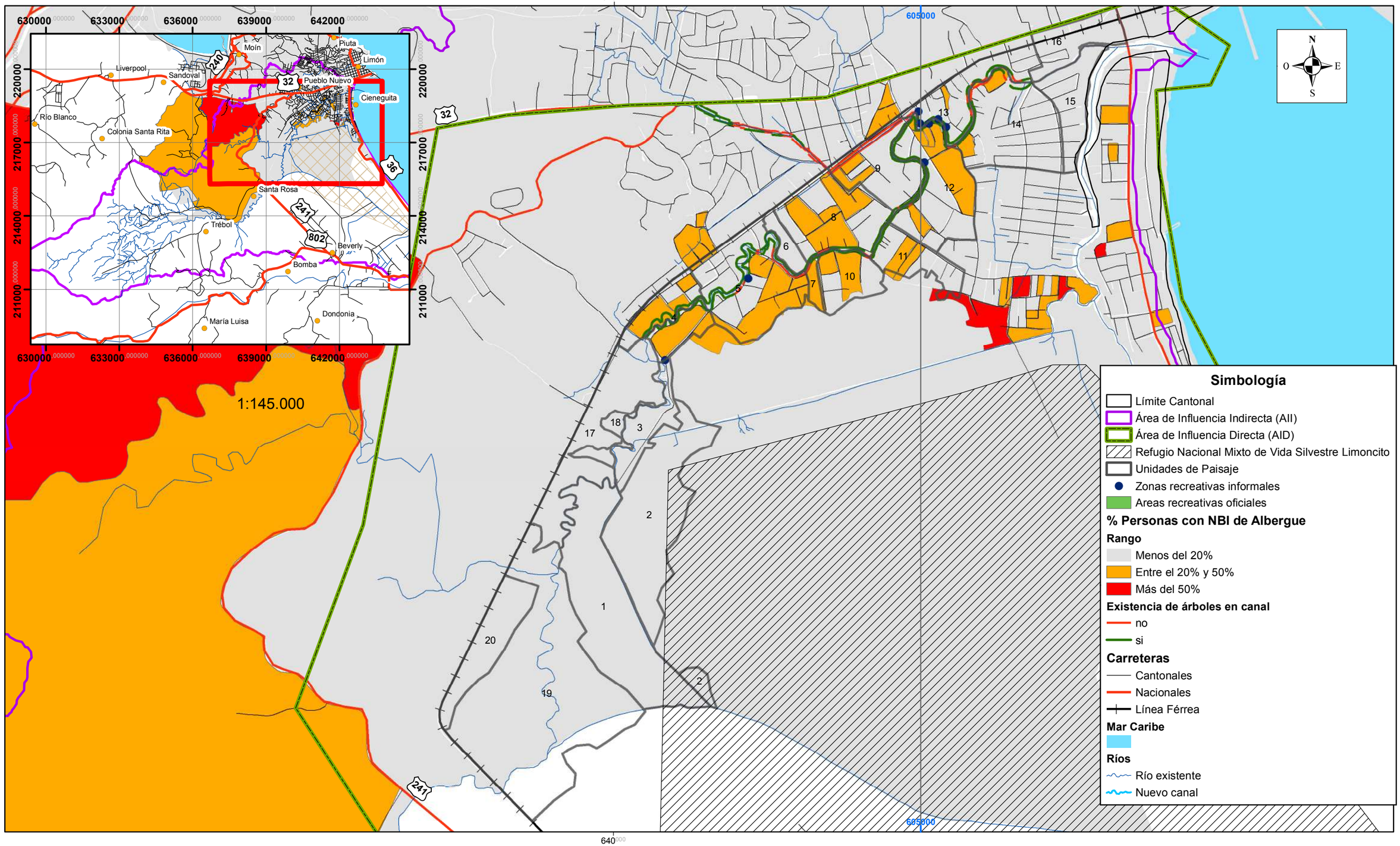
0,4 0,2 0 0,4 0,8 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:24.000

Fuente:
-Proyecto Carta (2005)
-Google Earth (2010)
-ProDUS (2013)

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 7.8-4. NBI Albergue y árboles en las márgenes del río Limoncito

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

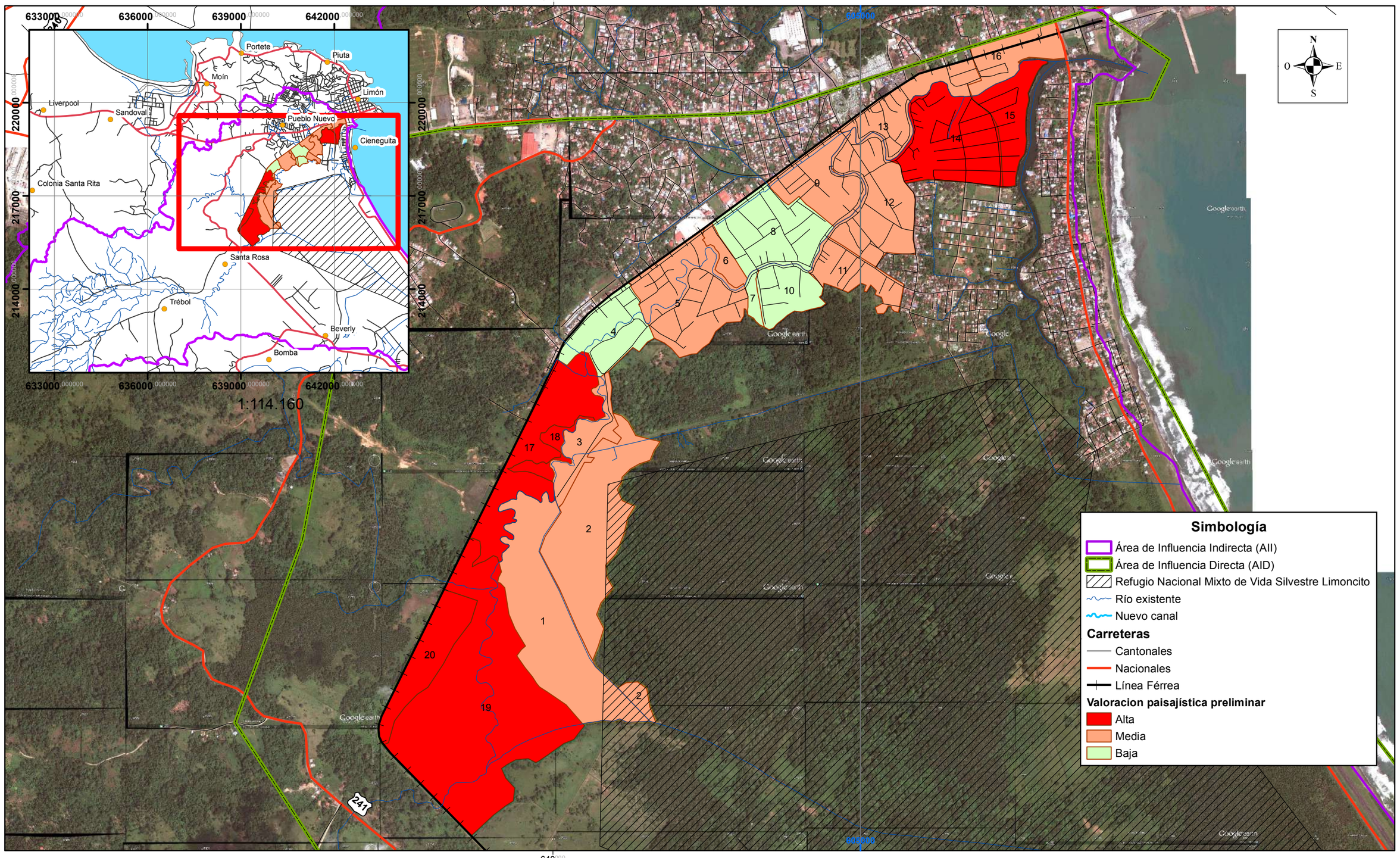
0,3 0,15 0 0,3 0,6 Kilómetros

Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)

Escala: 1:18.000

Fuente:
- -Proyecto Carta (2005)
- -Google Earth (2010)
- -ProDUS (2013)
- -INEC (censo 2011)

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 7.8-5. Valoración preliminar de unidades de paisaje

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

0,3 0,15 0 0,3 0,6 Kilómetros

Coordenadas CRTM05
(Lambert Norte se indican en negro)

Escala:
1:18.000

Fuente:
-Proyecto Carta (2005)
-Google Earth (2010)
-ProDUS (2013)

ProDUS
Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica

Anexo 6:

Sección 10: Plan de Gestión Ambiental

10.6. Plan de Seguridad y Salud Ocupacional

10.1 PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS

10.1.1 Generalidades

El presente Plan de Manejo de Residuos debe ser aplicado para la fase de construcción y operación del proyecto de Control de Inundaciones en el Río Limoncito. En este Plan se describen los procedimientos a utilizar para el manejo adecuado de los residuos sólidos y líquidos generados en estas fases.

Este Plan constituye una guía para el regente ambiental y para la empresa contratada para llevar a cabo las obras, hecha con el fin de buscar la máxima eficacia en el manejo adecuado de los residuos que se generen durante la ejecución de la obra, y que así estos no vayan a afectar el medio ambiente ni la calidad de vida de la población del sitio.

10.1.2 Identificación de Residuos Sólidos

En el desarrollo del proyecto se pueden generar diferentes tipos de residuos, los cuales se describen a continuación:

- Residuos ordinarios: son todos los residuos sólidos que se generan debido a la presencia de trabajadores en el área, como lo son: desechos orgánicos (restos de comida), desechos comunes (envases plásticos, envases de aluminio, envases de vidrio, papel y cartón, entre otros).
- Residuos especiales: dentro del proyecto, se consideran como residuos especiales aquellos que necesitan un tratamiento especial y requieren de ciertos cuidados para su disposición por su composición, humedad o estado, como lo son: los lodos extraídos durante el dragado del fondo de los ríos (principalmente el Río Limoncito) y la conformación de taludes, los escombros producto de la demolición de los puentes que serán remplazados y los restos orgánicos producto de la corta de árboles.

10.1.3 Manejo de los Residuos Sólidos Ordinarios

La gestión de los residuos ordinarios comprende los lineamientos a seguir para el adecuado manejo de estos durante las fases de construcción y operación. Para la fase de construcción se deben llevar a cabo las siguientes medidas:

- El contratista deberá disponer los medios necesarios para lograr una correcta gestión de residuos durante todo el desarrollo de la obra, aplicando un programa de manejo de residuos.
- Se deberá contar con recipientes adecuados y en cantidad suficiente para el almacenamiento seguro de los residuos producidos. Cada recipiente deberá contar

con una bolsa de plástico, la cual al ser llenada deberá ser almacenada en un lugar adecuado.

- El Contratista debe proporcionar los recipientes necesarios para la recolección separada de los residuos generados por los trabajadores de la obra. Para este propósito, se colocarán recipientes de colores distintivos para cada tipo de residuo, utilizando: azul (papel y cartón), amarillo (latas), blanco (plástico), verde (vidrio), gris (desechos generales), tal y como se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 10.1-1 Recipientes para reciclaje
Fuente: http://alajuelacity.olx.co.cr/contenedores-plasticos-para-reciclaje-iid-150978144

- Para la recolección de las bolsas con residuos no reciclables que sean almacenadas, se debe coordinar con la Municipalidad de Limón, para que estas sean colocadas en un sitio que se encuentre dentro de la ruta de recolección correspondiente a ese día.
- El contratista será responsable de capacitar adecuadamente al personal para la correcta gestión de los residuos de la obra.
- En lo que se refiere a la posible afectación del servicio brindado por la Municipalidad de Limón durante la ejecución de la obra, para evitar que el camión no pueda recolectar los desechos en sitios donde podría afectarse el paso debido a la maquinaria del proyecto y lo estrecho del paso, deben colocarse casetillas hechas con bloques de concreto en las esquinas cercanas a estos puntos, con el fin de que los vecinos puedan depositar sus desechos.
- Los encargados de llevar a cabo el servicio de recolección deben recoger los desechos depositados en dichas casetillas, con tal de continuar prestando el servicio a las viviendas que se encuentran en los tramos afectados.

Durante la fase de operación, se deben llevar a cabo las siguientes medidas:

- Darle seguimiento al proyecto de las casetillas para la concentración de los desechos en zonas donde se dificulte el paso del camión, para mejorar el servicio de la recolección.
- Se deben realizar campañas de concientización a la población para evitar que se siga dando el lanzamiento de residuos al río, ya que esto puede afectar la capacidad hidráulica de los canales construidos o mejorados, reduciendo la efectividad del proyecto en su etapa de operación. Para que esta campaña sea efectiva desde el inicio de la fase de operación, se debe iniciar desde la fase de construcción.
- A partir de las campañas de concientización, se debe impulsar un programa de reciclaje dentro de las comunidades alrededor del proyecto, si es posible funcionando en conjunto con el servicio municipal. En esta fase, las casetillas colocadas para la concentración de desechos pueden ser acondicionadas para funcionar como mini centros de acopio.
- Para impulsar de mejor manera el servicio de recolección separada (reciclaje) en el cantón limonense y sobretodo en el sitio de las obras, se debe incentivar la creación de centros de acopio donde se reciban estos materiales. Estos centros de acopio pueden ser manejados por grupos organizados dentro de la comunidad como asociaciones de desarrollo, grupos de mujeres, entre otros.

10.1.4 Manejo de los Residuos Sólidos Especiales

La gestión de este tipo de residuos comprende los lineamientos generales relativos a la generación, manipulación, transporte y disposición final o tratamiento.

Manejo de lodos

- Para el transporte de los lodos, desde los ríos y canales de donde son extraídos hasta el sitio de disposición, se deben utilizar vehículos que eviten el derrame del agua contenida en los lodos sobre el camino, contaminando las vías del lugar.
- Se recomienda disponer los lodos en lechos de secado, para que estos sean aprovechados posteriormente como abono orgánico. Esto es posible de acuerdo a los resultados de las pruebas realizadas a varias muestras de lodo extraídas de los ríos donde se llevarán a cabo las obras, donde se indica que sus componentes químicos no son contaminantes y que pueden ser utilizados para fines agrícolas.
- Caso contrario, se debe realizar un diseño del sitio de disposición de lodos, donde se incluya un estudio hidrogeológico puntual para determinar la vulnerabilidad a la contaminación que pueda existir en el lugar.

- A partir del resultado obtenido en ese estudio, se debe determinar el tratamiento adecuado que recibirán los lodos una vez que sean dispuestos en el sitio.
- Como parte de la actividad de excavación, dragado y extracción de lodos de los ríos y canales, se producirá contaminación debido a la excesiva turbiedad que provoca el movimiento de los lodos dentro de los cuerpos de agua.
- Para evitar que las partículas suspendidas en el agua se dispersen a lo largo del río, se deben utilizar mantas colocadas de manera transversal a la sección de los ríos y canales. Se debe tener una persona encargada de vigilar y evitar que la fauna acuática presente en el sitio se quede atrapada en la manta, para no afectar el ecosistema.

Manejo de escombros por demolición de puentes

- En los procesos de demolición de cualquier obra se producen escombros o materiales reutilizables. Los materiales reutilizables en procesos posteriores a la obra, producto de la demolición, son básicamente los restos de placas de concreto, estructuras como vigas y columnas en concreto armado (previo el retiro del refuerzo) que pueden usarse para relleno de excavaciones o con un mínimo de tratamiento; para obtener una reducción en el tamaño, puede servir como base, sub-base o cimentación de estructuras.
- A partir de lo anterior, se recomienda utilizar el producto de la demolición de los puentes como material reutilizable (vigas y placas de concreto), en el relleno que se hará donde se encuentra actualmente el cauce de la Quebrada Chocolate, una vez que esta ya haya sido cambiada al nuevo canal. Dicho material puede servir como sub-base para el paso que quedará en este sitio.
- También se puede tratar el producto de la demolición como escombro. Sin embargo, esto implica que se debe diseñar una escombrera, llevando a cabo los estudios necesarios para que no se vea afectado el medio ambiente en el sitio escogido.

Manejo de restos orgánicos producto de la corta de árboles

- La Ley Forestal establece que el MINAE debe dar la directriz sobre el manejo y disposición de los residuos generados por la tala de árboles en las márgenes de los ríos.

10.1.5 Manejo de Residuos Líquidos

Durante la fase de construcción, se identificó la generación de algunos residuos líquidos que se deben manejar de manera adecuada para evitar cualquier tipo de contaminación en los ríos o en los alrededores del sitio de trabajo.

Manejo de desechos líquidos de baños portátiles

- Tal y como se indica en la sección de Higiene y Salubridad del Plan de Seguridad y Salud Ocupacional, el Contratista debe proporcionar a los trabajadores servicios sanitarios y duchas en el sitio de trabajo.
- Se recomienda el uso de servicios sanitarios portátiles que cuenten con lavamanos incorporado y duchas portátiles (ver Imagen 10.1-2). El Contratista deberá fiscalizar que la empresa a la cual le alquile este equipo disponga de manera adecuada los residuos líquidos almacenados en los tanques de estos dispositivos.



Imagen 10.1-2 Servicio sanitario con lavamanos (izquierda) y ducha (derecha)
Fuente: http://alquileryventadebanosportatiles.com/productos/venta-duchas-portatiles/

Manejo de gasolinas y aceites

- La gasolina que se requiera para operar la maquinaria utilizada en las obras, deberá ser transportada en los recipientes adecuados, no deberá almacenarse y al momento de su uso, se deben llenar los tanques de los equipos alejados de los ríos y canales, para prevenir la contaminación de los cuerpos de agua en caso de derrame.
- Se debe dar mantenimiento a los vehículos y equipo que se utilice para evitar fugas de aceite, gasolina, etcétera. Además, la reparación de los mismos (en caso de requerir) debe llevarse a cabo en talleres adecuados.

10.5 PLAN DE OBRAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN

10.5.1 PAISAJE

Las medidas de mitigación por alteración al paisaje, pueden colaborar a subsanar algunas actividades cuyo funcionamiento se verá drásticamente afectado con el proyecto, sin embargo, la eliminación de elemento naturales como árboles y vegetación no pueden enmendarse con elementos construidos, habrá pérdidas desde el punto de vista del paisaje que no será posible compensar.

Las medidas de mitigación buscan subsanar principalmente los siguientes aspectos:

a. Relación población-río: El río Limoncito es un elemento natural muy importante en la dinámica de los barrios aledaños, existe una estrecha relación entre la comunidad y el río. Esta relación será interrumpida durante el proceso de construcción de las obras y durante el período de operación.
b. Actividades recreativas: Debido a que el río es un espacio de convivencia, también sirve como punto para desarrollar actividades recreativas, donde muchas de ellas están relacionadas con el elemento agua.
c. Climatización: La corta de vegetación afectará el control de la temperatura a lo largo del río, debido a la disminución de sombra.
d. Impacto visual debido a las obras: Este aspecto tiene pocas posibilidades de compensación, debido al drástico cambio en el paisaje, pueden tomarse algunas medidas para evitar la eliminación total de algunas especies e implementar vegetación en algunas porciones con espacio suficiente dentro del río.

Para mitigar los impactos descritos, se han propuesto las siguientes medidas como estrategia de mitigación:

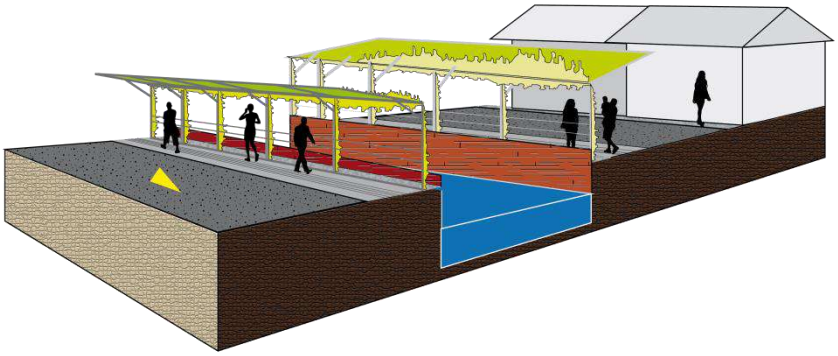
a. Habilitación de zonas recreativas aledañas: Existen áreas recreativas cercanas al proyecto que pueden ser equipadas y fortalecidas, para compensar en alguna medida la pérdida de espacios recreativos a lo largo del río. Esta inversión requiere se amplíe la diversidad de usuarios en estos espacios, de modo que el mobiliario urbano e infraestructura que se implemente contemple diferentes grupos etarios, como lo son adultos mayores, niños, adolescentes y adultos.
En este sentido se propone tomar un área recreativa ya existente y equiparla como mejores condiciones, entre ellas la incorporación de una piscina, esto con el propósito de compensar las actividades que involucran en agua a lo largo del río. Dicha área se muestra en el Mapa 10.5.1 En este mismo sector se busca además inversión en mobiliario urbano, ranchos, y elementos que generen actividad a largo del día, esto permitirá además, tener un espacio con vigilancia natural y con más convivencia intergeneracional.

b. Compra de tierra para nuevos espacios públicos: Debido a la eliminación de sitios de convivencia a lo largo del río, es necesario generar sitios nuevos, que incluyan adultos mayores y niños. Para esto se propone la compra de al menos una de las dos porciones de tierra que se señalan en el Mapa 10.5.1, estos terrenos han sido elegidos debido a su ubicación estratégica que en alguna medida compensan el faltante de áreas recreativas existentes, y se ubican cerca de sitios informales de reunión a lo largo del río.

c. Habilitación de pequeñas porciones de tierra a lo largo del río: En Mapa 10.5.1 se señala el área libre disponible entre el borde del cauce del río y la calzada, de modo que sea posible habilitar al menos 5 espacios en las porciones con más de 3 metros de espacio libre, estos sectores deberán ser equipados al menos con mobiliario urbano para sentarse y elementos que generen sombra, para tales efectos puede utilizarse la pérgola propuesta más adelante.

d. Implementación de pérgolas con vegetación a la orilla del río. Como medida de mitigación por el aumento de la temperatura a lo largo del río Limoncito, se propone generar una serie de pérgolas en aquellos espacios cuyo ancho disponible sea superior a 3m (ver Figura 10.5.1 y Mapa 10.5.1). Estas pérgolas deberán estar cubiertas por vegetación, esta medida brindará más espacios de sombra, y más oportunidades de convivencia para la comunidad. La implementación de la pérgola debería estar acompañada por su respectiva acera.

Figura 10.5.1. Esquema de pérgolas con vegetación a colocar en espacios disponibles a la orilla del río



e. Implementación de mecanismos de educación ambiental. Para involucrar a la población con el Área Protegida Limoncito, se propone un programa junto con los funcionarios del MINAE, sobre capacitación en educación ambiental y sobre la riqueza natural que está presente en el Área Protegida de Limoncito, esto con el propósito de involucrar a la población con esta área, lo cual busca un uso más constante y una concientización sobre la importancia de este sector.

10.5.2 SISTEMAS ACUÁTICOS Y TERRESTRES

1. Todo aquel organismo o especie de fauna afectada de forma directa cuando se inicien las obras, deberán ser trasladados a zonas o hábitats similares a los que se encontraban. Esto involucra a los individuos que se encuentren tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos.
2. Debido a la presencia de diferentes especies de fauna (tortugas, peces, nutrias, garrobos, perezosos) dentro del AP, se debe mantener un profesional en vida silvestre que valore la posibilidad de trasladar y reubicar alguna especie en particular que se vea afectada por el movimiento de tierras y otras actividades propias del proyecto en la fase de construcción.

3. No se deben construir barreras en los ríos que afecten el desplazamiento de especies migratorias y otros organismos que transitan entre agua dulce y zonas estuarinas y costeras.
4. Asegurar la adecuada restitución de áreas verdes, que no sólo sean paisajísticamente atractivas sino que además puedan funcionar como sitios de refugio para la biota silvestre de la zona.
5. Tanto la ampliación horizontal de los cauces como la implementación de sistemas para el desvío de aguas, debe permitir un flujo de agua lo más semejante posible a las condiciones previas a la intervención humana y mecanismos en los que únicamente durante eventos de flujo extremo, el exceso agua sea desviado trasvasado a cauces artificiales, mientras que en condiciones de mínima precipitación los cauces naturales no pierdan volumen a través de trasvases artificiales.
6. Remover los materiales que se encuentran obstaculizando el flujo constante y permanente del agua sobre el cauce de los ríos, quebradas y canales, utilizando equipo mecánico poco invasivo como por ejemplo canoas sin motor.
7. Asegurar que los flujos mínimos y máximos de agua a los ecosistema sean lo más semejantes posibles a las condiciones actuales. Los yolillales serían un ejemplo de ecosistema que se podría ver seriamente afectado si los cursos naturales de agua no pueden proveer a los humedales con un influjo mínimo de agua. En las regiones de Indomalasia, ecosistemas dominados por palmas nipa (Nypa fruticans) semejantes ecológicamente al yolillo (Raphia taedigera) han demostrado ser muy importantes para mitigar los efectos de los tifones y los tsunamis tierra adentro (Lee et al. 2012). La ampliación del Canal Santa Rosa como ha sido planeada pone en riesgo la integridad del refugio.
8. En temporada de poca precipitación, determinar la cantidad de aguas retenidas o estancadas que podrían mantenerse en los cauces ampliados, generando una problemática a nivel de vectores de enfermedades, principalmente de insectos. La permanencia de peces en estas aguas, sería una forma de controlar la proliferación de larvas de insectos.
9. Evitar la acumulación de residuos sólidos en los cauces, por lo que tal situación debería coordinarse con la municipalidad y asociaciones locales para disminuir tal afectación.
10. Las plantas epífitas deberían ser colocadas en aquellos árboles que cuenten con un sustrato que les permita afianzarse a los mismos, inicialmente se podrían utilizar cuerdas de fibras vegetales.
11. Conservar aquella vegetación que actualmente es utilizada por los pobladores como lugar de descanso, tertulia, diversión e incluso como fuente de alimento ocasional.
12. Tomando en cuenta la biomasa y la relevancia para el ecosistema ripario, no se deben remover árboles de más de 6 metros de altura, y con diámetros a la altura del pecho (DAP) de más de 10 cm. Los árboles con estas características de porte y dimensiones son poco frecuentes en el área a intervenir, pero algunos individuos, notablemente de Ceiba (*Ceiba pentandra* por ejemplo la que se encuentra en la localidad de El Ceibón), Cativo (*Prioria copaifera*, por ejemplo un árbol grande que se encuentra en La Linga y es usado por los residentes como sitio de esparcimiento), Surá (*Terminalia oblonga*, un árbol grande adyacente al cativo anteriormente mencionado) y Guácimo colorado (*Luehea seemannii* existe un individuo de dimensiones considerables en La Linga) superan esa altura y diámetro considerablemente.

13. Existen especies de gran importancia biológica, de valor paisajístico y recreativo que tampoco hace aconsejable su tala, aunque se trate de individuos con alturas menores de 6,0 m y DAP menor a 10 cm. Estas especies incluyen:

- **Sangrillo** (*Pterocarpus officinalis*), una especie característica de áreas inundables a elevaciones menores de 50 msnm. Esta especie es dominante en las partes más bajas de las llanuras caribeñas de Costa Rica. Es un importante refugio para especies terrestres y acuáticas. Debido al tipo de raíces que presenta se constituye en un importante hábitat para especies como cangrejos, tortugas, nutrias, mapaches y rascones (R*allidae*).
- **Yolillo** (*Raphia taedigera)* forman ecosistemas dominados por esta especie con una biota muy característica y especializada. Además las grandes formaciones de yolillo tienen gran capacidad de amortiguar los efectos negativos de huracanes, inundacioned y maremotos.
- **Sotacaballo** (*Zygia longifolia*) una especie de amplia distribución en Costa Rica, generalmente restringida, naturalmente, a las áreas cercanas a corrientes de agua. Al igual que el sangrillo es un importante hábitat y refugio para muchas especies ribereñas, y en el área de estudio, es uno de los árboles con mayores niveles de colonización y diversidad de plantas epífitas (p. ej. los individuos en los alrededores del Bar Chitá, cerca del cementerio de Limón) con una gran abundancia de aráceas, bromelias, cactáceas, gesneriáceas y orquídeas, las cuales a su vez sirven de alimento y refugio a ecosistemas completos.
- **Cativo** (*Prioria copaifera*) una leguminosa amenazada en Costa Rica, debido a esto, su tala está restringida. Fue una especie muy importante en tierras bajas inundables, y un importante refugio para la biota asociada a pantanos y ríos lénticos.

14. Para todos los árboles descritos anteriormente, a continuación se describen varias opciones para evitar la tala de éstos y las medidas de mitigación en caso que no pueda evitarse su tala:

a. En caso que el traslado del árbol sea posible, se aconseja que se conserve un cono de raíces de al menos 5 metros de diámetro para cada árbol.

b. Alternativamente si no pudiera ocurrir traslado del árbol y por motivos mayores fuera necesario talarlo, se debe rescatar la biota que habite en el mismo, como orquídeas, bromelias, insectos, reptiles y otros. En caso que el traslado de la biota arborícola o epifítica no pudiera llevarse a cabo, sería necesario protegerla colocándola en terrarios o en un sustrato adecuado como fibra de coco.

c. En caso de que se tenga que talar o trasladar algún árbol, éste deberá ser sustituido, como mínimo, por otro árbol a plantarse tan pronto fuera posible para reducir el impacto en los ecosistemas. Se recomienda que los árboles a plantarse midan al menos 2 m de alto, lo cual va a ser favorable en su fase de aclimatación a las condiciones del sitio. Pocos viveros venden árboles de estas dimensiones, por lo que antes del inicio de las obras, se pueden conseguir en viveros institucionales como el del Tecnológico de Costa Rica (TEC), el del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) o el de la Universidad EARTH; deben mantenerse en un vivero temporal, y plantarlos cuando las obras estén finalizadas. Las especies recomendadas para reforestar fueron mencionadas en el cuadro 6.1.4-6 del Estudio de Impacto Ambiental.

d. Alternativamente se podrían construir pasos elevados o falsos túneles que permitieran maximizar el uso del espacio y permitir la preservación de algunos individuos arbóreos.

e. Para todos los individuos de Cativo (*Prioria copaifera*), la cual es una especie protegida por las leyes de Costa Rica, su tala está vedada.

15. Para el caso específico de los árboles del ecosistema urbano ubicados en el curso inferior de la Cuenca del Río Limoncito, se destacan 38 árboles que corresponden al mínimo absoluto de individuos que deben ser protegidos de las actividades de la maquinaria e instalación de infraestructura. En el cuadro 10.5.1 se presenta el listado de dichos árboles y en el Mapa 10.5.2 se indica cuáles podrían ser removidos, cuáles deberían conservarse y cuáles se encuentran vetados de talar.

16. No utilizar los cuerpos de agua como medio de transporte o deslizamiento de maquinaria, evitando el contacto directo de la maquinaria con el agua y posible liberación de residuos de hidrocarburos.

17. Mantener un sitio específico para realizar el mantenimiento adecuado de la maquinaria empleada para el desarrollo del proyecto, a la vez de mantener la implementación de buenas prácticas ambientales en el AP.

18. Se debe brindar capacitación al personal del proyecto para que cumplan con todas las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales que se establezcan.

19. Reforestar los márgenes de los ríos, canales o quebradas que vayan a conservarse con suelo natural, siempre y cuando se siembren los árboles con una separación que permita dar mantenimiento a la limpieza de los cauces. Así mismo, podrán reforestarse los taludes naturales de apilamiento de material, siempre y cuando se tomen las medidas de estabilidad y prevención necesarias.

10.5.3 MEDIDA DE COMPENSACIÓN ADICIONAL AL PROYECTO

1. Construir estructura para permitir un caudal mínimo (Ver Sección 4 Marco Jurídico: Caudal ecológico) en el tramo del río Limoncito entre la desviación actual hacia el canal Santa Rosa y la confluencia con la Quebrada Chinita (o Quebrada Sin Nombre).

10.5.4 RUIDO

Debido al tipo de proyecto en estudio, las actividades constructivas y la maquinaria a utilizar, se considera que el impacto ambiental por ruido es importante, tanto a nivel de los trabajadores, como para la población que reside próxima a los sitios a intervenir.

Por la variabilidad en las actividades, entre ellas: talado de árboles, limpieza y extracción de material de los cauces o canales y apilamiento del material en los márgenes, hincado de tablestacas, colocación de bloques articulados de concreto, demolición de estructuras, hincado de pilotes para puentes, construcción de puentes, transporte de materiales, entre otras, es que cada sitio a intervenir se considerará un lugar de trabajo ruidoso, ya que se tendrán ruidos constantes, intermitentes y de impacto.

A continuación se mencionan las medidas de mitigación que deben realizarse para reducir el impacto por ruido:

1. Para cada etapa del proceso constructivo, es necesario que se delimite y señalice el área de trabajo, de esta manera se establecerán los límites de trabajo y reducirá el paso de personas ajenas al proyecto, reduciendo la afectación por ruido a las personas externas al proyecto.
2. Se deben trazar las rutas de paso de vehículos pesados que transportarán el material, de tal manera que se evite el paso excesivo por zonas residenciales y se reduzca la afectación por ruido y polvo a los vecinos de la zona.
3. Se debe seguir un estricto control de horario de trabajo. Las labores deberán realizarse únicamente en horario Diurno (entre las 6:00 horas y las 20:00 horas), horario que ha establecido el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA). Un trabajador particular que realice actividades que generen fuertes ruidos, no deberá estar en su labor por más de 8 horas al día, ya que puede provocarle serios problemas auditivos.
4. Se debe evitar concentrar las actividades de trabajo que requieren el uso de equipos más ruidosos en un mismo lugar, esto para reducir la magnitud de los ruidos molestos a los vecinos próximos a las actividades. Además, los equipos deberán utilizarse únicamente el tiempo necesario en la obra.

Límites de niveles de ruido

Según se establece en el Artículo 4 del Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S, una Zona Industrial es aquella donde las personas permanecen largos períodos de tiempo y que reúne actividades económicas que generen niveles mayores de ruido que en otras zonas. Así mismo, en la definición se incluyen algunas actividades como: Establecimientos de carga y descarga (Depósitos de materiales) y Área Industrial (fabricación de bienes de consumo) que incluye la extracción de materiales de la corteza terrestre.

A partir de esta definición y a falta de regulación nacional para el control de la contaminación sonora específicamente por actividades de construcción, se ha considerado esta actividad dentro de los requerimientos para Zona Industrial establecidos en el Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, considerándose los límites máximos de niveles de ruido generados.

1. Por lo anterior, para los trabajos a realizarse en la Zona Residencial o Zona Comercial, según corresponda en cada sitio de trabajo, se deberá cumplir con los límites de presión sonora establecidos en la Tabla 3 del Artículo 20 del Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S. En horario Diurno, para la Zona Residencial, no se podrán exceder de 65dB(A) y para la Zona Comercial no se podrán exceder de 70dB(A) (Ver Cuadro 10.5.2).

Cuadro 10.5.2. Límites permitidos para los niveles de ruido según el "Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S"

Fuente emisora de ruido	***Zonas Receptoras*** *Límites máximos de presión sonora por zona receptora y horario en dB(A)*							
	Zona Residencial		**Zona Comercial**		**Zona Industrial**		**Zona Tranquilidad**	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
Zona Industrial	65	45	70	65	75	75	50	45

Fuente: Tabla 3 del Artículo 20 del Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S.

2. Para el caso particular de la vía que cruza la Quebrada Chocolate hacia la Fábrica ENVACO, según mediciones realizadas en campo en horario diurno para la zona residencial que se encuentra sobre la vía, el ruido ambiental es mayor que el nivel normal establecido como límite máximo de 65dB(A) para la Zona Residencial (Cuadro 10.5.2), por lo que se le añadirán 5dB(A) a este valor. En horario Diurno, para esta zona residencial en específico, será permitido hasta 70dB(A). Según lo que se indica en el Artículo 21: Ajuste por ruido ambiental, del Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S.

3. Según se establece en el Artículo 25 del Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S, las autoridades competentes (Ministerio de Salud en este caso) podrán señalar bajo criterio técnico, zonas de restricción temporal o permanente por la emisión de ruido en áreas cercanas a: escuelas, colegios, iglesias, jardines de niños y similares. Aspecto que deberá contemplarse por parte de los administradores del presente proyecto, pues podrían verse afectadas las actividades de construcción.

4. En caso que se requiera algún trabajo en horario Nocturno (que comprende entre las 20,00 horas y las 6,00 horas) se deberá cumplir con los límites establecidos para el horario nocturno según el Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S contenidos en la Tabla 3 del Artículo 20 de dicho Reglamento (Cuadro 10.5.2).

5. Se debe combatir el ruido en su fuente, colocando silenciadores en las maquinarias y vehículos para apaciguar el ruido. Según se establece en los Artículos 15 y 16 del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto Ejecutivo Nº 10541-TSS.

6. Todas las maquinarias, equipos y unidades vehiculares, deben tener mantenimiento oportuno y adecuado para minimizar ruidos de motores, chasís y acoplados.

7. Durante la construcción, deberá monitorearse la intensidad del ruido con sonómetro en todos los sitios donde se realicen las siguientes actividades: talado de árboles, limpieza y extracción de material de los cauces o canales, hincado de tablestacas, colocación de bloques articulados de concreto, demolición de estructuras, transporte de materiales, hincado de pilotes y cualquier otra actividad que se considere de tipo ruidosa.

8. En el caso de que la intensidad del ruido sea mayor a 85dB (A), según el Artículo 12 del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto Nº 10541-TSS, deberá dotarse a los trabajadores de los dispositivos de uso personal que disminuyan su exposición. Para este aspecto deberá revisarse el Plan de Seguridad Ocupacional del presente Estudio de Impacto Ambiental.

9. Para los trabajos efectuados en el Río Limoncito, Quebrada Chocolate, Quebrada Sin Nombre (Quebrada Chinita) y Canal JAPDEVA, donde se encuentren viviendas a menos de 10 metros del área de trabajo, deberán colocarse pantallas antirruido móviles para proteger a la población residente de la zona. Estas pantallas también protegerán a las personas de la dispersión de sedimentos (polvo, lodo, restos vegetales) y residuos sólidos provenientes de las actividades constructivas.

10. Para los trabajos a efectuar en el Canal Santa Rosa y alrededores del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre de Limoncito (R.N.M.V.S. de Limoncito) no se contemplará la colocación de pantallas antirruido, pues al ser sitios abiertos y períodos cortos de trabajo, la fauna tendrá la posibilidad de movilizarse y migrar hacia otras áreas que no están siendo intervenidas en ese momento.

11. Las indicaciones específicas para la colocación de pantallas antirruido son:

- La barrera no debe estar en contacto con ninguna pieza de ninguna maquinaria.
- En la barrera debe haber el menor número de orificios posible.
- Los paneles de las barreras aislantes deben ir forrados por dentro con material aislante (que absorba el sonido).

Algunos tipos de pantallas antirruido se pueden observar en las siguientes figuras.

Figura 10.5.2. Paneles de cortinas antirruido recubiertos de fibra de vidrio





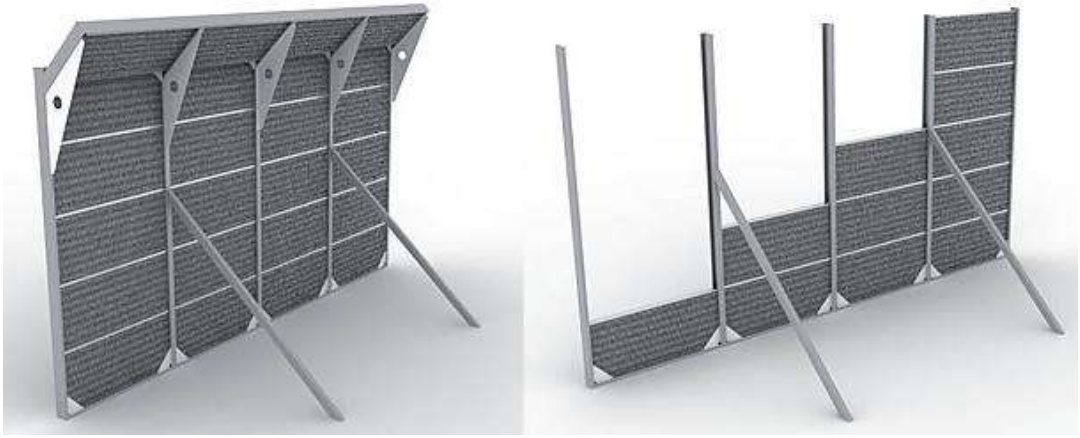
Fuente: http://www.acousticalsurfaces.com/curtan_stop/sound_blankets.htm?d=12

Figura 10.5.3. Barreras antirruido "Eco-barreras"



Fuente: http://www.acousticalsurfaces.com/temporary-barrier/echo-barrier.html?d=12

Figura 10.5.4. Ejemplos de pantallas antirruido con estructura metálica



Fuente: http://www.acusticaintegral.com.ar/es/pantallas-acusticas.html

Figura 10.5.5. Ejemplo de pantallas antirruido con paneles de material absorbente



Fuente: (izquierda) http://ecoar.net/paneles-acusticos (derecha)
http://www.disuason.es/pantallas_acusticas_a.html

12. En caso de que no se pueda reducir la intensidad del ruido por parte de una maquinaria, incluso utilizando silenciadores y pantallas antirruido, será necesario sustituirla, adquiriendo equipos de tecnologías más avanzadas que generen menor ruido durante su uso.
13. En caso que se requiera adquirir nuevo equipo o maquinaria, la(s) empresa(s) constructora(s) del proyecto, deberá(n) cerciorarse de que el modelo a comprar genere el menor ruido posible, cumpliendo con estándares internacionales de ruido.

10.5.5 CALIDAD DEL AIRE

10.5.5.1 Contaminación por partículas y sedimentos

Otras actividades constructivas que impactarán en la calidad del ambiente, son las actividades de movimiento de tierra, tala de árboles y transporte del material dragado, lo cual generará contaminación al aire principalmente por la dispersión de partículas, polvo, restos vegetales, entre otros, lo que puede afectar tanto a los trabajadores, como a la población y fauna que residen próximos a los sitios a intervenir.

A continuación se mencionan las medidas de mitigación que deben realizarse para reducir el impacto en la calidad del aire producto de estas actividades:

1. Todos los camiones cargados con material (tanto material constructivo como material procedente del dragado) deberán circular con su compartimiento de carga completamente cubierto con una capa impermeable de manera que se reduzca la dispersión de partículas y polvo por la acción del viento a lo largo de la ruta.
2. Para las actividades de dragado que se realicen en época seca, será necesario que el material seco que se extraiga sea humedecido, ya sea con agua bombeada del mismo río o canal, o con agua de lluvia previamente almacenada en un tanque para este fin.
3. Se debe desplazar el material de dragado en volúmenes moderados. Es preferible que la descarga se efectúe directamente en la tolva de los camiones.
4. Se debe cumplir con las rutas de transporte del material (tanto material constructivo como material procedente del dragado), de tal manera que se evite el paso excesivo por zonas residenciales reduciendo la afectación a los vecinos de la zona por la dispersión de polvo.
5. Para la época seca, los vehículos que transportan materiales (tanto material constructivo como material procedente del dragado) deberán conducir a bajas velocidades por las rutas establecidas, de manera que en las calles de lastre, se reduzca el levantamiento de polvo por el paso de los vehículos.
6. El material dragado que se destine a colocar en los márgenes de los ríos o canales, deberá cubrirse con un material impermeable durante la construcción para evitar la erosión por viento. Al finalizar los trabajos, estos apilamientos deberán estabilizarse mediante técnicas que hagan uso de vegetación, esto para evitar la erosión durante la operación del proyecto.

7. Para los trabajos efectuados en el Río Limoncito, Quebrada Chocolate, Quebrada Sin Nombre (Quebrada Chinita) y Canal JAPDEVA, donde se encuentren viviendas a menos de 10 metros del área de trabajo, deberán colocarse pantallas móviles para proteger a la población residente de la zona de la dispersión de sedimentos (polvo, lodo, restos vegetales) y residuos sólidos provenientes de las actividades constructivas. Esta medida es complementaria a la que se solicita en las medidas de mitigación por ruido (pantallas antirruido).

10.5.5.2 Contaminación por gases provenientes de motores de combustión

Durante la construcción del proyecto, se requerirá el uso de maquinaria y vehículos con motor de combustión interna, los cuales emiten tanto partículas tóxicas muy pequeñas, como gases a la atmósfera tales como dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), entre otros. Debido a que el proyecto se realiza en áreas abiertas ventiladas, y que es poca la cantidad de maquinaria que estará operando al mismo tiempo en un mismo sitio, se considera que el impacto ambiental es bajo. Sin embargo, es importante tomar las siguientes medidas de mitigación para reducir la posible afectación tanto a las personas vecinas del proyecto, como a los operarios:

1. Para cada etapa del proceso constructivo donde se utilice maquinaria con motores de combustión interna, es necesario que se delimite y señalice el área de trabajo, de esta manera se establecerán los límites de trabajo y reducirá el paso de personas ajenas al proyecto, reduciendo la posible afectación por gases.
2. El contratista debe llevar a cabo un mantenimiento oportuno de los vehículos y equipos a fin de evitar la mala combustión de los equipos. Debe contar con la revisión técnica vehicular al día y se deberá solicitar la evidencia del mantenimiento de toda maquinaria y/o equipo (mediante comprobantes de pago o certificados de operatividad vehicular).
3. En caso de que una determinada actividad, por falta de espacio o como parte del proceso constructivo, requiera realizarse muy próxima al escape de gas de una maquinaria o vehículo, el operador deberá hacer uso de Equipo de Protección Individual, lo que se señala en el Plan de Seguridad Ocupacional.
4. Está prohibida la quema de residuos sólidos de cualquier tipo, tanto residuos existentes como los generados durante el proyecto.

Especies arbóreas a proteger en la parte baja de los cauces del Río Limoncito y la Quebrada Chocolate

El 26 de noviembre de 2013 se realizó una gira al campo con la finalidad de georeferenciar aquellos árboles que debían ser preservados de las actividades de levantamiento de infraestructura que serán llevadas a cabo por el SENARA en la cuenca del Río Limoncito en el marco del proyecto Limón Cuidad-Puerto.

Se georeferenciaron 38 árboles a lo largo del curso inferior de la Cuenca del Río Limoncito, específicamente entre el Puente del Ebais-Los Cocos aguas arriba hasta la localidad del Ceibón y en la quebrada Chocolate desde su confluencia con el Río Limoncito hasta el cruce de la misma con la líneas del ferrocarril. Se decidió dejar de lado la

georeferenciación de especies exóticas, las cuales son comunes en la zona, debido a que no presentan un valor intrínseco tan alto para las especies propias de la zona.

Además, el tamaño de los árboles, su abundancia relativa, su estatus de protección y su valor intrínseco en el ecosistema (como alimento y/o refugio para otras especies, por su capacidad de proteger frente a la erosión o por afectar la fertilidad de los suelos) fueron factores considerados para decidir cuáles árboles debían georeferenciarse. De los 38 árboles, se obtuvieron los diámetros a la altura del pecho (DAP) de 36 de ellos.

Es importante destacar que en el tramo evaluado, se observaron cinco individuos de Cativo (*Prioria copaifera*) la cual es una especie protegida por las leyes de Costa Rica y cuya tala está vedada.

A continuación se presenta un cuadro con el listado de las especies arbóreas georeferenciadas.

Cuadro 10.5.1. Árboles georeferenciados en la parte baja de los cauces del Río Limoncito y la Quebrada Chocolate. (Gira de campo 26 de Noviembre 2013).

Nombre común	Nombre científico	DAP (cm)	CoordX	CoordY	GradsX	GradsY
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	65	604914	1104148	-83,0431	9,98419
Sangrillo	*Pterocarpus officinalis*	98 y 56	605543	1104369	-83,0373	9,98617
Sangrillo	*Pterocarpus officinalis*	70	605516	1104353	-83,0376	9,98604
Sangrillo	*Pterocarpus officinalis*	136	605493	1104356	-83,0378	9,98606
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	28 y 25	604957	1104193	-83,0427	9,98460
Almendro de	*Terminalia cattapa*	63	604972	1104180	-83,0426	9,98448
Ceiba	*Ceiba pentandra*	300	603682	1103124	-83,0544	9,97497
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	48	603837	1103242	-83,0529	9,97603
Sotacaballo y	*Zygia longifolia y Ficus donnell-smithii*	78	603903	1103219	-83,0523	9,97583
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	76	604034	1103296	-83,0511	9,97651
Cativo	*Prioria copaifera*	60	604083	1103340	-83,0507	9,97691
Cativo	*Prioria copaifera*	102	604083	1103340	-83,0507	9,97691
Cativo	*Prioria copaifera*	72	604083	1103340	-83,0507	9,97691
Cativo	*Prioria copaifera*	94	604106	1103374	-83,0505	9,97722

Cuadro 10.5.1. (Continuación). Árboles georeferenciados en la parte baja de los cauces del Río Limoncito y la Quebrada Chocolate. (Gira de campo 26 de Noviembre 2013).

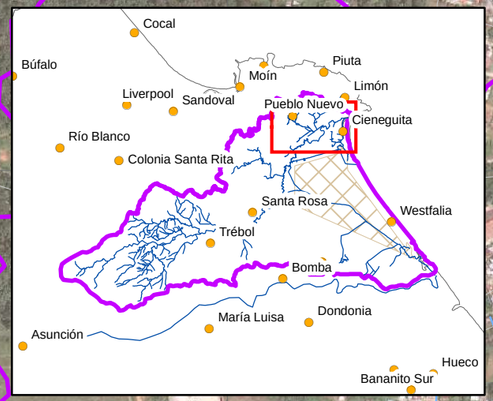
Nombre común	Nombre científico	DAP (cm)	CoordX	CoordY	GradsX	GradsY
Guayabón	*Terminalia oblonga*	116	604106	1103376	-83,0505	9,97723
Cativo	*Prioria copaifera*	92	604112	1103377	-83,0504	9,97724
Guácimo colorado	*Luehea seemannii*	150	604126	1103400	-83,0503	9,97745
Jobo	*Spondias mombin*	53	604193	1103502	-83,0497	9,97837
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	100	604195	1103507	-83,0497	9,97842
Guayabillo'	*Chrysophyllum cainito*	85	604425	1103469	-83,0476	9,97807
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	105	604436	1103476	-83,0475	9,97813
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	77	604587	1103507	-83,0461	9,97840
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	98	604649	1103515	-83,0455	9,97848
(*) Sotacaballo	*Zygia longifolia*	-	604761	1103521	-83,0445	9,97853
(*) Sotacaballo	*Zygia longifolia*	-	604760	1103513	-83,0445	9,97845
Ceiba	*Ceiba pentandra*	38	604821	1103632	-83,0440	9,97953
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	42 y 30	604835	1103684	-83,0438	9,98000
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	33 y 38	604870	1103682	-83,0435	9,97998
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	69	604902	1103729	-83,0432	9,98040
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	38	604910	1103745	-83,0431	9,98055
(**) Sotacaballo	*Zygia longifolia*	83	-	-	-	-
Guanacaste	*Enterolobium cyclocarpum*	88	604978	1103800	-83,0425	9,98104
Cloroleucon	*Chloroleucon mangense*	83	604972	1103803	-83,0426	9,98108
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	63 y 60	605023	1103855	-83,0421	9,98154
Sotacaballo	*Zygia longifolia*		605026	1103927	-83,0421	9,98219
Sotacaballo	*Zygia longifolia*	23 y 30	604987	1103982	-83,0424	9,98269
Ficus	*Ficus donnell-smithii*	100	604856	1104034	-83,0436	9,98317

Nota:
(*): Árboles a los cuales no se les midió el DAP (Diámetro a la altura del pecho)
(**): Árbol no georeferenciado.

Fuente: Trabajo de campo, ProDUS, 2013.

603000 604000 605000 606000

1105000 1104000 1103000







N O E S

240

32

Google earth

Simbología

- Zonas recreativas informales
- Areas recreativas oficiales
- Zona para equipamiento con piscina
- Adquisición para área recreativa Opción 1
- Adquisición para área recreativa Opción 2

Ancho Libre entre el cauce del río y la calzada

- No existe ancho libre
- Menos de 1m libre
- Entre 1m y 3m
- Entre 3m y 5m
- Entre 5m y 10m
- Más de 10m
- Río existente
- Nuevo canal

Carreteras Limón

Carreteras

- Nacional
- Cantonal
- Línea Férrea
- Cuenca del Río Limocito
- Área Protegida Limoncito

Mapa 10.5.1. Espacios para equipamiento y áreas recreativas nuevas propuestas

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"

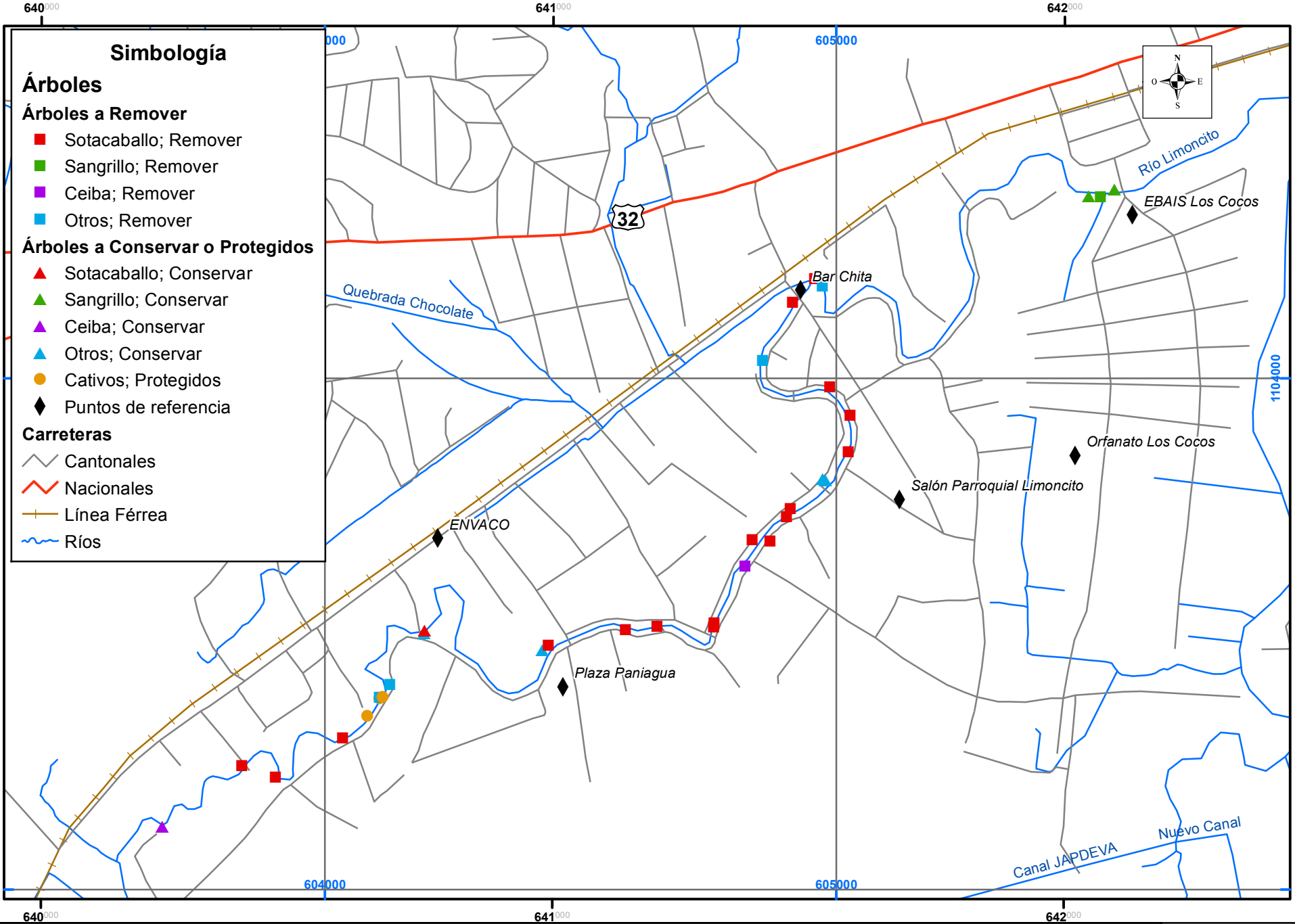
0 125 250 500 Metros

Coordenadas CRTM05

Escala: 1:10.000

Fuente:
Proyecto Carta (2005), Google Earth (2010), SENARA (2013)
ProDUS (2013)

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible
Universidad de Costa Rica



Mapa 10.5.2. Especies de árboles más importantes en el sector urbano que atraviesa el río Limoncito y su condición

Estudio de impacto ambiental del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito"	Coordenadas CRTM05 (Lambert Norte se indican en negro)	Escala 1:10.000 0 75 150 300 m	Fuente: IGN, Cartografía 1:50 000 SENARA, 2013.

ProDUS Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible Universidad de Costa Rica

10.6 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL

Introducción

Para la constitución de este Plan de Seguridad y Salud Ocupacional, se tomaron en cuenta las siguientes regulaciones nacionales:

- Ley 2, Código de Trabajo
- Ley 5395, Ley General de Salud
- Ley 6727, Ley sobre Riesgos del Trabajo (Reforma al Código de Trabajo).
- Decreto Ejecutivo 1, Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo
- Decreto Ejecutivo 10451, Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones
- Decreto Ejecutivo 11492, Reglamento sobre Higiene Industrial
- Decreto Ejecutivo 12715, Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología
- Decreto Ejecutivo 25235, Reglamento de Seguridad en Construcciones

Según el Artículo 273 de la Ley N° 6727: Ley sobre Riesgos del Trabajo (Reforma al Código de Trabajo), la salud ocupacional "tiene como finalidad promover y mantener el más alto nivel de bienestar físico, mental y social del trabajador en general; prevenir todo daño causado a la salud de éste por las condiciones del trabajo; protegerlo en su empleo contra los riesgos resultantes de la existencia de agentes nocivos a la salud; colocar y mantener al trabajador en un empleo con sus aptitudes fisiológicas y sicológicas".

La seguridad y salud ocupacional están en función del control de los riesgos y comportamientos inseguros. Con esto se busca reducir los daños y accidentes en el lugar de trabajo, resultado de lesiones y enfermedades crónicas y agudas.

La clave para reducir al mínimo los efectos adversos asociados a riesgos en el trabajo, es: prevenir, identificar, evaluar y controlar dichos riesgos. Tomando en cuenta siempre que los riesgos presentes en las actividades de construcción, dependen del tipo de actividad que se realiza.

El principal objetivo de este Plan de Seguridad y Salud Ocupacional, es proveer seguridad, protección y atención a los trabajadores que laboren en el proyecto.

El siguiente Plan de Seguridad y Salud Ocupacional, se mencionan las disposiciones mínimas de seguridad ocupacional que deben cumplirse, contemplando aspectos generales, y aspectos específicos según la actividad que se esté realizando.

10.6.1 ASPECTOS GENERALES

A. Aspectos generales del Plan de Seguridad y Salud Ocupacional

1. Los procedimientos en la gestión de la seguridad y salud laboral, deberán revisarse periódicamente a fin de obtener mayor eficacia y eficiencia en el control de los riesgos asociados a las actividades de trabajo. Las evaluaciones de riesgos se actualizarán cuando cambien las condiciones de trabajo e igualmente se revisarán cuando se hayan detectados daños a la salud de los trabajadores o se haya apreciado a través

de los controles que las actividades de prevención pueden ser inadecuadas o insuficientes.

2. Para que el Plan de Seguridad y Salud Ocupacional sea eficiente, es necesario que el empleador imparta a los trabajadores capacitación y entrenamiento en los temas establecidos, al momento de su contratación y durante el desempeño de su labor. Todos los trabajadores que participen en el proyecto deberán recibir capacitación e información actualizada acerca del proyecto y de los potenciales riesgos asociados.
3. El cumplimiento del Plan de Seguridad y Salud Ocupacional estará a cargo del Supervisor de Salud y Seguridad Ocupacional designado por la empresa, cuyas funciones son:

   - Hacer cumplir el presente documento, las normativas nacionales de seguridad y salud ocupacional, y la normativa interna de la empresa constructora.
   - Aprobar el Programa Anual de Seguridad y Salud.
   - Realizar inspecciones periódicas a las instalaciones.
   - Reunirse regularmente en forma ordinaria para analizar y evaluar el avance de los objetivos establecidos en el programa, y en forma extraordinaria para analizar (en caso de que se requiera) los accidentes graves o cuando las circunstancias lo exijan.
   - Analizar las causas y las estadísticas de los incidentes, accidentes y de las enfermedades ocupacionales emitiendo las recomendaciones respectivas.

B. Aspectos generales de los patronos y de los lugares de trabajo

1. En el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto Ejecutivo N°1, se indica que los patronos deben asegurar el buen estado de las instalaciones, equipos y herramientas de trabajo, dotar a los trabajadores de equipo de protección personal, capacitar al personal en materia de seguridad e higiene y permitir las labores de las autoridades competentes en el centro de trabajo.
2. Es obligación de los patronos cumplir con las indicaciones incluidas en la Ley sobre Riesgos del Trabajo (Reforma al Código de Trabajo) N°6727, deben permitir el acceso a inspecciones por las autoridades pertinentes y habilitar a los trabajadores para que se realicen exámenes médicos de control de su condición de salud. Además, deben facilitarles los equipos y elementos de seguridad, verificando su correcto uso y funcionamiento, aspecto que será mencionado puntualmente a lo largo de este Plan.
3. Se debe tener un adecuado mantenimiento y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de la obra, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
4. Las dimensiones de cada puesto de trabajo deberán calcularse de tal manera que los trabajadores dispongan de la suficiente libertad de movimientos para sus actividades, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material que sea necesario para dicha actividad.

C. Aspectos generales de los trabajadores

En la Ley sobre Riesgos del Trabajo (Reforma al Código de Trabajo) N°6727, se menciona que los trabajadores también tendrán obligaciones, pues deben participar activamente de los procesos de salud ocupacional, hacerse los exámenes médicos de control pertinentes, utilizar los insumos que la empresa les da para su seguridad personal y abstenerse de realizar actos contrarios a los procesos de salud ocupacional.

En el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto N°1, se enumeran las obligaciones de los trabajadores, entre las que está hacer uso de los equipos de protección de protección tanto personal como de las maquinarias, cumplir con las indicaciones referentes a seguridad e higiene y abstenerse de realizar acciones que dificulten el cumplimiento de las medidas de seguridad.

La siguiente lista de aspectos, son de acatamiento obligatorio para todo el personal que trabaje en el proyecto:

1. No originar situaciones de riesgo para él y/o sus compañeros.
2. Cuidar y mantener en buen estado sus prendas y equipos de protección individual.
3. Solicitar a su capataz la reposición inmediata de cualquier prenda o equipo de protección faltante o deteriorada.
4. Reportar inmediatamente a su capataz los incidentes o accidentes de trabajo, aun cuando estos no generen lesiones.
5. Contribuir al orden y limpieza de la obra, depositando los residuos en los recipientes destinados para tal fin.
6. Comunicar a su capataz sobre cualquier trabajo que le sea encomendado y que a su juicio conlleve peligro.
7. Si a pesar de las medidas que se adopten aún no está convencido de que pueda realizar un trabajo seguro, el trabajador deberá acudir a un nivel superior de control (ingeniero de campo o residente), en caso contrario deberá abstenerse de realizar la tarea en cuestión.
8. Si observa una condición insegura en su área de trabajo, deberá informarle al capataz para que sea eliminada.
9. Usar siempre la herramienta y el equipo adecuado, verificando su buen estado.
10. Colocar las herramientas, materiales y equipos ordenados en el área de trabajo manteniendo las vías de circulación y evacuación despejadas.
11. Cumplir con todos los procedimientos de trabajo seguros, directivas, estándares normas de seguridad y de conducta establecidas en obras.

D. Aspectos de salud, higiene y salubridad

1. Según la Ley N° 5395: Ley General de Salud, existe una prohibición de asistir a los centros laborales cuando se tenga una enfermedad transmisible, siendo responsabilidad tanto del trabajador como del patrono el cumplimiento de esta disposición.
2. Según se establece en el Artículo 302 de la Ley General de Salud N°5395, "ningún establecimiento industrial podrá funcionar si constituye un elemento de peligro, insalubridad o incomodidad para la vecindad, ya sea por las condiciones de manutención del local en que funciona, por la forma o sistemas que emplea en la realización de sus operaciones, por la forma o sistema que utiliza para eliminar los desechos, residuos o emanaciones resultantes de sus faenas, o por los ruidos que produce la operación", bajo pena de clausura del centro de trabajo.
3. En el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto Ejecutivo N°1 se menciona que la ubicación, construcción y acondicionamiento de los centros de trabajo, deberán cumplir con los requisitos de seguridad e higiene que demanden la seguridad, integridad, salud, moral y comodidad de los trabajadores.
4. En el área de trabajo se contará al menos con: 1 baño, 1 lavatorio y 1 ducha por cada 7 personas. Los locales (cabinas) de servicios sanitarios para uso de los trabajadores,

podrá ser subcontratado y deberá cumplirse con las indicaciones de manejo de aguas residuales que se establezcan en el Plan de manejo de residuos.

5. Los vestuarios, duchas y servicios sanitarios deberán estar separados para hombres y mujeres, los cuales contarán con el agua necesaria y papel higiénico suficiente, esto según el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto N°1.
6. Las duchas deberán tener dimensiones suficientes para permitir que cualquier trabajador se asee sin obstáculos y en adecuadas condiciones de higiene. Las duchas deberán disponer de agua potable.
7. Se deberá tener a disposición de los trabajadores, vestidores de fácil acceso, con las dimensiones suficientes y disponer de asientos.
8. Cada trabajador deberá poder disponer de un espacio para colocar su ropa y sus objetos personales bajo llave (casilleros).
9. Deberá haber lavatorios suficientes y apropiados con agua potable, cerca de los puestos de trabajo y de los vestidores.

E. Equipos de Protección Individual (EPI)

1. El patrono deberá proveer el equipo de protección personal, además de capacitar a los trabajadores sobre su uso (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
2. El personal contará con todo el Equipo de Protección Individual (EPI) y ropa adecuada a sus actividades. Obligatoriamente deberá llevar casco y chaleco reflector. Dependiendo de la actividad, deberá llevar también: mascarilla, protección auditiva, anteojos de seguridad, guantes de protección, zapatos de seguridad, botas altas de hule, mameluco impermeable en caso de requerirse.
3. Los equipos de protección individual no deberán interferir en la capacidad de realizar movimientos a los trabajadores.
4. No impedirán la visión ni disminuirán la destreza manual.
5. Se evitarán los bolsillos, cinturones, u otros elementos fáciles de enganchar (excepto para las actividades de tala de árboles).
6. La vestimenta deberá ser cómoda y no ajustada.
7. El calzado constituirá un soporte adecuado para los pies. Debe ser estable, con la suela no deslizante y proporcionará una protección adecuada del pie contra la caída de objetos.
8. Cuando se labore en medios húmedos, deberá proveerse de calzado y ropa impermeable (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
9. Los trabajadores que trabajen con concreto emplearán zapatos y guantes apropiados para ello (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).

F. Manejo de los materiales

1. Se debe tener una adecuada manipulación de los distintos materiales, principalmente de los peligrosos (tóxicos, inflamables, explosivos, etc.).
2. Las operaciones con materiales tóxicos o peligrosos que se realicen dentro del área de trabajo, deberán realizarse de forma tal que se elimine o al menos disminuya el riesgo de afectar la salud y seguridad de las personas (Ley N° 5395: Ley General de Salud).
3. Se debe delimitar y acondicionar las zonas de almacenamiento y depósito de los distintos materiales, según el tipo de material.

4. Los materiales deberán apilarse de modo que no perjudiquen el tránsito de personas o la circulación de materiales o el ingreso de equipo para combate de incendios. Tampoco deben obstruir puertas de salida de emergencia y no provocar empujes sobre paredes que no estén diseñadas para tal fin (según el Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
5. Para el almacenamiento de material a granel, suelto o embalado, su altura debe adecuarse a la estabilidad y a las características de cada material, para facilitar su manipuleo (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
6. Postes, tubos, cilindros etc., deben ser agrupados en camadas, con armazones de metal o madera para impedir cualquier movimiento de estos perfiles redondos y las piezas largas se colocarán siempre al fondo (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
7. El almacenamiento de materiales pesados en lugares cercanos a zanjas o excavaciones deberá hacerse a una distancia respecto al borde no menor a 1,2 veces la profundidad de la excavación (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
8. Para el almacenamiento de varillas, perfiles, tubos de diámetro pequeño, es necesario el uso de bastidores, que garanticen la estabilidad e inmovilidad del acopio (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
9. El almacenamiento de tablones se hará en camas y con tablones dispuestos y salientes de manera que sirvan como escalones que permitan un fácil acceso y posterior manipulación (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
10. Para el manejo manual de cargas, el límite será de 60 kilogramos por trabajador en el caso de transporte de carga individual para el levantamiento de pesos el límite será de 55 kilogramos por trabajador y esta operación ha de ser intermitente (hasta tres movimientos por hora). Para una frecuencia mayor, el límite de levantamiento de pesos será de 50 kilogramos por trabajador (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
11. No se deben transportar cargas por encima de los trabajadores ni permitir que estos se encuentre debajo de la zona de carga (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
12. Se prohíbe viajar sobre cargas, ganchos o eslingas vacías (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).

G. Accesos y estabilidad

1. Para la elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, se deben tomar en cuenta las condiciones de acceso, determinando las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
2. En el caso que se utilicen rampas para acceso de vehículos, la pendiente máxima de la rampa será la establecida por el fabricante del vehículo, para las condiciones particulares de trabajo.
3. Las dimensiones de las vías destinadas a la circulación de personas o de materiales, incluidas aquellas en las que se realicen operaciones de carga y descarga, se calcularán de acuerdo con el número de personas que puedan utilizarlas y con el tipo de actividad.
4. Cuando haya paso de medios de transporte externos a la obra, en las vías de circulación, se deberá prever una distancia de seguridad suficiente o medios de

protección adecuados para las personas externas al proyecto. Se señalizarán claramente las vías y se procederá regularmente a su control y mantenimiento.

5. En caso de que hayan trampas, aberturas y zanjas, deberán estar cerrados o tapados, en caso de que no sea posible deberán rodearse de barandillas sólidas y de señalización de peligro (según el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto N°1).

H. Instalación Eléctrica

1. Toda operación que se realice con el sistema eléctrico debe ser realizada por personas competentes y contemplando las medidas de seguridad. El sistema eléctrico deberá contar con mecanismos de protección suficientes para garantizar la seguridad, según el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto Ejecutivo N°1.
2. La instalación eléctrica provisional de las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.
3. Entre las medidas de seguridad que pueden utilizarse para evitar el contacto de los trabajadores para los elementos de tensión están: alejar las partes activas de la instalación a distancia suficiente de las personas para evitar contactos fortuitos, recubrir las partes activas con aislamientos apropiados, que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto a un valor no peligroso. Interponer obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación, estos obstáculos deben soportar los esfuerzos mecánicos usuales. Confinar en armarios protectores el sistema eléctrico, utilizar bajas tensiones (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
4. Se utilizarán para las tomas de corriente, bases y clavijas que por su diseño imposibiliten el contacto con elementos en tensión o proteger la instalación mediante interruptores diferenciales (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
5. Se protegerán los conductores eléctricos de cualquier condición que pueda deteriorar su aislamiento (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
6. Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no haya peligro de incendio ni explosión, de modo que las personas estén debidamente protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.
7. Se deben colocar señales para prevención de "Riesgo eléctrico" (Figura 1) en aquellos lugares de trabajo donde se labora con altos voltajes, para prevenir a los trabajadores de una descarga eléctrica.



Figura 1. Señal de alto voltaje usada en construcciones

Fuente: http://www.senyals.com/Senales-Advertencia/Senal-Riesgo-Electrico-207/

I. Instalación de tuberías

1. Las tuberías y conducciones que se construyan para el proceso de construcción, deberán colocarse de manera adecuada y tomarse las previsiones para evitar fugas (Según el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto N°1).
2. La identificación de los productos conducidos por tuberías se deberá completar indicando con leyendas el nombre y grado de peligrosidad de los mismos. Las leyendas se pintarán directamente sobre las franjas o se adosarán a las tuberías de pequeño diámetro por medio de carteles especiales y el color de las letras será el negro o el blanco, dependiendo del contraste que este logre con las franjas. Además, deberá cumplirse con lo establecido en la Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología, Decreto Ejecutivo N°12715.

J. Instalaciones, maquinarias y equipos

1. Las instalaciones, maquinarias y equipos utilizados en la obra deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. Además, deberán seguirse las indicaciones particulares que se encuentran en sus manuales de operación.
2. El arranque, uso y parada de las máquinas no pueden ocasionar riesgos a la seguridad de los trabajadores. Las partes de las máquinas que puedan ocasionar algún riesgo deberán tener permanecer cubiertos (Según el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto N°1).
3. Las instalaciones, máquinas y equipos, incluidas las herramientas manuales o sin motor, deberán:

   - Estar bien proyectados y construidos, teniendo en cuenta, en la medida de lo posible, los principios de la ergonomía.
   - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
   - Utilizarse exclusivamente para los trabajos que hayan sido diseñados.
   - Ser manejados por trabajadores que hayan recibido una formación adecuada en el uso de éstos.
   - Para la movilización vertical de herramientas u objetos, deberá utilizarse soga, nunca lanzarse los objetos desde arriba sin ningún tipo de sistema de amarre.

10.6.2 SEÑALIZACIÓN

La mayoría de los accidentes en obras de construcción se deben a la escasa señalización. La falta de demarcación que alerte a los trabajadores sobre los peligros inminentes en las zonas de trabajo que así lo requieran, puede incurrir en serios accidentes y hasta la pérdida de vidas humanas, por tanto se hace estrictamente necesario considerar esta medida de precaución.

Según la Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología Decreto Ejecutivo N°12715, se establecen los colores convencionales para identificar riesgos físicos, objetos y tuberías, para los efectos de prevenir accidentes en las actividades humanas.

En el siguiente Cuadro, se incluye un resumen de los posibles usos que pueden dársele a los colores para prevención y alerta en la obra.

Cuadro 1. Colores oficiales para señalización de seguridad y simbologías

Color	Uso regular	Uso en tuberías
Rojo	Avisos de peligro Para indicar detención inmediata Para recipientes que acarrean materiales peligrosos Dispositivos de emergencia Equipo contra incendio	Protección contra incendios
Anaranjado	Identificación de partes peligrosas de máquinas	Vapor
		(con franjas verdes) Agua caliente y calefacción
Amarillo	Avisos de precaución Equipo en movimiento Obstrucción del paso Indicaciones como escaleras, desniveles y similares Barreras Bordes de fosos sin protección Bordes de plataformas de carga y descarga Partes salientes Dispositivos de sujeción	Gases y ácidos tóxicos o corrosivos
Verde	Avisos de seguridad Dispositivos de seguridad Botiquines Gabinetes de máscaras contra gases Botones de arranque de equipos	Agua (fría, potable, de río)
Azul	Indica que se deben tomar precauciones frente a equipos que se hayan detenido por reparaciones o que simplemente no deben moverse o ponerse en funcionamiento.	Aire, aire comprimido
Violeta	Riesgo de radiación	ND
Blanco	Señales de tránsito, orden y limpieza, información general	Entrada y salida de corriente de ventilación. Refrigeración

Fuente: Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología, Decreto Ejecutivo N°12715.

Cuadro 1 (Continuación). Colores oficiales para señalización de seguridad y simbologías

Color	Uso regular	Uso en tuberías
Gris/Negro	Señales de tránsito, orden y limpieza, información general	Para electricidad, luz, timbres, alta tensión, teléfonos, aguas negras y pluviales
Castaño	ND	Combustibles líquidos, gases y aceites lubricantes

Fuente: Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología, Decreto Ejecutivo N°12715.

A. Señalización y trabajos en las vías públicas

Los trabajos de construcción que afecten el normal tránsito vehicular y/o peatonal generará incomodidades a los usuarios y aumentará la posibilidad de accidentes.

Una de las actividades que afecta en mayor medida el tránsito vehicular es el paso y la operación de maquinaria, pues esto implica interferencias en la operación normal de la vía. Por lo tanto, se deben implementar una serie de medidas para que el tránsito, a

través de las zonas de trabajo sea rápido, cómodo y seguro, no sólo para los usuarios de la misma sino también para los trabajadores.

1. Se debe hacer uso de señales de prevención (Figura 2), con la apropiada forma, tamaño, color, contenido y ubicación. En algunos casos será necesario la intervención y ayuda de la Dirección General de Policía de Tránsito y la Municipalidad de Limón, para colaborar en la regulación del tráfico.



Figura 2. Ejemplo de señal para indicar equipo pesado en la vía
Fuente: http://motor.uncomo.com/articulo/cuales-son-las-principales-senales-de-trafico-18806.html

2. Deberá hacerse uso de las señales que indiquen la salida y entrada de camiones con material, así como para las áreas en la que se encuentre operando maquinaria pesada (Figura 3).



Figura 3. Señales de Salida de Camiones y Maquinaria Pesada.
Fuente: http://www.senyals.com/Senales-Advertencia/Senal-Peligro-Salida-de-Camiones-210/
http://www.senyals.com/Senales-Advertencia/Senal-Atencion-Maquinaria-Pesada-191/

3. Se deben colocar señales de "Vía en Construcción" con la indicación de la distancia para alertar la aproximación a un tramo de calle o de carretera que se encuentra en construcción (Figura 4). Así mismo, para los tramos de vía que se vayan a cerrar, mientras duran los trabajos de construcción se debe indicar la aproximación al tramo de calle en la cual no se permite la circulación de vehículos particulares (Figura 5).



Figura 4. Señal usada para indicar obras en construcción
Fuente: www.senalar.com.ar



Figura 5. Ejemplo de señal para indicar vía cerrada
Fuente: www.senalar.com.ar

4. Se debe capacitar a los conductores y trabajadores para reducir imprudencias o negligencias que pueden conducir a accidentes en las vías.
5. La instalación de la señalización se hará antes de iniciar los trabajos y se desmontará al término de los mismos. Su ubicación debe hacerse en sitios fácilmente visibles, de manera tal, que no interfieran la visibilidad ni el tránsito continuo de los vehículos que puedan pasar por la zona en ejecución.
6. Todas las señales deben permanecer en su posición correcta las 24 horas del día, por lo que deben estar iluminadas o ser reflectivas. Asimismo, deberán estar

suficientemente limpias y legibles durante el tiempo de su utilización, y ser reparadas o reemplazadas cuando se deterioren.

7. Cercar todo el perímetro del sitio donde se está llevando a cabo la extracción del material con cinta de seguridad o barandas separadoras (Figura 6). Para el horario nocturno, deberá colocarse material refractario cada 5 metros.



Figura 6. (Izquierda) Ejemplo de cinta de seguridad. Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-407934175-cinta-de-seguridad-peligro-no-pase-cierre-de-areas-medellin-_JM. (Derecha) Baranda separadora. Fuente: http://hamiltonsteelsrl.wordpress.com/ordenadores-de-fila/

B. Señalización dentro de las áreas de trabajo

1. Las vías de acceso a los frentes de trabajo, deberán estar en buen estado y debidamente señalizadas.
2. Toda la zona de los trabajos debe llevar cerramiento con cinta reflectiva o barandas separadoras (Figura 7), con lo cual se delimitará el área. Fuera de este límite, no se deben disponer escombros, materiales o equipos. Adicionalmente, se debe prohibir el estacionamiento de vehículos del proyecto por fuera del área demarcada, para evitar inconvenientes.
3. La cinta perimetral o la baranda deben colocarse a una altura no menor de 0.55 metros ni mayor de 0.70 metros respecto del nivel de piso.

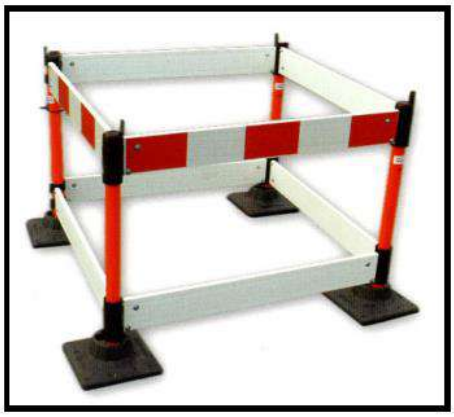


Figura 7. Ejemplo de barandas o barreras separadoras portátiles y plegables
Fuente: http://www.senyals.com/Barreras-y-Balizas/Barreras/Barrera-Portatil-y-Plegable-90/

4. Las zonas de acceso limitado (áreas de peligro) deberán estar señalizadas con dispositivos que eviten que los trabajadores no autorizados o personas externas al proyecto, puedan entrar o circular en ellas (Figura 8).



Figura 8. Señal de acceso restringido
Fuente: http://www.senyals.com/Senales-Prohibicion/Senal-Alto-Solo-Accesible-A-Personal-Autorizado-155/

5. Todas las excavaciones o vacíos en el suelo que permanezcan abiertos, serán señalizados con el fin de evitar caídas de los trabajadores o personas externas al proyecto que transiten por el área.
6. Deberán delimitarse y señalizarse las siguientes áreas de trabajo:
   - **a.** Área administrativa
   - **b.** Área de servicios (servicios sanitarios, duchas, vestidores, comedor)
   - **c.** Área de Operaciones de obra
   - **d.** Área de preparación y habilitación de materiales y elementos prefabricados
   - **e.** Área de almacenamiento de materiales
   - **f.** Área de estacionamiento de maquinaria, equipo o vehículos.
   - **g.** Vías de circulación peatonal y de transporte de materiales
   - **h.** Áreas de acopio temporal de desmonte y de residuos.
7. En caso de algún corte del servicio eléctrico, las vías y salidas de emergencia que requieran iluminación deberán estar equipadas con iluminación de seguridad de suficiente intensidad.
8. Se debe colocar señalización para el uso de equipo de protección individual en aquellas áreas donde por algún motivo especial de riesgo inminente se tenga que hacer uso de equipo adicional de protección, por tanto sea necesario señalizarlo para prevenir a los trabajadores. Incluye el uso de guantes, casco, chalecos, entre otros. Algunos ejemplos se presentan en la siguiente figura.



Figura 9. Ejemplos de señales para uso de equipos de protección dentro de la construcción

Fuentes: http://www.senyals.com/Senales-Obligacion/Senal-Obligatorio-Uso-de-Chaleco-Reflectante-376/
http://www.senyals.com/Senales-Obligacion/Senal-Es-Obligatorio-el-Uso-de-CascoGafas-y-Proteccion-Acustica-253/

C. Vías y salidas de emergencia

1. En cada frente de trabajo deberá contarse al menos con una zona de seguridad donde puedan movilizarse los trabajadores en caso de peligro o emergencia. Las zonas de seguridad deberán estar siempre libres de obstáculos.
2. Para los sitios de reunión segura establecidos, deberá colocarse la señal que corresponde (Figura 10).



Figura 10.Señal que indica punto de reunión segura
Fuente: http://www.senyals.com/Senales-Evacuacion/Senal-Dibujo-Punto-de-reunion-22x22cm-894/

3. Todos los lugares de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad.
4. Las vías y salidas de emergencia deberán permanecer siempre libres de obstáculos, de modo que puedan utilizarse sin trabas en cualquier momento. Deben desembocar lo más directamente posible en una zona de seguridad.
5. El número, la distribución y las dimensiones de las vías y salidas de emergencia, dependerán del uso, de los equipos y de las dimensiones de la obra, así como del número máximo de personas que puedan transitar por ellos.
6. Las vías y salidas específicas para emergencia deberán señalizarse adecuadamente (Ejemplo en la Figura 11). Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.



Figura 11. Ejemplos de señal de Salida de Emergencia
Fuente: http://www.senyals.com/Senales-Evacuacion/Banderola-Aluminio-Salida-de-Emergencia-22x30cm-889/

D. Iluminación

1. Según el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto Ejecutivo N°1, la iluminación deberá ser adecuada para el mantenimiento de la seguridad y salud de los trabajadores.
2. Los lugares de trabajo y las vías de circulación en la obra, deberán disponer de suficiente iluminación en todo momento (ya sea natural o iluminación artificial) durante todo el horario de trabajo.
3. Las instalaciones de iluminación deberán estar colocadas de tal manera que no implique un riesgo de accidente para los trabajadores.
4. Para los trabajos a realizar posterior a las 5:30pm, se deberá utilizar sistemas de iluminación artificial (portátiles, móviles o fijos) y en el caso que se encuentren cerca de vías, deben contar con protección antichoques.
5. En caso de avería de la iluminación artificial por algún corte del servicio eléctrico, deberá contarse con iluminación de seguridad de intensidad suficiente.
6. El color utilizado para la iluminación artificial no podrá alterar o influir en la percepción de las señales o paneles de señalización.

10.6.3 MEDIDAS ESPECÍFICAS SEGÚN LA ACTIVIDAD A REALIZAR

A. Actividades que generan ruido

La pérdida de audición es una de las enfermedades profesionales más comunes que se presentan en diferentes tipos de actividades laborales, una de ellas, las actividades de construcción.

La exposición al ruido durante mucho tiempo perjudica la capacidad del trabajador, pues disminuye la coordinación y la concentración, lo cual aumenta la posibilidad de que se produzcan accidentes laborales. También se puede ocasionar accidentes al dificultar la comunicación entre las personas y la atención de señales de alarma.

El ruido aumenta la tensión, lo cual puede dar lugar a distintos problemas de salud crónicos de tipo: cardíacos, estomacales, nerviosos, insomnio, fatiga, entre otros. Esto puede disminuir además la productividad y ocasionar porcentajes elevados de ausentismo.

Los efectos en la salud de la exposición al ruido dependen del **nivel del ruido** y de la **duración de la exposición**. La exposición breve a un ruido excesivo puede ocasionar pérdida temporal de la audición (que dure de unos pocos segundos a unos cuantos días); mientras que si la exposición al ruido es durante un largo período de tiempo, puede provocar una pérdida permanente de audición.

A continuación se mencionan las medidas de seguridad ocupacional que deben realizarse para reducir el impacto por ruido:

1. La finalidad del control del ruido laboral es eliminar o reducir el ruido en la fuente que lo produce, siendo ésta la manera más eficaz.
2. Deberán acatarse los horarios de trabajo. Un trabajador expuesto a actividades ruidosas no debe exceder de 8 horas de trabajo al día, pues a mayor exposición al ruido, mayor impacto se tendrá, principalmente en la salud. Las labores deberán

realizarse únicamente en horario Diurno (entre las 6,00 horas y las 20,00 horas). (Artículo 18 del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto Ejecutivo Nº 10541-TSS).

3. Se debe reducir el tiempo que pasan los trabajadores alrededor de ruidos muy fuertes. Si es posible, deberá haber una rotación entre los trabajadores para que puedan turnarse entre los trabajos más ruidosos y los menos ruidosos.
4. Las áreas de receso deberán estar lo más alejadas del ruido, de manera que se pueda descansar. Así mismo, los servicios sanitarios destinados a los trabajadores deben estar debidamente protegidos contra ruidos. (Artículo 23 del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto Ejecutivo Nº 10541-TSS).
5. No se permitirá dentro del lugar de trabajo intensidades superiores a 90 dB(A) para ruidos intermitentes o de impacto, ni mayor de 85 dB(A) respecto a ruidos continuos, si los trabajadores no están provistos del equipo de protección personal adecuado que atenúe su intensidad hasta los 85 dB(A)[1]. (Artículo 7 del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto Ejecutivo Nº 10541-TSS).
6. En caso que no se pueda cumplir con el límite máximo de intensidad de ruido en el área de trabajo, deberá dotarse a los trabajadores del Equipo de Protección Individual (EPI) adecuado para atenuar el ruido hasta un límite de 85 dB(A). (Artículos 12 y 17 del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto Ejecutivo Nº 10541-TSS).
7. Será obligatorio el uso de Equipo de Protección Individual (EPI) en los oídos, para los trabajadores que presten sus servicios en los lugares calificados como ruidosos, con intensidad de ruido mayor a 85 dB(A). La empresa deberá suministrar el EPI. (Artículo 21 del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto Ejecutivo Nº 10541-TSS).
8. El EPI debe bloquear los otros ruidos generados por maquinaria; sin embargo, debe permitir pasar las voces, señales de peligro y las alarmas de retroceso.
9. Los EPI deben ser utilizarlos continuamente durante la exposición al ruido. Los trabajadores no deben quitárselos momentáneamente cuando estén expuestos al ruido. Si les molestan deben comunicarle al encargado de Seguridad Ocupacional, para buscar otro modelo más cómodo.
10. Todo equipo de uso personal deberá lavarse o limpiarse y secarse con cuidado colocándose en un lugar limpio antes y después de su uso. Tanto los tapones auditivos como las orejeras, son equipos personales que no pueden compartirse entre distintos trabajadores por razones de higiene.
11. Se deberá capacitar a todos los trabajadores (administrativos, operarios, inspectores, etc.) en el uso y mantenimiento de los equipos de protección individual. Según el Artículo 19 del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto Nº 10541-TSS.
12. Se hará uso de **orejeras** en ambientes de ruido intermitente, impulsivo, o en situaciones en las que es necesario escuchar sonidos de advertencia externos. Algunas orejeras pueden acoplarse a cascos de protección.

[1] dB(A): El total de la presión de sonido en decibeles de todos los sonidos medidos por un sonómetro con una referencia de presión de 20 micropascales, usando la escala de medición "A" del sonómetro y la unidad de medición se expresa como dB(A). Definición del Decreto Ejecutivo 28718, Reglamento para el Control de Contaminación por Ruido.

13. Los operarios que procedan al corte de árboles con sierra, de forma permanente o esporádica, deberán hacer uso de **cascos antirruido** (cascos con orejeras acopladas).

14. Es obligación de los patronos la revisión periódica de los EPI durante su vida útil (según Artículo 20 del Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones, Decreto Nº 10541-TSS). Se debe establecer un sistema de control para verificar el buen estado de los equipos, de acuerdo con las instrucciones del fabricante. En el momento en que hayan fallado, deberán desecharse de manera correcta. En el caso de los equipos desechables, tienen una vida útil tras la cual deben desecharse.

15. Se deben seguir las instrucciones del fabricante de cada EPI, principalmente en aquellos EPI que requieran moldeado.

16. La obligación de llevar el EPI contra el ruido, debe comunicarse en carteles en los sitios que así lo requieran.



Figura 12. Señal de advertencia por altos niveles de ruido
Fuente: http://www.senyals.com/Senales-Advertencia/Senal-Peligro-Ruido-200/

17. Las siguientes actividades están prohibidas para los trabajadores según el Artículo 7 del Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo, Decreto Ejecutivo N° 1:

- Impedir o entorpecer el cumplimiento de las medidas de seguridad en las operaciones del trabajo;
- Dañar o destruir los equipos de protección personal, o negarse a usarlos sin motivo justificado;
- Alterar, dañar, destruir o remover avisos o advertencias sobre condiciones peligrosas;
- Entregarse a juegos o darse bromas que pongan en peligro la vida, salud o integridad corporal de los trabajadores;

18. Algunas medidas importantes que deberán tomar los trabajadores son:

- Informar inmediatamente a los responsables preventivos de la empresa de cualquier situación que, a su parecer, implique un riesgo para la seguridad y la salud.
- Contribuir al cumplimiento de las obligaciones en materia de seguridad y de salud establecidas por la autoridad competente.
- Cooperar con la empresa para garantizar condiciones de trabajo seguras.

19. Todo lo anterior deberá ser acatado por todos los operarios del proyecto, para lo cual deberá capacitárseles en aspectos de seguridad ocupacional y atención de emergencias.



Figura 13. Ejemplos de distintos tipos de protectores auditivos
Fuente: http://higsegindustrial.blogspot.com/2011_04_01_archive.html

B. Actividades que generen problemas de polvo y emisiones

La calidad del aire es un factor que se debe considerar en los sitios de trabajo a fin de garantizar a los trabajadores las condiciones más óptimas para su desempeño.

La presencia de contaminantes en el aire, como gases, polvo, partículas sólidas, etc. es común en las actividades de construcción y constituye una de las principales causas de padecimientos respiratorios en los trabajadores. Durante el desarrollo de una obra civil,

este tipo de contaminación procede de dos fuentes principales: las emisiones de material particulado y los gases de combustión.

La exposición al polvo u otros contaminantes durante mucho tiempo perjudica la capacidad y salud del trabajador, disminuyendo a su vez su rendimiento laboral. Los efectos en la salud de la contaminación del aire dependen del nivel de partículas nocivas en el ambiente, así como de la exposición que se tenga hacia las mismas, por tanto es conveniente la protección en aquellos lugares donde la contaminación sea elevada, a fin de salvaguardar la salud del trabajador.

A continuación se mencionan las medidas de seguridad ocupacional que deben cumplirse para reducir el impacto por contaminación del aire:

1. En caso de que una determinada actividad, por falta de espacio o como parte del proceso constructivo, requiera realizarse muy próxima al escape de gas de una maquinaria o vehículo, el operador deberá hacer uso obligatorio de mascarilla, la cual deberá ajustarse creando un sello entre la barbilla y el puente de la nariz. Un ajuste inadecuado que deje entrar el aire eliminará la protección ofrecida.
2. Para las actividades de tala de árboles y demolición, los operarios deberán utilizar gafas de protección que se aseguren a la cabeza por medio de una correa de goma flexible (gafas de montura integral) para evitar que se desliguen del operario, de esta manera protegen los ojos de partículas de polvo, restos vegetales o de materiales, entre otros (Figura 14).



Figura 14. Ejemplo de gafas de protección tipo montura integral
Fuentes: http://suministrosplanas.wordpress.com/2013/09/06/gafas-de-seguridad-con-montura-integral/catalogo.aki.es

3. Para las actividades que requieran soldadura, los operarios que realicen esta actividad deberán utilizar pantallas de protección facial integral: cubren ojos, cara, garganta y cuello (Figura 15).



Figura 15. Ejemplo de pantalla de protección de tipo facial
Fuente: http://www.lacasadelaconstruccion.es/listado.php?ref=169

4. Todo trabajador, deberá llevar el Equipo de Protección Individual adecuadamente colocado, mientras exista riesgo o se encuentre en la zona de trabajo.

C. Actividades de dragado y excavación de material

1. En toda excavación se garantizará la estabilidad de los taludes construyendo estos con una inclinación acorde con la naturaleza y condiciones del terreno, así como la forma de realización de los trabajos. Si por cualquier circunstancia la excavación se ejecuta con taludes más acentuados que los requeridos, se dispondrá de ademes que por su forma, materiales empleados y secciones, ofrezcan absoluta seguridad (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
2. Las excavaciones con más de un metro y medio de profundidad, deben disponer de escaleras o rampas próximas a las áreas de trabajo, a fin de permitir, en caso de emergencia, la salida rápida del personal (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
3. Deben ser tomadas en consideración para determinar la inclinación de los taludes y el cálculo del apuntalamiento las cargas o sobrecargas ocasionales, así como las posibles vibraciones (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
4. En la excavación deberá señalizarse todo sitio peligroso como: acceso de vehículos, lugar de trabajo de maquinaria, paso de personas, ubicación de tuberías o cables eléctricos, entre otros (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
5. Las bocas de los pozos y las galerías de inclinación peligrosa, deberán ser convenientemente protegidas, mediante barandillas sólidas de cero noventa metros de altura y rodapiés que impidan la caída de materiales (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
6. Cuando se realicen trabajos de excavación o similares, al pie de taludes inestables o cuyo ángulo de inclinación sea mayor que el ángulo de reposo natural del terreno, deberá proveerse una protección colectiva a los trabajadores para evitar que sean sepultados por un desprendimiento del talud (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
7. Cuando se usen excavadoras para el movimiento de la tierra, la zona de peligrosidad respecto a la máquina será de cinco metros más de radio respecto al radio de giro de la máquina (Reglamento de Seguridad en Construcciones Decreto N°25235).
8. Deberá procurarse la estabilidad de los materiales (material dragado o material de construcción), equipos o cualquier elemento que pueda afectar la seguridad y la salud de los trabajadores.
9. En los casos en que el material proveniente del dragado se vaya a colocar a los bordes de los canales o ríos, no deberá ubicarse inmediatamente en el borde, debe quedar mínimo a 0.60 metros de la cresta a fin de evitar deslizamientos del material, siendo útil la colocación de una tabla de 2.5 cm x 15 cm (1" x 6"), afianzada a lo largo del borde con estaciones de madera para retener el material acumulado.

D. Actividades de tala de árboles

1. Todo personal que lleve a cabo las actividades de corte de árboles, deberá utilizar obligatoriamente el Equipo de Protección Individual (EPI) que se detalla a continuación: caso con visera y auriculares; mangas, guantes, pantalones (u overol) anticorte; botas con punta de acero (Figura 16).



Figura 16. EPI para actividades de tala de árboles
Fuente: http://www.ginerymira.com/blog/cuando-y-como-hay-que-podar-las-palmeras/

2. Para aquellas actividades de corte de árboles en altura, todo operador que realice este trabajo deberá utilizar obligatoriamente, además del Equipo de Protección Individual (EPI) presentado en la Figura 17, sistema de arnés con cinturón de seguridad para evitar cualquier caída.



Figura 17. Arnés (cinturón de seguridad) para corta de árboles en altura
Fuente: http://podaenaltura.wordpress.com/

10.6.4 MANEJO DE EMERGENCIAS

Se deberá comunicar previamente a los Centros de Salud de Limón (Hospital Dr. Tony Facio Castro, EBAIS Los Cocos, Cruz Roja de Limón, etc.), a los Bomberos, a la Fuerza Pública y a la Dirección General de Policía de Tránsito y a la Municipalidad de Limón, el inicio de las obras de construcción, cierre de vías y cualquier otro cambio en la actividad urbana, para que estén preparados frente a cualquier accidente u evento adverso que pudiera ocurrir.

En la **Sección 7.3 Servicios de Emergencia** del presente Estudio se muestra el Mapa 7.3-1 con la ubicación de los centros de atención de emergencias (Cruz Roja, Hospital Dr. Tony Facio, Bomberos, Fuerza Pública y EBAIS Los Cocos) junto con las rutas a seguir en caso de requerir la movilización hacia estos sitios en caso de requerirse.

Anexo 7:

Especificaciones técnicas ambientales

13. EspecificacionesTécnicas Ambientales (ETAs) para el Pliego de Licitación de Obras

13.1. Introducción y Disposiciones Generales

13.1.1 Objetivo

Las presentes Especificaciones Técnicas Ambientales (E.T.A.) establecen las normas a seguir para cumplir con las Medidas de Mitigación, Compensación y en general de todo el Plan de Gestión Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental establecido para la etapa de construcción y operación de las obras previstas para el proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito", hasta su recepción definitiva, con el objeto de prevenir y mitigar los Impactos Ambientales negativos y potenciar los positivos, producidos por la ejecución de las distintas tareas necesarias para su materialización.

Estas especificaciones complementarán lo establecido en el Pliego de Licitación de las Obras, en cuanto a Obligaciones del Contratista con relación a aspectos ambientales específicos.

El objetivo de las especificaciones técnicas ambientales para el pliego de licitación de las obras, es facilitar instrucciones y orientación a los contratistas (SENARA) para que presenten una oferta que responda a todos los requisitos técnicos, administrativos y ambientales, y sean las disposiciones de auditoría para el contratista durante la ejecución del proyecto.

13.1.2 Definiciones y términos utilizados en las Especificaciones

Se presenta a continuación una lista de definiciones y términos que han sido utilizados en estas Especificaciones para la comprensión de los responsables encargados de ejecutarlas.

Área de Influencia Directa (AID): Es el área que potencialmente recibirá los impactos biológicos, físicos y sociales ocasionados directamente por el proyecto. Incluye el sitio de disposición del material excavado, los alrededores de los cauces intervenidos, así como los sectores aguas abajo de los mismos, principalmente los barrios que comúnmente se ven afectados con inundaciones, incluyendo Colina, El Ceibón, El Carmen, Juan Gobán, Limoncito, Los Cocos, Cieneguita y Westfalia. A esto se añade, el sector del canal Santa Rosa, el Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito (RNMVSL) y la comunidad de Westfalia, los cuales se espera que se vean afectados con el control de las inundaciones obtenido como resultado de las obras.
Área de Influencia Indirecta (AII): Es el sitio donde se considera que los efectos sobre los recursos de los componentes ambientales serán más difusos y que llegarán más allá del área de influencia directa, debido a la dinámica misma de los recursos analizados. La extensión de esta área es determinada generalmente por modelos de comportamiento o predicción de los recursos analizados y deberá definirse con una justificación fundamentada en criterios técnicos y científicos por los profesionales responsables. Para el caso del proyecto se definió el AII como el área de la cuenca, pues existe una relación entre la parte alta y media de la cuenca con el proyecto. El proyecto no afectará la parte

alta pero cambios en el uso del suelo aguas arriba si afectarían al proyecto (ubicado en la parte baja).

Área de Proyecto (AP): La Secretaría Técnica Ambiental (SETENA) define el AP como "el espacio geográfico en el que se circunscriben las edificaciones o acciones de la actividad, obra o proyecto, tales como las obras de construcción, instalaciones, caminos, sitios de almacenamiento y disposición de materiales y otros" (Poder Ejecutivo, 2004). Bajo esta definición se engloban los márgenes del río Limoncito, las quebradas Chocolate y Chinita (Quebrada Sin Nombre), los canales JAPDEVA y Santa Rosa, junto con los nuevos canales que se construirán y las alcantarillas de desfogue del humedal, en las cercanías del Aeropuerto.

Contratante: es aquella persona que contrata. Para el caso del proyecto "Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito", este ente es el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA).

Contratista: Empresa o Consorcio de empresas contratadas para la construcción del proyecto Sistema de Control de Inundaciones en el área de Limoncito".

dB: decibeles, medida de sonido.

Especificaciones: Normas utilizadas por los técnicos y profesionales de la ingeniería donde aparecen las guías para realizar las construcciones en base a las técnicas usadas para la construcción de obras. Muestran la base técnica en la que se basan las referencias de sociedades científicas responsables por realizar las pruebas en las que se sustentan los resultados que aparecen en las Especificaciones.

Excavación: acción de excavar o remover material de un sitio.

Ex Situ: Fuera del sitio de la obra.

Fiscalización: hacer el oficio de un fiscal o los que averiguan la acción de otros involucrados en la construcción del proyecto (Llamado también Supervisión).

Impactos Ambientales Positivos: todos los cambios en el medio físico, biótico, socio económico, cultural, histórico y antropológico, que resultan en beneficios sociales al Estado y consecuentemente a un mejoramiento de la calidad de vida de la población

Impactos Ambientales Negativos: conjunto de alteraciones directas o indirectas provocadas sobre el medio físico, biótico, socio económico, cultural, histórico y antropológico que resulte en costos sociales al Estado y consecuentemente a una reducción de la calidad de vida de la población

In Situ: Refiérase a lo que ocurre en el sitio de la obra.

Salud ocupacional: Es una de las áreas de la salud del hombre, pero que está totalmente relacionada con su trabajo u ocupación en lo que se refiere a acciones que no le afectan a su salud por causa de su labor, cuando se toman medidas preventivas.

Señalización: Carteles o avisos que se colocan para alertar a las personas sobre información pertinente a peligros o formas seguras de actuar cuando se presentan obstáculos o peligros en el sitio.

Subcontratista: Empresa subcontratada por el Contratista General de la obra vial para ejecutar parte de ella.

Talud: declive del suelo.

13.1.3 Requerimientos Generales a considerar por el Contratista

1. El Oferente deberá incluir en su propuesta todas las líneas indicadas en el Plan de Gestión Ambiental. El Oferente deberá incluir en su propuesta el Organigrama Funcional del área responsable de la Gestión Ambiental. A tal fin deberá incorporar un listado detallado del Personal Profesional y Técnico que se desempeñará en la obra,

acompañado del Curriculum Vitae, el Compromiso de ejecutar las tareas asignadas y los meses hombre asignados para el cumplimiento de las tareas.

2. El Contratista deberá cumplir, durante todo el período del contrato, con todas las normativas ambientales, laborales, de riesgos del trabajo y de salud y seguridad ocupacional, y con toda aquella legislación que preserve el derecho del trabajador y de terceros, que corresponda aplicar, vigente a la fecha de la adjudicación, se encuentre o no indicada en las especificaciones técnicas del Pliego de Licitación. Asimismo deberá cumplir con las normas que pudieran dictarse durante el desarrollo del contrato.
3. El Contratista deberá respetar estrictamente las medidas que correspondan aplicar, en lo referente a contaminación de suelos, aguas subterráneas y superficiales, aire, ruido y vibraciones, contingencias tales como incendios, derrames, etc., utilización de productos peligrosos o contaminantes, disposición final de residuos, peligrosos o patológicos, protección del patrimonio histórico cultural, arqueológico, paleontológico, arquitectónico, escénico, antropológico y natural, prevención de enfermedades endémicas, epidémicas o infecto contagiosas, higiene y seguridad, riesgos del trabajo, protección de la flora y la fauna, control de procesos erosivos y calidad de vida del personal de la obra y de la población afectada, evitando afectar la infraestructura y equipamiento de servicios existente en el AID.
4. El Contratista previo a la iniciación de las obras, deberá realizar un reconocimiento cuidadoso del sitio, analizar su historial, la información disponible y sacar sus propias conclusiones respecto de la naturaleza de las condiciones existentes que acompañarán el desarrollo de los trabajos de la obra. En función de ello determinará las medidas de seguridad que será necesario tomar en cada una de las áreas de trabajo.

13.1.4 Responsabilidades Ambientales

13.1.4.1 Del Contratista

El Contratista asumirá la responsabilidad total de los requerimientos ambientales, incluyendo lo indicado en la totalidad de estas E.T.A. y el Plan de Gestión Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental del proyecto. Para ello, debe contar dentro de su personal, con profesionales habilitados para el ejercicio de las funciones bajo su responsabilidad, durante la construcción del proyecto. A saber, deberá contar con profesionales que cumplan la función de: Responsable Ambiental (Gestor Ambiental), Responsable en Salud y Seguridad Ocupacional, Profesional experto en Flora y Fauna Silvestre, Ingeniero Geotecnista, Profesional en Ingeniería Química o Ingeniería Ambiental y Consultor en Arqueología.

- **Responsable Ambiental (Gestor Ambiental)**

El Contratista designará una persona física, profesional con título universitario e incorporado al colegio profesional respectivo, como Responsable Ambiental (Gestor Ambiental), que tendrá a su cargo el cumplimiento de los requerimientos ambientales durante la totalidad de las etapas de la Obra. El Contratista deberá presentar su currículum, y constancias de los principales antecedentes, a los efectos de su aprobación.

Este profesional deberá poseer amplios y probados conocimientos y experiencia como Responsable Ambiental (Gestor Ambiental) de proyectos y obras.

El Responsable Ambiental será el representante del Contratista en relación con la Inspección designada por SENARA. Actuará como interlocutor en todos los Aspectos Ambientales entre la Empresa Contratista, las Autoridades Nacionales, Locales, y demás entidades involucradas durante la construcción del proyecto.

- **Responsable en Salud y Seguridad Ocupacional**

El Contratista designará un profesional responsable en Salud y Seguridad Ocupacional de la Obra, que posea título universitario e incorporado al colegio profesional respectivo, que lo habilite para el ejercicio de sus funciones. El Contratista deberá presentar su currículum, a los efectos de su aprobación.

Este profesional deberá poseer amplios y probados conocimientos sobre el tema bajo su responsabilidad y experiencia en obras de similar magnitud y características a la sujeta a contrato.

Será obligación del Profesional Responsable en Salud y Seguridad Ocupacional llevar durante todo el desarrollo de la Obra, una bitácora (libro de actas) en donde asentará los aspectos más importantes y relevantes relacionados con el tema a su cargo. Este libro será firmado en la primera hoja, por cada uno de los responsables e inspectores del proyecto. Tendrá la obligación de registrar en dicho libro, los aspectos más relevantes de Salud y Seguridad Ocupacional, tales como: accidentes, incendios, contingencias, cursos de capacitación, entrega de elementos de protección personal, etc., que se presenten o desarrollen durante la obra. Además, para cada inspección se deberán anotar las observaciones o modificaciones, a los efectos de que El Contratista las implemente.

El Responsable de Higiene y Seguridad será el representante de El Contratista, sobre los temas de su competencia, en relación con la Inspección designada por SENARA.

- **Profesional experto en Flora y Fauna Silvestre**

Profesional experto en especies de flora y fauna silvestres, el cual estará encargado tanto del traslado de las especies de flora que así lo requieran (árboles, biota arborícola o epifítica, etc.) como especies de fauna que se tengan que trasladar y reubicar por verse afectadas durante alguna actividad de la construcción del proyecto.

Además, este profesional deberá realizar los biomonitoreos indicados en el **Plan de Monitoreo**, específicamente en la sección de **10.2.1 de Sistemas Acuáticos y Terrestres**.

- **Ingeniero Geotecnista**

Este profesional en ingeniería deberá ser especialista en Suelos, y deberá velar porque el material a extraer de los cauces (lodos) sea apilado debidamente, y que los taludes que

se formen cuenten con estabilidad. Así mismo, deberá velar por que aquellos lodos que se dispongan cuenten con un sitio diseñado para su disposición y manejo adecuado.

- **Profesional en Ingeniería Química o Ingeniería Ambiental.**

Este profesional será el encargado de realizar el monitoreo de la calidad físico-química del agua durante la construcción del proyecto, según se indica en el **Plan de Monitoreo**, específicamente en la sección de **10.2.1 de Sistemas Acuáticos y Terrestres**.

- **Profesional en Arqueología**

Este profesional deberá ser quien fiscalice periódicamente o en cuanto se requiera, cualquier elemento arqueológico que se localice durante las actividades de construcción del proyecto.

Frente al hallazgo de restos de interés Arqueológico, Antropológico, Histórico, Cultural o Paleontológico, el contratista procederá a detener las tareas en el punto del hallazgo, y deberá notificar al Profesional en Arqueología para la inspección, quien determinará las medidas a seguir con respecto a la continuidad de la obra.

13.2. Especificaciones Técnicas Ambientales según el tema específico.

13.2.1 Especificaciones para el manejo de los residuos durante la etapa de construcción y operación del proyecto

Objetivo: Tanto durante la fase de construcción como en la de operación del proyecto, se estarán generando residuos sólidos y líquidos, por lo que deberán seguirse las siguientes especificaciones técnicas ambientales para el manejo adecuado de estos residuos, de manera que se reduzca la afectación al medio ambiente, y no altere la calidad de vida de la población del sitio.

13.2.1.1 Especificaciones para el manejo de los Residuos Sólidos Ordinarios durante la fase de construcción

1. El contratista deberá disponer los medios necesarios para lograr una correcta gestión de residuos durante todo el desarrollo de la obra, aplicando un programa de manejo de residuos.
2. Se deberá contar con recipientes adecuados y en cantidad suficiente para el almacenamiento seguro de los residuos producidos. Cada recipiente deberá contar con una bolsa de plástico, la cual al ser llenada deberá ser almacenada en un lugar adecuado.
3. El Contratista debe proporcionar los recipientes necesarios para la recolección separada de los residuos generados por los trabajadores de la obra. Para este propósito, se colocarán recipientes de colores distintivos para cada tipo de residuo, utilizando: azul (papel y cartón), amarillo (latas), blanco (plástico), verde (vidrio), gris (desechos generales), tal y como se muestra en la siguiente imagen.
4. Para la recolección de las bolsas con residuos no reciclables que sean almacenadas, se debe coordinar con la Municipalidad de Limón, para que estas sean colocadas en un sitio que se encuentre dentro de la ruta de recolección correspondiente a ese día.

5. El contratista será responsable de capacitar adecuadamente al personal para la correcta gestión de los residuos de la obra.
6. En los casos de las rutas de recolección municipal que serán afectadas por las actividades de construcción del proyecto, deberán construirse casetillas con bloques de concreto cercanas a los puntos de recolección de residuos actuales, con el fin de que los vecinos puedan depositar sus residuos. Los encargados de llevar a cabo el servicio de recolección deben recoger los desechos depositados en dichas casetillas, con tal de continuar prestando el servicio a las viviendas que se encuentran en los tramos afectados.
7. En general, deberá cumplirse con lo indicado en el **Plan de obras de mitigación y compensación.**

13.2.1.2 Especificaciones para el manejo de Residuos Sólidos Ordinarios durante la fase de operación

1. Darle seguimiento al proyecto de las casetillas para la concentración de los residuos en zonas donde se dificulte el paso del camión, para mejorar el servicio de la recolección.
2. Para impulsar de la mejor manera el servicio de recolección separada (reciclaje) en el cantón limonense y sobretodo en el sitio de las obras, se debe incentivar la creación de centros de acopio donde se reciban estos materiales. Estos centros de acopio pueden ser manejados por grupos organizados dentro de la comunidad como asociaciones de desarrollo, grupos de mujeres, entre otros.
3. En general, deberá cumplirse con lo indicado en el **Plan de obras de mitigación y compensación.**

13.2.1.3 Especificaciones para el manejo de los lodos provenientes del dragado de los cauces

1. Para el transporte de los lodos, desde los ríos y canales de donde son extraídos hasta el sitio de disposición, se deben utilizar vehículos que eviten el derrame del agua contenida en los lodos sobre el camino, contaminando las vías del lugar.
2. Se recomienda que los lodos extraídos del dragado de los cauces, sean utilizados como material de abono orgánico. Según los resultados del laboratorio para el análisis físico-químico de los lodos extraídos de los cauces, éstos se caracterizan por tener valores elevados de humedad, y el pH se muestra estable según los estándares de suelos. Sin embargo, para poder utilizarlos como abono, la humedad debería estar por debajo del 40%, por lo que será necesario someterlos a procesos de secado para que cumpla con este criterio (Bertsch, 1995).
3. En el caso de utilizar los lodos como un fertilizante se debe reforzar el contenido de nitrógeno con la mezcla de algún material orgánico que contenga una alta concentración de nitrógeno. También, los lodos se podrían utilizar como una enmienda en suelos que presenten niveles bajos de Calcio y Magnesio.
4. En caso que los lodos no se sequen, no deberán utilizarse como abono orgánico. En este caso se deberán realizar estudios adicionales para su disposición de lodos, así mismo, un diseño del sitio de disposición, donde se incluya un estudio hidrogeológico puntual para determinar la vulnerabilidad a la contaminación que pueda existir en el lugar.
5. A partir del resultado obtenido en ese estudio, se debe determinar el tratamiento adecuado que recibirán los lodos una vez que sean dispuestos en el sitio.

6. Como parte de la actividad de excavación, dragado y extracción de lodos de los ríos y canales, se producirá contaminación debido a la excesiva turbiedad que provoca el movimiento de los lodos dentro de los cuerpos de agua.
7. Para evitar que las partículas suspendidas en el agua se dispersen a lo largo del río, se deben utilizar mantas colocadas de manera transversal a la sección de los ríos y canales. El **Profesional experto en flora y fauna silvestre** deberá vigilar y evitar que la fauna acuática presente en el sitio se quede atrapada en la manta, para no afectar el ecosistema.

13.2.1.4 Especificaciones para el manejo de escombros por demolición de infraestructura

1. Los materiales reutilizables en procesos posteriores a la obra, producto de la demolición, son básicamente los que pueden usarse para relleno de excavaciones o con un mínimo de tratamiento; para obtener una reducción en el tamaño, puede servir como base, sub-base o cimentación de estructuras.
2. Se recomienda utilizar el producto de la demolición de los puentes como material reutilizable (restos de placas de concreto, estructuras como vigas y columnas en concreto armado -previo el retiro del refuerzo), en el relleno que se hará donde se encuentra actualmente el cauce de la Quebrada Chocolate, una vez que esta ya haya sido cambiada al nuevo canal. Dicho material puede servir como sub-base para el paso que quedará en este sitio.
3. También se puede tratar el producto de la demolición como escombro. Sin embargo, esto implica que se debe diseñar una escombrera, llevando a cabo los estudios necesarios para que no se vea afectado el medio ambiente en el sitio escogido.

13.2.1.5 Especificaciones para el manejo de restos orgánicos producto de la corta de árboles

1. Los residuos producto de la limpieza vegetal y tala de árboles, deberán ser tratados según las disposiciones que establezca el MINAE.

13.2.1.6 Especificaciones para el manejo de aguas residuales provenientes de los baños portátiles

1. Tal y como se indica en la sección de Higiene y Salubridad del Plan de Seguridad y Salud Ocupacional, el Contratista debe proporcionar a los trabajadores servicios sanitarios y duchas en el sitio de trabajo, Manejo de desechos líquidos de baños portátiles.
2. Se recomienda el uso de servicios sanitarios portátiles que cuenten con lavamanos incorporado y duchas portátiles. El Contratista deberá fiscalizar que la empresa a la cual le alquile este equipo disponga de manera adecuada los residuos líquidos almacenados en los tanques de estos dispositivos.

13.2.1.7 Especificaciones para el manejo de residuos líquidos: combustibles

1. El combustible que se requiera para operar la maquinaria utilizada en las obras, deberá ser transportada en los recipientes adecuados. No deberá almacenarse y al momento de su uso, se deben llenar los tanques de los equipos alejados de los ríos y canales, para prevenir la contaminación de los cuerpos de agua en caso de derrame.
2. Se debe dar mantenimiento a los vehículos y equipo que se utilice para evitar fugas de aceite, gasolina, etcétera. Además, la reparación de los mismos (en caso de requerirse) debe llevarse a cabo en talleres adecuados.

13.2.1.8 Medidas a considerar para las unidades de paisaje

1. Se deben habilitar zonas recreativas existentes, aledañas al proyecto. Deben ser equipadas y fortalecidas para compensar en alguna medida la pérdida de espacios recreativos a lo largo del río. Esta inversión requiere se amplíe la diversidad de usuarios en estos espacios, de modo que el mobiliario urbano e infraestructura que se implemente contemple diferentes grupos etarios, como lo son adultos mayores, niños, adolescentes y adultos. Se propone tomar un área recreativa ya existente y equiparla con una piscina, esto con el propósito de compensar las actividades que involucran en agua a lo largo del río. Ver indicaciones del **Plan de obras de mitigación y compensación** y el Mapa 10.5.1.
2. Debido a la eliminación de sitios de convivencia a lo largo del río, es necesario generar sitios nuevos, que incluyan adultos mayores y niños. Para esto se propone la compra de al menos una de las dos porciones de tierra que se señalan en el Mapa 10.5.1.
3. Se deben habilitar al menos 5 espacios a lo largo del río, en aquellas porciones de terreno que cuentan con mínimo 3 metros de espacio libre. Estos espacios deberán ser equipados con mobiliario urbano para sentarse y elementos que generen sombra, para tales efectos puede utilizarse la pérgola propuesta más adelante. En Mapa 10.5.1 se señala el área libre disponible entre el borde del cauce del río y la calzada para la habilitación de dichos espacios.
4. A la orilla del río, siempre y cuando el espacio cuente con ancho superior a 3m, se deben implementar pérgolas con vegetación (ver Figura 10.5.1 del **Plan de obras de mitigación y compensación** y Mapa 10.5.1).
5. Se deben implementar mecanismos de educación ambiental para involucrar a la población con el Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito (RNMVSL). Se propone crear un programa junto con los funcionarios del MINAE, sobre capacitación en educación ambiental y sobre la riqueza natural que está presente en el RNMVSL, esto con el propósito de involucrar a la población con esta área, lo cual busca un uso más constante y una concientización sobre la importancia de este sector.

13.2.2 Medidas ambientales a aplicarse en los Sistemas Acuáticos y Terrestres

1. Todo aquel organismo o especie de fauna afectada de forma directa cuando se inicien las obras, deberán ser trasladados a zonas o hábitats similares a los que se encontraban. Esto involucra a los individuos que se encuentren tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos.
2. Debido a la presencia de diferentes especies de fauna (tortugas, peces, nutrias, garrobos, perezosos) dentro del AP, se debe mantener un profesional en vida silvestre que valore la posibilidad de trasladar y reubicar alguna especie en particular que se vea afectada por el movimiento de tierras y otras actividades propias del proyecto en la fase de construcción.
3. Tanto la ampliación horizontal de los cauces como la implementación de sistemas para el desvío de aguas, debe permitir un flujo de agua lo más semejante posible a las condiciones previas a la intervención humana y mecanismos en los que únicamente durante eventos de flujo extremo, el exceso agua sea desviado trasvasado a cauces artificiales, mientras que en condiciones de mínima precipitación los cauces naturales no pierdan volumen a través de trasvases artificiales.

4. Remover los materiales que se encuentran obstaculizando el flujo constante y permanente del agua sobre el cauce de los ríos, quebradas y canales, utilizando equipo mecánico poco invasivo como por ejemplo canoas sin motor.
5. Asegurar que los flujos mínimos y máximos de agua a los ecosistema sean lo más semejantes posibles a las condiciones actuales.
6. Evitar la acumulación de residuos sólidos en los cauces, por lo que tal situación debería coordinarse con la municipalidad y asociaciones locales para disminuir tal afectación.
7. Las plantas epífitas deberían ser colocadas en aquellos árboles que cuenten con un sustrato que les permita afianzarse a los mismos, inicialmente se podrían utilizar cuerdas de fibras vegetales.
8. Existen especies de gran importancia biológica, de valor paisajístico y recreativo que tampoco hace aconsejable su tala, aunque se trate de individuos con alturas menores de 6,0 m y DAP menor a 10 cm. Estas especies incluyen: Sangrillo (*Pterocarpus officinalis*), Yolillo (*Raphia taedigera*), Sotacaballo (*Zygia longifolia*) y Cativo (*Prioria copaifera*), para este último, la tala está restringida.
9. A continuación se describen varias opciones para evitar la tala de árboles y las medidas de mitigación en caso que no pueda evitarse su tala:
    a. En caso que el traslado del árbol sea posible, se aconseja que se conserve un cono de raíces de al menos 5 metros de diámetro para cada árbol.
    b. Alternativamente si no pudiera ocurrir traslado del árbol y por motivos mayores fuera necesario talarlo, se debe rescatar la biota que habite en el mismo, como orquídeas, bromelias, insectos, reptiles y otros. En caso que el traslado de la biota arborícola o epifítica no pudiera llevarse a cabo, sería necesario protegerla colocándola en terrarios o en un sustrato adecuado como fibra de coco.
    c. En caso de que se tenga que talar o trasladar algún árbol, éste deberá ser sustituido, como mínimo, por otro árbol a plantarse tan pronto fuera posible para reducir el impacto en los ecosistemas. Se recomienda que los árboles a plantarse midan al menos 2 m de alto, lo cual va a ser favorable en su fase de aclimatación a las condiciones del sitio. Pocos viveros venden árboles de estas dimensiones, por lo que antes del inicio de las obras, se pueden conseguir en viveros institucionales como el del Tecnológico de Costa Rica (TEC), el del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) o el de la Universidad EARTH; deben mantenerse en un vivero temporal, y plantarlos cuando las obras estén finalizadas. Las especies recomendadas para reforestar fueron mencionadas en el cuadro 6.1.4-6 del Estudio de Impacto Ambiental.
    d. Alternativamente se podrían construir pasos elevados o falsos túneles que permitieran maximizar el uso del espacio y permitir la preservación de algunos individuos arbóreos.
    e. Está prohibida la tala de la especie Cativo (*Prioria copaifera*) en cualquier parte del proyecto.
10. Para el caso específico de los árboles del ecosistema urbano ubicados en el curso inferior de la Cuenca del Río Limoncito, se destacan 38 árboles que corresponden al mínimo absoluto de individuos que deben ser protegidos de las actividades de la maquinaria e instalación de infraestructura. En el **Plan de obras de mitigación y compensación** se presenta el listado de dichos árboles y en el Mapa 10.5.2 se indica cuáles podrían ser removidos, cuáles deberían conservarse y cuáles se encuentran vetados de talar.

11. No se deberán utilizar los cuerpos de agua como medio de transporte o deslizamiento de maquinaria, evitando el contacto directo de la maquinaria con el agua y posible liberación de residuos de hidrocarburos.
12. Se debe mantener un sitio específico para realizar el mantenimiento adecuado de la maquinaria empleada para el desarrollo del proyecto, a la vez de mantener la implementación de buenas prácticas ambientales en el AP.
13. Se debe brindar capacitación al personal del proyecto para que cumplan con todas las medidas de prevención y mitigación de impactos ambientales que se establezcan.
14. Estará prohibido para los trabajadores de la construcción realizar cacerías furtivas de la fauna silvestre. Así mismo, estará prohibido la comercialización y exportación tanto de especies de flora como de fauna. La supervisión mantendrá control y hará cumplir las medidas de protección de la flora y fauna.
15. Se debe reforestar los márgenes de los ríos, canales o quebradas que vayan a conservarse con suelo natural, siempre y cuando se siembren los árboles con una separación que permita dar mantenimiento a la limpieza de los cauces. Así mismo, podrán reforestarse los taludes naturales de apilamiento de material, siempre y cuando se tomen las medidas de estabilidad y prevención necesarias.
16. En general, deberá cumplirse con lo indicado en el **Plan de obras de mitigación y compensación.**

13.2.3 Medida de compensación adicional al proyecto

1. Construir una estructura para permitir un caudal mínimo (Ver **Sección 4 Marco Jurídico: Caudal ecológico**) en el tramo del río Limoncito entre la desviación actual hacia el canal Santa Rosa y la confluencia con la Quebrada Chinita (o Quebrada Sin Nombre).

13.2.4 Medidas a considerar con respecto al Ruido durante la construcción del proyecto

Objetivo: Debido al tipo de proyecto en estudio, las actividades constructivas y la maquinaria a utilizar, se considera que el impacto ambiental por ruido es importante, tanto a nivel de los trabajadores, como para la población que reside próxima a los sitios a intervenir.

Por la variabilidad en las actividades, entre ellas: talado de árboles, limpieza y extracción de material de los cauces o canales y apilamiento del material en los márgenes, hincado de tablestacas, colocación de bloques articulados de concreto, demolición de estructuras, hincado de pilotes para puentes, construcción de puentes, transporte de materiales, entre otras, es que cada sitio a intervenir se considerará un lugar de trabajo ruidoso, ya que se tendrán ruidos constantes, intermitentes y de impacto.

13.2.4.1 Especificaciones para el área y horarios de trabajo

1. Para cada etapa del proceso constructivo, es necesario que se delimite y señalice el área de trabajo, de esta manera se establecerán los límites de trabajo y reducirá el paso de personas ajenas al proyecto, reduciendo la afectación por ruido a las personas externas al proyecto.

2. Se deben trazar las rutas de paso de vehículos pesados que transportarán el material, de tal manera que se evite el paso excesivo por zonas residenciales y se reduzca la afectación por ruido y polvo a los vecinos de la zona.
3. Se debe seguir un estricto control de horario de trabajo. Las labores deberán realizarse únicamente en horario Diurno (entre las 6:00 horas y las 20:00 horas).
4. Un trabajador particular que realice actividades que generen fuertes ruidos, no deberá estar en su labor por más de 8 horas al día, ya que puede provocarle serios problemas auditivos.
5. Se debe evitar concentrar las actividades de trabajo que requieren el uso de equipos más ruidosos en un mismo lugar, esto para reducir (impacto acumulativo) la magnitud de los ruidos molestos a los vecinos próximos a las actividades.
6. En general, deberá cumplirse con lo indicado en el **Plan de obras de mitigación y compensación.**

13.2.4.2 Límites de niveles de ruido

1. El deterioro de la capacidad auditiva depende de las siguientes variables: intensidad del ruido, su fluctuación y duración de la exposición. Por ningún motivo, en el área de trabajo se debe presentar un nivel de presión sonora igual o superior 140 dB(A), pues es este el nivel límite de umbral de dolor al oído humano.
2. Para los trabajos a realizarse en la Zona Residencial o Zona Comercial, según corresponda en cada sitio de trabajo, se deberá cumplir con los límites de presión sonora establecidos en la Tabla 3 del Artículo 20 del Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S. En horario Diurno, para la Zona Residencial, no se podrán exceder de 65dB(A) y para la Zona Comercial no se podrán exceder de 70dB(A).
3. En general, deberá cumplirse con lo indicado en el Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S, el Reglamento de control de ruidos y vibraciones, Decreto N° 10541-TSS, el Convenio OIT 148: Protección de los trabajadores contra los Riesgos Profesionales debidos a la Contaminación del Aire, Ruidos y Vibración en el lugar de Trabajo, emitida por la Asamblea Legislativa, Ley 6550 Convenios Internacionales, y cualquier otra normativa vigente.
4. Las indicaciones específicas para la colocación de pantallas antirruido se indican en el **Plan de obras de mitigación y compensación,** así como ejemplos de pantallas antirruido.
5. En caso de que no se pueda reducir la intensidad del ruido por parte de una maquinaria, incluso utilizando silenciadores y pantallas antirruido, será necesario sustituirla, adquiriendo equipos de tecnologías más avanzadas que generen menor ruido durante su uso.
6. En caso que se requiera adquirir nuevo equipo o maquinaria, la(s) empresa(s) constructora(s) del proyecto, deberá(n) cerciorarse de que el modelo a comprar genere el menor ruido posible, cumpliendo con estándares internacionales de ruido.
7. En general, deberá cumplirse con lo indicado en el **Plan de obras de mitigación y compensación.**

13.2.5 Medidas para reducir la contaminación del aire

Objetivo: En general, las actividades de construcción impactan en la calidad del aire. Principalmente las actividades de: movimiento de tierra, tala de árboles y transporte del material dragado, lo cual generará contaminación al aire principalmente por la dispersión de partículas, polvo, restos vegetales, entre otros. Así mismo, se requerirá el uso de

maquinaria y vehículos con motor de combustión interna, los cuales emiten tanto partículas tóxicas muy pequeñas, como gases a la atmósfera. Esto puede afectar tanto a los trabajadores, como a la población y fauna que residen próximos a los sitios a intervenir.

13.2.5.1 Contaminación por partículas y sedimentos

1. Todos los camiones cargados con material (tanto material constructivo como material procedente del dragado) deberán circular con su compartimiento de carga completamente cubierto con una capa impermeable de manera que se reduzca la dispersión de partículas y polvo por la acción del viento a lo largo de la ruta.
2. Para las actividades de dragado que se realicen en época seca, será necesario que el material seco que se extraiga sea humedecido, ya sea con agua bombeada del mismo río o canal, o con agua de lluvia previamente almacenada en un tanque para este fin.
3. Es preferible que la descarga del material dragado se efectúe directamente en la tolva de los camiones.
4. Se debe cumplir con las rutas de transporte del material (tanto material constructivo como material procedente del dragado), de tal manera que se evite el paso excesivo por zonas residenciales reduciendo la afectación a los vecinos de la zona por la dispersión de polvo.
5. Para la época seca, los vehículos que transportan materiales (tanto material constructivo como material procedente del dragado) deberán conducir a bajas velocidades por las rutas establecidas, de manera que en las calles de lastre, se reduzca el levantamiento de polvo por el paso de los vehículos.
6. El material dragado que se destine a colocar en los márgenes de los ríos o canales, deberá cubrirse con un material impermeable durante la construcción para evitar la erosión por viento. Al finalizar los trabajos, estos apilamientos deberán estabilizarse mediante técnicas que hagan uso de vegetación, esto para evitar la erosión durante la operación del proyecto.
7. En general, deberá cumplirse con lo indicado en el **Plan de obras de mitigación y compensación.**

13.2.5.2 Contaminación por gases provenientes de motores de combustión

1. Para cada etapa del proceso constructivo donde se utilice maquinaria con motores de combustión interna, es necesario que se delimite y señalice el área de trabajo, de esta manera se establecerán los límites de trabajo y reducirá el paso de personas ajenas al proyecto, reduciendo la posible afectación por gases.
2. El contratista debe llevar a cabo un mantenimiento oportuno de los vehículos y equipos a fin de evitar la mala combustión de los equipos. Debe contar con la revisión técnica vehicular al día y se deberá solicitar la evidencia del mantenimiento de toda maquinaria y/o equipo (mediante comprobantes de pago o certificados de operatividad vehicular).
3. En caso de que una determinada actividad, por falta de espacio o como parte del proceso constructivo, requiera realizarse muy próxima al escape de gas de una maquinaria o vehículo, el operador deberá hacer uso de Equipo de Protección Individual, lo que se señala en el **Plan de seguridad y salud ocupacional**.
4. Está prohibida la quema de residuos sólidos de cualquier tipo, tanto residuos existentes como los generados durante el proyecto.

13.3. Aspectos de Seguridad y Salud Ocupacional

Para estos aspectos, deberá cumplirse con lo indicado en el documento **10.6 Plan de seguridad y salud ocupacional** del Plan de Gestión Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental en cuestión.

13.4. Ejecución, Supervisión y Control de las ETAs

Para este aspecto, deberá cumplirse con todos los puntos indicados en el documento **10.9 Plan de comunicación y consulta**, y el documento **10.10 Plan de los mecanismos de atención de reclamos** del Plan de Gestión Ambiental del Estudio de Impacto Ambiental en cuestión.

13.5. Informes

El Responsable Ambiental, deberá presentar al Contratante, un informe mensual que indique todo lo ocurrido durante el mes anterior dentro de los términos de su contrato y especialmente en el cumplimiento de las ETAs, el cual debe contar mínimo con la siguiente información:

1. Introducción: Tema del Informe y los puntos resaltantes que se van a discutir en el resto del mismo.
2. Objetivos: Se presentaran aquí los objetivos del Informe y su relación con toda la obra.
3. Contenido del Informe: El contenido varía de informe a informe, y aquí se deberá listar todos los componentes del mismo, de manera a facilitar la búsqueda de los temas relevantes a ser revisados y aprobado.
4. Breve descripción del Proyecto: A medida que avanza la obra se requiere que los evaluadores del Informe estén informados sobre el proyecto en construcción. Esta descripción permite que el documento se mantenga estrictamente dentro del tema específico del trabajo durante el mes anterior y aunque forma parte de la obra total, la persona puede acceder a hacer la evaluación apropiada.
5. Resumen de las actividades realizadas en el mes.
6. Análisis de las actividades realizadas durante el mes de evaluación
7. Cronograma actualizado del avance de la obra, incorporación de la afectación del personal del mes correspondiente al informe presentado.
8. Calificación del desempeño y grado de cumplimiento de las recomendaciones.
9. Conclusiones y Recomendaciones.
10. Planificación de las actividades del siguiente mes.
11. Verificación del cumplimiento de las ETAs.
12. Anexos: Fotografías de las actividades informadas en el documento y notas emitidas y recibidas durante el periodo que abarca el Informe.

Como parte de la información de estos informes mensuales, se deben adjuntar, pertinente a las actividades realizadas dentro del mes, cualquier reporte o evaluación realizada con respecto a los monitoreos de: Sistemas acuáticos y terrestre, Ruido y Calidad de Aire, indicados en el documento **10.2 Plan de Monitoreo** del Plan de Gestión Ambiental.

13.6. Normas legales ambientales vigentes

Con respecto a la normativa ambiental vigente, se deberá cumplir con la **sección 4 Marco jurídico** del EsIA, donde se describe la normativa legal que corresponderá a la totalidad del proyecto. En el Cuadro 9.9 Resumen de las medidas ambientales establecidas para prevenir, compensar o mitigar los impactos producidos por el proyecto, se detalla la legislación que debe aplicarse para cada medida ambiental.

Anexo 8:
Análisis Financiero y Económico

Analisis Financiero

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito sin la inversión en el Canal Santa Rosa

	Costa Rica	Banco Mundial	Inversion Total
Inversion Inicial	**$ 9.214.000**	**$ 10.200.000**	**$ 19.414.000**
Tasa de Descuento Social	**12%**		
Tasa de Interes	**0%**	**0,46%**	

Año	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*
BENEFICIOS	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Vivienda	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Valor de la Tierra	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Salud	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Carreteras	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Beneficios Laborales	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
COSTOS	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Inversion	$ 9.707.000	$ 9.707.000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento:													
Mantenimiento de Canales y Ríos	$ 22.200	$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700	$ 170.700
Mantenimiento Estructuras	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000
Mantenimiento de Puentes	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
Mantenimiento Mano Obra	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616
Intereses:													
Costa Rica	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Banco mundial	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920
Total Costos	**$ 9.773.816**	**$ 9.889.316**	**$ 223.316**	**$ 201.316**	**$ 172.116**	**$ 243.036**	**$ 218.036**	**$ 300.836**	**$ 210.036**	**$ 243.036**	**$ 229.236**	**$ 229.236**	**$ 270.236**
FLUJO DE CAJA	**$ (9.773.816)**	**$ (9.889.316)**	**$ (223.316)**	**$ (201.316)**	**$ (172.116)**	**$ (243.036)**	**$ (218.036)**	**$ (300.836)**	**$ (210.036)**	**$ (243.036)**	**$ (229.236)**	**$ (229.236)**	**$ (270.236)**

VAN	**$ (18.060.494,44)**
TIR	**No se puede estimar porque el flujo de caja es negativo**

Analisis Financiero (continuación)
Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito sin la inversión en el Canal Santa Rosa

14	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*	*26*	*27*	*28*	*29*	*30*	*31*	*32*
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700
$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 46.920	$ 46.920	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 248.236	**$ 219.036**	**$ 196.116**	**$ 171.116**	**$ 253.916**	**$ 163.116**	**$ 196.116**	**$ 182.316**	**$ 182.316**	**$ 223.316**	**$ 201.316**	**$ 172.116**	**$ 196.116**	**$ 171.116**	**$ 253.916**	**$ 163.116**	**$ 196.116**	**$ 182.316**	**$ 182.316**
$ (248.236)	**$ (219.036)**	**$ (196.116)**	**$ (171.116)**	**$ (253.916)**	**$ (163.116)**	**$ (196.116)**	**$ (182.316)**	**$ (182.316)**	**$ (223.316)**	**$ (201.316)**	**$ (172.116)**	**$ (196.116)**	**$ (171.116)**	**$ (253.916)**	**$ (163.116)**	**$ (196.116)**	**$ (182.316)**	**$ (182.316)**

Analisis Financiero (continuación)
Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito sin la inversión en el Canal Santa Rosa

33	*34*	*35*	*36*	*37*	*38*	*39*	*40*	*41*	*42*	*43*	*44*	*45*	*46*	*47*	*48*	*49*	*50*
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500
$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 223.316	**$ 201.316**	**$ 172.116**	**$ 196.116**	**$ 171.116**	**$ 253.916**	**$ 163.116**	**$ 196.116**	**$ 182.316**	**$ 182.316**	**$ 223.316**	**$ 201.316**	**$ 172.116**	**$ 196.116**	**$ 171.116**	**$ 253.916**	**$ 163.116**	**$ 196.116**
$ (223.316)	**$ (201.316)**	**$ (172.116)**	**$ (196.116)**	**$ (171.116)**	**$ (253.916)**	**$ (163.116)**	**$ (196.116)**	**$ (182.316)**	**$ (182.316)**	**$ (223.316)**	**$ (201.316)**	**$ (172.116)**	**$ (196.116)**	**$ (171.116)**	**$ (253.916)**	**$ (163.116)**	**$ (196.116)**

Analisis Financiero (Ajustado)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito sin la inversión en el Canal Santa Rosa

	Costa Rica	Banco Mundial	Inversion Total
Inversion Inicial	$ 9.214.000	$ 10.200.000	$ 19.414.000
Tasa de Descuento Social	12%		
Tasa de Interes	0%	0,46%	

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BENEFICIOS	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Vivienda	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Valor de la Tierra	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Salud	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Carreteras	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Beneficios Laborales	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
COSTOS												
Inversion	$ 9.707.000	$ 9.707.000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento:												
Mantenimiento de Canales y Ríos	$ 22.200	$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700
Mantenimiento Estructuras	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000
Mantenimiento de Puentes	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
Mantenimiento Mano Obra (ajustado por precios sombra)	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
Intereses:												
Costa Rica	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Banco mundial	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920
Total Costos	**$ 9.772.758**	**$ 9.888.258**	**$ 222.258**	**$ 200.258**	**$ 171.058**	**$ 241.978**	**$ 216.978**	**$ 299.778**	**$ 208.978**	**$ 241.978**	**$ 228.178**	**$ 228.178**
FLUJO DE CAJA	$ (9.772.758)	$ (9.888.258)	$ (222.258)	$ (200.258)	$ (171.058)	$ (241.978)	$ (216.978)	$ (299.778)	$ (208.978)	$ (241.978)	$ (228.178)	$ (228.178)
FLUJO DE CAJA AJUSTADO	$ (9.870.485)	$ (9.987.140)	$ (224.480)	$ (202.260)	$ (172.768)	$ (244.398)	$ (219.148)	$ (302.776)	$ (211.068)	$ (244.398)	$ (230.460)	$ (230.460)

VAN	$ (18.232.221,34)
TIR	No se puede estimar porque el flujo de caja es negativo

Analisis Financiero (Ajustado)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito sin la inversión en el Canal Santa Rosa

13	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*	*26*	*27*	*28*	*29*	*30*	*31*
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700
$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 269.178	**$ 247.178**	**$ 217.978**	**$ 195.058**	**$ 170.058**	**$ 252.858**	**$ 162.058**	**$ 195.058**	**$ 181.258**	**$ 181.258**	**$ 222.258**	**$ 200.258**	**$ 171.058**	**$ 195.058**	**$ 170.058**	**$ 252.858**	**$ 162.058**	**$ 195.058**	**$ 181.258**
$ (269.178)	**$ (247.178)**	**$ (217.978)**	**$ (195.058)**	**$ (170.058)**	**$ (252.858)**	**$ (162.058)**	**$ (195.058)**	**$ (181.258)**	**$ (181.258)**	**$ (222.258)**	**$ (200.258)**	**$ (171.058)**	**$ (195.058)**	**$ (170.058)**	**$ (252.858)**	**$ (162.058)**	**$ (195.058)**	**$ (181.258)**
$ (271.870)	**$ (249.650)**	**$ (220.158)**	**$ (197.008)**	**$ (171.758)**	**$ (255.386)**	**$ (163.678)**	**$ (197.008)**	**$ (183.070)**	**$ (183.070)**	**$ (224.480)**	**$ (202.260)**	**$ (172.768)**	**$ (197.008)**	**$ (171.758)**	**$ (255.386)**	**$ (163.678)**	**$ (197.008)**	**$ (183.070)**

Analisis Financiero (Ajustado)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito sin la inversión en el Canal Santa Rosa

32	*33*	*34*	*35*	*36*	*37*	*38*	*39*	*40*	*41*	*42*	*43*	*44*	*45*	*46*	*47*	*48*	*49*	*50*
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500
$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 181.258	**$ 222.258**	**$ 200.258**	**$ 171.058**	**$ 195.058**	**$ 170.058**	**$ 252.858**	**$ 162.058**	**$ 195.058**	**$ 181.258**	**$ 181.258**	**$ 222.258**	**$ 200.258**	**$ 171.058**	**$ 195.058**	**$ 170.058**	**$ 252.858**	**$ 162.058**	**$ 195.058**
$ (181.258)	**$ (222.258)**	**$ (200.258)**	**$ (171.058)**	**$ (195.058)**	**$ (170.058)**	**$ (252.858)**	**$ (162.058)**	**$ (195.058)**	**$ (181.258)**	**$ (181.258)**	**$ (222.258)**	**$ (200.258)**	**$ (171.058)**	**$ (195.058)**	**$ (170.058)**	**$ (252.858)**	**$ (162.058)**	**$ (195.058)**
$ (183.070)	**$ (224.480)**	**$ (202.260)**	**$ (172.768)**	**$ (197.008)**	**$ (171.758)**	**$ (255.386)**	**$ (163.678)**	**$ (197.008)**	**$ (183.070)**	**$ (183.070)**	**$ (224.480)**	**$ (202.260)**	**$ (172.768)**	**$ (197.008)**	**$ (171.758)**	**$ (255.386)**	**$ (163.678)**	**$ (197.008)**

Analisis Financiero (Social)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito sin la inversión en el Canal Santa Rosa

	Costa Rica	Banco Mundial	Inversion Total
Inversion Inicial	$ 9.214.000	$ 10.200.000	$ 19.414.000
Tasa de Descuento Social	12%		
Tasa de Interes	0%	0,46%	

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
BENEFICIOS													
Vivienda	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170
Valor de la Tierra		$ 23.618.700											
Salud	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035
Carreteras	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473
Beneficios Laborales	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630
Total Beneficios	$ 375.307	$ 23.994.007	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307
COSTOS													
Ambiental	$ 70.102	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Inversion	$ 9.707.000	$ 9.707.000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento:													
Mantenimiento de Canales y Ríos	$ 22.200	$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700	$ 170.700
Mantenimiento Estructuras	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000
Mantenimiento de Puentes	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
Mantenimiento Mano Obra	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
Mitigacion	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960
Intereses:													
Costa Rica	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Banco mundial	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920
Total Costos	$ 9.861.820	$ 9.907.218	$ 241.218	$ 219.218	$ 190.018	$ 260.938	$ 235.938	$ 318.738	$ 227.938	$ 260.938	$ 247.138	$ 247.138	$ 288.138
FLUJO DE CAJA	$ (9.486.513)	$ 14.086.789	$ 134.089	$ 156.089	$ 185.289	$ 114.369	$ 139.369	$ 56.569	$ 147.369	$ 114.369	$ 128.169	$ 128.169	$ 87.169
FLUJO DE CAJA AJUSTADO	$ (9.581.378)	$ 14.227.657	$ 135.430	$ 157.650	$ 187.142	$ 115.513	$ 140.763	$ 57.135	$ 148.843	$ 115.513	$ 129.451	$ 129.451	$ 88.041

VAN SOCIAL	$ 3.710.409,59
TIR SOCIAL	51,4%

Analisis Financiero (Social) (Continuación)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito sin la inversión en el Canal Santa Rosa

14	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*	*26*	*27*	*28*	*29*	*30*	*31*	*32*
$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170
$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035
$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473
$ 154.630	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*
$ 375.307	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700
$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 46.920	$ 46.920	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 266.138	$ 236.938	$ 214.018	$ 189.018	$ 271.818	$ 181.018	$ 214.018	$ 200.218	$ 200.218	$ 241.218	$ 219.218	$ 190.018	$ 214.018	$ 189.018	$ 271.818	$ 181.018	$ 214.018	$ 200.218	$ 200.218
$ 109.169	**$ 138.369**	**$ 161.289**	**$ 186.289**	**$ 103.489**	**$ 194.289**	**$ 161.289**	**$ 175.089**	**$ 175.089**	**$ 134.089**	**$ 156.089**	**$ 185.289**	**$ 161.289**	**$ 186.289**	**$ 103.489**	**$ 194.289**	**$ 161.289**	**$ 175.089**	**$ 175.089**
$ 110.261	**$ 139.753**	**$ 162.902**	**$ 188.152**	**$ 104.524**	**$ 196.232**	**$ 162.902**	**$ 176.840**	**$ 176.840**	**$ 135.430**	**$ 157.650**	**$ 187.142**	**$ 162.902**	**$ 188.152**	**$ 104.524**	**$ 196.232**	**$ 162.902**	**$ 176.840**	**$ 176.840**

Analisis Financiero (Social)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito sin la inversión en el Canal Santa Rosa (Continuación)

33	*34*	*35*	*36*	*37*	*38*	*39*	*40*	*41*	*42*	*43*	*44*	*45*	*46*	*47*	*48*	*49*	*50*
$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170
$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035
$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473
$ 154.630	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*	*$ 154.630*
$ 375.307	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*	*$ 375.307*
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500	$ 137.700	$ 137.700	$ 170.700	$ 146.700	$ 127.500	$ 151.500	$ 118.500	$ 199.300	$ 118.500	$ 151.500
$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 241.218	$ 219.218	$ 190.018	$ 214.018	$ 189.018	$ 271.818	$ 181.018	$ 214.018	$ 200.218	$ 200.218	$ 241.218	$ 219.218	$ 190.018	$ 214.018	$ 189.018	$ 271.818	$ 181.018	$ 214.018
$ 134.089	**$ 156.089**	**$ 185.289**	**$ 161.289**	**$ 186.289**	**$ 103.489**	**$ 194.289**	**$ 161.289**	**$ 175.089**	**$ 175.089**	**$ 134.089**	**$ 156.089**	**$ 185.289**	**$ 161.289**	**$ 186.289**	**$ 103.489**	**$ 194.289**	**$ 161.289**
$ 135.430	**$ 157.650**	**$ 187.142**	**$ 162.902**	**$ 188.152**	**$ 104.524**	**$ 196.232**	**$ 162.902**	**$ 176.840**	**$ 176.840**	**$ 135.430**	**$ 157.650**	**$ 187.142**	**$ 162.902**	**$ 188.152**	**$ 104.524**	**$ 196.232**	**$ 162.902**

Analisis Financiero

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

	Costa Rica	Banco Mundial	Inversion Total
Inversion Inicial	**$ 10.014.000**	**$ 10.200.000**	**$ 20.214.000**
Tasa de Descuento Social	**12%**		
Tasa de Interes	**0%**	**0,46%**	

Año	*1*	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*
BENEFICIOS	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Vivienda	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Valor de la Tierra	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Salud	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Carreteras	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Beneficios Laborales	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
COSTOS	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Inversion	$ 10.107.000	$ 10.107.000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento:												
Mantenimiento de Canales y Ríos	$ 45.200	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700
Mantenimiento Estructuras	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000
Mantenimiento de Puentes	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
Mantenimiento Mano Obra	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616
Intereses:												
Costa Rica	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Banco mundial	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920
Total Costos	**$ 10.196.816**	**$ 10.312.316**	**$ 246.316**	**$ 224.316**	**$ 171.116**	**$ 242.036**	**$ 217.036**	**$ 405.436**	**$ 209.036**	**$ 242.036**	**$ 252.236**	**$ 252.236**
FLUJO DE CAJA	**$ (10.196.816)**	**$ (10.312.316)**	**$ (246.316)**	**$ (224.316)**	**$ (171.116)**	**$ (242.036)**	**$ (217.036)**	**$ (405.436)**	**$ (209.036)**	**$ (242.036)**	**$ (252.236)**	**$ (252.236)**

VAN	**$ (18.898.036,45)**
TIR	**No se puede estimar porque el flujo de caja es negativo**

Analisis Financiero (continuación)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

13	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*	*25*	*26*	*27*	*28*	*29*	*30*	*31*
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700
$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 293.236	**$ 271.236**	**$ 218.036**	**$ 195.116**	**$ 170.116**	**$ 358.516**	**$ 162.116**	**$ 195.116**	**$ 205.316**	**$ 205.316**	**$ 246.316**	**$ 224.316**	**$ 171.116**	**$ 195.116**	**$ 170.116**	**$ 358.516**	**$ 162.116**	**$ 195.116**	**$ 205.316**
$ (293.236)	**$ (271.236)**	**$ (218.036)**	**$ (195.116)**	**$ (170.116)**	**$ (358.516)**	**$ (162.116)**	**$ (195.116)**	**$ (205.316)**	**$ (205.316)**	**$ (246.316)**	**$ (224.316)**	**$ (171.116)**	**$ (195.116)**	**$ (170.116)**	**$ (358.516)**	**$ (162.116)**	**$ (195.116)**	**$ (205.316)**

Analisis Financiero (continuación)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

32	*33*	*34*	*35*	*36*	*37*	*38*	*39*	*40*	*41*	*42*	*43*	*44*	*45*	*46*	*47*	*48*	*49*	*50*
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500
$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616	$ 4.616
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 205.316	**$ 246.316**	**$ 224.316**	**$ 171.116**	**$ 195.116**	**$ 170.116**	**$ 358.516**	**$ 162.116**	**$ 195.116**	**$ 205.316**	**$ 205.316**	**$ 246.316**	**$ 224.316**	**$ 171.116**	**$ 195.116**	**$ 170.116**	**$ 358.516**	**$ 162.116**	**$ 195.116**
$ (205.316)	**$ (246.316)**	**$ (224.316)**	**$ (171.116)**	**$ (195.116)**	**$ (170.116)**	**$ (358.516)**	**$ (162.116)**	**$ (195.116)**	**$ (205.316)**	**$ (205.316)**	**$ (246.316)**	**$ (224.316)**	**$ (171.116)**	**$ (195.116)**	**$ (170.116)**	**$ (358.516)**	**$ (162.116)**	**$ (195.116)**

Analisis Financiero (Ajustado)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

	Costa Rica	Banco Mundial	Inversion Total
Inversion Inicial	$ 10.014.000	$ 10.200.000	$ 20.214.000
Tasa de Descuento Social	12%		
Tasa de Interes	0%	0,46%	

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BENEFICIOS	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Vivienda	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Valor de la Tierra	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Salud	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Carreteras	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Beneficios Laborales	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
COSTOS												
Inversion	$ 10.107.000	$ 10.107.000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento:												
Mantenimiento de Canales y Ríos	$ 45.200	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700
Mantenimiento Estructuras	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000
Mantenimiento de Puentes	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
Mantenimiento Mano Obra (ajustado por precios sombra)	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
Intereses:												
Costa Rica	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Banco mundial	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920
Total Costos	$ 10.195.758	$ 10.311.258	$ 245.258	$ 223.258	$ 170.058	$ 240.978	$ 215.978	$ 404.378	$ 207.978	$ 240.978	$ 251.178	$ 251.178
FLUJO DE CAJA	$ (10.195.758)	$ (10.311.258)	$ (245.258)	$ (223.258)	$ (170.058)	$ (240.978)	$ (215.978)	$ (404.378)	$ (207.978)	$ (240.978)	$ (251.178)	$ (251.178)
FLUJO DE CAJA AJUSTADO	$ (10.297.715)	$ (10.414.370)	$ (247.710)	$ (225.490)	$ (171.758)	$ (243.388)	$ (218.138)	$ (408.422)	$ (210.058)	$ (243.388)	$ (253.690)	$ (253.690)

VAN	$ (19.078.138,77)
TIR	No se puede estimar porque el flujo de caja es negativo

Analisis Financiero (Ajustado) (Continuación)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700
$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 292.178	**$ 270.178**	**$ 216.978**	**$ 194.058**	**$ 169.058**	**$ 357.458**	**$ 161.058**	**$ 194.058**	**$ 204.258**	**$ 204.258**	**$ 245.258**	**$ 223.258**	**$ 170.058**	**$ 194.058**	**$ 169.058**	**$ 357.458**	**$ 161.058**	**$ 194.058**	**$ 204.258**	**$ 204.258**
$ (292.178)	**$ (270.178)**	**$ (216.978)**	**$ (194.058)**	**$ (169.058)**	**$ (357.458)**	**$ (161.058)**	**$ (194.058)**	**$ (204.258)**	**$ (204.258)**	**$ (245.258)**	**$ (223.258)**	**$ (170.058)**	**$ (194.058)**	**$ (169.058)**	**$ (357.458)**	**$ (161.058)**	**$ (194.058)**	**$ (204.258)**	**$ (204.258)**
$ (295.100)	**$ (272.880)**	**$ (219.148)**	**$ (195.998)**	**$ (170.748)**	**$ (361.032)**	**$ (162.668)**	**$ (195.998)**	**$ (206.300)**	**$ (206.300)**	**$ (247.710)**	**$ (225.490)**	**$ (171.758)**	**$ (195.998)**	**$ (170.748)**	**$ (361.032)**	**$ (162.668)**	**$ (195.998)**	**$ (206.300)**	**$ (206.300)**

Analisis Financiero (Ajustado) (Continuación)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

33	*34*	*35*	*36*	*37*	*38*	*39*	*40*	*41*	*42*	*43*	*44*	*45*	*46*	*47*	*48*	*49*	*50*
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500
$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 245.258	**$ 223.258**	**$ 170.058**	**$ 194.058**	**$ 169.058**	**$ 357.458**	**$ 161.058**	**$ 194.058**	**$ 204.258**	**$ 204.258**	**$ 245.258**	**$ 223.258**	**$ 170.058**	**$ 194.058**	**$ 169.058**	**$ 357.458**	**$ 161.058**	**$ 194.058**
$ (245.258)	**$ (223.258)**	**$ (170.058)**	**$ (194.058)**	**$ (169.058)**	**$ (357.458)**	**$ (161.058)**	**$ (194.058)**	**$ (204.258)**	**$ (204.258)**	**$ (245.258)**	**$ (223.258)**	**$ (170.058)**	**$ (194.058)**	**$ (169.058)**	**$ (357.458)**	**$ (161.058)**	**$ (194.058)**
$ (247.710)	**$ (225.490)**	**$ (171.758)**	**$ (195.998)**	**$ (170.748)**	**$ (361.032)**	**$ (162.668)**	**$ (195.998)**	**$ (206.300)**	**$ (206.300)**	**$ (247.710)**	**$ (225.490)**	**$ (171.758)**	**$ (195.998)**	**$ (170.748)**	**$ (361.032)**	**$ (162.668)**	**$ (195.998)**

Analisis Financiero (Social)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

	Costa Rica	Banco Mundial	Inversion Total
Inversion Inicial	$ 10.014.000	$ 10.200.000	$ 20.214.000
Tasa de Descuento Social	12%		
Tasa de Interes	0%	0,46%	

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
BENEFICIOS										
Vivienda	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170
Valor de la Tierra		$ 23.618.700								
Salud	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035
Carreteras	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473
Beneficios Laborales	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630
Total Beneficios	$ 375.307	$ 23.994.007	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307
COSTOS										
Ambiental	$ 320.766	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Inversion	$ 10.107.000	$ 10.107.000	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Mantenimiento:										
Mantenimiento de Canales y Ríos	$ 45.200	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500
Mantenimiento Estructuras	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000
Mantenimiento de Puentes	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
Mantenimiento Mano Obra	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
Mitigacion	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960	$ 18.960
Intereses:										
Costa Rica	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
Banco mundial	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920
Total Costos	$ 10.535.484	$ 10.330.218	$ 264.218	$ 242.218	$ 189.018	$ 259.938	$ 234.938	$ 423.338	$ 226.938	$ 259.938
FLUJO DE CAJA	$ (10.160.176,81)	$ 13.663.789,48	$ 111.089,48	$ 133.089,48	$ 186.289,48	$ 115.369,48	$ 140.369,48	$ (48.030,52)	$ 148.369,48	$ 115.369,48
FLUJO DE CAJA AJUSTADO	$ (10.261.778,58)	$ 13.800.427,37	$ 112.200,37	$ 134.420,37	$ 188.152,37	$ 116.523,17	$ 141.773,17	$ (48.510,83)	$ 149.853,17	$ 116.523,17

VAN SOCIAL	$ 2.638.446,94
TIR SOCIAL	37,7%

Analisis Financiero (Social) (Continuación)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

11	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*	*18*	*19*	*20*	*21*	*22*	*23*	*24*
$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170
$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035
$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473
$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630
$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 160.700	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700
$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
$ 18.960	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ 46.920	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 270.138	$ 270.138	$ 311.138	$ 289.138	$ 235.938	$ 213.018	$ 188.018	$ 376.418	$ 180.018	$ 213.018	$ 223.218	$ 223.218	$ 264.218	$ 242.218
$ 105.169,48	**$ 105.169,48**	**$ 64.169,48**	**$ 86.169,48**	**$ 139.369,48**	**$ 162.289,48**	**$ 187.289,48**	**$ (1.110,52)**	**$ 195.289,48**	**$ 162.289,48**	**$ 152.089,48**	**$ 152.089,48**	**$ 111.089,48**	**$ 133.089,48**
$ 106.221,17	**$ 106.221,17**	**$ 64.811,17**	**$ 87.031,17**	**$ 140.763,17**	**$ 163.912,37**	**$ 189.162,37**	**$ (1.121,63)**	**$ 197.242,37**	**$ 163.912,37**	**$ 153.610,37**	**$ 153.610,37**	**$ 112.200,37**	**$ 134.420,37**

Analisis Financiero (Social) (Continuación)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

25	*26*	*27*	*28*	*29*	*30*	*31*	*32*	*33*	*34*	*35*	*36*	*37*	*38*
$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170
$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035
$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473
$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630
$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900
$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
$ 18.960	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 189.018	$ 213.018	$ 188.018	$ 376.418	$ 180.018	$ 213.018	$ 223.218	$ 223.218	$ 264.218	$ 242.218	$ 189.018	$ 213.018	$ 188.018	$ 376.418
$ 186.289,48	**$ 162.289,48**	**$ 187.289,48**	**$ (1.110,52)**	**$ 195.289,48**	**$ 162.289,48**	**$ 152.089,48**	**$ 152.089,48**	**$ 111.089,48**	**$ 133.089,48**	**$ 186.289,48**	**$ 162.289,48**	**$ 187.289,48**	**$ (1.110,52)**
$ 188.152,37	**$ 163.912,37**	**$ 189.162,37**	**$ (1.121,63)**	**$ 197.242,37**	**$ 163.912,37**	**$ 153.610,37**	**$ 153.610,37**	**$ 112.200,37**	**$ 134.420,37**	**$ 188.152,37**	**$ 163.912,37**	**$ 189.162,37**	**$ (1.121,63)**

Analisis Financiero (Social) (Continuación)

Valor Actual Neto y Tasa Interna de Retorno del Proyecto Limoncito con la inversión en el Canal Santa Rosa

39	*40*	*41*	*42*	*43*	*44*	*45*	*46*	*47*	*48*	*49*	*50*
$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170	$ 178.170
$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035	$ 16.035
$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473	$ 26.473
$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630	$ 154.630
$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307	$ 375.307
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 117.500	$ 150.500	$ 160.700	$ 160.700	$ 193.700	$ 169.700	$ 126.500	$ 150.500	$ 117.500	$ 303.900	$ 117.500	$ 150.500
$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000	$ 18.000	$ 20.000	$ 10.000	$ 10.000
$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000	$ 30.000
$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558	$ 3.558
$ 18.960	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**	**$ 18.960**
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -	$ -
$ 180.018	$ 213.018	$ 223.218	$ 223.218	$ 264.218	$ 242.218	$ 189.018	$ 213.018	$ 188.018	$ 376.418	$ 180.018	$ 213.018
$ 195.289,48	**$ 162.289,48**	**$ 152.089,48**	**$ 152.089,48**	**$ 111.089,48**	**$ 133.089,48**	**$ 186.289,48**	**$ 162.289,48**	**$ 187.289,48**	**$ (1.110,52)**	**$ 195.289,48**	**$ 162.289,48**
$ 197.242,37	**$ 163.912,37**	**$ 153.610,37**	**$ 153.610,37**	**$ 112.200,37**	**$ 134.420,37**	**$ 188.152,37**	**$ 163.912,37**	**$ 189.162,37**	**$ (1.121,63)**	**$ 197.242,37**	**$ 163.912,37**

Anexo 9:
Referencias bibliográficas

Bibliografía Sección I

Libros

Aparicio, F., 1989. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Editorial Limusa, México.

Informes

SCAAL (2006). Actualización del Plan de Manejo Ambiental del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre "El Limoncito". San José, Costa Rica; SCAAL.

SENARA, 2013. Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el Proyecto Limón Ciudad Puerto.

SENARA, 2013. Estudio de factibilidad técnica del proyecto "Sistema de control de inundaciones en la cuenca baja del río Limoncito"; San José, Costa Rica. SENARA.

Zambrano, M (2007). Marco Conceptual para el manejo ambiental y social, Proyecto limón Cuidad Puerto. Mapa de áreas de inundación en el Catón Limón, SCAAL, 2006; San José, Costa Rica.

Documentos de internet

Zamora, M. (14 de mayo de 2013). Diario Extra. Recuperado el 15 de junio de 2013, de http://www.diarioextra.com/Dnew/noticiaDetalle/21107

Reglamentos

Poder Ejecutivo, 2004. Decreto Ejecutivo Número 31849: Reglamento General Sobre los Procedimientos de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Publicado en La Gaceta N° 125 del lunes 28 de junio del 2004.

Otros

CNE, 2003. Mapa de amenazas naturales potenciales cantón Limón; San José, Costa Rica. CNE

Bibliografía sección II

Libros

Das, B., (2001). Principios de Ingeniería de Cimentaciones. International Thompson Editores. México.

Informes

SENARA (2012). Sistema de Control de Inundaciones de la Cuenca Baja del Río Limoncito (Estudio de Factibilidad Técnica del proyecto). Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, Dirección de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos.

SENARA (2013). Informe de Diseño de Cauces y Canales para el Subcomponente de Control de Inundaciones en el Proyecto Limón Ciudad Puerto. Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento, Dirección de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos.

Documentos de internet

Armortec, (2007). Armorflex, articulating concrete block revetment system. Recuperado el 23 de Julio de 2013 de:
http://www.armortec.com/Media/brochure_pdfs/22470Armorflex.pdf

Contech (2013). Metric Sheeting.Contech Construction Products Inc. Recuperado el 06 de agosto de 2013 de http://www.conteches.com/Products/Bridges-and-Structures/Specialty-Structures/Metric-Sheeting.aspx

Contech (2013).Anchor Wall Shoreline Protection System. ContechConstructionProducts Inc. Recuperado el 26 de agosto de 2013 de:
http://www.conteches.com/Products/Retaining-Walls/Metal/Anchor-Wall.aspx

Tecnicrete (s. a.). TechnicreteArmorflex. Recuperado el 23 de Julio de 2013 de: www.technicrete.co.za/downloads/brochures/armorflex.pdf

Bibliografía Sección III

Libros

Bertsch, F., 1995. *Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Bertsch, F., 1995. *La fertilidad de los suelos y su manejo*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica.

Bertsch, F. 2003. Los abonos orgánicos como suplidores de nutrimentos. Análisis e interpretación. En línea. Consultado: 20 de agosto del 2013. Disponible en : http://www.suelos.ucr.ac.cr/htdocs/accs/templates/accs/images/brown/documentosdisponibles/AbonosOrganicos.pdf

Bertsch, F., 2013. *Los Abonos Orgánicos como suplidores de nutrimentos: Análisis e interpretación*. Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica., Documento no publicado.

Camacho Ulate, Elaine (2005). *Evaluación técnica-económica de diferentes accesorios de bajo consumo de agua aplicados en Costa Rica.* Trabajo Final de Graduación para Licenciatura en Ingeniería Civil, Montes de Oca, Universidad de Costa Rica.

Castro, A.; Henríquez, C.; Berstch, F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. Agronomía Costarricense 33(1): 31-43.

Cañizares-Villanueva, R.O. 2000. *Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana*. Revista Latinoamericana de Microbiología 42, 131-143.

Dalzell, H.; Biddlestone, A.; Gray, K.; Thurairajan, K. 1991. Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales. FAO Boletín de Suelos. 175 p.

Day, M., Shaw, K. 2001. Biological, chemical and physical processes of composting, pp. 18-22. In: P. Stofella yB. Kahn (eds). Compost utilization in horticultural cropping systems. Lewis, U.S.A.

Fasbender, H.; Bornemisza, E. 1987. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. San José, Costa Rica. IICA. 420 p.

Guía Ambiental, 2010. *Tratamiento de Lodos.* Consultado el 26 de julio de 2013 en: http://www.guiaambiental.com.ar/conocimiento-calidad-de-agua-tratamiento-lodos.html

Hazelton, P., Murphy, B., 2007. *Interpreting soil test results: what do all the numbers mean?* Department of Natural Resources, University of Technology, Sidney. Csiro Publishing, Collinwood, Australia.

Laboratorio de Suelos y Foliares, 2013. *Reporte de ensayo N° 47444*. Centro de Investigaciones Agronómicas, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica.

Manual Técnico del Departamento de Aguas del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), publicado en la Gaceta N°98 del 20 de mayo del 2004.

Marschner, H (1986) *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press. London, England.

Soto, G.; Meléndez, G. 2004. Como medir la calidad de los abonos orgánicos. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) No. 72 p. 91-97

Vandevivere, P.; Ramirez, C. 1995b. Microorganismos y nutrimentos en abonos orgánicos: Bioensayo microbiano para determinar los nutrimentos disponibles en abonos orgánicos. Boletín Técnico de la Estación Experimental Fabio Baudrit M. 28(2):90-96.

Informes

Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. Dirección de Ingeniería y Desarrollo de Proyectos. Informe de diseño de cauces y canales Para el subcomponente de control de Inundaciones en el proyecto limón Ciudad puerto Región caribe. Agosto 2013. San José, Costa Rica.

Documentos de internet

Centro de Protección de los Derechos de los Trabajadores (Center to Protect Workers' Rights, CPWR). Ruido en la construcción, Advertencia de peligro. 2003. Obtenido de http://www.cpwr.com/pdfs/pubs/hazard_alerts/Kfspanno.pdf

Delgado, M. 2009. Los microorganismos del suelo en la nutrición vegetal. En línea. Cosultado: 27 de agosto del 2013. Disponible: http://www.oriusbiotecnologia.com/escritos-tecnicos/130-los-microorganismos-del-suelo-en-la-nutricion-vegetal

Enviromental Protection Agency, 1993. *Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge; Final Rules*. Consultado el 26 de julio de 2013 en:
http://water.epa.gov/scitech/wastetech/ biosolids/upload/fr2-19-93.pdf

Juárez, M.; Cerdán, M.; Sánchez, A.;.2007. *Hierro en el Sistema Suelo-Planta*. Departamento Agroquímica y Bioquímica, Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante. Consultado el 01 de agosto de 2013 en: http://rua.ua.es/dspace/ bitstream/10045/1845/1/HIERRO.pdf

Mendívil, J., (2008). *Riesgos a la salud en el manejo de lodos biológicos generados en el tratamiento de aguas residuales.* Consultado el 26 de julio de 2013
en:http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/18831/Capitulo2.pdf

Real Academia Española (RAE), 2013. *Lodo*. Consultado el 26 de julio de 2013 en: http://lema.rae.es/drae/?val=lodo

Reglamento para la gestión integral de lodos y biosólidos. Consultado el 30 de julio de 2013 en: http://cicr.com/docs/Consultas_Publicas/DRS_reglamento_gestion_integral_lodos_biosolidos.pdf. No publicado en La Gaceta.

Wikipedia, 2013. *Lodo.* Consultado el 8 de agosto de 2013 en: http://es.wikipedia.org/wiki/Lodo

Reglamentos y leyes

Convenio OIT 148: Protección de los trabajadores contra los Riesgos Profesionales debidos a la Contaminación del Aire, Ruidos y Vibración en el lugar de Trabajo, emitida por la Asamblea Legislativa, Ley 6550 Convenios Internacionales. Adoptado por la Conferencia Internacional del Trabajo, 1977.

Reglamento para el Control de la Contaminación por Ruido, Decreto N°28718-S del Ministerio de Salud. 2000.

Reglamento de control de ruidos y vibraciones, Decreto N° 10541-TSS del Ministerio de Trabajo y Presidencia de la República.1979.

Poder Ejecutivo, Gobierno de Costa Rica, 1992. *Decreto Nº 21297-S: reglamento para el manejo de lodos procedentes de tanques sépticos*. Consultado el 30 de julio de 2013 en: http:/ /www.cne.go.cr/cedo_dvd5/files/flash_content/pdf/spa/doc373/doc373-contenido.pdf

Bibliografía Sección IV

Tesis

Valdez, Mario (2010). Las Áreas de Protección del artículo 33 de la Ley Forestal: el caso de Quebrada Los Negritos en el sector de Montes de Oca. Tesis de Licenciatura en Derecho. Universidad de Costa Rica, Sede Rodrigo Facio. San José, Costa Rica.

Políticas internacionales

Políticas de Salvaguarda del BIRF.

Legislación

Ley de Aprobación del Contrato de Préstamo N° 7498-CR y sus Anexos, entre el Gobierno de la República de Costa Rica y el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), para financiar el Proyecto de Limón Ciudad-Puerto, número 8275 y sus reformas.
Ley Forestal número 7575 y sus reformas
Ley de Aguas número 276 y sus reformas
Ley de Conservación de Vida Silvestre número 7317 y sus reformas.
Ley 5395, Ley General de Salud
Ley 8839, Ley de Gestión Integral de Residuos
Ley 2, Código de Trabajo
Ley 5395, Ley General de Salud
Ley 6727, Ley sobre Riesgos del Trabajo (Reforma al Código de Trabajo).
Reglamento a la Ley de Conservación de Vida Silvestre, decreto ejecutivo 32633 y sus reformas
Reglamento a la Ley Forestal, decreto ejecutivo 25721 y sus reformas.
Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, decreto ejecutivo 33903-MINAE-S y sus reformas.
Creación del Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito, decreto ejecutivo 23121 y sus reformas.
Decreto Ejecutivo 21297, Reglamento para el Manejo de Lodos Procedentes de Tanques Sépticos
Decreto Ejecutivo 27378, Reglamento sobre Rellenos Sanitarios
Decreto Ejecutivo 36093, Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios
Decreto Ejecutivo 35933, Reglamento para la Gestión Integral de los Residuos Electrónicos
Decreto Ejecutivo 37567, Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos
Decreto Ejecutivo 37757, Reglamento sobre valores guía en suelos para descontaminación de sitios afectados por emergencias ambientales y derrames
Decreto Ejecutivo 1, Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo
Decreto Ejecutivo 10451, Reglamento de Control de Ruidos y Vibraciones

Decreto Ejecutivo 11492, Reglamento sobre Higiene Industrial
Decreto Ejecutivo 12715, Norma oficial para la utilización de colores en seguridad y su simbología
Decreto Ejecutivo 13961, Crea Concejo de Salud Ocupacional
Decreto Ejecutivo 18379, Reglamento de Comisiones de Salud Ocupacional
Decreto Ejecutivo 25235, Reglamento de Seguridad en Construcciones
Decreto Ejecutivo 27434, Reglamento sobre las Oficinas y Departamentos de Salud Ocupacional
Decreto Ejecutivo 26904, Plan Nacional de Salud Ocupacional
Decreto Ejecutivo 33507, Reglamento de Salud Ocupacional en el Manejo y Uso de Agroquímicos

Jurisprudencia, dictámenes y opiniones jurídicas

Sala Constitucional, resolución 13461-2006.
Procuraduría General de la República, dictamen C-103-1998.
Procuraduría General de la República, opiniones jurídicas: OJ-33-1995 y OJ-137.

Documentos de internet

Procuraduría General de la República (2013). Sistema Costarricense de Información Jurídica. Normas indicadas en el texto.
Obtenidas de internet: http://www.pgr.go.cr/scij/

Tribunal Ambiental Administrativo (2010) Manual de Buenas Prácticas Ambientales en Costa Rica.
Obtenido de internet:
http://www.amcham.co.cr/archivos/committee/378_manual_buenas_practicas_ambientales.pdf

Bibliografía Sección V

Libros

Alvarado,L.; Contreras, W.; Alfaro, M. y Jiménez, E. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (2012) *Escenarios de cambio climático regionalizados para Costa Rica*. San José. Costa Rica.

Brooks, Kenneth N. et al. Hydrology and the Management of Watersheds. Iowa State University Press, 1991.

Centro Científico Tropical y otras instituciones. Mapas de Zonas de Vida, Hojas San José, Limón y Talamanca. 1993.

Chow, Ven Te et al. Hidrología Aplicada. Editorial McGraw Hill Interamericana S.A. Santafé de Bogotá, Colombia, 1994.

Consultores en Ingeniería Ambiental y Sanitaria (CIAS S.A.) (2006) *Informe Final: Evaluación Hidrológica de la Cuenca del río Limoncito para el Control de Inundaciones y el Ordenamiento Territorial.* San José. Costa Rica.

Custodio, E. & Llamas, M. (1983). Hidrología Subterránea, Tomo I; Barcelona, Ediciones Omega, S.A.

Denyer, Percy& Alvarado, Guillermo E. (2007). Mapa Geológico de Costa Rica, Escala 1:400.000; San José, Librería Francesa S.A.

Denyer, Percy & Kussmaul, Siegfried [compiladores] (2000). Geología de Costa Rica, Primera Edición, Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Denyer, Percy; Montero, Walter & Alvarado, Guillermo E. (2009). Atlas Tectónico de Costa Rica (2ª Edición); San José, Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Denyer, P., Alvarado, G. 2007: Mapa Geológico de Costa Rica. Ed. Librería Francesa. Escala 1:400 000.

EPA, U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, (2005, Setiembre). *R.E.D. FACTS, Ametryn.*

EPA, U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, (2005, Setiembre). *Registration Elegibility Decision (RED) for Ametryn.*

Fernandez, Bottazzi, Barboza, Astorga «Tectónica y estratigrafía de la cuenca de Limón Sur». // Rev. Geol. Amér. Central, (vol. esp. Terremoto de Limón), 1994: 15-28.

Foster, S. &Hirata, R. (1991). Determinación del riesgo de contaminación de aguas subterráneas; Lima, CEPIS.

Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M. & Paris, M. (2002). Protección de la calidad de agua subterránea: guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales; Washington, D.C., Banco Mundial.

French, Richard. Hidráulica de Canales Abiertos. Editorial McGraw Hill Interamericana S.A. México, 1988.

Hoggan, Daniel H. Computer-Assisted Floodplain Hydrology and Hydraulics. Editorial McGraw Hill, 1989.

Instituto Costarricense de Electricidad. Boletines Hidrológicos Número 1 a Número 21.

JAPDEVA. Plan de Desarrollo Regional. Provincia de Limón 1999-2004/2009+. 2000.

JAPDEVA, 2000: Limón hacia el Siglo 21: Plan de Desarrollo Regional, Provincia de Limón, 1999-2004/2009

IGN (2001). División territorial administrativa de la República de Costa Rica; 1ª Edición, San José, Departamento Territorial y Nomenclatura, Instituto Geográfico Nacional.

Mays, Larry W. Water Resources Engineering. Editorial John Wiley and Sons, Inc. 2001.

Mazhar I. et al. (2012). *Ecological impacts of time-variable exposure regimes to the fungicide azoxystrobin on freshwater communities in outdoor microcosms.*

Monsalve, Germán. Hidrología en la Ingeniería. Alfaomega Grupo Editor S.A. de C.V. Santafé de Bogotá, Colombia, 1999.

Programa de Humedales de Costa Rica, Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional, 2002: Plan de Manejo y Desarrollo del Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito.

Sanders, Laura.(1998). A manual of field hydrogeology; New Yersey, Prentice Hall.New Yersey.

SCAAL, Servicios de Consultoría Ambiental para América Latina, S. A., Informe Final e Informe de Trabajo de Campo, 2006: Actualización del Plan de Manejo Ambiental del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre Limoncito.

Sprechmann, Petter [editor] (1984). Manual de Geología de Costa Rica, Volumen 1: Estratigrafía; San José, Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Tournon, Jean& Alvarado, Guillermo E. (1997). Mapa Geológico de Costa Rica: folleto explicativo; 1ª Edición, Cartago, Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Tournon, Jean& Alvarado, Guillermo E. (1997). Mapa Geológico de Costa Rica, Escala 1:500.000; Cartago, Cartago, Costa Rica.

U.S. Army Corps. HEC-RASRiver Analysis System – Hydrualic Reference Manual Version 3.1. HydrologicEngineering Center, 2003.

U.S. Army Corps. HEC-RASRiver Analysis System – User's Manual Version 3.1. HydrologicEngineering Center, 2003.

USGS, Roughness Characteristics in Natural Channels.

Valerio Alfaro, Diego (2006). Planicies de inundación para el manejo de crecientes en las cuencas de los ríos Banano y Bananito. Informe final de graduación para Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.

Vreugdenhil, C. (1994). Numerical methods for shallow-water flow. Water Science and Technology Library; Kluwer Academic Publisher.

Ward, Andy D., Trimble, Stanley W. Environmental Hydrology. Lewis Publishers, 2004.

Revistas

Murillo, Luis M., «Un modelo inicial para la circulación local en Moín, Costa Atlántica de Costa Rica», Top. Meter. Oceanográfico, 199, 6(1), p. 39-43.

Lizano, Omar, «Algunas características de las mareas en la costa Pacífica y Caribe de Centroamérica», Ciencia y Tecnología, 2006, 24(1), p. 51-64.

Documentos de internet

Alvarado,L. Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Consulta vía correo electrónico el lunes 2 de setiembre del 2013.

Battaglin, W.; Kuivila, K.; Kolpn, D.; Meyer, M.; Sandstrom, M. (2010). *Ocurrence of Azoxystrobin, Propiconalzole, and Selected Other Fungicides in US Streams, 2005-2006.* Consultado el 26 de Julio de 2013 en: http://co.water.usgs.gov/publications/non-usgs/Battaglin10_WASP.pdf

CNE (2013), Amenazas naturales del cantón de Limón.
Obtenido de internet: http://www.cne.go.cr/Atlas%20de%20Amenazas/LIMON1.htm

CNE (2013). Mapa de Amenazas Naturales Potenciales, Cantón Limón.
Obtenido de internet: http://www.cne.go.cr/mapas_de_amenazas/limon/limon.pdf

Datos meteorológicos de la estación Aeropuerto Limón. Instituto Meteorológico Nacional. Consultado el 20 de marzo de 2013 de la dirección electrónica:
http://www.imn.ac.cr/IMN/MainAdmin.aspx?__EVENTTARGET=ClimaCiudad&CIUDAD=

EPA, U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, (2008, Setiembre 24). *54954 Federal Register/Rules and Regulations*, Vol. 73, No. 186. Consultado el 26 de Julio de 2013 en: http://www.epa.gov/fedrgstr/EPA-PEST/2008/September/Day-24/p22078.pdf

Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) (2000) Resumen para responsables de políticas Escenarios de emisiones. Versión digital disponible en http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/sres-sp.pdf Consultado 16 de abril de 2013

IUPAC, INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY. (2003). *Regulatory limits for pesticide residues in water (IUPAC Technical Report),* Vol. 75, No. 8, pp. 1123–1155. Consultado el 30 de Julio de 2013 en: http://www. iupac.org/publications /pac/2003/pdf/7508x1123.pdf

SENARA (2013), Base de datos de la Dirección de Investigación y Gestión Hídrica. San José. Obtenido de internet: http://www.senara.or.cr/direccion%20de%20investigacion%20y%20gestion%20hidrica/senara1.html

UNA, Universidad Nacional de Costa Rica. (2010). Ingredientes Activos. Extraído el 26 de julio de 2013 desde http://www.ftm.una.ac.cr/plaguicidasdecentroamerica/index.php/base-de-datos/ingredientes-activos

Tesis

Campos Bejarano, Lolita (1985). Geología de la Fila Asunción y zonas aledañas, Atlántico Central, Costa Rica; Trabajo final de Graduación para Licenciatura en Geología, Escuela Centroamericana de Geología, Montes de Oca, Universidad de Costa Rica.

Campos Bejarano, Lolita (1985). Geología de la Fila Asunción y zonas aledañas, Atlántico Central, Costa Rica; Trabajo final de Graduación para Licenciatura en Geología, Escuela Centroamericana de Geología, Montes de Oca, Universidad de Costa Rica.

Serrano Pacheco, Alberto (2009). Simulación numérica bidimensional de procesos hidrológicos e hidráulicos sobre lecho irregular deformable. Tesis para Doctorado en Ingeniería, Área de Mecánica de Fluidos, Centro Politécnico Superior, Universidad de Zaragoza, España.

Valerio Alfaro, Diego (2006). Planicies de inundación para el manejo de crecientes en las cuencas de los ríos Banano y Bananito. Informe final de graduación para Licenciatura en Ingeniería Civil, Escuela de Ingeniería Civil, Universidad de Costa Rica.

Bibliografía Sección VI

Libros y revistas

Acuña, J.A., Cortés, J. & Murillo, M.M. 1996-1997. Mapa de sensibilidad ambiental para derrames de petróleo en las costas de Costa Rica. Rev. Biol. Trop. 44(3)/45(1): 463-470.

Araya García, Álvaro; Barboza Topping, Rafael; Ramírez Mena, Walter & Rodríguez Vindas, Alejandro (2009). Inspección tramo final del Emisario Submarino de Limón. Informe Técnico Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA).

Barrantes Rojas, Natalia (2010). Programa interpretativo del ecosistema marino de la Isla Quiribrí (Uvita), Limón. Trabajo final de Graduación para Licenciatura en Biología con énfasis en Interpretación Ambiental, Montes de Oca, Universidad de Costa Rica.

Bolaños, R.A. y V. Watson. 1993. Mapa Ecológico de Costa Rica: San José. Centro Científico Tropical.

Brusca, Richard C. & Wehrtmann, Ingo S. (2009). Isopods.*In:* Wehrtmann, I.S.& Cortés, J. (eds.) Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America.

Bussing, W.A.& M.I. López (2009). Marine fish. In: Wehrtmann, I.S.& Cortés, J. (eds.) Marine Biodiversity of Costa Rica, Central America.

Bussing, William A. (1998). Peces de las aguas continentales de Costa Rica (2da ed); Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Bussing, William A. & López, Myrna I. (2010). Peces costeros del Caribe de Centroamérica Meridiontal: Guía Ilustrada; Rev. Biol. Trop. 58 (2).

Centurioni, L.R. & P.P. Niiler. 2003. On the surface currents of the Caribbean Sea. Geophys. Res. Letters 30(6):12.1-12.4*, doi:10.1029/2002GL016231*

Córdoba, R; J. Romero, N. Windevohel, C. Madrigal, J bravo y L. Rivera. 1998. Inventario de los humedales de Costa Rica. UICN/ORMA-SINAC/MINAE. Embajada Real de los Países Bajos. Programa Uso y Conservación de Humedales. Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica. 380 pp

Cuevas, O. 2002. Actividad alternativa de desarrollo turístico para la comunidad de pescadores de Limón, Costa Rica. Estudio de Factibilidad y Plan Maestro del proyecto. ASCIENPE & CCC. 81 pp.

Dexter, D.M. (1974) Sandy-beach fauna of the Pacific and Atlantic coasts of Costa Rica andColombia. Rev Biol Trop 22:51–66

FishBase (2013). FishBase 2013. Obtenido de internet: http://www.fishbase.org/search.php

Gehl, Jan (1971). La vida entre los edificios, el uso del espacio público. Versión traducida por Daniel Morgan; Montes de Oca, Escuela de Arquitectura, Universidad de Costa Rica.

Gilberth, Carter R. & Kelso, Donald P. Fishes ot the Tortuguero area, Caribbean Costa Rica, Bull. Florida State Mus. Biol. Sci, 1971: 16: 1-54.

Hammel, B.E., Grayum, M.H., Herrera, C. & Zamora, N. 2007. Manual de Plantas de Costa Rica. Vol. VI. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. # 111.

Hammel, B.E., Grayum, M.H., Herrera, C. & Zamora, N. 2010. Manual de Plantas de Costa Rica. Vol. V. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. # 119.

Holdridge, L.R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Editorial IICA. San José, Costa Rica. 216 pp.

Holdridge, L. R. & L. Poveda, Q, Jiménez. 1977. Árboles de Costa Rica. Vol I. 2 ed. Centro Científico Tropical. San José. Costa Rica. 522 pp.

JAPDEVA. 2012. Estudio de la vocación empresarial de la Región Atlántica. JAPDEVA y Agencia para el Desarrollo de Limón RHN. 81 pp.

Jiménez, Q., Estrada, A., Rodríguez, A. & Arroyo, P. 2001. Manual dendrológico de Costa Rica. Editorial Tecnológica. Cartago.

Lander, J.F., Whiteside, L.S., & Lockridge, P.A. 2002. A brief history of tsunamis in the Caribbean Sea. Science of Tsunami Hazards 20(1): 57-94.

Lang, Jon; Burnette,Charles; Moleski,Walter & Vachon, David (1974). Designing for Human Behavior: Arquitectura and the Behavioral Sciences; Pennsylvania, Editorial Dowden, Hutchinson & Ross, Inc.

Lee, R. Craft, P. & Zona, S. 2012. Emcyclopedia of cultivated palms. Timber Press, Portland y Londres.

Lara, Luis Rollier (2009). Camarones dulceacuícolas (Decapada; Palaemonidae) de la cuenca del río Grade de Térraba, Costa Rica; Costa Rica, Proyecto Hidroeléctrico El Diquís, ICE.

López Sánchez, Myrna . Migración de la sardina *Astynax fasciatus* (Characidae) en el río Tempisque, Guanacaste, Costa Rica. Rev. Biol. Trop; 1978: 26: 261-275.

Merritt, Richard W., Cummins, Kenneth W. & Berg, Martin B. (eds.) (2008). An introduction to the aquatic insects of North America (4ta.ed); Iowa, Kendall/Hunt, Dubuque.

Molina Ureña, Helena (2009). El Pez León del Indo-Pacífico: nueva especie invasora en Costa Rica. Biocenosis 22(1-2): 21-30.

Mora Alfaro, J. 2006. El Instituto de Desarrollo Agrario (IDA), Informe Fase I: Análisis evaluativo sobre el cumplimiento de sus objetivos y funciones. Programa Regional de Maestría en Desarrollo Rural (PRMDR), Universidad Nacional. Instituto de Desarrollo Agrario.

Mora, J.M. 2000. Los mamíferos silvestres de Costa Rica. Editorial EUNED, San José, Costa Rica.

Nascimbeni, Giulio, «Come l'Italiano santo e navigatore é diventato bipolare», Corriere della Sera, 25.6.1976, p. 1,col. 9.

Oceguera-Figueroa, Alejandro & Pacheco Chaves, Bernald. Registros de sanguijuelas de Costa Rica y clave para la identificación de las especies con redescripción de Cylicobdella costaricae. Rev. Mex. Bio; 2012: 83: 946-947.

Pacheco Chaves, Bernald (2010). Diversidad Taxonómica y Distribución de los Chinches Patinadores (Hemiptera: Gerridae) en Costa Rica; Trabajo final de Graduación para Licenciatura en Biología, Escuela de Biología, Montes de Oca, Universidad de Costa Rica.

Piedra. I. y Bravo, J. 2002. Programa Humedales de Costa Rica. Informe final sobre el Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito (RNVSL): Restauración y Manejo de Bosques Inundables de Palma (*Raphia taedigera*) y cativo (*Priora copaifera*). Escuela de Ciencias Ambientales. Universidad Nacional. Heredia. Costa Rica. 23 p.

Piedra, L. & Bravo. J. 2002. Refugio Nacional de Vida Silvestre Limoncito: Restauración y Manejo de Bosques Inundables de Palma (*Raphia taedigera*) y Cativo (*Prioria copaifera*).Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional de Costa Rica.

Ramírez, Alonso & Hanson, Paul (eds.) (en prep.) Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica: Vol 3: Annelida, Hirudinea, Hidracarina, Crustacea & Mollusca; Costa Rica, Suppl. Rev. Biol. Trop.

Reid, F. 1997. A field guide to the Mammals of Central America and Sourheast Mexico. Oxford University Press. USA. New York.

Rincón, María Eugenia; Pardo, Raúl H., Ospina, Rodolfo & Muñoz de Hoyos, Paulina (eds) (1997). Seminario Invertebrados Acuáticos y su utilización en estudios ambientales; Bogotá, Sociedad Colombiana de Entomología.

Roca, R, Rojas, S., Rodríguez G, Camacho, F, Juarez, O y Quintero LF. 2006 Actualización del Plan de Manejo Ambiental del Refugio Nacional Mixto de Vida Silvestre "El Limoncito". Servicios de Consultoría Ambienal para América Latina, S.A.

Roldán Pérez, Gabriel (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia; Medellín, Fondo FEN, Universidad de Antioquia.

Roldán Pérez, Gabriel & Ramírez Restrepo, John Jairo (2008). Fundamentos de Limnología Neotropical; Medellín, Editorial Universidad de Antioquia.

Rosenberg, David M. & Resh, Vincent H. (1993). Freshwater Biomonitoring and Benthic Macroinvertebrates; Routledge, Chapman & Hall, Inc.

Sandoval, Juan Carlos & Molina, Isela F. (2000). Insectos. Pp: 405-550. En: De la Lanza Espino, Guadalupe; Hernández Pulido, Salvador & Carbajal Pérez, José Luis (com.): Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores); México, Plaza y Valdés.

Salazar Palavicini, Guillermo (1986). Formación del espacio social de la ciudad de San José: Proceso de apropiación del territorio urbano (1870-1930); Trabajo final de Graduación para Maestría en Sociología, Sistema de Estudios de Posgrado, Montes de Oca, Universidad de Costa Rica.

Schaper, Stefan (1996). La comunidad de peces en el arrecife de Puerto Viejo (Limón, Costa Rica). Rev. Bio!. Trop. 44(2): 923-925.

Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. 3 de Diciembre de 2012. Carta a Edwin Cyrus Cyrus, Director del Área de Conservación Amistad Caribe.

Springer, Monika C., Ramírez, Alonso & Hanson, Paul (eds.) (2010). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica: Vol 1: Ephemeroptera, Plecoptera, Odonata, Trichoptera, Lepidoptera, Megaloptera & Neuroptera; Costa Rica, Suppl. Rev. Biol. Trop.

Springer, Monika C., Ramírez, Alonso & Hanson, Paul (eds.) (en prep.) Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica: Vol 2: Blattodea, Hemiptera, Hymenoptera, Coleoptera & Diptera; Suppl. Rev. Biol. Trop. Springer, Monika C.,

Stiles, G y Skutch A, 1989. A guide to the Birds of Costa Rica. Cornell University Press. USA. New York.

Toledo-Pérez, S.J. y M.C. García-Capote. 2000. Nutrición y alimentación de tilapia cultivada en América Latina y el CaribeEn: Civera-Cerecedo, R., Pérez-Estrada, C.J., Ricque-Marie, D. y Cruz-Suárez, L.E. (Eds.) Avances en Nutrición Acuícola IV. Memorias del IV Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Noviembre 15-18, 1998. La Paz, B.C.S., México. pp 83-137.

Tosi, J. 1969. Mapa ecológico según la clasificación de zonas de vida del mundo por L. R. Holdridge. Centro Científico Tropical.

Winemiller, Kirk. O. & Ponwith. Bonnie J. Comparative ecology of eleotrid fishes in Central American coastal streams. Env. Biol. Fish., 1998: 53: 373-384.

Zamora, N., Jiménez, Q. & L. Poveda. 2000. Árboles de Costa Rica, Vol: II. 1 ed. INBio, CCT, CI. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica. 374 pp.

Zamora, N., Jiménez, Q. & L. Poveda. 2004. Árboles de Costa Rica, Vol III. INBio, CCT, CI. San José. Costa Rica. 556 pp.

Documentos de internet

Banco Mundial (2004), Indicadores de Desarrollo Mundial 2004, Washington. Obtenido de internet: http://econ.worldbank.org/wdr/wdr2004/text-30023/

CITES (2013). CITES 2013. Obtenido de internet: http://www.cites.org

Google 2013. Google Earth versión 7.0.2.

Instituto Meteorológico Nacional. 2011. Descripción del Clima del Cantón de Limón. <http://www.imn.ac.cr/publicaciones/Climatologia_Limon.pdf>

IUCN Red List (2012). IUCN Red List 2013. Obtenido de internet: http://www.iucnredlist.org/
Janzen, D 1983. Costa Rica Natural History. Univ. Chicago Press.

Lizano Rodríguez, Omar G& Gutiérrez, Alejandro (2011). Erosión de las costas de Costa Rica. Obtenido de internet: http://miocimar.ucr.ac.cr/printpdf/book/export/html/39. Acceso más reciente: julio 29, 2013.

Nishenko, S.P., Camacho, E. Astorga, A., Morales, L.D., & Preuss, J. 1994. The 1991 Limón, Costa Rica tsunami. Obtenido de internet: http://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/pdf/eng/doc509/doc509-a.pdf
Último acceso: 20 de setiembre, 2013.

http://areasyparques.com/areasprotegidas/otros-amistad-caribe/

Reglamentos

MINAE, Reglamento a Ley de Conservación de la Vida Silvestre, La Gaceta, 20. 09. 2005.

MINAE-S, Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales, La Gaceta, 17.09.2007, p. 7, col. 178.

Bibliografía Sección VII

Libros y revistas

Alfaro González, Anastasio. 1893. Antiguedades indígenas de la República de Costa Rica; exposición histórica-americana de Madrid. Peralta, Manuel María. Etnología Centro-Americna.

Álvarez, Y; Fallas, C; Zamora, C (2003). Monumentos Escultóricos de las cabeceras de provincia (Alajuela, Cartago, Heredia, Liberia, limón y Puntarenas) Historia de las Antillas. Costa Rica: Editorial Ministerio de Cultura, Juventud y Deportes, Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio Cultural.

Burel, Francois & Baudry, Jacques (2002). Ecología del Paisaje. Ediciones Mundi-Prensa, México.

Casey, J. (1976) *El ferrocarril al Atlántico en Costa Rica, 1871-1874.* Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, Vol. 2: 291-344.

Chávez, S; O. Fonseca y N. BaldI. 1996. Investigaciones arqueológicas en la Costa Caribe de Costa Rica, América Central. En Revista de ***Arqueología Americana***, México. 10: 123-161.

Corrales, F. 2010. Visitas exploratorias al Caribe Sur, 2010. Informe de inspección arqueológica, Proyecto Limón Ciudad-Puerto. Ms., Departamento de Antropología e Historia, Museo Nacional de Costa Rica.

Corrales, F. y O. Morales. 2010.Investigación Arqueológica en el Caribe Sur de Costa Rica: sitios Penshurt (L-108 Pn), Tuba Creek (L-109 TC), Ortiz (L-214 Or) y Sixaola (L-216 Sx). Ms., Departamento de Antropología e Historia, Museo Nacional de Costa Rica.

Dramstad, Wence E; Olson, James D; & Forman, Richard T.T. (1996). Lanscape Ecology Principles in Landscape Architecture and Land-Use Planning, Editorial Island Press and American Society of landscape architects and Harvard University Graduate School of design. Estado Unidos.

Fernández Ferraz, V.. 1908. La Biblioteca Nacional. Páginas Ilustradas, Volúmen V, Número 214: 3649-3651.

Fernández De Oviedo, Gonzalo 1959. **Historia General y natural de las Indias**.

FLACSO (2004) *Limón Ciudad Puerto. Informe de consultoría.* Costa Rica

Fonseca. O., 1992. **Historia Antigua de Costa Rica: surgimiento y caracterización de la primera civilización costarricense**. Colección Historia de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica.

Gordon, P et al (1992) Trabajo Comunal universitario: "Preparativos de salud para situaciones de desastres, comunidad de Limoncito". Universidad de Costa Rica, Sede Regional de Limón.

Guerrero, JV y M.L. Villalobos. 2011. Informe de Investigación arqueológica en Isla Quiribrí (l-215 IQ) . Proyecto Limón Ciudad-Puerto. Ms., Departamento de Antropología e Historia, Museo Nacional de Costa Rica.

---- 2012. Informe final de Investigación arqueológica del sitio Moín (L-123 Mo) . Proyecto Limón Ciudad-Puerto. Ms, Departamento de Antropología e Historia, Museo Nacional de Costa Rica.

Hartman, Carl Vilhelm. 1901. **Archaeological researches in Costa Rica**. Stockholm. The Royal Ethnographical Museum in Stockholm. Hurtado de Mendoza y M. Gutierrez M. 1986.

Hernández, M. 2004. Informe Parcial de Labores de Campo, Operación 1 Diagnóstico Arqueológico, LT Moín-Cahuita y Subestación Transformadora Cahuita. Ms., en archivo, Departamento de Antropología e Historia, Museo Nacional de Costa Rica.

Hernández, M., C. Cordero, J.C. BUSTOS. 2009. Diagnóstico arqueológico de la Línea de Transmisión Moín-Cahuita (LTM-MC) y Cahuita-Sixaola (LT-CS). Informe Final. Ms., Departamento de Antropología e Historia, Museo Nacional de Costa Rica.

Japdeva (Ed.). (2000) Plan de desarrollo regional, Provincia de limón 1999-2004/2009: Limón Hacia el siglo XXI, Potencialidades y oportunidades para el desarrollo humano.

Jiménez, J.& Young, M. (2008)*Centro Folklórico de Tradiciones Limonenses.* Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Arquitectura. Universidad de Costa Rica, San José.

Leal, D. (2011) Informe Final del Análisis de la situación e identificación de posibles líneas de acción para la cooperación para el desarrollo en la provincia de limón (Costa Rica)-municipios de Limón, Talamanca, Matina, Siquirres y Pococí. Embajada de España en Costa Rica, Oficina Técnica de cooperación.

Lemistre, A. (1983). Monografía Histórica de Limón. San José: Editorial Ministerio de educación pública.

Linares Y Ranere, 1980. **Adaptative radiations in Prehistoric Panamá**. Peabody Museum Monographs No.5. Harvard University, Cambridge, Mass.

Lothrop, Samuel Kirkland. 1926. **Pottery of Costa Rica and Nicaragua**. New York. Museum of the American Indian Heye Foundation.

Martínez, R. (2001).El rastafarismo y su estilo de vida en limón. *Revista Herencia*. V1-2, págs. 173-177.

Mata, Rafael & Tarroja, Alex (2006). El Paisaje y la gestión del territorio. Dirección de comunicación de la diputación de Barcelona, España.

Ministerio de Educación Pública (Ed.). (1982). Sobre el primer seminario taller incorporación de elementos culturales de la región Huetar Atlántica al currículum. Costa Rica: Ministerio de Educación pública.

Municipalidad de Limón (1992) Luchas y esperanzas: 100años de historia doble e inconclusa del cantón de Limón. Uruk editores, Costa Rica.

Peraldo, G. y Rojas, E. (1998) *La Deslizable Historia del Ferrocarril al Caribe de Costa Rica*. Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 24(1-2): 97-128.

Programa de Investigación en Desarrollo Urbano Sostenible (ProDUS-UCR) (2010).Indices de fragilidad ambiental para el cantón de San José, Municipalidad de San José, Costa Rica.

Snarskis, M. 1978. The Archaeology of the Central America Atlantic Watershed of Costa Rica. Tesis doctoral, University of Columbia, N.Y

---- 1981. **The Archaeology of Costa Rica**. En Between Continents/ Between Seas: Precolumbian Art of Costa Rica . Ed Harry N. Abrams, Inc. New York.

---- 1983. **La cerámica precolombina en Costa Rica**. Instituto Nacional de Seguros. San José.

Sol, F. 2005. Nuevas perspectivas sobre la Arqueología del Caribe Sur de Costa Rica. *Vínculos* 27 (1-2): 19-44.

Stone, Doris. 1966. Introducción: el problema y las bases históricas y arqueológicas. Congreso Internacional de Americanistas. XXXVII: 3-18

Vásquez R, Rojas M., Chacón A., Hidalgo T., y Berteau M. 1993. Banco Unificado sobre sitios arqueológicos de Costa Rica y su estado de investigación. Primera versión, Departamentos de Antropología e Historia, Museo Nacional.

Viales, R. (2001) *La Colonización Agrícola de la Región Atlántica (Caribe) Costarricense entre 1870 y 1930. El peso de la política agraria liberal y de las diversas formas de apropiación territorial.* Anuario de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 27(2): 57-100

Zamora, C (2009) Ciudad Limón, Cahuita y Puerto Viejo. Costa Rica: Editorial Ministerio de cultura Juventud y deportes, Imprenta nacional, Costa Rica.

Tesis

Baldi, N. 2001. Black Creek (Cat U.C.R. No 467): Primeras Interpretaciones Arqueológicas de un Modo de Vida Costero en el Caribe Sur de Costa Rica. Tesis Departamento de Antropología, Universidad de Costa Rica.

Chacón, O (1996) *Riesgo y mitigación de inundaciones en la ciudad de Limón.* Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería, Escuela de ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Gerner, V. (2011) *Las comparsas limonenses. Un estudio de la relación entre música y su contexto socio-cultural*. Tesis para optar al grado y título de Maestría Académica en Artes con énfasis en Música. Programa de Estudios de Posgrado en Artes, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Legislación

Costa Rica, MINAE. 2006. *Decreto Nº 32967-MINAE. Manual de Instrumentos Técnicos para el proceso de Evaluación de Impacto Ambiental (Manual de EIA), Parte III. Procedimiento técnico para la introducción de la variable ambiental en los planes reguladores u otra planificación de uso del suelo.* San José: El Ministerio

Documentos de internet

MUSEO NACIONAL DE COSTA RICA. Base de datos Orígenes. Consulta en línea en marzo de 2013. http://origenes.museocostarica.go.cr

Organización panamericana de la salud (1993) *Estudio de Caso: Terremoto del 22 de abril de 1991 - Limón, Costa Rica,* disponible en:cidbimena.desastres.hn/docum/ops/publicaciones/050/050.3.htm

Intertournet (2005). Reseña Histórica de Limón. Consulta en línea el 20 de noviembre de 2013 de http://intertournet.co/web14/provincias/limon_historia.htm

Bibliografía Sección X

Documentos de internet

Consejo Nacional de Rectores, CONARE. (2012) Marco de Gestión Ambiental y Social del Proyecto Mejoramiento de la Educación Superior.
Obtenido de internet: http://www.conare.ac.cr/index.php/documentos-bm/file/232-marco-de-gestion-ambiental-y-social-del-proyecto.html

Programa de Infraestructura Hídrica Norte Grande (2012), Manual de Gestión de Reclamos y Conflictos asociados a aspectos ambientales y sociales - MAGERCAS.
Obtenido de internet: http://www.ucpypfe.gov.ar/BirfPIHNG/ManualReclamos-BIRF.pdf