

SECCION B: Caracterización Ambiental

B.1. Medio Físico

B.1.1 Geología y Geomorfología

B.1.1.1 Geología

La inclusión de estudios geológicos como un criterio de diseño tiene como objeto identificar las características geotécnicas del área de estudio y reducir al máximo la vulnerabilidad del Proyecto a fenómenos geológicos. Con ello se pretende disminuir costos de construcción y reparaciones, mantener la continuidad del servicio y mitigar impactos en el medio ambiente.

Se describe la geología regional y las características geomorfológicas, además del detalle litológico de las zonas que recorre el tendido y los posibles problemas a encontrarse durante las etapas de construcción y mantenimiento.

B.1.1.1.1. Geología básica regional

El pequeño territorio de Costa Rica presenta una geología compleja, producto de una movilidad cortical intensa. La alternancia de períodos compresivos y tensionales ha favorecido los cambios de ambiente para la sedimentación, así como ha propiciado las condiciones adecuadas para la intrusión, vulcanismo y diversos tipos de fallamiento.

Costa Rica forma parte de una arco intra-oceánico entre el Pacífico y el Caribe (Kuypers 1979), resultado de la subducción de la Placa del Caribe. Se evidencia su actividad en la Fosa Mesoamericana, que se extiende desde la costa del Pacífico Norte de Costa Rica hasta México. Según la subdivisión propuesta por Dickinson (1974) para los sistemas arco-fosa, el área de estudio se ubica en el arco externo y en el arco interno (Mora, 1983).

Hace aproximadamente 150 millones de años, en el período Jurásico Superior, era Mesozoica, el continente americano se encontraba separado por un canal interoceánico limitado al Norte por lo que se ha llamado América Central Nuclear, y al Sur por el Espolón de Panamá (Lloyd 1963, en Castillo 1984). En este canal se dio una intensa actividad volcánica submarina. Como resultado de esta actividad, y por el levantamiento del fondo oceánico debido a la presión interna de la tierra, se formó un archipiélago de islas volcánicas.

Estas islas fueron erosionadas y se hundieron en el mar hacia finales del Cretácico y a principios del Paleoceno-Eoceno, hace aproximadamente 40 a 70 millones de años. El mismo proceso anterior, más los materiales acumulados en la cuenca oceánica por la sedimentación de los materiales erosionados de estas islas, originaron la isla de Guanarivas, que a su vez sufrió el mismo proceso de erosión y sedimentación. El proceso de erosión y acumulación de sedimento en la cuenca duró aproximadamente de 40 a 50

millones de años, y estos ocasionalmente eran expuestos a la superficie por presiones tectónicas.

Durante el Mioceno los sedimentos de la cuenca continuaron plegándose y afallándose, dando paso a la emersión de territorios que formarían parte de Costa Rica, como la Cordillera de Talamanca hace 7 a 12 millones de años, fenómeno que perduró hasta finales del Mioceno superior. Con el levantamiento final de Talamanca, hace 2 a 7 millones de años se inicia una intensa y extensa actividad volcánica. La actividad fue predominantemente fisural, a través de fallas y fracturas, el material se depositó sobre sedimentos preexistentes originando de esta manera la Cordillera de Tilarán y los Montes del Aguacate (grupo Aguacate).

Otro episodio volcánico posterior se inicia a finales del Plioceno, hace aproximadamente dos millones de años, las grandes erupciones de materiales a través de fisuras y conos dieron origen a las Cordilleras volcánicas de Guanacaste y Central, y a las llanuras del Norte y Noroeste. A finales del Plioceno la fosa de Nicaragua se empezó a levantar y a rellenarse con materiales provenientes de volcanes y fisuras, así como de materiales erosionados de las mismas cordilleras, iniciándose así la formación de las llanuras del Atlántico, perfilándose la fisonomía actual del territorio de Costa Rica hace unos dos millones de años aproximadamente.

Producto de esta historia geológica, la vertiente pacífica de Costa Rica está integrada por una serie de formaciones geológicas sedimentarias y volcánicas cuya ubicación espacial es bastante compleja y conformadas por materiales de muy diverso origen.

Desde la frontera Norte hasta las cercanías de Hacienda Los Ahogados, la zona de estudio atraviesa la Formación Brito de origen sedimentario (areniscas, limonitas, calizas arrecifales, período Eoceno). Siguiendo el recorrido se presenta una formación de origen volcánico del Plioceno (tobas riolíticas, pómez, lavas columnares e ignimbritas). En las vecindades de Liberia se presenta una formación lahárica del cuaternario aún no diferenciada.

Lavas y lahares andesíticos de la Cordillera de Guanacaste

Los productos pleistocénico-holocénicos de los conos volcánicos de la Cordillera de Guanacaste: Orosí, Rincón de la Vieja, Miravalles y Tenorio, principalmente, afloran en la parte noroeste del área y han sido agrupados por poseer características geoquímicas muy similares.

Conforman una extensa y espesa unidad, que incluye coladas de lava andesítica, lahares, algunos depósitos cenicientos y lapillicos y brechas lavicas y que se interdigitan con las rocas piroclásticas de la Meseta de Santa Rosa.

La meseta ignimbrítica de Santa Rosa, ocupa un área de aproximadamente 1 500 Km² entre la costa pacífica al oeste y la cordillera de Guanacaste al este, La Cruz al norte y Cañas al sur. Consiste de una secuencia de varios depósitos de flujos piroclásticos, e ignimbritas, depósitos de pómez y oleadas piroclásticas, intercaladas con sedimentos fluvio-lacustres y algunos lavas andesíticas.

Al noroeste de la cordillera de Guanacaste, afloramientos de esta unidad piroclásticas son escasos, probablemente debido a la fuerte meteorización en esta zona.

De acuerdo con sus características, la meseta de Santa Rosa se divide en dos formaciones (Dengo, 1 962, Tournon, 1 984). La inferior o Formación Bagaces contiene rocas con una coloración gris, muchas veces ignimbritas soldadas con fiames negros. La unidad superior o Formación Liberia presenta una coloración clara, muchas veces blanca o rosada, contiene mucha pómez y cuarzo y también fenocristales de biotita y hornblenda.

El flujo de mayor extensión que puede ser utilizado como estrato guía, es el “Flujo de pómez biotítico del Río Liberia” que forma la base de la Formación Liberia. Su composición es riolítica con hasta 77% de sílice, por el cual son las rocas ígneas más ácidas de todo Costa Rica. Una extensión entre 3 500 y 4 000 km² y un volumen de 34 Km³. Este flujo fue datado en 1,6 Ma y probablemente se localizó en las cercanías del Volcán Rincón de la Vieja (Chiesa, 1 991).

Encima del flujo de pómez biotítico sigue una secuencia de flujos piroclásticos de menor extensión, cuya edad varía entre 1,4 y 0,5 Ma. Estos flujos han sido relacionados con el colapso de la caldera de Guayabo al pie del volcán Miravalles (Chiesa et al., 1 992). El espesor de la secuencia es de aproximadamente 45 m, cubren un área de aproximadamente 300 km² entre el volcán Miravalles, Bagaces y Liberia y tienen un volumen mayor de los 30 km³. Se trata de flujos piroclásticos con intercalaciones de depósitos sedimentarios, oleadas piroclásticas, tobas de caída y paleosuelos.

Cordillera de Guanacaste

Se trata de cuatro estratovolcanes complejos con altura entre los 1 500 y 2 000 msnm, que se extienden desde la frontera con Nicaragua a lo largo de 80 km en dirección sureste.

Desde NO al SE son: Orosi-Cacao, Rincón de la Vieja, Miravalles y Tenorio-Montezuma. El único volcán activo y el macizo mayor (200 km³) de esta cordillera es el Rincón de la Vieja que presenta en su cima nueve cráteres y conos.

Las rocas de los diferentes volcanes de la cordillera de Guanacaste son muy similares entre sí. Se trata de coladas de lava, con intercalaciones de material piroclástico de caída y de flujo, lahares y avalanchas volcánicas.

Las lavas son principalmente andesitas y andesitas basálticas con pocos basaltos

Lacustre intracaldera (Cuaternario)

Sedimentos fluvio lacustres y cenizas volcánicas con intercalaciones de lavas del Miravalles en sus niveles superiores.

Lavas del Volcán Miravalles (Cuaternario)

Composición general de andesitas augíticas, sin embargo, presentan ligeras variaciones de textura y composición mineralógica.

La caldera de Guayabo o Caldera de Miravalles es el rango estructural más sobresaliente del área. Formada por colapso de una estructura volcánica primaria, parte de un sistema de aparatos volcánicos orientados de sur-este a nor-oeste, que dio origen a cantidades considerables de tobas e ignimbritas lo cual produjo un desequilibrio y, por consiguiente, el colapso de la estructura.

La forma de la caldera se manifiesta por un escarpe de falla semicircular, en el cual, el bloque hundido corresponde al lado cóncavo del semicírculo.

Sin embargo, el trazo de la falla no es evidente en su totalidad, hacia el sur, entre las localidades de Fortuna y Cuipilapa, posiblemente ha sido cubierta por coladas que provienen del Volcán Miravalles.

Existen también muchos sistemas de fallas y fracturas, asociados a una actividad tectónica posterior al colapso. Las direcciones predominantes son este-noroeste.

Piso de la caldera

Es una planicie alargada, su forma esta delineada en su parte externa por la línea de falla semicircular, que define la caldera, mientras que en su límite interno tiene forma irregular a causa de las coladas de lavas que han cubierto parte de esta planicie.

Dentro de esta llanura, existen áreas pantanosas como Los Llanos y la Laguna Mogote. Estas son lagunas intermitentes, muchas de estas han sido drenadas para el aprovechamiento agrícola.

El drenaje corresponde a pocos los ríos y quebradas que atraviesan la planicie. Su principal colector es el río Guayabo.

Sector de Caldera Guayabo-Estribación con el Cerro Turrubares

Entre este sector y los cerros de Turrubares existen tres formaciones sedimentarias: Senosri, Las Palmas y Punta Carballo. La primera está formada por calizas brechoides organogéneas, lutitas y calacarenitas, pertenecientes al Oligoceno. La segunda es del Eoceno-Paleoceno y está conformada por limonitas, lutitas, areniscas y calcarenitas. La tercera es una formación de areniscas verdosas, conglomerados subangulares y calizas del Mioceno.

La parte montañosa del trazado corta los cerros de Turrubares, que pertenecen al Complejo Nicoya. Esta formación está constituida por grauwaca, lutitas, faníticas, calizas silíceas, coladas de basalto, aglomerados de basalto e intrusiones de diabasas, gabros y

dioritas. Pertenece al Cretácico y es la formación más antigua que atraviesa la zona de estudio.

Continuando por la vertiente pacífica se toca la Formación Térraba de lutitas oscuras, limonitas, areniscas tobáceas, conglomerados y turbiditas, esta formación pertenece al Oligoceno-Mioceno.

B.1.1.1.2 Geomorfología local del área de influencia del proyecto

El trazado que recorre la línea eléctrica presenta una alta variabilidad topográfica y climática. Se agrega a lo anterior su cercanía a la costa pacífica, incrementándose la diferenciación en las condiciones del terreno. La variación topográfica junto con la historia tectónica y los procesos erosivos que dependen parcialmente de las condiciones climáticas, han determinado patrones de drenaje particulares, los cuales, en las últimas décadas se encuentran alterados y acelerados en sus mecanismos erosivos por la acción antrópica. mapa 6

El grado de meteorización de las rocas ígneas y sedimentarias de las variadas litologías que se agrupan en distintas formaciones, así como la diferenciación climática, el grado de evolución, los procesos de transporte y depositación de los materiales (minerales y orgánicos), han generado diferentes perfiles edáficos, cada uno con su propia composición y estructura, capacidad soportante y erodabilidad.

Por todo ello se han encontrado seis grupos geomorfológicos distintos de los cuales se describen sus características generales. (Madrigal 1 976)

Formas de denudación. Estas formas tienen su origen en procesos erosivos de tipo laminar activados principalmente por la dinámica climática actuando sobre la formación superficial. El sistema hídrico juega un papel relevante en cuanto es un agente activo de transporte de los materiales removidos, mientras la dinámica de entalle contribuye al proceso erosivo. En algunos casos poco comunes en nuestro medio, el viento constituye otro agente activo cuya ponderación es relativa. Se caracteriza por su alto potencial erosivo en las áreas que afecta, prueba de ello es la exposición de la roca madre en un alto porcentaje del área afectada. A lo largo de la traza del Proyecto se han identificado dos formas: a- serranías y valles profundos en el Complejo de Nicoya, que ocupa la mayor parte de la Península de Nicoya y en menor grado las zonas cercanas a Herradura, Jacó, Osa y Burica y, b- laderas muy empinadas y escarpe de erosión en la Cordillera Costeña, que se extiende desde la frontera con Panamá hasta un sitio ligeramente al NE de Punta Uvita. Salazar 2 000, los define como cerros de laderas fuertes, con divisorias muy angostas, en muchos casos verdaderos espinazos; los fondos de los valles son generalmente angostos. Algunos de los valles de fondo ancho presentan un relleno de poco espesor. Esta forma está constituida por rocas del Complejo de Nicoya y su forma actual está ligada a la erosión fluvial, que ha dejado a estas serranías en un estado de denudación extrema. Es muy probable que esta forma se iniciara en el Jurásico hasta el Paleoceno y hoy día la erosión continúa.

Formas de origen volcánico. Fundamentalmente la forma del terreno se debe a la depositación de lavas producto de la actividad efusiva de las Cordilleras Volcánicas de

Guanacaste y Central. El intemperismo y la erosión han modelado el relieve suavizándolo. A lo largo de la traza se han caracterizado las siguientes cinco formas: 1- la meseta de Santa Rosa, que se extiende desde casi la frontera con Nicaragua hasta la ciudad de Cañas, con una longitud de 100 km, 2- las lomerías de fuerte pendiente en la Cordillera de Tilarán, que se localizan desde las vecindades de la ciudad de Tilarán y se extienden hacia el SE, 3- las serranías de laderas de fuerte pendiente; la comunidad de Santiago de Puriscal está en el centro de esta unidad, 4- el Cerro Turrubares, localizado a unos 10 km al SO de Santiago de Puriscal y, 5- los lomeríos bajo ondulados, que están al pie de la Cordillera de Tilarán, al sur de la ciudad de Cañas, Guanacaste. De acuerdo con Salazar (Salazar, 2 000) la línea corta tres formaciones de este origen como son: la Cordillera de Guanacaste, Cordillera de Tilarán y Montes del Aguacate.

La primera se caracteriza por la presencia de los principales macizos volcánicos del norte del país como son: Orosí – Cacao, Rincón de la Vieja- Santa María, Miravalles- Cerros La Montañosa y Tenorio. Se extiende en dirección NO-SE por unos 70 Km; la máxima elevación está en el Macizo del Miravalles, con 2 028 m. Todos estos volcanes son el resultado de la acumulación de lavas y piroclastos. En algunos de ellos se identifican coladas recientes. Las pendientes de las laderas son fuertes, del orden de los 45°. Los espacios interfluviales son angostos. Se caracterizan también por poseer varios cráteres en su cima, así como domos y conos piroclásticos en sus faldas. Los domos volcánicos Góngora, Cañas Dulces y San Roque se encuentran al suroeste del Volcán Rincón de la Vieja.

Su forma actual se debe a la actividad volcánica más que a la erosión. En los Volcanes Cacao y Rincón de la Vieja se notan las avalanchas volcánicas sobre sus flancos del oeste. Los ríos que bajan por sus faldas por lo general lo hacen en el contacto entre las distintas rocas. Los conos principales tienen una edad Cuaternaria.

En cuanto a la segunda y tercera forma se puede decir, que se extienden desde Tilarán hasta el río Barranca; más al SE continúan los Montes del Aguacate. Presentan un relieve fuerte en toda su extensión, con laderas con pendientes de 30°. Los fondos de los valles son angostos y las cimas de las lomas y cerros también suelen ser angostas, pero redondeadas por la presencia de cenizas y coladas de lava en posición horizontal y los tipos de rocas predominantes son lavas, brechas, tobas e ignimbritas, cubiertas de cenizas sobre todo en tierras altas. La mayoría de las rocas pertenecen al Grupo Acuacate, las tierras de formas redondeadas pertenecen a la Formación Monteverde. Su origen es eminentemente volcánico, tanto efusivo como intrusivo. Los conos por los cuales se produjo dicha actividad están muy disectados y es probable que el inicio de la actividad haya sido fisural hoy día cubierta por otros depósitos. Las rocas que forman la unidad son de edad Mioceno-Plioceno.

Otras formas de origen volcánico por las que pasa la LT son las Mesetas Ignimbríticas, principalmente la meseta de Santa Rosa que se extiende desde la frontera con Nicaragua hasta la ciudad de Cañas. Forman grandes extensiones planas con una pendiente general mayor a 1°. Están cortadas por numerosos cauces con laderas casi verticales, con un paisaje escalonado debido a la presencia de unidades horizontales de ignimbritas. Las divisorias de aguas son angostas, 100 a 200 m, pero planas, los cauces de los ríos

están separados hasta 5 Km. Las rocas de estas formas pertenecen a las Formaciones Liberia y Bagaces, de edad Plioceno a Cuaternario.

Por último las lomas de lava se presentan en la ladera sur de los volcanes Miravalles y Tenorio y en el altiplano de San Vito. Tienen una topografía típicas de coladas de lava, con lomas pequeñas de contorno irregular, muchas de ellas son transversales a la pendiente del cono. En la parte más baja, las lomas están separadas por depresiones de fondo irregular, en las que se forman lagunas. La superficie es plana, con ligera pendiente hacia el sur. Los valles son profundos, con laderas de pendiente regular y cimas planas o en forma de lomas onduladas. La gran irregularidad se debe a la presencia de lavas en forma de bloque.

Formas de sedimentación aluvial. Su origen está en el relleno efectuado por los sistemas hídricos con aporte coluvial o sin él. En algunos casos ha existido aporte marino en antiguas líneas de costa, que podrían haber sido ambientes estuarinos. Entre éstas están, las planicies aluviales, que están distribuidas a todo lo largo del litoral Pacífico, en las cuencas inferiores (de depositación) de los sistemas fluviales, el abanico sobre la formación Bagaces, que se localiza en la ciudad de Cañas, Guanacaste, extendiéndose más allá del Río Bebedero, el abanico aluvial del Río Aranjuez, el abanico aluvial del Río Barranca, la llanura aluvial de Pithaya Chomes, la planicie aluvial pequeña, que se encuentra repartida en varias localidades, sobresaliendo por su extensión la que está cerca del Río Lagarto, la planicie aluvial del Río Grande de Tárcoles, los restos de superficies planas originadas por corrientes de lodo (esta unidad no forma un sólo bloque, sino que se encuentra esparcida desde Higuito en San Mateo de Orotina hasta el Río Cañas, siguiendo una línea paralela a la Cordillera de Tilarán y los Montes de Aguacate), el abanico del Río Parrita, el paleo abanico del Río Naranjo, el abanico reciente del Río Naranjo, el abanico del Río Savegre, la llanura aluvial del Río Turubares, el delta-abanico del sistema Térraba - Sierpe, que se encuentra cerca de la desembocadura de estos dos ríos y se extiende entre Punta Mala (NO de Palmar) y Punta Sierpe, el abanico de Paso Canoas, que se ubica en la frontera de Panamá y cubre el área del sitio aduanero de Paso Canoas, la llanura aluvial Coto-Colorado, que se encuentra al este de Golfito y al norte de Punta Burica y por último, la terraza de Esparza y Orotina, que se extiende desde Esparza hasta Orotina, llegando hasta el mar.

En cuanto a estas formas Salazar (Salazar, 2 000) indica que la presencia de cuatro tipos, por donde pasa la línea: Llanuras, planos aluviales y valles, Terrazas fluviales, Deltas y Conos Aluviales.

Las primeras son extensiones de terreno depositado por varios ríos, mientras que los planos aluviales son pequeñas extensiones formadas por un solo río. Los valles son resultado de la erosión fluvial de las montañas. Estas estructuras se encuentran a ambos lados del eje central del país y son formadas por depositación de materiales aluviales por parte de los ríos que las cruzan, los cuales acumulan en forma vertical los diferentes tipos de depósitos, aumentando su altura con el tiempo. Sus pendientes son del orden de 1°, de forma plana ondulada, con presencia de meandros y canales abandonados, lagos en herradura y malecones o diques formados por acumulación de materiales; la presencia de terrenos pantanosos es frecuente. Los cauces de los ríos pueden encontrarse de 3 a 25 m bajo la superficie de la llanura y están muy separados unos de otros. Este tipo de

unidad está constituida por bloques de todo tipo de roca y granulometría variable, desde bloques métricos hasta limos, en una matriz limo-arenosa o limo-arcillosa, así como depósitos de flujos de lodos y lahares. La meteorización del material varía, presentando zonas muy alteradas y roca sana. La edad es Pleistoceno a Reciente.

Las Terrazas fluviales son estructuras que se localizan a los lados de los cauces de los ríos. Su origen se liga a la erosión de las rocas y la depositación posterior, así como a cambios corticales y al rejuvenecimiento. Suelen ser alargadas en el sentido de la corriente y por lo general su pendiente es menor a los 10°. Los tipos de rocas predominantes son bloques dentro de una matriz areno-arcillosa. Son de origen aluvial y por levantamientos corticales y la erosión fluvial, adquieren alturas variables sobre el fondo de los valles. Este tipo de estructuras descansan en muchos sectores sobre rocas de edad Mioceno Medio, por lo tanto pueden tener una edad máxima de Plioceno y abarcan hasta el Reciente.

Los Deltas son grandes extensiones de tierra que los ríos han depositado en el mar, con el tiempo el relleno fue lo suficientemente alto como para emerger y empezar a formar el abanico. El delta abanico del Terraba – Sierpe se extiende desde Palmar Norte hasta el Pacífico y su pendiente general es inferior a 1°. Su edad es Pleistoceno a Reciente.

Los Conos aluviales son estructuras que se forman en la zona de transición de las cordilleras a la llanura aluvial. Tienen forma de abanico con ápice o su parte superior apuntando hacia la cordillera. Se caracterizan por su drenaje dicotómico, con numerosos cauces pero solo uno de ellos es activo; con el tiempo cualquiera de ellos llega a ser el cauce activo. Presentan cauces profundos y laderas verticales. Su tamaño es muy variado, los más extensos tienen hasta 16 Km de largo por 14 Km de ancho. Su superficie es plana, casi horizontal o suavemente ondulada o convexa, con una pendiente de 1° a 10° y está cortada por numerosos cauces. Están formados por todos los tipos de roca que afloran en las cercanías; se presentan bloques de variadas dimensiones, sanos y meteorizados, en una matriz areno-limosa. Se originaron por el aporte de los ríos y las quebradas que descienden de las cordilleras cargando materiales. Al disminuir el gradiente las corrientes empiezan a depositar su carga. La edad de estos conos es Plioceno-Pleistoceno hasta Reciente.

Formas de origen estructural. Aunque la erosión ha modificado la morfología de estas unidades, es la disposición de los estratos en función de los desplazamientos a lo largo de fallas, lo que ha dado la forma actual al terreno a describir. Entre estas formas están, los pliegues de la Formación Descartes (Fm Brito), que se localizan respectivamente en la Punta Descartes, la Bahía de Cuajiniquil y al norte hasta la frontera con Nicaragua y el Valle de falla del Río Esquinas, que se localiza a 8 km al NE de Golfito, subparalelo a la traza de la Carretera Interamericana.

Salazar, 2 000, detalla planicies estructurales y montañas plegadas, describiéndolas como grandes extensiones de terreno, originadas por rocas en posición horizontal, inclinadas o plegadas, en donde los espacios interfluviales son variables, mientras que los fondos de los valles son angostos, presentando rellenos coluviales al pie de las colinas. Las montañas plegadas se caracterizan por tener lomeríos y serranías orientados de acuerdo al eje de las estructuras, con laderas de pendientes de 20° a 70°. Hacia los extremos de

la forma se presentan las “narices” o límites donde termina la deformación. El patrón de drenaje gira alrededor de la nariz de los pliegues, erosionándolos y los cauces están ajustados a la estructura. Durante el Eoceno-Mioceno las rocas que componen esta unidad eran parte del fondo del océano. Los movimientos tectónicos hicieron que el área se levantara, se plegara y emergiera del fondo del mar, adquiriendo su posición actual en el Terciario, al mismo tiempo se inicia su erosión; su forma actual se adquirió durante el Plioceno. La unidad está formada por calizas, lutitas, brechas y conglomerados.

Formas de origen marino. Se incluyen aquí aquellas formas que están en la categoría de “playas”. En otras palabras, las que han sido originadas por el relleno efectuado por el oleaje y las corrientes marinas litorales. También se incluyen las formas coralinas. Aquí se encuentra el Tómbolo de Uvita, que se localiza a unos 52 km al SE de Quepos.

Formas de origen tectónico y erosivo. El conjunto de formas aquí agrupadas, debe su origen al movimiento cortical ascendente y a la severa erosión a la que está expuesto el territorio costarricense. Desde luego, algunas unidades podrían ser agrupadas en el grupo de origen estructural, siendo una de ellas la Fila Costeña. Como su nombre indica, la Fila se encuentra paralela al Océano Pacífico, su pie está entre 1 a 7 km de la línea de costa y la superficie de erosión alta se localiza al norte y noroeste de Quepos y Parrita. La Fila no constituye un sólo bloque sino varios retazos que fueron separados por el Río Parrita y otros.

Se incluye acá lo que se conoce como Cordillera Costeña (Salazar 2000), la cual es una fila que corre paralela a la costa del océano Pacífico. Su pie está a unos 7 Km de la línea de costa. Se orienta noroeste-sureste, de acuerdo a la dirección estratigráfica general de las rocas sedimentarias que la forman. En términos generales la pendiente es fuerte, con un pequeño escalón entre los 400 y 500 m de elevación. Sus máximas elevaciones alcanzan los 1 700 m. Posee pendientes de 90° labradas en roca caliza. La mayores pendientes son aquellas que forma el flanco suroeste de la unidad, o sea las que miran hacia el Pacífico. Las laderas del noreste son en general más suaves, debido a que corresponden con la dirección del buzamiento de las capas. Está constituida por areniscas de grano medio a fino, lutitas, lutitas arcillosas y calizas, con algunas intrusiones básicas. Su origen se liga al plegamiento de un bloque de la corteza que emergió del fondo oceánico. Este ascendió a lo largo de fallas, inclinándose en sus últimas etapas de ascenso hacia el noroeste; la erosión fluvial terminó de moldear la unidad. Su forma final se alcanza hasta el Pleistoceno.

B.1.1.1.3. Descripción de unidades geológicas regionales

A continuación se describen las distintas formaciones litoestratigráficas que aparecen a lo largo del trazado de la línea SIEPAC, como se puede apreciar en el mapa 7

Unidad ultramáfica de Santa Elena (JK-se). La peridotita de Santa Elena fue denominada y descrita primeramente por Harrison (1 953, 1 956). El considera que constituye una unidad aislada, sin relación con la franja circum-Caribe de peridotitas. ZEMA y Tournon (1 980), interpretan a la peridotita de Santa Elena como un manto de sobrecorrimiento que sobreyace a series de basalto-radiolaritas, con intercalaciones de esquistos bituminosos que están atravesados por filones. Se presenta en un 70% de la Península de Santa Elena, y ocupa completamente el área sur del Valle de Murciélagos, incluyendo parte del

Parque Nacional de Santa Rosa. Está compuesta por peridotitas negras, que en estado de alteración, adquieren tonalidades verdosas; es dura y muy compacta. Los diferentes enriquecimientos minerales producen una erosión diferencial.

Complejo de Nicoya (JK-cn). Fue denominado así por los geólogos de la Compañía Petrolera de Costa Rica, al referirse a las rocas más viejas que afloran en la Península de Nicoya (en Dengo, 1 962). Aflora en amplias áreas de la Península de Nicoya, ribera izquierda del Río Sierpe, Península de Osa, Burica, Cerro Turrubares y Península de Herradura y Azuero de Panamá. Formado entre el Jurásico y el Terciario Inferior, es aplicable en el sentido litoestratigráfico, a unidades correspondientes del basamento en Herradura, Quepos, Osa, Burica, Sona y Azuero, aunque no se ha podido establecer relaciones genéticas entre estas regiones. En el sector sur de Costa Rica se encuentra el complejo básico de la Península de Osa, correlacionable a la Unidad Esperanza (Kupers, 1 979). Está compuesto por basaltos y doleritas ofiolíticas con muy pocos sedimentos asociados, basaltos en almohadillas, radiolaritas, y brechas calcáreas, permitiendo concluir que en Osa hubo una continuación de la actividad volcánica de tipo arco de islas en un ambiente pelágico, hasta por lo menos en el Eoceno medio. Se divide en:

Subunidad de Basaltos Macizos. Coladas o flujos de lava de composición basáltica. Son de color gris verdoso, con aspecto de poca recristalización, macroscópicamente de textura afanítica. Poseen aisladamente aspecto granular muy meteorizado. Su color, en este estado, es pardo. En áreas como los cerros de Turrubares en el tramo CR-5 se pueden presentar.

Subunidad de basaltos en almohadillas (Pillow - Lavas"). Son de origen subacuático y tienen un núcleo afanítico rodeado de capas concéntricas, cloritizadas. Al meteorizarse adquieren un aspecto arenoso, con dimensiones decimétricas a métricas, de color gris oscuro. El interpillow es un material cristalino de color negro, de composición silícea, muy alterado. El color sano es similar al de la almohadilla y pardo en alteración, aparentemente es más susceptible a la erosión que las almohadillas. Se observa una estratificación concéntrica alrededor de las almohadas semiexpuestas. Presentan localmente una densa red de vetillas sin orientación preferente, en su mayoría de sílice y ocasionalmente calcítica.

Subunidad de brechas basálticas. Brecha negra bien seleccionada con clastos de tamaño centimétrico, en una matriz arenosa oscura, con un porcentaje en superficie inferior al 5%. Los cantos angulares son de color gris oscuro cuando están sanos y pardo rojizo por alteración. Por las características de esta brecha, se relaciona su origen con la previa existencia y posterior fragmentación de la subunidad de basalto macizo y la subunidad de basaltos en almohadillas (almohadillas reventadas). Es una formación con una permeabilidad de media a baja, dependiendo del grado de fracturación y alteración, siendo mayor su potencial hidrogeológico en la intersección de fracturas; es por ello que estos puntos son los buscados para aprovechamiento hídrico, pero para el trazado de la línea de transmisión son sitios a evitar, disminuyendo posibles subpresiones y socavación en los sitios donde la surgencia se presenta cerca de las bases de las torres. En otros sitios del país, donde aflora esta formación, los pozos individuales rinden pequeños o medianos caudales, generalmente estas rocas constituyen barreras negativas o acuícerres de acuíferos localizados en su vecindad.

Formación Sabana Grande (K-sg). Aflora en el área de Sabana Grande, en la Península de Nicoya. Incluye lutitas calcáreas, lutitas silíceas. Esta unidad sedimentaria fue depositada en un ambiente marino, con aparente aporte de tipo turbidítico en las primeras etapas de su depositación. Secuencia estratificada de areniscas-calculutitas cerca de Bahía Cuajiniquil, en afloramiento costero, de potencia aparentemente decamétrica; su contacto con la unidad infrayacente no es visible. La edad de esta unidad por la fauna hallada en la zona de Punta Pelada, va de Santoniano Superior a Maestrichtiano Inferior. El espesor de los estratos varían desde el orden decimétrico al métrico y su presencia se da fuera del corredor de estudio, a 18 km al SO de la comunidad de La Cruz al NO de Costa Rica, específicamente en el Cerro Las Lomas.

Formación Curu (KT-c). Presenta buenos afloramientos en los acantilados de Curú, al SE de la Península de Nicoya. Incluye areniscas, lutitas y en menor proporción brechas y conglomerados, de composición basáltica. Estas rocas provienen de la depositación continua de enormes volúmenes de sedimentos terrígenos, que fueron transportados por flujos de gravedad. Su espesor promedio es de 1 500 m, oscilando entre 600 y 250 m y su rango de sedimentación oscila desde el Maestrichtiano hasta el Paleoceno Superior Basal. En la anterior estratigrafía costarricense, los afloramientos en la margen izquierda del río Sapoa, al Sur del puesto fronterizo con Nicaragua, corresponden a la ex-Formación Rivas.

Formación Descartes (Tep-d). Está expuesta típicamente en Punta Descartes, al norte de la Península de Santa Elena en el área de Manzanillo y en las islas y acantilados al NE del Golfo de Nicoya. Antiguamente al sector de Bahía Salinas se le asociaban rocas de la Formación Brito, correlación actualmente descartada. También se correlaciona las rocas que afloran en los cerros Peña y Piedras Negras y en el Río Cañamazo al sur de la ciudad de Las Juntas de Abangares. En esta zona su depósito está asociado a un abanico local, que Astorga (1 988), señala que se compone de una asociación de estratos de sedimentos predominantemente gruesos y de extensión lateral limitada, cuya génesis se asocia al desarrollo de un área de desembocadura de cañón submarino, las cuales corresponden a litologías areno-guijarrosas, areniscas y conglomerados. Consiste de unos 1 500 m de alternancias cíclicas de areniscas, conglomerados y brechas, de composición volcanoclásticas y carbonatada. El espesor total de estos depósitos es poco mayor a 600 m y su mejor exposición está cerca de Abangares. La edad de los depósitos se estima en Paleoceno Superior-Eoceno.

Formación Fila de Cal (Te-Fc). La depositación de estas rocas ocurrió durante el Eoceno Medio-Superior, luego de un levantamiento de la cuenca, que permitió el desarrollo de extensas plataformas, en las cuales, las condiciones ambientales fueron estables, con aguas turbulentas pero sin turbidez, cálidas y oxigenadas (condiciones típicas de zonas tropicales). Posee litofacies muy similares del Eoceno medio y/o Eoceno Superior, las que no son diferenciales en el cartografiado geológico. Litológicamente incluye calizas de foraminíferos y algas, propios de ambientes arrecifales, pobremente estratificadas, de color blanco amarillento, formada básicamente por nódulos de algas y foraminíferos. Asociada a ella y de origen reciente existen pequeñas costras de travertino que cubren los sitios por los que discurren las aguas que atraviesan a la formación. El espesor reportado cerca de la localidad de Cajón en Boruca supera los 480 m, los ejemplos más didácticos

se encuentran cerca de la ciudad de Quepos. Estas litologías son visibles en la Fila Grisera al SE de la comunidad de Palmar Norte, al sur del río Esquinas y al norte de las poblaciones de Río Claro y Ciudad Neily.

Formación Térraba (Tom-t). Fue descrita inicialmente por Dengo (1 962) al referirse a una secuencia de rocas que aparece a lo largo del Río Grande de Térraba, entre Palmar Norte y el Río Curré y entre San Isidro de El General y Dominical. La dividió en tres unidades (Dengo, 1 962 in Sprechmann et al., 1 979): a) Miembro Curré (Oligoceno-Mioceno), b) Miembro Lagarto (Oligoceno) y c) Miembro Cajón (Eoceno Superior). Posteriormente, Mora (1 979) subdividió a la Formación Térraba en dos unidades: Zapote y Lagarto.

Formación Caraigres (Tom-c). Secuencia sedimentaria compuesta por interestratificaciones de areniscas verdosas y/o grises de granulometría variable, fina, media y gruesas y brechas, de composición predominantemente basáltica, flotando en una matriz arenosa, evidenciando que su depositación ocurrió en un ambiente marino con gran variación energética. Se depositaron durante el Oligoceno-Mioceno Inferior basal. Denyer & Arias (1 991) apuntan que la localidad tipo se ubica en el Cerro Caraigres y que su forma es irregular en la base y plana en el techo, con espesores que varían entre 600 y 1 200 m, encontrándose también rellenando pequeñas cuencas de 100 m de espesor, al NE del corredor de estudio, sobre la Fila Coyolar. Se encuentran sobreyaciendo al Complejo de Nicoya y a la Formación Fila de Cal (Denyer & Arias, 1 991).

Formación Pacacua (Tm-p). Se extiende desde los alrededores de Santiago de Puriscal y la fila Coyolar hasta el sur de Cartago. Esta Unidad Litoestratigráfica, fue nombrada por Castillo, 1 969, y redefinida por Rivier, F. 1 979. Es sumamente heterogénea en cuanto a su litología y ambiente de depositación. Consiste de brechas, areniscas, tobas y lutitas interestratificadas, todas con evidente influencia volcánica y en ocasiones con colores muy llamativos, como rojo, verde y morado. Sobre esta secuencia vulcanoclástica yacen las rocas del Miembro Brechas Verdes Coyolar, que consiste de varios paquetes de brechas de color verde y composición volcánica, interpretadas como el resultado de la erosión causada por la reactivación de la falla Candelaria (Denyer & Arias, 1 991). Estas rocas se depositaron durante el Mioceno Inferior e inicios del Mioceno Medio sobre las rocas de la Formación Caraigres, en un ambiente marino somero (sublitoral) con gran influencia del vulcanismo continental. Poseen un espesor de alrededor de 2 000 m (Denyer & Arias, 1 991)

El área de estudio descansa sobre el Complejo de Nicoya y la Formación Caraigres y subyace en otros sitios del país. Las formaciones San Miguel y Coris, aunque también podrían tener relaciones de contacto lateral con estas unidades, afloran al norte de la zona de estudio, específicamente en Candelaria.

Formación Punta Carballo (Tm-pc). Denominada por Mac Donald (1 920) como “serie de arenisca caliza de Punta Carballo” aflorante en el acantilado de Roca Carballo, en la costa oriental del Golfo de Nicoya y entre Esparza y Barranca. Su espesor es variable, obedeciendo a que rellena una paleotopografía variable, oscilando entre 500 m en la unidad inferior y 200 m en la superior, aunque el espesor total estimado es de 1 600 m. La edad dada para este depósito es de Mioceno Inferior a Mioceno Superior. Aflora en la margen del Río Lagarto, desde la comunidad de Esparza hacia el SO hasta Roca Carballo

y finalmente su expresión más al sur es en parte de la Fila Cangreja. En estado meteorizado sus laderas son poco estables y posee un buen potencial hidrogeológico (acuíferos). Recientes trabajos en la Escuela de Geología han encontrado que esta formación está compuesta por más miembros (Paires e Icacó) y que las relaciones estratigráficas entre las rocas depositadas en ambientes marinos y continentales son complejas.

Formación Mata Limón. Propuesta originalmente como un miembro dentro de la Formación Roca Carballo (Madrigal, 1 970) y elevado al rango de formación por Sprechmann et al. (1 994). Está compuesta por brechas, areniscas verdes y arcillas moradas con intercalaciones de conglomerados, depositados en ambientes continentales y fluviales. Aflora en los acantilados entre puerto Caldera y Punta Corralillo, a lo largo de la carretera costanera. Su edad ha sido inferida como del Mioceno Medio a Superior (Fischer, 1 981).

Formación Punta Judas (Tm-pj). Se refiere a una secuencia con un espesor cercano a los 1 300 m, que aflora en una plataforma de abrasión en Punta Judas, Esterillos Oeste. En la secuencia se observa una dominancia de areniscas líticas y fosilíferas, con una composición media del 48% de fragmentos de basalto, los que se encuentran fuertemente alterados y litificados por cementos calcáreos. Hacia el techo de la formación se presentan brechas y conglomerados propios de depósitos tipo "beachrock", teniendo una porosidad primaria que permite el desarrollo de acuíferos superficiales. Esta depositación ocurrió durante la etapa de umbral que precedió a la constitución del puente-istmo centroamericano meridional (Seyfried et al., 1 985), del Mioceno Medio, y son propios de ambientes costeros. En la zona de estudio se presenta en las márgenes del Río Parrita a la altura de las comunidades de Chirracá y Surubres.

Formación Curre (Tm-cu). Inicialmente definida y descrita por Dengo (1 962) como Miembro Curré de la Formación Térraba, siendo Campos et al. (in Sprechmann, 1 984) quien la considera una unidad independiente. Mora (1 979) la subdivide en dos subunidades: a) Subunidad de Conglomerados y b) Subunidad de Lutitas; indicando que el espesor de la primera varía de 1 000 a 1 400 m y el de la segunda entre 150 y 300 m de espesor. Por lo general están muy cloritizadas y sus componentes son básicamente subvolcánicos; fue depositada en un ambiente parálico (estero, pantanos). Su edad, determinada por especies faunísticas, es del Mioceno medio. A lo largo de la zona de estudio se presenta en varios sitios de la zona sur de Costa Rica, como son, Londres, Río Hatillo y la Fila Sierra. Las características hidrogeológicas muestran una baja permeabilidad aparente, siendo sólo favorable para el movimiento del agua en el sentido de los planos de estratificación y de las direcciones preferenciales de fracturación.

Grupo comagmático de Talamanca (Tmi). Esta cordillera es probablemente la región más antigua de Costa Rica que se formó *in situ*. El volcanismo comenzó durante el Paleoceno-Eoceno, construyendo pequeñas islas volcánicas compuestas principalmente de rocas de la serie toleítica. Estas intrusiones han originado zonas de metamorfismo de contacto, evidenciadas por la presencia de cornubianitas. Su mayor manifestación en el corredor de estudio, se da al norte de Palmar Norte, en la Fila Retinto. Estos intrusivos presentan baja permeabilidad aparente. La circulación y almacenamiento de agua sucede en zonas meteorizadas y fracturadas.

Formación Paso Real (Tp-pr). Definida por Dengo (1 953, 1 962^a) como un conjunto de estratos depositados en un ambiente subacuático, asociados con aglomerados y con lavas. Fue dividida en unidad el Brujo y unidad Mano de Tigre (Mora, 1 979). En la Campaña Geológica de la Escuela de Geología de 1 998, se definió la unidad Río Boquilla. La Formación Paso Real está compuesta por coladas y brechas basálticas, se depositó hace 5-1,2 millones de años y está expuesta a lo largo de la Carretera Interamericana Sur y en el cerro Mano de Tigre.

Esta unidad se presenta principalmente en la depresión entre la Cordillera Costeña y la Cordillera de Talamanca. Se caracteriza por una serie de depósitos de pie de monte (arenas, guijarros, cantos, bloques), producto de la denudación de la Cordillera de Talamanca, con intercalaciones locales de lavas y rocas piroclásticas. Su espesor en esta región varía entre 300 y 500 m disminuyendo lateralmente.

En la región de San Vito, Agua Buena y alrededores, afloran depósitos de pie de monte (aluviales y lahares), cuyos componentes de granulometría media a gruesa son predominantemente de andesitas con hornblenda. El hecho de que el vulcanismo haya cesado en las Cordilleras de Talamanca y Costeña puede ser consecuencia de la subducción de la cresta asísmica de Cocos bajo el continente, durante el Pleistoceno Inferior.

Grupo Aguacate (Tva). Según Dengo (1 962), aflora en la parte norte de la provincia de Guanacaste, en los Cerros del Hacha, Cerros de Cañas Dulces, Cerros de Tilarán, Cerros de Abangares y en Miramar. Está compuesto por basaltos y andesitas, aglomerados y tobas, con un espesor de por lo menos 800 m en los Montes del Aguacate.

Entre Tilarán y Puriscal, a lo largo de unos 110 Km, se extiende un antiguo arco volcánico, compuesto en su mayor parte por lavas basálticas y andesíticas, depósitos de flujos piroclásticos, brechas, tobas y sedimentos vulcano clásticos, cortado por pequeños cuerpos intrusivos y extrusivos y diques basálticos. La mayoría de las rocas están muy alteradas hidrotermalmente y en varios lugares se encuentran mineralizaciones de oro. Todas estas rocas han sido agrupadas dentro del Grupo Aguacate (Denyer & Arias, 1 991), unidad litoestratigráfica que se utilizó para incluir todas las rocas volcánicas post-cretácicas y pre-cuaternarios de Costa Rica. En los últimos años se empezó a subdividir este grupo en varias formaciones, con edades, litologías y composiciones químicas diferentes.

En la Quebrada Concepción, la parte basal consiste de andesitas con augita, andesitas con hipersteno y augita, basaltos con idingsita y aglomerados. La parte media consiste principalmente de aglomerados andesíticos y tobas. La parte superior está formada por tobas andesíticas con color de meteorización verde y morado, sobreyacidas por conglomerados con clastos redondos de andesita dentro de una matriz tobácea.

El Complejo del Aguacate descansa discordantemente sobre las Formaciones Térraba, Turrucare y Coris y, a la vez, está sobreyacido, en forma discordante, por las rocas volcánicas, lahares y aluviones no diferenciados del Valle Central (Castillo, 1 969)

Formación Monteverde (tva-m). Unidad litoestratigráfica definida por Chaves y Sáenz (1 974) y Kusssmaul et al (1 991). Alvarado et al. (1 994, en prensa) apunta que refleja un importante período de volcanismo efusivo que desarrolló rápidamente una gran meseta, esto se estima que ocurrió entre 1 y 2 millones de años (principalmente 1,3 m); aflora localmente en la margen derecha del río Lagarto.

En las partes altas de la Cordillera de Tilarán aflora una secuencia de lavas andesíticas con intercalaciones de brechas, tobas y lahares, con un espesor máximo de 700 m. Sobreyacen discordantemente a las formaciones Basaltos Miramar, Brechas La Unión y Guacimal, formando una planicie subhorizontal con una extensión de aproximadamente 1 200 Km².

Formación El General (TQ-g). Para el Pleistoceno la Cordillera de Talamanca ha finalizado su formación y entra en la etapa de erosión intensa, originando conglomerados con bloques de hasta 3 y 4 m de diámetro, que "flotan" en una matriz areno-limosa, formando abanicos de piedemonte que están yuxtapuestos y son coalescentes. La granulometría de estos depósitos es heterogénea, desde material arcilloso hasta bloques métricos (2 m), la matriz la conforman los granos finos, usualmente limo arcillosos (SL, SH). La parte superior del relleno generalmente es un suelo laterítico-bauxítico de color rojo-naranja, con concentraciones altas de óxido de aluminio, tal y como aflora en los alrededores de la comunidad de Olla Cero.

Formación Grifo Alto (TQ-ga). Denyer & Arias (1 991) designan con este nombre a una serie de rocas volcánicas andesíticas y piroclásticas que cubrieron las secuencias sedimentarias y volcánicas post-basculamiento, encontrándose en el sector norte del corredor de estudio, en la cuenca alta del Río Turrubares. Estas lavas andesíticas normalmente son de tonos grises aunque también rojizos, localmente con textura vesicular; eventualmente incluyen basaltos augíticos y dacitas. Los flujos piroclásticos son gruesos con bloques angulares de lavas y escorias dentro de una matriz lodosa, en forma local incluye algunos depósitos ignimbríticos grises. Su forma así como su espesor son irregulares. Los autores apuntados, consideran que supera los 1 000 m. La edad de esta formación varía de Plioceno a Pleistoceno, dada la gran extensión de la Formación y al bajo recorrido que tienen las lavas andesíticas, sus centros de emisión se relacionan con al menos siete puntos.

Formación Orotina (Qv-o). Madrigal, (1 970) la describe como ignimbritas de color gris claro, con fragmentos de pómez negra y esporádicos fragmentos lávicos incluidos en una matriz deleznable de ceniza vítrea y lapilli. Con estructura columnar, subyacen y sobreyacen a la secuencia eventos tobáceos. Tiene forma tabular, extendiéndose desde Orotina hacia el SO, ubicándose sobre ella la comunidad de La Ceiba, con un espesor mínimo de 140 m. Subyacida por la Formación Grifo Alto y sobreyacida por las lavas de Esparta. Se considera de una edad Pleistocénica. Posee un bajo potencial acuífero y en estado meteorizado sus laderas ofrecen poca estabilidad.

Formación Esparta (Q-e). Hill (1 898) la describe como "La arcilla con piedras de la América Tropical", posteriormente Dondoli (1 958), le asignó el nombre de Terraza de Esparta y Dengo (1 961) la menciona como lahar. Es Madrigal quien en 1 970 la llama

Formación Esparta, ubicando la sección tipo a 1 600 m al sur del Parque de Esparta. Su espesor máximo se estimó en 20 m y se extiende en un área de 19 Km². Esta litología es localmente permeable y posee poca estabilidad. Madrigal le asigna una edad Pleistectónica.

Formación Bagaces (Qv-b). Depósitos de diatomita, situados al este de Cañas Dulces, asociados a la formación y rellenan su paleorelieve. Cubre una gran extensión de la provincia de Guanacaste, encontrándose buenos afloramientos en los alrededores de las comunidades de La Cruz y Abangares. Madrigal, 1 982, apunta que la unidad cubre toda el área de tierras altas planas del Parque Nacional de Santa Rosa, presentándose en la mayor extensión del terreno. En el extremo sur de Playa Naranjo las ignimbritas se localizan casi en el nivel del mar.

Formación Liberia (Qv-l). Descrita originalmente como "toba blanca", por Dondoli (1 950); Dengo (1 962, p. 59) la definió como Formación Liberia. Constituida por ignimbritas formadas por la acumulación caótica de cenizas pumíceas de diferentes tamaños y poco aglutinadas. Las cenizas típicas son ricas en cuarzo, feldespatos, biotita y fragmentos de pómez, así como fragmentos líticos. Son rocas suaves y fácilmente erosionables, que alcanzan hasta 100 m de espesor, sus afloramientos típicos se encuentran a lo largo de la Carretera Panamericana, llegando a la ciudad de Liberia.

Lavas de la Cordillera de Guanacaste (Qv). Identificable por lavas andesíticas con dos piroxenos, intercaladas con material piroclástico del tipo lapilli y cenizas. Kussmaul (1 984) las agrupa parcialmente dentro de la Formación Andesita Rincón de la Vieja. Se designa como holoestratotipo al Volcán Rincón de la Vieja y como paraestratotipo a los volcanes Tenorio, Miravalles y Orosi.

Sedimentos no consolidados del cuaternario (Qal). Constituidos por masas heterogéneas o homogéneas de sedimentos de diferentes granulometrías, estratificadas o no, dependiendo del ambiente de depositación. Se presentan como depósitos en terraza de materiales aluviales a lo largo de los ríos que cruzan la provincia guanacasteca, determinando patrones de drenaje trezado en área de influencia de la zona de estudio; poseen espesores medios de por lo menos 5 m, con una cobertura edáfica de hasta 1,5 m de espesor. En parte de la provincia de Puntarenas conforman pequeñas ondulaciones de muy poca altura y zonas de planicie, e incluso bancos laterales en los cauces permanentes, como se presenta en los ríos Aranjuez, Guacimal y Barranca. Por otro lado, los materiales aluviales conforman parte de la llamada Llanura aluvial de Parrita-Quepos, que es alimentada por varios cauces que originan abanicos aluviales, sobresaliendo por su magnitud el del Río Savegre.

Los depósitos aluviales mejor desarrollados están en el llano aluvial formado por los ríos Corredor, Abrojo, Chiriquí Viejo y otros más. Cerca de la Fila Costeña, la granulometría de los materiales es muy gruesa disminuyendo hacia el suroeste.

En la zona norte de Costa Rica el coluvio se ubica al pie de los acantilados y laderas, formados por fragmentos de peridotitas, areniscas e ignimbritas. Es importante indicar que en el Valle de Murciélago el coluvio del lado norte es de origen sedimentario, mientras que el del sur es de peridotita.

Las playas en el Parque Nacional de Santa Rosa son de composición variable, abundando las fracciones de peridotita que alternan con rocas sedimentarias con mayoría de los primeros por su alta resistencia.

En el sector costero, principalmente en las áreas influenciadas por los ríos Pirrís-Paquita; se presenta una unidad aluvial cuaternaria, la que es desconocida desde el punto de vista sedimentológico. Parte del depósito se presenta como niveles determinados por los manglares existentes, principalmente en el sector del estero Damas.

En las desembocaduras de las quebradas que convergen en el estero Damas es posible reconocer pequeños abánicos o "fan deltas", evidenciando la existencia de un fallamiento activo.

A lo largo de la costa, al sur de Dominical, existen depósitos recientes de diferente origen, sobresale la acumulación litoral del Tómbolo de Uvita.

B.1.1.2 Geomorfología y Fisiografía.

Las características geomorfológicas de las áreas que atraviesa el proyecto se describen a continuación, tramo por tramo, iniciando en el norte (Peñas Blancas) y cerrando en el sur (Ciudad Neilly), haciendo una descripción detallada de lo observado en el campo.

Tramo CR-1 (Peñas Blancas – La Cruz)

El sector que se ubica entre Peñas Blancas y la comunidad de La Cruz presenta una geomorfología de lomas bajas de pendiente suave y crestas redondeadas producto de la fuerte erosión eólica que hay en la zona (foto 1). Esta es una unidad estructural caracterizada por la presencia de pliegues de la Formación Brito, la misma en territorio costarricense la constituyen dos pliegues bien definidos como son el Sinclinal de Bahía Salinas y un anticlinal al norte. La edad oscila entre cretácico y oligoceno.

A partir de La Cruz el tendido toma dirección sureste y las características geomorfológicas varían ligeramente. En primer lugar aparece una área plana, con presencia de cauces fluviales que la cortan. Luego el relieve continúa predominantemente plano pero con presencia intercalada de algunas colinas bajas con cimas planas. En la parte conocida como Hacienda Inocentes se encuentran gran cantidad de lavas, y una formación de valles ligeramente escalonados pero poco definidos. Esta unidad está compuesta por ignimbritas, alternándose con algunas coladas de andesita y de basaltos. Su origen está asociado a las formaciones Liberia y Bagaces, y se produjo por la acumulación de materiales depositados, principalmente ignimbritas, que rellenaron las irregularidades topográficas dando paso a un relieve muy plano y casi horizontal (foto 2).

Más al este, está una formación montañosa cuyo principal elemento corresponde al cerro El Hacha, alrededor del cual hay laderas con pendientes empinadas del orden de 30° y con filas anchas. El sistema de drenaje en este sector es de tipo radial y está compuesto por quebradas estacionales y cortas en su mayor parte; su máxima elevación es de 617 msnm con una diferencia de 327 m sobre el llano. La subunidad está formada por lavas

bastante sanas, principalmente andesitas; gran parte de ella con roca en superficie, siendo parte de un antiguo macizo que ha sido denudado por la erosión. Continuando en esa dirección se encuentra la unidad de volcánica del Orosí. Hacia el noreste las pendientes de las laderas son fuertes y los espacios interfluviales angostos; compuestos principalmente por rocas de tipo andesítico. Su forma actual es producto de la actividad volcánica ya que la erosión casi no ha tenido relación con su construcción. Los ríos que bajan por sus laderas por lo general lo hacen por áreas de contacto.



Foto 1. Entre Peñas Blancas y La Cruz el viento es uno de los principales agentes de erosión.



Foto 2. El relieve al sureste de La Cruz se vuelve plano o casi plano. Al fondo el Volcán Orosí.

A partir de este punto el tendido sigue por el pie de monte del Volcán Orosí, que es un área de terrenos de pendiente suave, interrumpida por varios cursos fluviales entre los

que destacan los ríos Sábalo, Cañita, Mena y Sucio. Actualmente esta parte está dedicada primordialmente a la producción de cítricos, por lo que cuenta con mucha infraestructura vial que da acceso a diferentes puntos. (fotos 3 y 4).



Fotos 3 y 4. A la izquierda se observa la disponibilidad de accesos que presentan las plantaciones de cítricos en las fincas Del Oro y a la derecha parte del relieve que domina en este tramo a su paso por el pie de monte del Orosi.

Tramo CR-2 (Upala - Cañas).

Al sureste de la comunidad de Santa Cecilia, se encuentra la zona comprendida por los poblados Brasilia y Birmania, cuya topografía es ligeramente plana con lomas de poca elevación, muy redondeadas y laderas de poca pendiente. Las filas son planas y anchas, más de 200 m, y están compuestas por una secuencia de lavas, tobas o lahares, pero cubiertas de ceniza de depositación más reciente, la que les ha dado un aspecto plano. Su forma se debe al relleno de rocas volcánicas y a la cubierta de ceniza que llenó las depresiones originales, lo que Bergoing (1998), identifica como pie de montes volcánicos cuaternarios. Algunos ríos como el Orosi y Las Haciendas han excavado cañones de mediana profundidad, en cuyo caso deberán aprovecharse los puntos más altos para la construcción de apoyos y evitar las áreas más cercanas a los cauces.

Entre Birmania, Porvenir y Cuatro Bocas, las características geomorfológicas son muy similares. Se trata de una llanura aluvial que se extiende a lo largo del Río Pizote y al pie del escarpe de la fila Caño Negro. En algunos puntos esta parte presenta problemas de inundación pero el tendido puede aprovechar las lomas bajas que se ubican en el pie de monte de la fila (fotos 5 y 6).

A partir de San Isidro de Upala y hasta Pueblo Nuevo el trazo propuesto continúa por el pie de monte de los cerros La Montañosa, que son parte del edificio volcánico Rincón de la Vieja y están compuestos por lavas del Cuaternario medio a superior, muy alteradas, que ha dado origen a la formación de suelos lateríticos. El relieve presenta una unidad de lomeríos bajos, con pendientes suaves y lomas redondeadas y por el lado sureste la presencia de un talud que da a la caldera de Guayabo.



Fotos 5 y 6. A la izquierda se observa la pared del escarpe de la fila de Caño Negro y en primer plano la llanura aluvial del Río Pizote y sus afluentes; a la derecha la formación de cárcavas producto de la erosión fluvial que se da en algunos puntos.

Este sector se accesa por las llanuras de la caldera colmatada de Guayabo, que es una depresión circular de 3 x 5 km de diámetro, que se formó como producto del colapso del Volcán Guayabo, que dio como resultado la formación de un lago que ha sido rellenado y del cual queda como testigo la laguna Mogote, que se ubica al sur de la caldera. Actualmente estas tierras están dedicadas a la producción ganadera en su mayor parte y en algunos casos interrumpida por la presencia de pantanos. Este sector está drenado hacia el norte por los ríos Negro y Raudales y hacia el sur por el Río Blanco y sus afluentes.

A partir de Pueblo Nuevo, continuando hacia el sureste, el tendido sigue por el pie de monte del Volcán Miravalles hacia el sector conocido como “Las Hornillas”, actualmente explotado por el Instituto Costarricense de Electricidad con el proyecto geotérmico Miravalles. En esta parte la geomorfología es ondulada suave compuesta por depósitos laháricos del antiguo Volcán Guayabo y del Miravalles (foto 7).

Siguiendo el trazo estudiado que toma rumbo sur, la geomorfología se compone de lomas y valles con topografía medio ondulada originada por las coladas de lava. Estas condiciones dejan ver la presencia de pequeñas lomas de contorno irregular; muchas de las cuales se extienden perpendicularmente a la pendiente del cono. En las partes más bajas, las lomas están separadas por depresiones de fondo irregular en las cuales a veces se forma una laguna. Esta unidad comprende lavas del tipo andesítico, cubierta con una pequeña capa de cenizas, que se va haciendo cada vez más plana hasta desaparecer en el abanico aluvial de los ríos Tenorio y Cañas (foto 8).

Tramo CR-3 (Cañas - Río Barranca).

A lo largo de las márgenes del Río Cañas y entre los poblados Vergel y Hotel; se encuentra un abanico aluvial formado por los ríos Cañas y Tenorio, el mismo forma una superficie plana que se confunde con la llanura del Tempisque, incluye terrenos pantanosos y, es de gran extensión. La pendiente dominante tiene una dirección noreste - suroeste, con una pendiente inferior a 1°. Los materiales que la componen son fragmentos de rocas volcánicas, con dominancia de andesita y basalto, así como tobas

riolíticas, todo dentro de una matriz arcillosa. Su origen se debe a la deposición efectuada por los ríos mencionados (foto 9).



La foto 7 (izquierda) muestra una vista panorámica de la topografía del terreno en el sector de las Hornillas pie de monte del Volcán Miravalles y la derecha (foto 8), el relieve casi plano en el extremo sur del mismo pie de monte.

Intercalado con la unidad anterior se encuentra, en los alrededores de la ciudad de Cañas, lo que se conoce como el paleo abanico de Cañas, cuya deposición fue en etapas anteriores. Dadas las características topográficas de este sector, también encontramos algunas pequeñas áreas en donde la planicie aluvial presenta influencia marina. Esta situación se da concretamente cerca de los poblados Tiquirrusas, El Güis, Santa Lucía, Limonal y Palma. En términos generales es un sector de relieve plano, que solo se ve interrumpido por la gran cantidad de ríos que lo cruzan.



Foto 9. En el sector de Lajas el tendido sigue paralelo al actual, por una zona de relieve muy plano.

A partir del Río Lagarto se presenta una geomorfología asociada al aporte de materiales de los ríos Guacimal, Sardinal, Aranjuez, Seco, Naranjo y Barranca, que han formado una serie de abanicos aluviales con una pendiente muy suave en dirección del Golfo de Nicoya. Los materiales que la componen son fragmentos grandes, principalmente lavas andesíticas y basálticas, dentro de una matriz de arena y arcilla.

Tramo CR-4 (Río Barranca - Río Grande de Tárcoles).

Este sector se inicia a partir del río Barranca, corresponde al pie de monte de los Montes del Aguacate y su forma actual está asociada a la depositación de sedimentos detríticos y volcánicos a la vez que se daban importantes deformaciones tectónicas, lo que le da una forma de meseta topográfica fuertemente disectada por los ríos que han formado gargantas y cañones. Esto es lo que se conoce como la meseta fallada por la tectónica Esparza - Orotina.

En el sector cercano a Río Barranca lo que predomina es una superficie plano ondulada, de filas amplias y redondeadas (foto 10), compuesta de rocas ignimbritas que originan terrenos arcillosos de la formación Orotina, pero también hay presencia de materiales de las formaciones Punta Carballo, Tivives.



Como se observa en la foto 10 el relieve en el sector de Mojón es de cerros redondeados con filas amplias.

Dentro de esta misma unidad, más hacia el sureste, aparece una superficie de pendiente plana o ligeramente plana a una altitud promedio es de 200 msnm, que se ve interrumpida por el Río Jesús María y sus afluentes, los cuales provocan la formación de laderas suavemente convexas que se convierten en verticales al encontrar materiales más resistentes. Su formación se asocia a corrientes de lodo originadas en los Montes del Aguacate. Entre los materiales que se encuentran están el cuarzo, basalto y andesita, todo dentro de una matriz arcillosa y arenosa.

Al sur del Río Machuca se extiende una superficie casi horizontal que llega hasta las márgenes del Río Tárcoles, en la que no hay presencia ríos o quebradas permanentes. La misma está compuesta por ignimbritas con un grado de consolidación variable. Su origen se debe a corrientes de ignimbritas que bajaron por el incipiente valle del Río Grande de Tárcoles hace algunos miles de años.

Tramo CR-5 (Río Grande de Tárcoles - Río Pirrís).

Al Sur del Río Tárcoles, por el límite este del Parque Nacional Carara, el relieve se vuelve más quebrado con presencia de un sistema montañoso de baja elevación, pero de pendientes fuertes y valles profundos, compuesto de rocas volcánicas y sedimentarias del Complejo de Nicoya. Dicho sistema lo conforman los cerros Tronco Negro y Montañas de Jamaica, así como el Fila Negra, que se ubica más al sur. En su paso por los principales ríos deben hacerse tendidos largos debido a que algunos cauces son amplios (foto 11).

En términos generales el relieve está constituido por laderas de pendiente fuerte (entre 20° y 30°), con filas y cauces angostos. Dadas esas condiciones y la fuerte precipitación que se presenta en la zona, así como la pérdida de la cobertura boscosa, en varios puntos se notan procesos erosivos fuertes, principalmente donde la cobertura es de pastos. Esta condición geomorfológica se repite en el sector de la Gloria, Bajos Guarumal y San Gerardo de Puriscal (Foto 12).



La foto de la izquierda (11), muestra la amplitud del cauce del río Turrubares, por lo que será necesario hacer vanos largos en este punto y la foto de la derecha (12) deja ver las características del relieve en sector aledaño al Parque Nacional Carara, así como los procesos erosivos en áreas de pastos.

Por el sector que se ubica entre las comunidades de Delicias y San Jerónimo el relieve se vuelve ondulado suave y muestra una concordancia de alturas, cuyo origen se asocia a un período de erosión marina que niveló el área y actualmente está siendo modelado por los procesos de erosión fluvial. Las cimas o filas son de buena amplitud. En esta parte del área de estudio el material predominante son rocas sedimentarias y basaltos profundamente meteorizados y su origen está ligado a un período de estabilidad tectónica que permitió a la erosión marina uniformar el relieve, luego se produjo un ascenso que dio paso a la erosión fluvial, provocando la formación de los valles.

Tramo CR-6 (Río Parrita - Río Savegre).

A partir del Río Parrita continúan las características de la zona descrita en el párrafo anterior y se extiende hasta el poblado del Porvenir, donde lo que se encuentran son colinas de poca altitud, con filas amplias.

Luego aparece una llanura aluvial que se extiende entre Parrita y Quepos, que es el resultado del aporte continuo de depósitos fluviales y de ladera, que vienen de Talamanca. Su origen es producto del arrastre y depósito de materiales por los ríos principales (Pocarito, Valeria, Damas, Cañas, Paquita y Naranjo), que son los mismos que la atraviesan en sentido noreste – suroeste. La misma constituye un relieve ligeramente plano, con presencia frecuente de lomas bajas que se han quedado como relictos entre los depósitos aluviales y está compuesta de fragmentos de arenisca y lutita con algo de lava, las dos primeras bastante meteorizadas en superficie.

Sobre esta unidad los ríos han excavado cañones poco profundos, en algunos casos amplios pero bien definidos, lo que obligará a vanos largos en el cableado al paso por los mismos, para evitar la instalación de apoyos cerca de los cauces. Superficialmente no hay muestras de erosión fuerte, a pesar de la actividad agropecuaria que se da en la zona, esto debido a las características de un relieve muy suave.

Tramo CR-7 (Río Savegre - Tinamastes) y Tramo CR-8 (Tinamastes - Palmar Norte).

A partir del Río Savegre el proyecto continúa por la llanura aluvial del mismo por algunos metros y luego, a la altura del poblado de Silencio entra en el sistema montañoso que forma la Fila Costeña. Esta fila se originó por el levantamiento tectónico de un bloque de la corteza que ascendió a lo largo de las fallas y alcanzó una elevación máxima de 1 000 msnm a la altura de fila Tinamastes. Esta subunidad se compone de rocas de la formación Brito, con algunas intrusiones. Las rocas más comunes son areniscas de grano medio a fino, lutitas arcillosas y calizas. Actualmente este sector está siendo modelado por un sistema de drenaje joven, cuyos cauces son cortos, de fuerte pendiente y de comportamiento torrencial.

Esta unidad geomorfológica se caracteriza por la presencia de pendientes fuertes y en las áreas en que se le ha quitado la cobertura boscosa hay evidencia de terrazas de soliflucción¹, sobre todo cuando el terreno está o ha estado dedicado al pastoreo.

En la primera parte de estos dos tramos el tendido sigue un proceso ascendente aprovechando las lomas de poca elevación, hasta llegar a una zona de relieve más suave, que es el valle del Río Guabo, luego continúa por un sistema de filas hasta alcanzar Fila Tinamastes; todo este paso se hace por la vertiente sur de la Fila Costeña (foto 13).

A partir de Tinamastes el tendido continúa por la vertiente norte, paralelo a la línea de cresta de la misma, por una distancia de más de 40 km, hasta llegar a la comunidad de San Rafael de Balsar, donde retorna a la vertiente sur. Durante este recorrido la

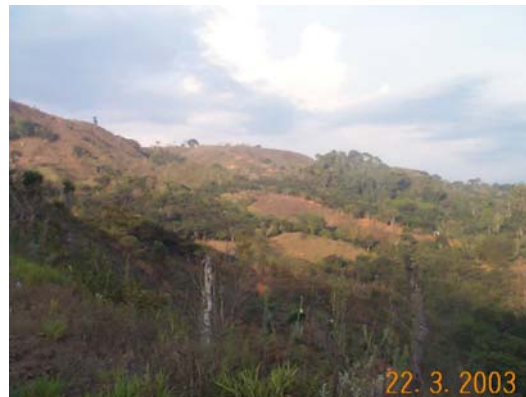
¹ Flujo descendente de la capa superior del suelo al aumentar la cantidad de agua líquida.

geomorfología continúa siendo de terrenos quebrados y filas angostas, que muestran algunas cicatrices de deslizamientos superficiales, asociados a la pérdida de la cobertura boscosa (fotos 14 y 15). Durante toda esta parte no hay problemas por la presencia de ríos o quebradas, ya que como se mencionó, el tendido va cerca de la línea de cresta que corresponde más bien a sitios en donde los sistemas fluviales son pequeños.



Foto 13. Este es el relieve que domina el sector a su paso por la comunidad de Guabo, al fondo se observa la fila Tinamastes que pasa normalmente nublada.

Finalmente, del poblado de San Rafael de Balsar en adelante, el tendido continúa por el pie de monte de la Fila Costeña, de forma más o menos paralela a la carretera Costanera. En este recorrido el relieve es de quebrado a ondulado, con presencia de algunos paleoacantilados cerca de Balsar y se va suavizando hacia Palmar Norte. A lo largo de este sector del tramo se aprecia erosión en las áreas desprovistas de bosque y de mayor pendiente. En esta otra parte del recorrido se encuentran algunos drenajes importantes como el Río Pavón y la Quebrada Tigre, afluentes del Río Balsar, que es uno de los que causa más problemas de inundaciones a la comunidad de Puerto Cortés.



En la foto de la izquierda (14), se observa un relieve de topografía suave en el sector oeste de Fila Tinamastes y en la de la derecha (15), el relieve se vuelve más quebrado por el lado este de la misma fila, a la altura de la comunidad de Trinidad de Pérez Zeledón. Nótese algunos procesos erosivos en la foto 15.



Foto 16. En el sector de San Rafael de Balsar la topografía es de ondulada a quebrada, también se notan procesos erosivos en los suelos de tipo cárcava y pie de vaca.

Tramo CR-9 (Palmar Norte - Río Lagarto) y Tramo CR-10 (Río Lagarto - Frontera con Panamá).

Entre Palmar Norte y la frontera con Panamá el tendido va por el pie de monte de las filas Grisera, Cruces y Cal, siguiendo paralela a la carretera Interamericana Sur.

Esta es una unidad geomorfológica que se orienta de acuerdo con la dirección estratigráfica de las rocas sedimentarias que la forman, que son de las formaciones Caliza de Brito, Térraba, Zapote y Piedemonte. Las rocas son areniscas de grano medio a fino, lutitas arcillosas y calizas, con algunas intrusiones. Es una extensión de la fila Costeña,

por lo que su origen es el mismo; debido al levantamiento de un bloque de la corteza desde el fondo oceánico.

El relieve es de tipo ondulado a quebrado, con presencia de lomas que se ubican también paralelas a la carretera Interamericana Sur. En los sectores en que se ha perdido la cobertura boscosa se notan algunos procesos erosivos, aunque no muy fuertes (fotos 17, 18, 19 y 20).

A lo largo de estos tramos se encuentra la presencia de varios sistemas fluviales como son los ríos: Piedras Blancas, Esquinas, Coto, Lagarto y Caño Seco, entre otros, que están excavando cañones todavía de poca profundidad y son el principal agente de modelado en la actualidad. Todos estos a excepción del Coto y el Caño Seco, son ríos cortos de comportamiento torrencial.

B.1.1.2.1. Implicaciones ambientales

En términos generales este proyecto no tiene grandes implicaciones ambientales sobre las condiciones geomorfológicas de los lugares afectados. Por el tipo de proyecto el movimiento de tierras es bastante reducido y puntual, dado que en la gran mayoría de los casos hay vialidad que puede ser usada. En algunos casos será necesario rehabilitar unos tramos, pero eso no implica grandes movimientos de tierra y los accesos que haya que construir son los menos y generalmente cortos.



Las fotos 17 y 18 muestran los cambios en el relieve que se da a lo largo del pie de monte de la Fila Cruce. En la primera de izquierda a derecha se muestra un cerro de topografía suave en el sector de Piedras Blancas y en la segunda condiciones más quebradas en el sector de Cerro Oscuro.



Las fotos 19 y 20 muestran la cobertura de bosque y la topografía dominante en los sectores de Río Claro (izquierda) y Ciudad Neilly a la derecha. En el primer caso es un bosque secundario sobre topografía quebrada y en el segundo un bosque primario sobre el mismo tipo de topografía.

El movimiento de tierras asociado a la construcción de apoyos (torres) es un área muy pequeña y en la medida de lo posible se escogerán zonas planas de manera que no haya que hacer taludes.

No obstante lo anterior, para la construcción de cada apoyo será necesario hacer los estudios de detalle de manera que se asegure que las condiciones específicas de cada sitio sean adecuadas para sostener los mismos.

Por las mismas características de la vialidad existente, será poco frecuente atravesar los cauces fluviales durante la etapa constructiva, ya sea por la existencia de puentes o porque se puede acceder al lugar por ambas riberas de los ríos. Esto ayuda a evitar el paso constante de equipo pesado, que además de aportar sedimentos al cauce podría alterar la dinámica natural del mismo.

B.1.2. Edafología

B.1.2.1. Principales parámetros de la capacidad de uso de las tierras.

La descripción de las clases agrológicas de los diferentes tramos que constituyen la zona de estudio se hizo considerando las limitaciones de tipo edáfico, topográfico y climático que se presentan a lo largo de cada uno de los mismos.

En términos generales las principales limitaciones encontradas a lo largo del trayecto lo constituyen las variaciones en las pendientes, la profundidad efectiva de los suelos, exceso o déficit de humedad, mal drenaje, suelos erosionados o con alto riesgo de erosión, variaciones pronunciadas en la pedregosidad y texturas muy variadas.

Los factores restrictivos desde el punto de vista agronómico hacen que se deban llevar a cabo labores de conservación y mantenimiento de suelos acorde a cada una de las clases

de suelo si son de vocación agrícola y de lo contrario someter las diferentes áreas a programas de mantenimiento y zonificación de acuerdo con su capacidad de uso agrológico.

B.1.2.2 Principales órdenes de suelos en los tramos de estudio.

En la República de Costa Rica se identificaron los suelos que se indican a continuación, utilizando la clasificación del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica:

Entisoles, son suelos de distribución global generalmente asociados a ambientes de laderas, zonas pantanosas, playas, valles y llanuras aluviales. Su escasa evolución se evidencia en la naturaleza mineral y en la ausencia de horizontes pedogenéticos, aunque eventualmente pueden presentar ócrico, antrópico, hístico o álbico. En su proceso de formación se destaca la poca intemperización de los materiales parentales producto de la erosión acelerada, procesos de remoción en masa que exponen superficies al ambiente, depositación reciente de materiales en conos de deyección, terrazas aluviales, depósitos coluviales y otros.

Inceptisoles, suelos poco desarrollados, con una incipiente diferenciación de horizontes. Su estado evolutivo puede ser progresivo, en el caso de encontrarse en un ambiente propicio para su desarrollo o bien, truncado (pedogenésis regresiva) por la acción de la erosión, la acción antrópica o el aporte de capas de material no meteorizados. Su distribución es amplia en zonas de clima húmedo y subhúmedo, abarcando desde el piso tropical hasta el montano en el caso de Costa Rica.

Mollisoles, son suelos evolucionados a partir de depósitos de los (depósitos de limos) en ambientes estables como llanuras o praderas con buen drenaje y pocos problemas de erosión. Son característicos de latitudes medias y altas, aunque también pueden encontrarse en los trópicos. Los suelos más viejos de este tipo presentan un horizonte argílico. En el proceso de formación la melanización, la humificación y la translocación de compuestos orgánicos e inorgánicos son los de mayor dominio. Cabe resaltar que estos suelos son altamente productivos pero propensos a la erosión, lo que hace que en zonas de alta pendiente deban ser protegidos mediante una adecuada cobertura vegetal que le reste energía al agua de escorrentía.

Vertisoles, suelos arcillosos con dominancia de montmorillonitas (arcillas 2:1), cuya principal característica es el alto coeficiente de expansión en condiciones de saturación. Su distribución comprende una franja entre los 30° N y 30° S. Se forman a partir de materiales básicos ricos en Mg y C, en ambientes anegados (depresiones inundadas) en zonas de clima contrastado, con una estación seca prolongada y precipitación entre 250 - 1 500 mm. Estos suelos son altamente inestables para la edificación de estructuras viales, tuberías, postes y torres de transmisión eléctrica por sus marcados cambios de volumen. Para este y cualquier otro proyecto se recomienda evitar este tipo de suelos para la cimentación de estructuras pesadas. En caso de que no puedan evitarse existen dos posibilidades: 1- tratar los suelos químicamente para evitar la expansión/contracción que sufren por efecto principalmente de la humedad o, 2- cimentar las estructuras en estratos

más profundos utilizando pilotes. En este último caso se debe dejar un espacio vacío entre la estructura y el suelo para evitar agrietamientos por expansión de este último.

Alfisolos, suelos caracterizados por poseer un epipedón ócrico y horizonte argílico. Su distribución latitudinal es amplia, en ambientes donde impera un clima que varía de semiárido a subhúmedo; se asocian a relieves ondulados y planos. En estos suelos la lixiviación, la eluviación y la iluviación son los procesos dominantes, poseen un horizonte Bt de concentración de arcillas con saturación de bases superior al 35%. Debido a estos procesos pueden presentar también frajipanes, duripanes y otros similares.

Histosoles, su formación se debe a la acumulación de materia orgánica en ambientes saturados de humedad y mal drenados en condiciones de baja temperatura, generalmente depresiones en zonas altas, lo cual induce a una lenta descomposición anaeróbica de la materia, proceso conocido como paludización. Pertenecen a latitudes altas y medias, aunque se les encuentra en zonas más bajas dentro de microclimas de altura muy localizados. En el caso de Costa Rica se hallan en las partes altas de la Cordillera de Talamanca, zona Norte, Pacífico Sur y litoral Caribe.

Ultisoles, suelos característicos de latitudes bajas y medias, con climas húmedos y calientes. Presentan un horizonte argílico o kándico y saturación de bases menor al 35%. Son suelos bien desarrollados en los que los procesos dominantes son el lixiviado y el lessivage (translocación de arcillas) que origina el horizonte Bt. En ellos el aluminio extraíble es alto. Dentro de la fracción arcilla es común encontrar caolinita, gibsita y menos comúnmente la montmorillonita.

Andosoles, suelos derivados de cenizas volcánicas, preferentemente piroclásticos. No presentan propiedades gleicas en los primeros 50 cm. Como características fundamentales presentan un horizonte ándico o vítrico que comienza en los primeros 50 cm. Solo puede tener como horizontes de diagnóstico adicionales a varios de los siguientes: hístico, fúlvico, melánico, móllico, úmbrico ócrico, dúrico, cámbico.

Seguidamente y tal cual se aprecia en los mapas 8 y 9 se describe para cada tramo los órdenes y clase agrológica correspondiente.

Tramo CR-1

El tramo CR-1 abarca 5 955,72 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y una clase agrológica (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Mollisoles	Udoll	277,45	4,66
Entisoles	Orthent	4 984,54	83,69
Inceptisoles	Tropept	693,73	11,65

Clase VI s123e1 2

Clase VI: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos, limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante suelos: s123 Profundidad efectiva mayor a 60 cm. Textura del subsuelo cualquiera excepto las gruesas y la del suelo a 30 cm cualquiera. Sin piedra a fuertemente pedregoso.

Limitante erosión: e12 pendiente menor de 50 %, con erosión sufrida de nula a severa.

Tramo CR-2

El tramo CR-2 abarca 11851,76 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y dos clases agrológicas (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Ultisoles	Humult	4 311,03	36,37
Inceptisoles	Tropept	1 890,66	15,95
Entisoles	Orthent	3 469,29	29,27
Andisol	Andept	2 180,78	18,40

Clase III s23e1

Clase III: Severas limitantes que reducen la elección de cultivos o requiere prácticas especiales de conservación.

Limitante suelos s23 con texturas de finas a muy finas en pendientes menores al 3 %, sin piedra a ligeramente pedregosos.

Limitante erosión e1: pendientes menores al 15 %.

Clase VI s123e12

Clase VI: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos, limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante suelos s123: Profundidad efectiva mayor a 60 cm, con cualquier tipo de textura en el suelo a 30 cm, y en el subsuelo cualquier textura, excepto las gruesas. Sin piedra a fuertemente pedregosa.

Limitante erosión e12: Pendientes menores al 50 %, con erosión de nula a severa.

Tramo CR- 3

El tramo CR-3 abarca 49 449,10 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y siete clases agrológicas (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Inceptisoles	Tropept	13 458,91	27,22
Andisol	Andept	9 972,08	20,17
Entisoles	Orthent	4 126,41	8,34
Inceptisoles / Entisoles	Tropept / Orthent	2 372,05	4,80
Vertisoles	Ustert	1 664,81	3,37
Mollisoles	Udoll	6 196,47	12,53
Alfisoles	Ustalf	8 889,87	17,98
Ultisoles	Humult	2 768,51	5,60

Clase IV s2e1

Clase IV: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos, limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante suelo s2: Texturas del suelo y subsuelo a 30 cm, de muy finas a moderadamente gruesas.

Limitante erosión e1: pendiente menor al 30 %.

Clase II s2

Clase II: Requiere de prácticas de conservación moderadas, limitantes físicas que reducen la elección de los cultivos.

Limitante suelo s2: textura del suelo y subsuelo a 30 cm moderadamente finas a moderadamente gruesas.

Clase VI s23e1

Clase VI: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos, limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante suelos s23: Textura del suelo a 30 cm de cualquier tipo, textura del subsuelo a menos de 30 cm con cualquier tipo excepto las gruesas. Sin piedras a fuertemente pedregoso.

Limitante erosión e1: Pendiente menor al 50 %.

Clase III s2e1

Clase III: Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos o requiere prácticas de conservación y manejo muy especiales o ambos.

Limitante suelos s2: Textura del suelo a 30 cm y del subsuelo a menos de 30 cm de finas a muy finas en pendientes menores al 3 %. Textura del suelo a 30 cm y del subsuelo a menos de 30 cm de finas a moderadamente gruesas en pendientes menores al 15 %.

Limitante erosión e1: Pendientes entre el 3 y 15 %.

Clase II e1

Clase II: Requiere de prácticas de conservación moderadas, limitantes físicas que reducen la elección de los cultivos.

Limitante erosión e1: Pendiente menor al 8 %.

Clase VI s13e1c3

Clase VI: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos, limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante suelos s13: Profundidad efectiva mayor al 60 cm, sin piedra a fuertemente pedregoso.

Limitante erosión e1: Pendiente menor al 50 %, con erosión sufrida de nula a severa.

Limitante clima c3: Neblina de ausente a moderada.

Clase IV s13e1c3

Clase IV: Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos o requiere prácticas de conservación y manejo muy especiales o ambos.

Limitante suelos s13: Profundidad efectiva mayor a 60 %, sin piedra a pedregoso.

Limitante erosión e1: pendiente menor al 30 %.

Limitante clima c3: neblina ausente a moderada, con climas pluviales que no permiten cultivos anuales.

Tramo CR-4

El tramo CR-4 abarca 22 400,23 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y seis clases agrológicas (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Alfisoles	Ustalf	14 899,81	66,52
Entisoles	Orthent	1 004,99	4,49
Inceptisoles	Tropept	2 259,11	10,09
Na	Na	152,94	0,68
Entisoles	Psamment	90,72	0,40
Ultisoles	Humult	3 992,66	17,82

Clase IV s12d1c3

Clase IV: Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos o requiere prácticas de conservación y manejo muy especiales o ambos.

Limitante suelos s12: Profundidad efectiva mayor a 60 cm. Suelo con profundidad de 30 cm con textura muy finas a moderadamente gruesas. Subsuelo menor de 30 cm, con textura muy finas a moderadamente gruesas.

Limitante drenaje d1: Moderado a lento a moderado a excesivo.

Limitante clima c3: Neblina ausente a moderada. Climas pluviales no permiten cultivos anuales.

Clase II s123e1c3

Clase II: Requiere de prácticas de manejo moderadas, o tiene limitantes que reducen la elección de cultivos.

Limitante suelo s123: Profundidad efectiva mayor a 90 cm. Textura del suelo a 30 cm moderadamente finas a moderadamente gruesas, textura en el subsuelo de finas a moderadamente gruesas.

Limitante erosión e1: Pendiente menor al 8 %.

Limitante clima c3: Neblina ausente a moderada.

Clase II s2c3

Clase II Requiere de prácticas de conservación moderada, limitantes físicas que reducen la elección de los cultivos.

Limitante suelos s2: Textura del suelo a 30 cm moderadamente finas a moderadamente gruesas, textura en el subsuelo de finas a moderadamente gruesas.

Limitante clima c3: Neblina ausente a moderada.

Clase VII s13e12

Clase VII: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos, limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante suelos s13: Profundidad efectiva mayor a 30 cm. Sin piedra a fuertemente pedregoso.

Limitante erosión e12: Pendiente menor al 75 %. Erosión sufrida nula a severa.

Clase II s2d12c3

Clase II: Requiere de prácticas de conservación moderadas, con limitantes físicas que reducen la elección de los cultivos.

Limitante suelos s2: Textura del suelo a 30 cm moderadamente fina a moderadamente gruesa, textura del subsuelo finas a moderadamente gruesas a menos de 30 cm.

Limitante drenaje: Moderado excesivo a moderado lento. Riesgo de inundación de nulo a leve.

Limitaciones de clima c3: Neblina ausente a moderada.

Clase VII s13

Clase VII: Las limitaciones se incrementan, siendo no aptas para cultivos y con uso limitados a pastos, bosque o vida silvestre.

Limitante suelos s13: Profundidad efectiva mayor a 30 cm. Sin piedra a fuertemente pedregoso.

Tramo CR-5

El tramo CR-5 abarca 16 506,45 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y cinco clases agrológicas (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Ultisoles	Humult	15 202,17	92,10
Entisoles	Orthent	84,43	0,51
Alfisoles	Ustalf	1 218,61	7,38
Inceptisoles	Tropept	1,24	0,01

Clase VII s13e12

Clase VII: Suelos con limitaciones físicas muy severas que no los hacen aptos para cultivos y con uso limitados para pastos, bosque o vida silvestre.

Limitante suelos s13: Profundidad efectiva mayor a 30 cm. Sin piedra a fuertemente pedregoso.

Limitante erosión e12: Pendiente menor al 75 %. Erosión sufrida nula a severa.

Clase III s12e1

Clase III: Severas limitantes que reducen la elección de cultivos o requiere prácticas especiales de conservación.

Limitante suelos s12: Profundidad efectiva mayor a 60 cm. Textura del suelo a 30 cm, finas a moderadamente gruesas, subsuelo menor a 30 cm con textura fina a moderadamente gruesas.

Limitante erosión s12: Pendiente menor a 15 %.

Clase IV s13d1

Clase IV: Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos o requiere prácticas de conservación y manejo muy especiales o ambos.

Limitante suelos s13: Profundidad efectiva mayor a 60 cm. Sin piedra a pedregoso. Climas pluviales no permiten cultivos anuales.

Limitante drenaje d1: Moderado lento a moderado excesivo.

Clase IV s12e12

Clase IV: Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos o requiere prácticas de conservación y manejo muy especiales o ambos.

Limitante suelos s12: Profundidad efectiva mayor a 60 cm. Textura del suelo a los 30 cm muy fina moderadamente gruesa. Textura del subsuelo a menos de 30 cm muy finas a moderadamente gruesas.

Limitante erosión e12: Pendiente menor de 30 %. Erosión de nula a moderada.

Clase III s12e12

Clase III: Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos o requiere prácticas de conservación y manejo muy especiales o ambos.

Limitante suelos s12: Profundidad efectiva mayor a 60 cm. Textura del suelo a los 30 cm, fina a moderadamente gruesa. Textura del subsuelo a menos de 30 cm, finas a moderadamente gruesas.

Limitante erosión e12: Pendiente menor al 15 %. Erosión sufrida de nula a moderada.

Tramo CR-6

El tramo CR-6 abarca 14 330,10 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y cuatro clases agrológicas (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Ultisoles	Humult	10 131,34	70,70
Inceptisoles	Tropept	3 505,77	24,46
Entisoles	Aquent	81,93	0,57
Entisoles	Orthent	611,06	4,25

Clase III s12e12

Clase III: Severas limitantes que reducen la elección de cultivos o requiere prácticas especiales de conservación.

Limitante suelos s12: Profundidad efectiva mayor a 60 cm. Textura del suelo a los 30 cm, fina a moderadamente gruesa. Textura del subsuelo a menos de 30 cm, finas a moderadamente gruesas.

Limitante erosión e12: Pendiente menor al 15 %. Erosión sufrida de nula a moderada.

Clase IV s12e12

Clase IV: Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos o requiere prácticas de conservación y manejo muy especiales o ambos.

Limitante suelos s12: Profundidad efectiva mayor a 60 cm. Textura del suelo a 30 cm y del subsuelo a menos de 30 cm de muy finas a moderadamente gruesas.

Limitante erosión e12: Pendiente menor de 30 %. Erosión sufrida de nula a moderada.

Clase VI e12

Clase VI: Fuertes limitaciones de manejo, siendo no aptas para cultivos, limitados a pastos, bosque o vida silvestre.

Limitante por erosión e12: Pendiente menor a 50 %. Erosión sufrida de nula a severa.

Clase VII s13e12

Clase VII: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos y limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante suelos s13: Profundidad efectiva mayor a 30 cm. Sin piedra a fuertemente pedregoso.

Limitante erosión e12: Pendiente menor al 75 %. Erosión sufrida de nula a severa.

Tramo CR-7

El tramo CR-7 abarca 19 867,58 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y siete clases agrológicas (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Inceptisoles	Tropept	774,39	3,90
Ultisoles	Humult	19 093,19	96,10

Clase VI e12

Clase VI: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos y limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante erosión e12: Pendiente menor del 50 %. Erosión sufrida de nula a moderada.

Clase VI e1

Clase VI: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos y limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante erosión e1: Pendiente menor del 50 %.

Clase II s1

Clase II: Requiere de prácticas de conservación moderadas, o tiene limitantes que reducen la elección de los cultivos.

Limitante suelos s1: Profundidad efectiva mayor a 90 cm.

Clase VII s13e12

Clase VII: Fuertes limitaciones, siendo no aptas para cultivos y con uso limitados a pastos, bosque o vida silvestre.

Limitante suelos s13: Profundidad efectiva mayor a 30 cm. Sin piedra a fuertemente pedregoso.

Limitante erosión e12: Pendiente menor al 75 %. Erosión sufrida de nula a severa.

Clase III s1e12

Clase III: Tiene severas limitantes que reducen la elección de cultivos o requiere prácticas especiales de conservación.

Limitante suelos s1: Profundidad mayor a 60 cm. Pendiente menor al 15 %, erosión nula a moderada. Profundidad mayor 90 cm.

Limitante erosión e12: Pendientes menores al 3 %. Erosión de nula a leve.

Clase III s2e1

Clase III: Tiene severas limitantes que reducen la elección de cultivos o requiere prácticas especiales de conservación.

Limitante suelos s2: En suelos de 30 cm textura de fina a muy fina en pendientes menores 3 %, y en el subsuelo texturas finas a muy finas. En pendientes menores a 15 % texturas del suelo a 30 cm de finas a moderadamente gruesas y en el subsuelo de finas a moderadamente gruesas.

Limitante erosión e1: Pendiente menores de 3 y 15 %.

Clase VII s1e12

Clase VII: Fuertes limitaciones, siendo no aptas para cultivos y con uso limitados a pastos, bosque o vida silvestre.

Limitante suelos s1: Profundidad efectiva mayor a 30 cm.

Limitante erosión e12: Pendiente menor al 75 %. Erosión sufrida de nula a severa.

Tramo CR-8

El tramo CR-8 abarca 13 003,60 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y tres clases agrológicas (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Ultisoles	Humult	11 102,31	85,38
Inceptisoles	Tropept	330,23	2,54
Ultisoles	Udult	1 571,06	12,08

Clase VII s1e12

Clase VII: Las limitaciones se incrementan, siendo no aptas para cultivos, con uso limitados a pastos, bosque o vida silvestre.

Limitante suelos: Profundidad efectiva mayor a 30 cm.

Limitante erosión: Pendiente menor al 75 %, erosión sufrida de nula a severa.

Clase VI e1

Clase VI: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos, limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante erosión: e1 Pendientes menores al 30 %. Climas pluviales no permiten cultivos anuales.

Clase VI e12

Clase VI: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos, limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante erosión: e12 Pendientes menores al 30 %. Climas pluviales no permiten cultivos anuales. Erosión sufrida de nula a moderada.

Tramo CR-9

El tramo CR-9 abarca 24 893,60 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y cuatro clases agrológicas (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Inceptisoles	Tropept	3 186,98	12,80
Ultisoles	Humult	6 126,93	24,61
Entisoles	Orthent	15 579,69	62,59

Clase II s2d1

Clase II: Requiere de prácticas de conservación moderadas, o tiene limitantes que reducen la elección de los cultivos.

Limitante suelo: s2 Textura del suelo a 30 cm de moderadamente fina a moderadamente gruesa. La textura del subsuelo a menos de 30 cm fina a moderadamente gruesas.

Limitante drenaje: d1 Moderadamente excesivo a moderadamente lento.

Clase VII s13e12

Clase VII: Las limitaciones se incrementan, siendo no aptas para cultivos y con uso limitados a pastos, bosque o vida silvestre.

Limitante suelos: s13 Profundidad efectiva mayor a 30 cm. Sin piedra a fuertemente pedregoso.

Limitante erosión: e12 Pendiente menor al 75 %. Erosión sufrida de nula a severa.

Clase IV e1

Clase IV: Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos o requiere prácticas de conservación y manejo muy especiales o ambos.

Limitante erosión: e1 Pendiente menor al 30 %.

Clase II s2

Clase II: Requiere de prácticas de conservación moderadas, o tiene limitantes que reducen la elección de los cultivos.

Limitante suelos: s2 Textura del suelo a 30 cm de moderadamente fina a moderadamente gruesa. La textura del subsuelo a menos de 30 cm fina a moderadamente gruesas.

Tramo CR-10

El tramo CR-10 abarca 7 796,87 hectáreas y presenta los órdenes y subórdenes de suelos que se muestran en la siguiente tabla y siete clases agrológicas (ver cuadro B.1.2).

Orden	Suborden	Area/Ha	%
Andosol	Andept	56,52	0,72
Entisoles	Orthent	7 546,87	96,79
Inceptisoles	Tropept	193,48	2,48

Clase IV e1

Clase IV: Suelos con severas limitantes que restringen el uso de cultivos o requiere prácticas de conservación y manejo muy especiales o ambos.

Limitante erosión: e1 Pendiente menor al 30 %.

Clase II s1

Clase II: Requiere de prácticas de conservación moderadas, o tiene limitantes que reducen la elección de los cultivos.

Limitante suelos: s1 Profundidad efectiva mayor a 90 cm.

Clase III s12 d1

Clase III: Tiene severas limitantes que reducen la elección de cultivos o requiere prácticas especiales de conservación.

Limitante suelos: s12 Profundidad efectiva mayor a 60 cm. Textura del suelo a los 30 cm, fina a moderadamente gruesa. Textura del subsuelo a menos de 30 cm, finas a moderadamente gruesas.

Limitante drenaje: d1 Moderadamente excesivo a moderadamente lento.

Clase II s1

Clase II: Requiere de prácticas de conservación moderadas, o tiene limitantes que reducen la elección de los cultivos.

Limitante suelos: s1 Profundidad efectiva mayor a 90 cm.

Clase VI e12

Clase VI: Tienen limitantes severas que la hacen inadecuada para cultivos y limitan su uso a pastos, bosque o protección de vida silvestre.

Limitante erosión: e12 Pendiente menor al 50 %. Erosión sufrida de nula a severa.

Clase II s1

Clase II: Tiene severas limitantes que reducen la elección de cultivos o requiere prácticas especiales de conservación.

Limitante suelos: s1 Profundidad efectiva mayor a 90 cm.

Clase III e1

Clase III: Requiere de prácticas de conservación moderadas, o tiene limitantes que reducen la elección de los cultivos.

Limitante erosión: e1 Pendiente menores a 3 % y menores de 15 %.

Cuadro B.1.1. Principales Ordenes de Suelos por cada Tramo y Subtramo

Tramo	Orden de Suelos	Subtramo
CR-1	Entisol	2-3-4-5
	Inceptisol	1-5
CR-2	Entisol	1-2-3
	Inceptisol	2-3-4
	Ultisol	4-5-6-7
	Andosol	3-4-5-6
CR-3	Inceptisol	1-2-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-22-23-28-30-31-32
	Ultisol	2-3-4
	Entisol	13-14-15-16
	Inceptisol/Entisol	16-17-18-20
	Vertisol	20-23-25-26-27-28
	Alfisol	24-25-26-28-29-30-31-32-33
	Andosol	8-9-10-11-12-13-14
CR-4	Alfisol	1-2-3-4-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34
	Entisol	3-5-35
	Ultisol	4-5-6-7-23
	Inceptisol	6-8-35
CR-5	Inceptisol	1
	Entisol	1-2-3
	Alfisol	3-4-5-6-7
	Ultisol	8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28
CR-6	Ultisol	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15
	Inceptisol	1-4-5-6-7-14-15
	Entisol	9-15
CR-7	Ultisol	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17
	Inceptisol	1-2
CR-8	Ultisol	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15-16-17-18-19
CR-9	Ultisol	1-2-3-4-10-11-18-19
	Inceptisol	2-3-4-11
	Entisol	3-5-6-7-8-9-10-12-13-14-15-16-17-18-19-20
CR-10	Entisol	1-2-3-4
	Andosol	2-3-4

Cuadro B.1.2. Principales Ordenes de Suelos por cada Tramo y Subtramo

Capacidad de Uso de Suelos por Tramo	
Tramo	Capacidad de Uso
CR-1	VI s123e1 2
CR-2	IIIs2e1, VIIs123e12
CR-3	IVs2e1, IIs2, VIIs23e1, IIIs2e1, IIs1, VIIs13e1c3, IVs13e1c3
CR-4	IVs12d1c3, IIs123e1c3, IIs2c3, VIIs13e12, IIs2d12c3, VIIs13
CR-5	VIIs13e12, IIs12e1, IVs13d1, IVs12e12, IIs12e12
CR-6	IIIs12e12, IVs12e12, Vie12, VIIs13e12
CR-7	Vie12, Vie1, IIs1, VIIs13e12, IIs1e12, IIIs2e1, VIIs1e12
CR-8	VIIs1e12, Vie1, Vie12
CR-9	IIs2d1, VIIs13e12, IVe1, IIs1
CR-10	IVe1, IIs1, IIIs12d1, IIs1, IVe12, IIs1, IIs1e1

B.1.3. Agua

B.1.3.1 Red hidrológica

Para efectos del estudio, en Costa Rica, la vertiente del Pacífico se dividió en tres regiones, Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Sur.

El Pacífico Norte comprende la vertiente oeste de la cordillera de Guanacaste hasta la desembocadura del Río Grande de Tárcoles. Entre las coordenadas 320 000 y 350 000 y entre las coordenadas 180 000 y 350 000 Costa Rica Lambert Norte. La zona comprende las cuencas de los ríos Peñas Blancas, Tempisque, Bebedero, Abangares y otros, Barranca, Jesús María y Grande de Tárcoles.

La zona del Pacífico Central comprende la vertiente oeste de la Cordillera de Talamanca, al sur del Río Grande de Tárcoles, hasta la vertiente oeste de la Fila Costeña al sur del Río Barú, entre las coordenadas 410 000 y 500 000 y entre las coordenadas 330 000 y 425 000 Costa Rica Lambert Sur. La zona comprende las cuencas de los ríos Tusubres y otros, Parrita, Damas y otros, Naranjo, Savegre y Barú.

La zona del Pacífico Sur comprende la vertiente oeste de la Cordillera de Talamanca, incluyendo el valle del General y la vertiente oeste de la Fila Cruces en el extremo sur, entre las coordenadas 500 000 y 590 000 y entre las coordenadas 330 000 y 360 000 Costa Rica Lambert Sur. La zona comprende las cuencas de los ríos Grande de Térraba, ríos de la Península de Osa, así como el Río Esquinas y otros.

Este estudio no analiza los niveles máximos de avenidas debido a que esto requiere estudios específicos de cada cuenca, que se harán como parte del diseño del proyecto en aquellos casos en que corresponda. La mayor parte de la línea transcurre por la parte alta de las cuencas, en donde no existe riesgo de inundación. Este documento indica los

tramos que presentan algún grado de riesgo de inundación, para los cuales se deberán hacer estudios más detallados durante el proceso de diseño.

B.1.3.2. Características físicas

En el cuadro B.1.3 se presentan las características principales de las cuencas consideradas para el estudio y para cada una de las zonas indicadas en Costa Rica tal cual se aprecian en el mapa 10 donde se muestran las cuencas.

Cuadro B.1.3. Cuencas consideradas para el EsIA

Pacífico Norte				
Cuenca	Area Km²	Longitud del Cauce Principal Km	Elevación Máxima msnm	Pendiente Promedio %
19. Río Tempisque	3 408	138	1 916	24,25
20. Río Bebedero	2 052	62	2 028	24,64
21. Río Abangares y otros	1 365	43	1 825	20,63
22. Río Barranca	507	55	2 200	36,15
23. Río Jesús María	361	40	1 340	34,38
24. Río Gde. de Tárcoles	2 171	94	2 906	33,30
Pacífico Central				
Cuenca	Area Km²	Longitud del Cauce Principal Km	Elevación Máxima msnm	Pendiente Promedio %
25. Río Tusubres	833	39	1 756	21,79
26. Río Parrita	1 275	52	2 050	48,36
27. Río Damas	461	36	2 116	34,37
28. Río Naranjo	335	41	3 010	23,54
29. Río Savegre	596	56	3 491	54,40
30. Río Barú	565	24	1 333	52,49
Pacífico Sur				
Cuenca	Area Km²	Longitud del Cauce Principal Km	Elevación Máxima msnm	Pendiente Promedio %
31. R. Grande de Térraba	5 080	160	3 820	48,06
32. Río Península de Osa	1 971	64	1 500	28,58
33. Río Esquinas y Otros	461	36	2 116	24,57

B.1.3.3 Embalses en proyecto

En Costa Rica, el ICE tiene varios proyectos hidroeléctricos a distintos niveles de estudio dentro de cuencas que serán atravesadas por la línea de transmisión pero fuera del área de influencia de la línea. Estos proyectos son, Pirrís - Parrita, Savegre y Boruca.

B.1.3.4 Zonas inundables

Cuenca Pirrís - Parrita

La Cuenca No. 26 del Río Parrita tiene un área total de 1 225,4 Km² y está formada por los ríos principales de Grande de Candelaria, Parritilla y Pirrís, que se unen dando lugar al Río Parrita.

Dicha cuenca ocupa parte de las subregiones de la región Central: Caraigres, Puriscal, Quepos, Los Santos, Cartago, Aserrí, Desamparados, Cartago y Guarco.

En toda la cuenca, las altas intensidades de lluvia son un factor importante para la erosión al suelo, donde los problemas por deslizamiento son frecuentes. Esto se agrava por el proceso de deforestación que se ha llevado a cabo, estando la mayor parte del sector desprovisto de vegetación arbórea y arbustiva, dedicándose la tierra fundamentalmente a cultivos agrícolas sin obras de conservación de suelos y, a pastizales, por lo que la capacidad de infiltración es muy pequeña, provocando grandes escorrentías.

La mayoría de la cuenca está constituida por tierras montañosas de fuertes pendientes, en ocasiones de gran longitud. Es recorrida de este a oeste por una serie de cadenas montañosas separadas por los valles de los ríos que corren en la misma dirección hasta la parte occidental de la cuenca donde se unen sucesivamente, tomando una dirección norte-sur, donde dan origen al Río Parrita, que discurre por una llanura aluvial hasta el Océano Pacífico.

La máxima altura es el cerro las Vueltas (3 156 msnm), situado en el extremo este de la cuenca. También destaca el Cerro Caraigres que supera los 2 500 msnm, situado entre los valles de los ríos Grande de Candelaria y Pirrís y los cerros de Escazú.

Las áreas de topografía suave son escasas y de pequeña extensión, a excepción de la llanura aluvial que forma el Río Parrita en la parte baja de la cuenca.

Lo accidentado de la topografía de la zona, junto al régimen de precipitaciones, favorece la formación de grandes caudales con velocidades muy altas del agua. Esta combinación hace que las aguas que llegan a los caminos que bordean estos ríos tengan una enorme capacidad erosiva, por lo que se hace muy necesario el diseño de los caminos cercanos a los cauces, especialmente en el caso del Río Parrita.

Dada la gran inestabilidad de la mayoría de las formaciones de rocas existentes en la cuenca y además de los procesos generalizados de reptaciones, unido a la accidentada topografía y al régimen de precipitaciones, es que gran parte de los ríos que son afluentes principales arrastran mucha cantidad de sedimento, rocas, troncos aguas abajo, hasta llegar a la confluencia con el Río Pirrís y posteriormente a la llanura aluvial donde las aguas se desbordan en toda la planicie, provocando serios problemas a todas las comunidades asentadas en las márgenes del cauce principal.

Llanura Aluvial del Río Parrita

Los impactos más notorios por inundaciones que registra este río se sitúan en algunas áreas adyacentes al mismo, a su paso por la llanura aluvial, sitios en los que por la fertilidad intrínseca de esos suelos, han sido ocupados desde la década de los 50 por actividades agrícolas basadas en la explotación bananera primero y palma aceitera después, además de grandes extensiones dedicadas al cultivo del arroz y el sorgo.

Las características del patrón de drenaje meándrico, entre otros aspectos, muestra cómo por secuencias simultáneas de erosión y depositación muy típicas, el curso principal migra, constituyéndose estos cambios del lecho fluvial en el principal peligro que presentan estos ríos.

En el sector son muchas las áreas cultivadas de palma aceitera que muestran los microrelieves de terrazas fluviales y cauces abandonados, los cuales se reactivan una vez que da inicio el período de lluvias fuertes

La existencia de muchos recodos favorece que el agua concentre su poder erosivo y debilite por excavación el escarpe. Esta situación ha motivado la construcción de diques de protección a lo largo de varios tramos, para proteger la población de Parrita.

Cuenca del Río Naranjo

La cuenca No. 28 del Río Naranjo está constituida por los ríos Naranjo y Brujo, y sus afluentes principales son: Río Naranjillo, Quebrada Llano Grande, Bijagual y Guapinol, con un área total de 3 351 Km².

El Río Naranjo presenta un fuerte dinamismo al ingresar a la llanura aluvial, localizada inmediatamente al este de las serranías costeras adyacentes a Quepos. Las evidencias en los cambios graduales del cauce y la característica típica del patrón de drenaje meándrico, muestran cómo por secuencias simultáneas de erosión y depositación muy típicas, el curso principal migra, dejando meandros abandonados y terrazas. Este río tiene en la actualidad un alto potencial de generar inundaciones ya que se se presentan rasgos característicos debido a las avenidas extraordinarias que han invadido no solo plantaciones de palma aceitera, sino terrenos con pastizales y arroz, convirtiéndose estos cambios del lecho fluvial en el principal peligro que se presenta en esta área.

Cuenca del Río Savegre

La cuenca superior del Río Savegre se ubica en el Páramo Buenavista, cerca de la Carretera Interamericana. Los ríos División y Zapotales, y más abajo en la cuenca intermedia las Quebradas Domingo, Savegre y Blanco, entre otras, constituyen el Río Savegre. Luego de transcurrir por relieves quebrados y zonas de alta inestabilidad por deslizamientos, hace ingreso a una planicie aluvial encajonada donde existen muchos asentamientos humanos a lo largo del cauce, para finalmente ingresar a una extensa llanura aluvial, donde el canal principal. en su paso de terreno montañoso a la llanura aluvial, se divide en varios canales de aguas, los que en presencia de lluvias fuertes son

capaces de transportar y depositar grandes volúmenes de sedimentos y rocas, entre otros elementos.

Dada la fertilidad de estos suelos, es que muchos asentamientos se han ubicado a lo largo de este río, sin considerar el alto riesgo por inundación que encierran las planicies aluviales. Dicho peligro no ha sido factor limitante en su uso, ya que los primeros reportes por inundación son de 1 954.

El Río Savegre en la llanura aluvial asume una dinámica de tipo meándrico manifestada por la sinuosidad de su cauce principal y por la presencia de cauces abandonados, que se reactivan fácilmente con lluvias fuertes o eventos hidrometeorológicos extraordinarios. Este rasgo del proceso fluvial permite destacar el fácil proceso de socavamiento y migración hacia afuera de la orilla externa del río, coincidiendo este desplazamiento en algunos tramos con la base del camino. En éstas partes la erosión es muy fuerte y ha provocado deslizamientos y destrucción de las vías, caso típico entre El Silencio y Santo Domingo, el que a su vez no podría ser fácilmente rectificado ya que este se encuentra entre el río y el relieve montañoso.

En síntesis se trata de una cuenca joven, sin equilibrio erosivo, con laderas inestables, que está drenada por ríos caudalosos con afluentes cortos (torrentes), que en presencia de factores ambientales propicios (lluvias, suelos, pendientes fuertes), se desborda fácilmente. Debido al desbordamiento, erosión y lavado de los caminos, muchas comunidades han quedado aisladas, habiéndose dado además la destrucción de viviendas tales como: Savegre Abajo, Brujo, Blanco, Santo Domingo, El Silencio y Finca Marítima.

Algunos factores a considerar son:

- El relieve es joven y muy irregular.
- El cauce principal es relativamente corto y de mucho gradiente topográfico.
- La forma alargada de la cuenca hacia el sureste y la existencia de dos ríos principales: División y Savegre, que conforman una red dominada por gran cantidad de afluentes con un alto gradiente topográfico, que se convierten en torrentes de alto caudal.
- Todo lo anterior propicia condiciones para altas magnitudes de sedimentación en los cauces auxiliares y principales de la cuenca.

Caracterización Bio-Física

En el cuadro B.1.4 se enumeran las principales características de la cuenca, con base en datos del “Diagnóstico del Estado de Conservación de los Recursos Naturales de la Cuenca Baja del Río Savegre, Costa Rica”, por el Lic. Alfonso Pérez Gómez, 1996.

Cuadro B.1.4. Características Principales de la Cuenca del Río Savegre

Variables	Datos
Ubicación	84° 42' 84.05" O y 21° 09' 37.0" N
Área	539,5 Km ²
Forma	Alargada hacia el sureste (SE)
Precipitación media anual	4 367 mm
Caudal	46,5 m ³ /s
Sistema de drenaje	Ríos principales: Savegre y División, dominados por muchos afluentes cortos de alto gradiente topográfico (dentrítico)
Geología	Unidades Sedimentarias del Terciario y depósitos cuaternarios. Dominado por buzamientos y cataratas propias de relieve joven.
Geomorfología	Irregular y variable (Cuenca Alta). Cerros Páramo y valles pequeños (Cuenca baja).
Clima	Estación seca de diciembre a abril y tropical lluvioso.

Fuente: Gómez, Pérez Alfonso, 1996.

Debe considerarse que debido a las características de topografía irregular, e hidrológicas de la cuenca, existe una estrecha relación entre la gran fragilidad que existe y el gran deterioro que ocurre en la cuenca. Esto es particularmente preocupante considerando que el colector (Savegre) nace en el Páramo y desemboca en la costa, drenando diferentes altitudes y zonas de vida.

Los asentamientos principales (Cuenca baja) son: Savegre Abajo - El Llano -Brujo y Silencio y Finca Marítima. La cuenca se caracteriza por evidenciar cuatro niveles bien definidos desde el punto de vista socioeconómico:

1. La cuenca alta está dominada por un clima, un relieve y una carencia de infraestructura vial y de servicios, que la hacen poco atractiva para el desarrollo de asentamientos humanos, por lo que predomina la cobertura forestal (Reserva Forestal Los Santos).
2. La cuenca media hacia el Río División está dominada por frentes de colonización caracterizados por poblaciones muy dispersas y dedicadas principalmente a la ganadería extensiva y granos básicos.
3. La cuenca baja está dominada por asentamientos pequeños, establecidos en valles pequeños (Santo Domingo) o bien las riberas de los ríos (Silencio y Finca Marítima).
4. La economía es principalmente extractiva y turística, en manos de muchos pequeños productores o por el contrario de terratenientes (cuenca baja).

Procesos que deterioran la cuenca

La combinación de algunas variables ambientales de la cuenca y de la actividad humana, han acelerado muchos procesos que ponen en peligro el equilibrio ambiental de la cuenca. Entre ellos cabe destacar:

1. Alta Inestabilidad de laderas. Este es el principal problema ambiental de la cuenca y se debe a la combinación de varios factores tales como:
2. La cuenca es geológicamente joven y geomorfológicamente genera laderas con un alto gradiente topográfico, dominado por cauces encañonados.
3. El río nace a 3 065 msnm y desemboca directamente al Océano Pacífico con una alta gradiente en su recorrido.
4. La precipitación es alta y los suelos son arcillosos.
5. Se encuentran principalmente afluentes cortos, de alto gradiente topográfico, con un elevado porcentaje de ganadería extensiva. Asimismo, el creciente proceso de colonización espontánea para ganadería extensiva pone en peligro y aumenta la fragilidad de las laderas de la cuenca media y baja. Se evidencian cárcavas, desprendimientos en potreros de pendientes media a alta.
6. Los meandros del río en su trayecto de llanura, donde abundan terrazas de depósitos no consolidados, que por su ubicación y estructura no constituyen barreras naturales al río, conformando un "cauce móvil lateralmente", esto implica erosiones de las márgenes. Esta situación es altamente riesgosa considerando que los principales asentamientos se ubican al lado de los ríos Savegre y División.

Pese a lo anterior la línea de transmisión se ubicará en la parte media-alta de la cuenca donde estos procesos no se evidencian.

Microcuencas de los ríos Hatillo Nuevo y Viejo

Las microcuencas de los Ríos Hatillo Nuevo y Viejo son pequeñas y se caracterizan por un alto incremento de los procesos erosivos en los suelos, principalmente debido a la deforestación. Dichas microcuencas pertenecen a la cuenca del Río Barú. Esta situación provoca una fuerte escorrentía superficial sobre el terreno, generando en muchos casos deslizamientos con el agravante de arrastrar árboles, rocas y mucho sedimento. La recarga y el aumento del caudal en las partes bajas han impacto directamente la estructura del puente sobre el Río Hatillo Nuevo, que fue totalmente destruido.

Debe indicarse que cualquier trabajo a realizar en la zona debe integrar un análisis total sobre las condiciones de la cuenca, considerando los deslizamientos y aquellas áreas con evidencias de alta inestabilidad (reptaciones intensas), para correlacionar los posibles efectos que pueden generarse en las partes inferiores de la cuenca.

Dado que la línea de transmisión se ubica completamente en la parte superior de estas microcuencas no se prevé que sus estructuras se vean afectadas, sin embargo, los trabajos de construcción pueden generar efectos como los comentados para las partes inferiores de las microcuencas.

Cuenca Inferior del Río Grande de Terraba

Los terrenos actualmente ocupados por los poblados de Palmar Norte y Palmar Sur son fincas que, por las incidencias climatológicas (efectos indirectos de huracanes, tormentas tropicales o incluso inviernos prolongados), sufren inundaciones por el desbordamiento en la parte inferior de la Cuenca del Río Grande de Terraba. Ciudad Cortés, con las mismas características de los poblados antes citados, es afectada por las inundaciones de los ríos Balzar y Terraba.

De acuerdo con los antecedentes por inundación, los centros urbanos de Palmar Norte y Palmar Sur no se reportan como muy afectados por crecidas extraordinarias, debido a que el cauce del Río Grande de Terraba después del puente principal, experimenta un alivio al bifurcarse en varios brazos principales, que a su vez forman varias acumulaciones fluviales denominados La Ínsula y la Isla Sorpresa.

Otro factor que podría favorecer o atenuar la situación de peligro aquí, consiste en que los Asentamientos de Palmar Norte y Sur ocupan las márgenes en un punto en donde el cauce forma una curva.

La acción erosiva de mayor riesgo se concentra hacia la margen externa sobre la que se sitúa Palmar Sur. Sin embargo, ésta es amortiguada por el flanco vertical rocoso (calizas) de las estribaciones de la Fila Grisera) que a su vez sirve de protección natural al poblado. La amplia planicie sobre la que se ubica Palmar Norte corresponde al proceso inverso, es decir, un área de acumulación sedimentaria en la margen interna del curso fluvial.

Los serios problemas que han generado las inundaciones en el poblado de Ciudad Cortés, tanto en plantaciones como en la infraestructura, tienen referencias desde 1 916, así como de octubre de 1 954 y 1 955. De esta fecha en adelante y en menor escala, han causado daño a esta zona las avenidas de setiembre de 1 971, agosto 1 973, 1 981, 1 993 y julio de 1 996. Esto se explica pues gran parte de las viviendas están construidas en terrenos planos y caracterizados por materiales aluvionales, depositados por las inundaciones que se han originado en los últimos tiempos geológicos.

Cabe destacar que como medida de mitigación en las áreas de Palmar Norte, Sur y Ciudad Cortés, se han efectuado dragados y diques con la finalidad de salvaguardar los bienes materiales y vidas humanas. Muchos de estos trabajos perduran por varios años, pero la alta precipitación y el arrastre de sedimentos hacen que las obras efectuadas sean destruidas en pocas horas por los eventos hidrometeorológicos extraordinarios.

Subcuenca del Río Corredores

Dique a lo largo del Río Corredores

El Río Corredores se localiza en la cuenca del Río Esquinas y atraviesa la comunidad de Ciudad Neilly. La inestabilidad de los sectores aledaños al curso, explica el hecho de la que ciudad se asienta en la salida del cono de deyección del Río Corredores y Caño Seco, en un relleno fluvial, sector preciso en el que estos abandonan el área montañosa

para adentrarse en la planicie aluvial, que a su vez se introduce en una angosta discontinuidad montañosa.

Dada la estrechez del valle fluvial y el cambio de pendiente que los ríos tienen en esta parte, se generan arrastres torrenciales, produciendo no solo desbordamientos, sino la acumulación de material a lo largo del cauce.

A raíz de ello, se procedió a efectuar los diques a lo largo del Río Corredores, que actualmente han protegido a la comunidad de Ciudad Neilly.

La línea de transmisión se ubica en la parte superior de la zona montañosa y no existe afectación en cuanto a problemas de inundación o erosiones antes comentados.

B.1.3.5. Hidrogeología

B.1.3.5.1. Descripción de acuíferos

A continuación se hace una breve descripción de los principales acuíferos que atraviesa la línea de transmisión eléctrica, destacando algunos parámetros hidrogeológicos e interpretando su grado de vulnerabilidad.

Existen algunos acuíferos bien diferenciados y otros que lo están en menor grado; sin embargo a pesar de esta limitante se procurará indicar los principales parámetros que los caracterizan, como la profundidad del nivel estático, la permeabilidad de la zona saturada, el potencial de producción de aguas subterráneas y la vulnerabilidad a la contaminación. Para ello se ha tomado como base la caracterización geológica por donde pasará la línea de transmisión eléctrica, en la que se han identificado los siguientes tipos geológicos según su origen: rocas sedimentarias, ignimbritas, coladas de lava, depósitos aluviales y coluviales, roca volcánica, roca sedimentaria volcanoclástica y basaltos.

Coladas de lava

Este material predomina en las faldas de la cordillera volcánica del país, principalmente en la zona nor-este, entre los tramos CR-1 y CR-2 y parte del tramo CR-3. Está formado principalmente por lavas con intercalaciones de ceniza volcánica, lahares y aglomerados. Su formación es reciente y se ubica en el período cuaternario. Por ser una región relativamente plana cuyas elevaciones no sobrepasan los 100 msnm los niveles de los acuíferos están a menos de 10 m de la superficie. Sin embargo, los valores de conductividad hidráulica son relativamente bajos por lo que el potencial de producción de los pozos es del orden de los 5 l/s. La vulnerabilidad a la contaminación se considera baja.

Ignimbritas

Este material predomina en la parte norte del país y se ubica dentro del proyecto a partir de la mitad inferior del tramo CR-3. En este caso está asociado principalmente a la Formación Liberia, caracterizada por ignimbritas formadas por la acumulación de cenizas

pomáceas, ricas en cuarzo, feldespatos, biotita y fragmentos de pómez. La misma subyace a la Formación Bagaces, que corresponde a tobas de composición dacítica del tipo ignimbritas. En la Formación Liberia los niveles de las aguas subterráneas se encuentran por debajo de los 10 m de profundidad. Estas tobas generalmente presentan valores relativamente bajos de conductividad hidráulica de modo que el potencial de producción en pozos que captan este acuífero es del orden de los 5 l/s. De acuerdo con las características apuntadas se le considera un acuífero de una baja vulnerabilidad a la contaminación.

Depósitos aluviales y coluviales

Este tipo de material predomina en los tramos CR-4, CR-6 y CR-7; se le asocian características de alta conductividad hidráulica (permeabilidad) como material no consolidado. En caso de que se presente como material consolidado, las características de permeabilidad serán mas bien bajas. Por estar este material en un ambiente de depositación se presume que el mismo predomina en zonas bajas, de modo que se espera que los niveles de agua subterránea se encuentren a menos de 10 m de profundidad; el potencial de producción de aguas subterráneas en este tipo de acuífero suele ser alto. Por las características indicadas a estos acuíferos se les considera de alta vulnerabilidad a la contaminación.

Rocas volcánicas

Aparecen en algunos sectores del tramo CR-3 y del CR-4. Este tipo de material está asociado al denominado Complejo del Aguacate, compuesto principalmente por basaltos y andesitas, aglomerados y tobas. Las características hidrogeológicas que presenta este tipo de formación suelen ser de media a baja permeabilidad, con lo que el potencial de producción de aguas subterráneas es generalmente bajo, en el orden de los 5 l/s como máximo. Los niveles de aguas subterráneas se encuentran a más de 20 m de profundidad. De acuerdo con las anteriores características, a los acuíferos que muestran este tipo de material se les considera de baja vulnerabilidad a la contaminación.

Rocas sedimentarias

Se presentan al final del tramo CR-5 y luego predominan en los tramos CR-6, CR-7, CR-8, CR-9 y CR-10. Este material se presenta principalmente en las zonas bajas del continente. La litología de estos materiales, que predominan en la zona sur del país, se refiere básicamente a lutitas calcáreas, a veces silíceas con intercalaciones de areniscas. Estos depósitos se encuentran muy consolidados, lo cual le da características de media a baja permeabilidad. Los niveles freáticos se encuentran generalmente a menos de 10 m de profundidad. Tomando en cuenta las anteriores características se puede considerar a estos acuíferos como de mediana vulnerabilidad a la contaminación.

Rocas sedimentarias volcanoclásticas

Este tipo de roca se origina mediante procesos de depositación de material volcánico. Generalmente se encuentra asociado a una matriz arcillosa o limo arcilloso. La permeabilidad de este tipo de roca suele ser de media a baja. Los niveles freáticos en los

tramos por donde pasa la línea de transmisión se encuentran a profundidades mayores a los 10 m, de modo que se considera a estos acuíferos poco susceptibles a la contaminación, por lo que se les califica de baja vulnerabilidad.

Basaltos

Este material de origen volcánico predomina en los primeros sectores del tramo CR-5. Normalmente este tipo de roca volcánica se presenta como un material bastante consolidado y generalmente denso. Las características de permeabilidad tienen que ver con la presencia de fracturas en la matriz rocosa. La permeabilidad primaria de esta roca suele ser muy baja. A los acuíferos constituidos por este tipo de material se les asocia permeabilidades de tipo secundario, es decir, por fracturamiento de la roca. Las profundidades de los niveles de agua subterránea se encuentran a más de 20 m; de modo que se le asigna una baja vulnerabilidad a la contaminación.

B.1.3.5.2. Pozos y captaciones para acueductos cercanos al proyecto

Se hizo un levantamiento exhaustivo en los archivos del AyA y de SENARA, para ubicar todas aquellas obras de abastecimiento de agua potable que pudieran ser afectadas por el proyecto, según se puede ver en el cuadro del Anexo 1 en la Sección G, apartado G.1.1.

Se incluyeron pozos y captaciones que abastecen comunidades, acueductos rurales, urbanizaciones, fincas, industrias o casas de habitación. Posteriormente se ubicaron en el mapa 10 junto con la línea del proyecto y se evaluaron todos aquellos elementos que se encuentran dentro del área de influencia del mismo.

Para el caso de pozos y nacientes, se establecieron dos áreas de influencia: una directa en un diámetro de 100 m y otra indirecta en un diámetro de 300 m alrededor del elemento. El criterio para definir estas distancias es el siguiente: en la Ley de Aguas se establece que la distancia mínima de afectación de un pozo es de 100 m (artículo 8: *“El alumbramiento de estos pozos no puede hacerse a una distancia menor de cuarenta metros de edificios ajenos, ferrocarriles o carreteras, ni a menos de 100 metros de otro alumbramiento público, sin el permiso del SNE.”*). En cuanto a los 300 m, se consideró que a partir de esta distancia el proyecto no generaría ningún grado de afectación. Dependiendo de la topografía, la profundidad del pozo, la geología de la zona y la existencia de fallas, se determinó la posible afectación del proyecto y se elaboraron algunas recomendaciones en aquellos casos en que se estimó alguna vulnerabilidad.

Se presenta a continuación un estudio tramo por tramo de las diferentes nacientes y pozos, tanto de AyA como particulares, que se ubican dentro del área de influencia del proyecto, incluyendo un análisis de riesgos y las recomendaciones en aquellos casos en que amerita.

Tramo CR-1

Subtramo 4

Pozo BH 2. Ubicado a menos de 300 m del proyecto. Tiene un caudal de 0,5 l/s, una profundidad de 65 m y es para abastecimiento doméstico. Se estima que no será afectado por el proyecto por las siguientes razones:

1. Pertenece a un acuífero de rocas sedimentarias de aguas profundas.
2. El proyecto se ubica a un nivel más bajo que el pozo.
3. El Río Vueltas se ubica entre el proyecto y el pozo, actuando como una barrera natural.

Tramo CR-2

Subtramo 3

Pozo BH 18. Ubicado a menos de 300 m del proyecto. Tiene un caudal de 4 l/s, una profundidad de 100 m y es para abastecimiento doméstico. Se estima que no será afectado por el proyecto por las siguientes razones:

4. Pertenece a un acuífero de lavas cuya permeabilidad es relativamente baja por lo que la vulnerabilidad a la contaminación es baja.
5. El nivel estático en el pozo se reporta a 24 m, de modo que existe un espesor significativo de zona no saturada que protege al pozo de contaminación superficial.

Tramo CR-3

Subtramo 12

- Nacientes F1 y F2 para el acueducto de La Fortuna de Bagaces. Para la naciente F1 se reporta un caudal de 17,3 l/s en el mes de mayo de 2 001 y abastece a una población de 460 viviendas. Para la naciente F2 se reporta un caudal de 32,68 l/s también de mayo del 2 001 y abastece a una población de 425 viviendas. Por ser unas fuentes muy productoras y por la importancia que las mismas revisten para la población que abastecen se consideró que deben ser tomadas en cuenta para el análisis de afectación del proyecto; a pesar de que se encuentran a más de 300 m del proyecto, sin embargo están a menos de 500 m de la línea. Además el proyecto se ubica aguas arriba de las fuentes por lo que las mismas están expuestas a su influencia. Se recomienda especial atención en este sector, de tal manera de ubicar las torres lo más alejado posible de las nacientes, así como evitar realizar importantes movimientos de tierra en zonas cercanas a las nacientes.
- Naciente F1 para el acueducto de San Bernardo de Bagaces. Se reporta un caudal de 40 l/s en el mes de ener de 1 983 y abastece a una población de 56 viviendas (año 1 983). Por ser una fuente muy productora y por su importancia en

relación con la población abastecida se consideró importante que se analizara su posible impacto con respecto al proyecto. Sin embargo el hecho de que la naciente se ubique aguas arriba de la línea y a poco más de 500 m de distancia permite estimar que no será afectada.

Subtramo 15

Pozo TM-11. Este pozo se ubica a más de 300 m del proyecto, en una zona muy plana y se utiliza para fines de riego. Pertenece a la localidad de Montano de Bagaces. El caudal de producción del pozo se reporta en 2,3 l/s, tiene una profundidad de 54 m y su nivel estático es de 13,67 m. Este pozo atraviesa las ignimbritas de la Formación Liberia y dado que el nivel freático se encuentra relativamente profundo no se considera que pueda haber afectación por parte del proyecto.

Subtramo 16

Pozo TM-10. Este pozo se ubica a menos de 300 m del proyecto, en una zona muy plana y se utiliza para fines domésticos. No hay reporte de caudal, profundidad y nivel freático. No se espera que el mismo pueda ser afectado significativamente por el proyecto dado que las características del acuífero en el que se encuentra indican que los niveles freáticos se encuentran relativamente profundos por lo que la vulnerabilidad a la contaminación es baja. Sin embargo se recomienda no ubicar torres cercanas al pozo, así como evitar movimientos de tierra en las cercanías del mismo.

Subtramo 17

Pozo CS-121. Este pozo se ubica a más de 300 m del proyecto, en una zona muy plana y se utiliza para fines de riego. No hay reporte de caudal, profundidad y nivel freático. Este pozo se encuentra a unos 3 km del centro de la localidad de Montenegro de Bagaces. Se estima que el pozo no será afectado por el proyecto dado que el mismo atraviesa la formación Liberia, la cual presenta materiales poco permeables y los niveles freáticos generalmente se encuentran por debajo de los 10 m, de modo que la vulnerabilidad de este acuífero a la contaminación es baja.

Subtramo 18

Pozo CS-10. Este pozo se ubica a más de 300 m del proyecto, en una zona muy plana y se utiliza para fines domésticos. No hay reporte de caudal, la profundidad se reporta en 55,77m y el nivel estático a 18,28 m. Al igual que el caso anterior, este pozo se ubica en la Formación Liberia cuyos estratos son de baja conductividad hidráulica, además el nivel estático se encuentra relativamente profundo por lo que el riesgo de contaminación es mínimo. Sin embargo por la cercanía del proyecto al pozo se recomienda no ubicar torres cercanas al pozo y evitar realizar movimientos de tierra que puedan afectar directamente a esta fuente.

Subtramo 26

Pozo AG124. Ubicado a menos de 100 m del proyecto, en la formación Liberia, cerca de la comunidad de La Palma de Abangares. Produce 2,7 l/s y se localiza agua arriba de la línea, por lo que se estima que no tendrá ninguna afectación.

Subtramo 30

Pozo AG 104. Ubicado a menos de 300 m del proyecto, en el acuífero aluvional del río Abangares. Tiene una producción de 5,2 l/s y abastece un acueducto rural. Tiene una profundidad de 18 m y un nivel estático relativamente cercano a la superficie. A pesar de que no está muy cerca de la línea, este pozo puede ser afectado con el proyecto y debe manejarse con cuidado debido a que:

1. El pozo abastece a una comunidad y es poco profundo.
2. La línea cruza el Río Abangares aguas arriba de la zona donde se ubica el pozo, por lo que una eventual contaminación del río podría llegar al pozo fácilmente.

Por esas razones, se deberá procurar evitar la construcción de torres y el movimiento de suelos cerca del cruce del proyecto con el Río Abangares y cerca de este pozo.

Subtramo 32

Pozo PAT 27. Pozo ubicado a menos de 100 m del proyecto, cerca de la localidad de Tortugal de Abangares. No se tiene información de profundidad ni de caudal de explotación. A pesar de la cercanía con la línea de transmisión eléctrica, se estima que no será afectado por la misma dado que los niveles freáticos en esta zona se encuentran a más de 15 m de profundidad.

Tramo CR-4

Subtramo 1

Pozo CHP 40. Esta fuente pertenece a la Hacienda Santa Elena. Su utilización es para uso doméstico. No hay reporte de caudal y se estima que no habrá afectación de parte del proyecto puesto que el mismo pasa a más de 300 m.

Subtramo 2

Pozo CHP 100. Está ubicado a menos de 300 m del proyecto, cerca de la localidad de Chomes. Abastece a una urbanización con un caudal de 5 l/s y tiene una profundidad de 120 m. A pesar de que está relativamente cerca de la línea, su gran profundidad permite estimar que no será afectado por el proyecto.

Pozo CHP 93. Este pozo está localizado en la comunidad de Judas de Chomes y es para uso industrial. No se tiene información de profundidad y de caudal de explotación. Se encuentra a más de 100 m de la línea de transmisión, sin embargo de acuerdo con los

niveles freáticos de la zona, que están a menos de 10 m bajo la superficie, se estima que podría haber afectación del proyecto sobre esta fuente. Se recomienda en este caso tomar las precauciones en el diseño y construcción del proyecto, procurando no ubicar torres en la zona y minimizar los movimientos de tierra.

Subtramo 3

Pozo CHP 55. Esta fuente está localizada a menos de 100 m de la línea de transmisión, se ubica en la localidad de Chapernal y su uso es de tipo doméstico. No se tienen datos acerca de su caudal de explotación y su profundidad total. Por su cercanía con el proyecto se recomienda que se tomen las medidas de precaución en el diseño definitivo de la línea, procurando no ubicar torres cercanas y durante la construcción minimizar los movimientos de tierra cerca del pozo.

Subtramo 6

Pozo CHP 26. Se localiza a más de 300 m de la línea de transmisión, su ubicación es en calle El Arreo, su profundidad reportada es de 7 m y es para uso doméstico. No se considera que pueda existir afectación por parte del proyecto.

Subtramo 9

Pozo BC 407. Este pozo está ubicado cerca de la localidad de Barranca, su uso es para dotar de agua a una urbanización en el Mojón de Barranca. No se tiene información de profundidad y caudal de explotación. Su localización con respecto al proyecto es de menos de 300 m. Los niveles freáticos en esta zona son menores a 10 m. Por su ubicación respecto al proyecto no se considera que pueda existir afectación.

Subtramo 11

Pozo BC 79. Se encuentra a menos de 100 m del proyecto. Esta fuente está localizada en la comunidad de Juanilama de Esparza y la profundidad del pozo es de 67 m. Pertenece a la corporación CODESA. No se tiene información del caudal de explotación. Los niveles freáticos se encuentran a más de 10 m de profundidad y la capa superior se refiere a lutitas cuya permeabilidad es baja. De acuerdo con las condiciones apuntadas, los acuíferos de la zona son poco vulnerables a la contaminación, de modo que se presume que no habrá afectación del proyecto a esta fuente. Sin embargo, por su ubicación a menos de 100 m se sugiere no ubicar torres cercanas y durante la construcción minimizar los movimientos de tierra cerca del pozo.

Pozo BC 80. Esta ubicado a menos de 300 m del proyecto. Esta fuente está localizada en la comunidad de Juanilama de Esparza. La profundidad del pozo es de 50 m. Pertenece a ALUNASA. EL caudal de explotación es de 1,8 l/s. Los niveles freáticos se encuentran a más de 10 m de profundidad y la capa superior está compuesta por lutitas cuya permeabilidad es baja. De acuerdo con las condiciones apuntadas, los acuíferos de la zona son poco vulnerables a la contaminación, de modo que se presume que no habrá afectación del proyecto a esta fuente.

Pozo BC 409. Este pozo está ubicado a menos de 100 m de la línea del proyecto. Perteneció a la comunidad de El Barón de Esparza, se utiliza para abrevadero y tiene una profundidad reportada de 81 m. El caudal de explotación es de 1,5 l/s. Los niveles freáticos de los acuíferos de la zona se reportan en profundidades superiores a los 20 m y en general se consideran pobres en cuanto a producción de aguas subterráneas. El estrato que se encuentra por encima del nivel freático está compuesto por materiales consolidados de baja permeabilidad, de modo que la vulnerabilidad a la contaminación suele ser baja. Por las razones expuestas se considera que esta fuente no será afectada por el proyecto.

Subtramo 12

Pozo BC 341. Este pozo está ubicado en la localidad de Labrador de San Mateo. Su uso es de tipo doméstico, tiene 52 m de profundidad y un caudal de explotación de 2,5 l/s. El nivel freático del acuífero en esta zona se reporta en profundidades superiores a los 15 m. El estrato que se encuentra por encima del nivel freático está compuesto por materiales consolidados de baja permeabilidad de modo que la vulnerabilidad a la contaminación suele ser baja. Su ubicación respecto a la línea de transmisión es menor a 300 m. Por las razones expuestas se considera que esta fuente no será afectada por el proyecto.

Subtramo 17

Pozo BC 395. Pozo ubicado a menos de 100 m de la línea de transmisión del proyecto. Se encuentra en la localidad de Limonal de Orotina. Su uso es de tipo doméstico, tiene una profundidad de 58 m y un caudal de explotación de 3 l/s. Los niveles freáticos de la zona se encuentran a profundidades mayores a los 20 m. Los materiales que se encuentran por encima del nivel del agua se refieren básicamente a arenas y limos en matriz arcillosa, de modo que la vulnerabilidad a la contaminación se considera baja. Sin embargo por su ubicación en relación con el proyecto se recomienda no ubicar torres cercanas y durante la construcción minimizar los movimientos de tierra cerca del pozo.

Subtramo 18

Pozo BC 304. Pozo ubicado a menos de 300 m de la línea de transmisión del proyecto. Se encuentra en la localidad de Limonal de Orotina. Su uso es de tipo industrial y pertenece a INACO S.A. No se tiene información de la profundidad y del caudal de explotación del mismo. Los niveles freáticos de la zona se encuentran a profundidades mayores a los 20 m. Los materiales que se encuentran por encima del nivel del agua se refieren básicamente a arenas y limos en matriz arcillosa, de modo que la vulnerabilidad a la contaminación se considera baja. Por las razones apuntadas se considera que el proyecto no afectará al pozo.

Subtramo 21

Pozo BC 403. Pozo ubicado a menos de 100 m de la línea de transmisión del proyecto. Se encuentra en la localidad de Limonal de Orotina. Su uso es de tipo doméstico. La profundidad reportada es de 60 m y el caudal de explotación es de 1 l/s. Los niveles freáticos de la zona se encuentran a profundidades mayores a los 20 m. Los materiales

que se encuentran por encima del nivel del agua son básicamente arenas y limos en matriz arcillosa, de modo que la vulnerabilidad a la contaminación se considera baja. Por las razones apuntadas se considera que el proyecto no afectará al pozo.

Pozo BC 515. Pozo ubicado a menos de 100 m de la línea de transmisión del proyecto. Se encuentra en la localidad de Limonal de Orotina. Su uso es de tipo doméstico, tiene una profundidad de 73 m y un caudal de explotación de 0,65 l/s. Los niveles freáticos de la zona se encuentran a profundidades mayores a los 20 m. Los materiales que se encuentran por encima del nivel del agua son básicamente arenas y limos en matriz arcillosa, de modo que la vulnerabilidad a la contaminación se considera baja. Sin embargo por su ubicación en relación con el proyecto se recomienda no ubicar torres cercanas y durante la construcción minimizar los movimientos de tierra cerca del pozo.

Tramo CR-5

Subtramo 21

Naciente para acueducto rural La Gloria de Puriscal. Ubicada a menos de 300 m del proyecto, aguas arriba del mismo. Una población de 60 casas capta 5,5 l/s de esta naciente para su abastecimiento. Existe un acceso cercano, por lo que no se prevén grandes movimientos de tierra en la zona. No se estima que haya afectación de la naciente pero si debe cuidarse que la línea se mantenga aguas abajo de la misma.

Tramo CR-8

Subtramo 2

Captación para acueducto rural El Socorro de Platanares. Ubicado a menos de 100 m del proyecto, aguas abajo del mismo. Capta un caudal de 4,5 l/s de la Quebrada Los Calvo para abastecer 90 casas. Dado que se trata de abastecimiento público, a la cercanía de la línea y a su ubicación aguas abajo, se estima muy posible una afectación de esta captación. Se debe procurar un pequeño cambio en la dirección de la línea de manera que pase aguas abajo la captación, o tener cuidados especiales durante el diseño, construcción y operación del sistema. En términos generales se debe evitar la ubicación de torres, la deforestación y los movimientos de tierra aguas arriba de la presa. En caso de que la línea del proyecto se cambie para que esté debajo de la captación, se debe tener cuidado con la ubicación de las torres para que éstas no sean socavadas en caso de un eventual asolvamiento de la presa.

Tramo CR-9

Subtramo 1

Naciente de AyA y tanque de almacenamiento para el acueducto de Palmar Norte. Ubicados muy cerca del proyecto. La naciente produce solo 0,3 l/s y el tanque es de un volumen de 300 m³. Se estima un nivel de afectación alto por lo que se deberá considerar un pequeño cambio en la dirección de la línea o al menos procurar que cerca de la naciente no se construyan torres ni se hagan movimientos de tierra importantes.

B.1.3.6. Vulnerabilidad debida a los cambios en cubierta vegetal

La construcción de la línea de transmisión y los caminos de acceso pueden afectar la cobertura vegetal y el potencial de infiltración del suelo, sobre todo en aquellas zonas donde hay actualmente bosque primario y secundario.

El objetivo de este análisis es estimar la vulnerabilidad que tiene cada uno de los transectos ante los cambios en la cobertura vegetal como resultado de la construcción del proyecto.

B.1.3.6.1. Metodología de análisis

Se estimó que el área que podría ser afectada por cambios en la infiltración es de 15 m a cada lado de la línea de transmisión eléctrica, dado que esa es la dimensión de la servidumbre. Asimismo, utilizando la información existente en los mapas producidos para efectos de este proyecto en la unidad de SIG, se determinó la longitud de bosque primario y secundario existente en cada uno de los transectos, mostrada en las columnas D y E de la hoja de cálculo (ver Anexo 1, Sección G, apartado G.1.1). En algunos casos había zonas nubladas cuando se hizo el levantamiento para del mapa cobertura boscosa (mapa 14 ubicado en la sección B.1.5), por lo que no hay información. Estos casos son los que se indican como zona de nubes en la columna F.

Se calculó el área afectada multiplicando la longitud de bosque que toca la línea por el ancho de afectación estimado de 30 m. Esta área es la que se muestra en las columnas G y H. Se estimó que la afectación será 50% mayor en las zonas de bosque primario que en las áreas de bosque secundario. No existen estudios científicos al respecto, pero se hizo la estimación de que la afectación sobre la infiltración en un bosque primario es un 50% mayor debido a que la retención en las copas de los árboles es mayor, al igual que la cobertura vegetal del suelo. Un bosque secundario, que ha sido manipulado por el hombre, no es tan frondoso como un bosque primario, de modo que su capacidad de infiltración es menor. De acuerdo a lo anterior, se calculó un área de bosque equivalente, que aparece en la columna I (ver Anexo 1) utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Área equivalente} = (\text{Área de bosque primario}) \times 1,5 + \text{Área de bosque secundario}$$

Se determinó el tipo de geología presente en cada uno de los transectos con base en la información existente en los mapas del SIG. Esto se indica en la columna K.

A cada formación geológica se le asignó un nivel de permeabilidad relativa, de acuerdo con la siguiente tabla:

Formación Geológica	Permeabilidad Relativa
<i>Rocas sedimentarias</i>	Media
<i>Ignimbritas</i>	Baja
<i>Depósitos aluviales y coluviales</i>	Alta
<i>Rocas volcánicas</i>	Media
<i>Rocas sedimentarias volcanoclásticas</i>	Media
<i>Basaltos</i>	Baja

De acuerdo con la permeabilidad del terreno y el área de bosque equivalente, se asignó un grado de vulnerabilidad, considerando que conforme aumenta la permeabilidad y el área, la vulnerabilidad es mayor. El grado de vulnerabilidad varía de 1 a 10 de acuerdo con la siguiente tabla, y se muestra en la columna L mostrada en el cuadro del Anexo 1 en la Sección G, apartado G.1.1.

:

Área (Ha) →	Menos de 5	Entre 5 y 15	Entre 15 y 25	Más de 25
Permeabilidad ↓				
Alta	4	6	8	10
Media	2	4	6	8
Baja	1	2	3	4

Finalmente se estimó la vulnerabilidad de cada subtramo, mostrada en la columna M, de acuerdo con el siguiente criterio:

Grado de vulnerabilidad	Vulnerabilidad
Entre 1 y 3	Baja
Entre 4 y 7	Media
Entre 8 y 10	Alta

B.1.3.6.2. Resultados

En la ruta del proyecto, de los 175 subtramos 153 tienen zonas de bosque primario o secundario. De esos 153 subtramos, 97 presentan vulnerabilidad baja, 49 vulnerabilidad media y solo 2 vulnerabilidad alta. Además hay 3 tramos de los que no se tiene certeza debido a que estaban cubiertos por nubes cuando se realizó la fotografía aérea.

Cabe indicar que en la zona norte del país, que es donde hay una mayor utilización de pozos, sólo hay un subtramo con vulnerabilidad alta. El otro subtramo con esta característica se ubica en la zona sur del proyecto, que es donde hay menos utilización de aguas subterráneas.

B.1.3.6.3. Recomendaciones para mitigar el impacto sobre la infiltración a los acuíferos a causa de alteraciones en la capa vegetal.

A continuación se proponen una serie de medidas de mitigación a efecto de reducir el impacto del proyecto sobre los acuíferos por donde pasa el mismo.

Se estima que habrá impacto ambiental negativo sobre el componente de infiltración hacia los acuíferos, producto de la alteración en la cubierta vegetal por donde pasa la línea de transmisión eléctrica. El impacto ocurrirá solo cuando se presente remoción de bosque primario o secundario. De acuerdo con la metodología descrita anteriormente de evaluación de la vulnerabilidad, se definieron tres niveles de vulnerabilidad, de modo que las sugerencias para mitigar el impacto se detallan según sea el grado de vulnerabilidad definido.

- Alta vulnerabilidad

En los tramos en que identificó que existe esta condición, se recomienda tomar las siguientes medidas: seleccionar aquellas especies de árboles que tengan alturas superiores a los 5 m y removerlas completamente, sustituyéndolas por especies de menor tamaño. Las especies cuyas alturas no sobrepasen los 5 m se recomienda no removerlas. Se pretende con este plan de manejo que el terreno por donde pasa la línea mantenga cierto tipo de cobertura boscosa de tal manera de evitar que el terreno pierda la capacidad de infiltración original o bien que esta pérdida sea mínima. Adicionalmente se recomienda proporcionar a la línea de transmisión eléctrica la mayor altura posible sobre el terreno, para ello se deberá evaluar en la etapa de diseño la ubicación de las torres para conseguir el propósito señalado.

- Mediana vulnerabilidad

En aquellos tramos en los cuales se presenta esta condición se sugieren las siguientes medidas: remover la capa vegetal ya sea bosque primario o secundario y en su lugar sustituir la vegetación removida por cobertura vegetal apropiada, de modo que se disminuya el efecto de pérdida de capacidad de infiltración.

- Baja vulnerabilidad

En los tramos en que se presenta esta condición prácticamente se estima que no habrá efectos negativos sobre la capacidad de infiltración del terreno por remoción de la cobertura vegetal; de modo que se considera innecesario emitir recomendaciones en ese sentido.

B.1.4. Clima

B.1.4.1. Caracterización climática

El clima en Costa Rica se caracteriza una variación importante para cada una de sus vertientes, principalmente en lo que respecta a la distribución de las lluvias y la intensidad de los vientos, aunque es claro que este comportamiento diferenciado tiene a su vez incidencia sobre otros elementos como brillo solar y humedad relativa.

La situación de Costa Rica por su ubicación entre dos masas oceánicas y su condición ístmica favorecen esta heterogeneidad en el comportamiento del clima en diferentes lugares en distancias relativamente cortas, acentuado por una cadena montañosa que atraviesa el país transversalmente en sentido noreste – sureste (Herrera 1 958).

En términos generales el clima a lo largo de área del proyecto tiene un cambio gradual a lo largo de la costa pacífica, lo cual está asociado a la distribución de las lluvias. En la región Pacífico Norte los promedios de lluvia anual son menores y se caracteriza por una estación seca bien definida y larga, además de la presencia de un veranillo a medio año. Esta condición va desapareciendo levemente hasta que en el Pacífico Sur la estación seca es corta y no llegan a desaparecer totalmente las lluvias.

La zona Norte del país tiene un comportamiento diferente en cuanto a la distribución de las lluvias, no se da el veranillo de medio año y más bien se produce una disminución en los meses de setiembre y octubre a la inversa del pacífico.

No obstante todo lo anterior, por ser un país pequeño y por estar ubicado el tendido de la línea cerca de la costa y a relativa baja altitud, no se ven cambios sustanciales en los diferentes elementos climatológicos.

Para mostrar mejor las condiciones predominantes a lo largo del área del proyecto se hará una descripción por los diferentes elementos, con base en los registros de varias estaciones meteorológicas ubicadas en las cercanías de la misma.

B.1.4.2. Estaciones seleccionadas

Se seleccionaron 23 estaciones meteorológicas de las que tiene registradas el Instituto Meteorológico Nacional y se agruparon por regiones según las características climáticas de cada una de ellas, a saber:

1. Pacífico Norte: La Cruz Guanacaste, Liberia y Río Colorado.
2. Zona Norte: Upala.
3. Golfo de Nicoya: La Pacífica, Ingeniería Taboga, Valle Escondido, Sardinal, Río Lagarto, Puntarenas, Barranca, Esparza, Lagunillas Orotina y Tivives.
4. Pacífico Central: La Ligua, Parrita, Rancho Nuevo, Damas Quepos, Coopesilencio, y Tinamaste.
5. Pacífico Sur: Palmar Sur, Río Claro y Coto 47.

Las cantidades de lecturas por año para la mayoría de las estaciones seleccionadas se aprecian en la siguiente tabla:

Estación	Cantidad de Lecturas	Año
La Cruz	90	2 002
Coopesilencio	45	1 994
Coto	50	2 002
Esparza	70	2 002
Taboga	84	2 002
La Ligua	88	2 002
Pacífico	52	1 995
Lagarto	95	2 002
Lagunillas	86	2 002
Liberia	71	2 002
Palmar sur	41	2 000
Puntarenas	58	2 000
Quepos	84	2 002
Río Claro	85	2 002
San Miguel	37	2 002
Sardinal	69	1 985
Tinamastes	82	2 002
Tivives	73	1 983
Upala	53	1 994
Valle Escondido	97	2 002

B.1.4.3. Pluviometría

Costa Rica está situada en una latitud tropical por lo que presenta gran variabilidad de la precipitación en tiempo y espacio. La vertiente del Pacífico se caracteriza por un período seco bien definido que comprende los meses de diciembre a abril y un mínimo relativo en los meses de julio y agosto, para el pacífico norte; y se reduce hasta casi desaparecer en el pacífico sur, donde no siempre se presenta el veranillo de medio año y los meses secos se restringen a marzo y abril. La época de lluvias se presenta en los meses de mayo a noviembre, siendo los meses de septiembre y octubre los de mayor precipitación. Para el caso de la zona norte ésta presenta un régimen de precipitación más asociado a la vertiente del Caribe, en donde a diferencia del pacífico se presenta una disminución de las lluvias en los meses de septiembre y octubre. Según el mapa de isoyetas promedio de precipitaciones anuales (mapa 11) presenta un aumento en el sentido norte – sur, pasando de unos 2 000 mm en el sector de La Cruz hasta más de 5 000 mm en el sector de Río Claro y Ciudad Neilly.

La distribución temporal de la precipitación está influenciada por sistemas atmosféricos de gran escala y por sistemas locales. Dentro de los sistemas de gran escala destacan La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y los Ciclones Tropicales (Huracanes) y dentro de los locales, las brisas marinas.

La Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) es la zona donde interaccionan los vientos alisios de los Hemisferios Norte y Sur, los primeros con una dirección media del noreste y los segundos con una dirección suroeste, esta interacción ocurre en las cercanías de la línea ecuatorial. La ZCIT forma una extensa banda ondulada con fuertes corrientes de aire ascendente, que favorecen el desarrollo de grandes sistemas nubosos como: cúmulos y cumulonimbos. La ZCIT está sometida a variaciones estacionales oscilando su posición media entre los 3° y 9° de latitud norte. Su posición más septentrional la alcanza entre junio y octubre, coincidiendo con la estación lluviosa en la vertiente del Pacífico. Las zonas bajo la influencia de la ZCIT, se caracterizan por la presencia de intensas lluvias y tormentas eléctricas.

Los ciclones tropicales o huracanes son zonas de baja presión que generan una circulación en sentido contrario a las agujas del reloj en el Hemisferio Norte, pudiendo extenderse verticalmente hasta 10 km o más de altura y con una extensión horizontal del orden de miles de kilómetros cuadrados. Las bajas presiones de los huracanes se asocian con movimientos ascendentes que favorecen la formación de nubes de gran desarrollo vertical como cúmulos y vientos que alcanzan velocidades mayores de 125 km por hora. Los huracanes originados en el Mar Caribe influyen en el régimen de precipitación en la vertiente del Pacífico entre junio y octubre y originan una circulación en la periferia que produce un flujo de aire con una dirección del suroeste, transportando masas de aire húmedo desde la zona ecuatorial. La interacción de este flujo en la cordillera montañosa que atraviesa longitudinalmente al país, provoca lluvias de gran intensidad y varios días de duración en la vertiente del Pacífico, principalmente en los meses de septiembre y octubre.

Por último, entre los sistemas locales destacan las brisas marinas. Costa Rica limita al este y al oeste con grandes masas oceánicas y presenta una orografía muy pronunciada. Bajo estas condiciones se desarrollan sistemas de vientos locales llamados "brisas" que pueden ser de mar, de valle o de montaña, según Zárate (1978). En el caso de la vertiente del Pacífico, las brisas de mayor importancia en la producción de lluvias son aquellas que soplan desde la costa hacia las cordilleras. Estas brisas junto con los vientos Ecuatoriales y su convergencia con el flujo de alisios producen un frente de brisa que genera nubes de desarrollo vertical produciendo lluvias y tormentas eléctricas.

En general las lluvias durante el período de mayo a noviembre se presentan entre las 12 y 18 horas (hora local), poniendo de manifiesto la estrecha relación del proceso de convección con el calentamiento diurno.

Finalmente el período seco (diciembre a abril) y el mínimo relativo (julio y agosto) están asociados con la intensificación del flujo de alisios durante estos meses.

En el pacífico norte se han tomado datos de las estaciones de La Cruz, Liberia y Río Colorado, localizadas en las cercanías de la zona de estudio. Según los datos de esas estaciones, en esta región del país hay un periodo seco bien definido que se extiende de diciembre a abril ambos meses inclusive, mientras que la estación lluviosa comprende los meses de mayo a noviembre (gráfico 1). También se observa una disminución en las lluvias en el mes de julio.

Gráfico 1

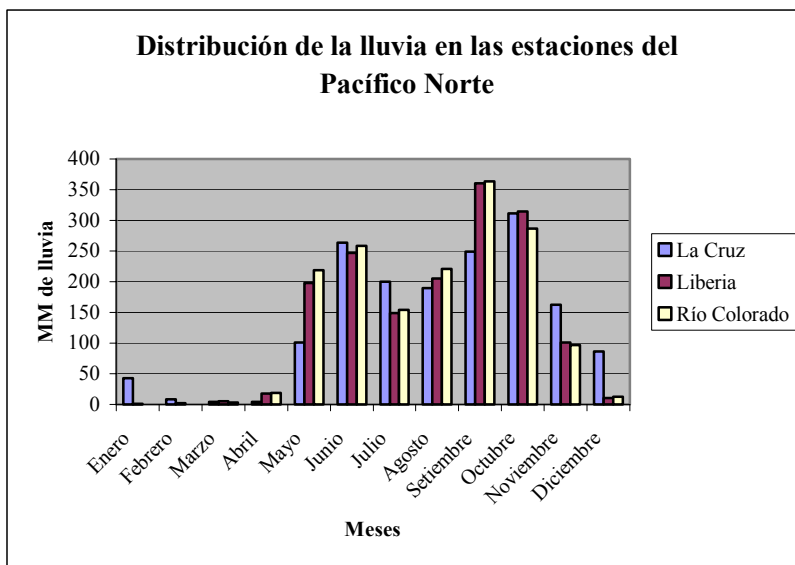
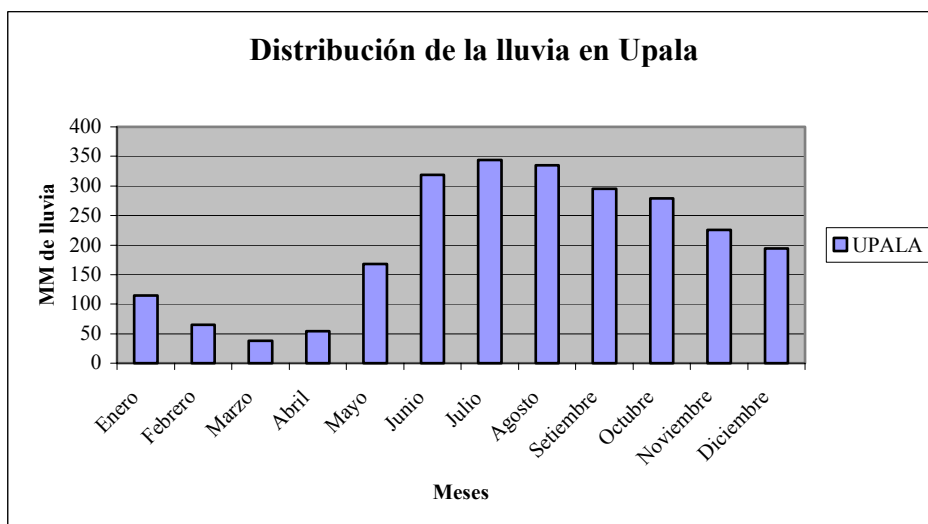


Gráfico 1. Nótese como la distribución en las tres estaciones es muy similar con alguna excepción en la estación de La Cruz que en los meses de diciembre y enero recibe la influencia del Caribe. Fuente: IMN.

En la Zona Norte se tomaron datos de la estación de Upala que es la más cercana al recorrido del proyecto. Según esos datos la lluvia presenta una disminución en los meses de febrero, marzo y abril pero no llega a desaparecer y a diferencia de las estaciones del pacifico norte no hay disminución en mitad de año (gráfico 2)

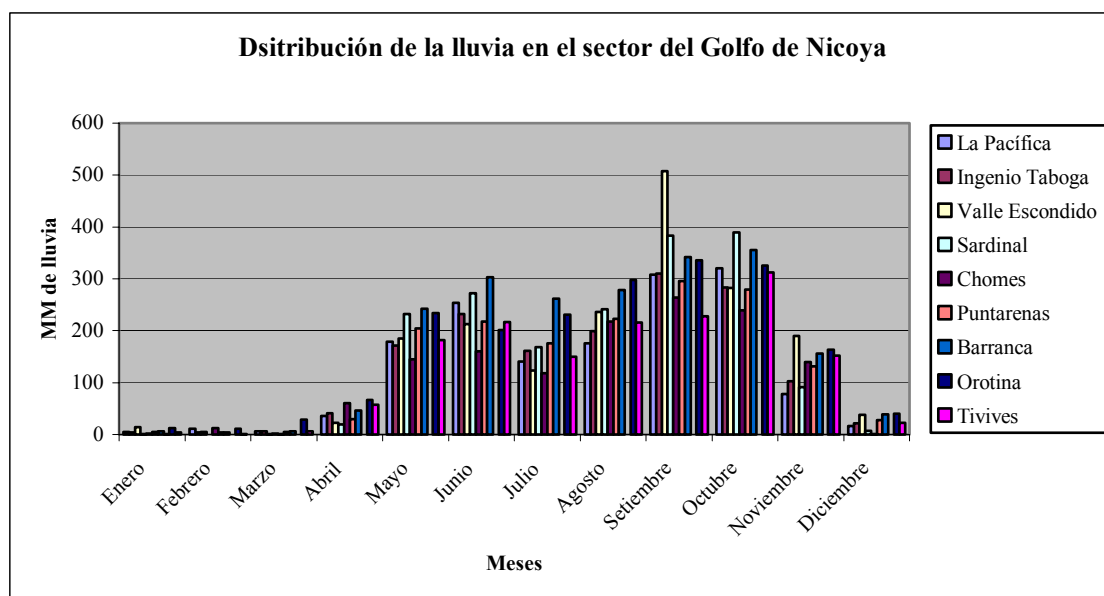
Gráfico 2



A diferencia de la Vertiente Pacífica en la Zona Norte julio es el mes que registra la mayor cantidad de lluvias. Fuente: IMN.

En la zona del Golfo de Nicoya las estaciones que se usaron fueron: La Pacífica, Ingeniería Taboga, Valle Escondido, Sardinal, Río Lagarto, Puntarenas, Barranca, Esparza, Lagunillas Orotina y Tivives. Este sector del Golfo se extiende desde el Cantón de Cañas hasta el sector del Parque Nacional CARARA. Según el gráfico 3, este sector del proyecto presenta un periodo seco que se extiende de diciembre a abril pero a diferencia del Pacífico Norte éste no es completamente seco, además los meses extremos (diciembre y abril), son de transición. El promedio de lluvias mensuales se mantienen bastante homogéneas entre estaciones con excepción de la estación de Valle Escondido que para el mes de setiembre supera los 500 mm de promedio de lluvia.

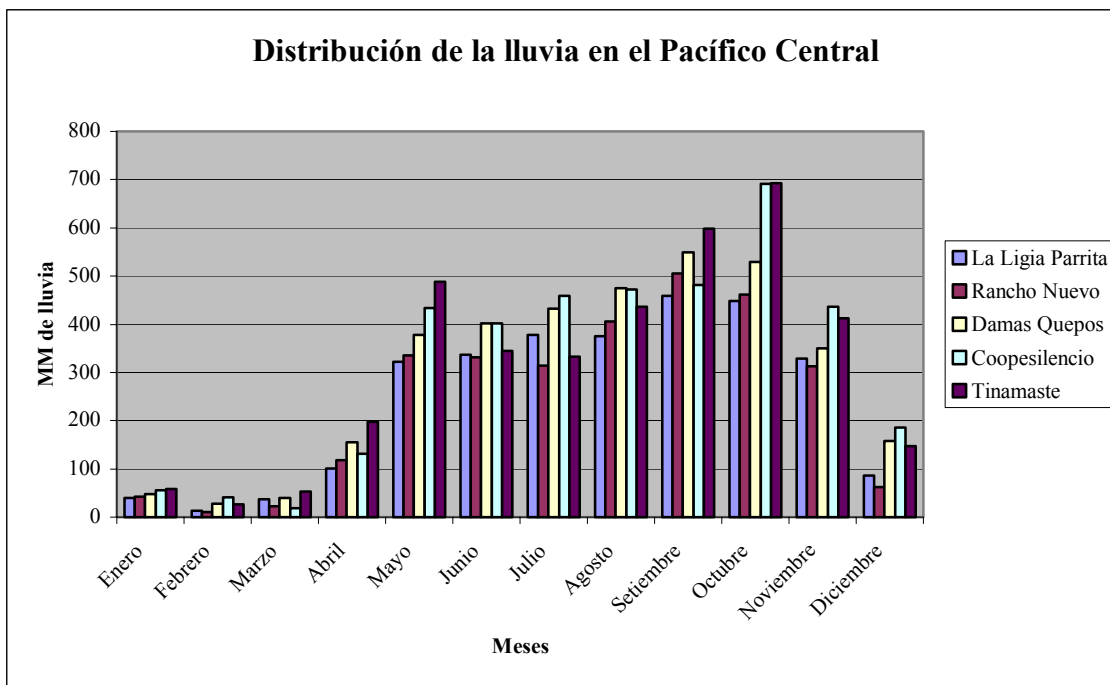
Gráfico 3



A lo largo de todo este sector del Golfo de Nicoya, las lluvias disminuyen bastante entre diciembre y abril y se presenta una disminución leve a medio año como se observa en este gráfico. Fuente: IMN.

En la zona del Pacífico Central se analizaron las estaciones; La Ligua de Parrita, Rancho Nuevo, Damas de Quepos, Coopesilencio y Tinamaste representativas de la zona y localizadas en sitios adyacentes al área de estudio. Se observa el período seco definido entre diciembre y marzo con precipitaciones superiores a 20 mm. El período lluvioso se define entre mayo a noviembre, registrándose el máximo en el mes de octubre con valores que en todos los casos superan los 400 mm. La disminución relativa que se registra en los meses de julio y agosto es menos acentuada que en la zona del Pacífico Norte y el Golfo de Nicoya (gráfico 4).

Gráfico 4



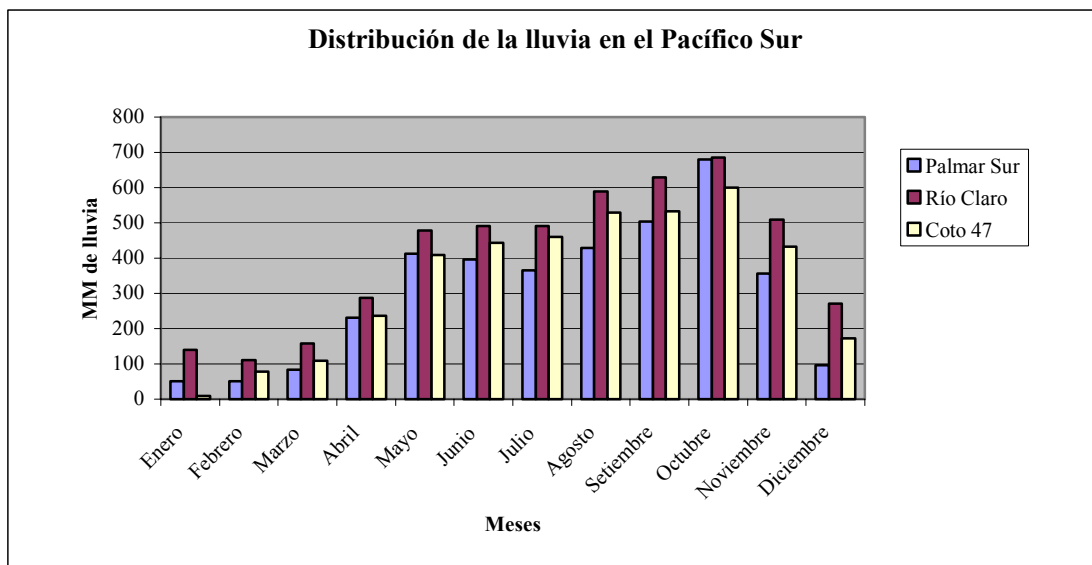
Las estaciones que se ubican más al sur (Coopesilencio y Tinamaste), son la que muestran promedios de lluvia más elevados, posiblemente asociado a la influencia de los vientos ecuatoriales del suroeste que aportan humedad a la zona. Fuente: IMN.

En la Zona del Pacífico Sur, se han estudiado las estaciones Palmar Sur, Río Claro y Coto 47. Se observa un período seco poco definido que se extiende de diciembre a marzo. A diferencia del resto de la Vertiente Pacífica, en esta parte del país casi es inexistente el veranillo de medio año ya que no se registra una disminución importante en las lluvias. El período lluvioso comprende los meses de mayo a noviembre, registrándose el máximo en el mes de octubre con valores que superan los 500 mm de lluvias (gráfico 5).

B.1.4.4. Humedad relativa

La humedad relativa es un dato que no siempre está registrado en las estaciones meteorológicas. Para el pacífico norte se tomaron los datos de la estación de Liberia que es la única que registra esta información, presentando un rango que oscila entre 60% en la época seca y menor que 90% en los meses lluviosos. Pero al igual que en la precipitación, la humedad relativa no presenta grandes variaciones a lo largo del área de estudio, lo normal es que se mantenga dentro de ese margen de variación y más bien disminuye a valores oscilan de entre 75 y 90% de Humedad para las otras regiones (Pacífico Central, Pacífico Sur y Zona Norte), (gráfico 6).

Gráfico 5



En el gráfico 5 se aprecia que en el periodo seco no se da una ausencia total de las lluvias, principalmente en las estaciones de Palmar Sur y Río Claro, donde la precipitación promedio para enero y febrero supera los 50 mm. Fuente: IMN.

Esta condición de presencia de mucha humedad en estas regiones aún en la época seca obedece a lo que se ve en los gráficos de precipitación o lluvias y como se dijo aunque se muestra un descenso entre diciembre y abril esta no llega a desaparecer aportando buena cantidad de humedad a la atmósfera.

B.1.4.5. Régimen térmico

La diferencia de temperatura entre una zona y otra está definida por la variación de la elevación sobre el nivel del mar. De acuerdo con Castro (1 985) la oscilación anual del promedio mensual de temperatura media diaria en el país no sobrepasa 3°C entre el mes más frío y el más cálido. Sí son más significativas, las oscilaciones diurnas donde las diferencias medias entre la temperatura máxima y la temperatura mínima son del orden de 10°C. Para este factor no se tienen datos de temperatura en la Zona Norte, pero en todos los otros sectores si hay estaciones que registran esa información.

En términos generales la temperatura media oscila entre 26 y 30 °Celcius, para todas las estaciones, siendo los meses de la época seca los más cálidos debido a la escasez de nubosidad que permite la incidencia de rayos solares de manera directa sobre casi todo el país, provocando aumentos importantes en la temperatura. En el gráfico 7 se muestran los promedios de temperatura de cada sector y se puede apreciar una gran disminución en los valores para el Pacífico Central, eso se debe a la influencia de la estación de Tinamastes que se ubica casi a 1 000 m de altitud provocando el sesgo, ya que en su mayoría las estaciones usadas son costeras y se ubican por debajo de los 500 m de altitud.

Gráfico 6

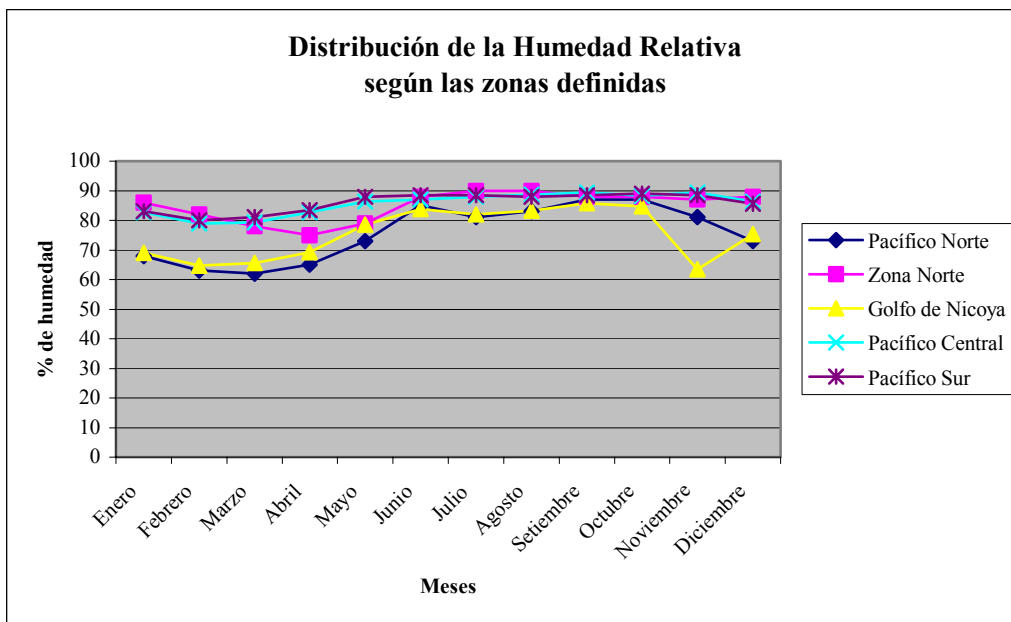
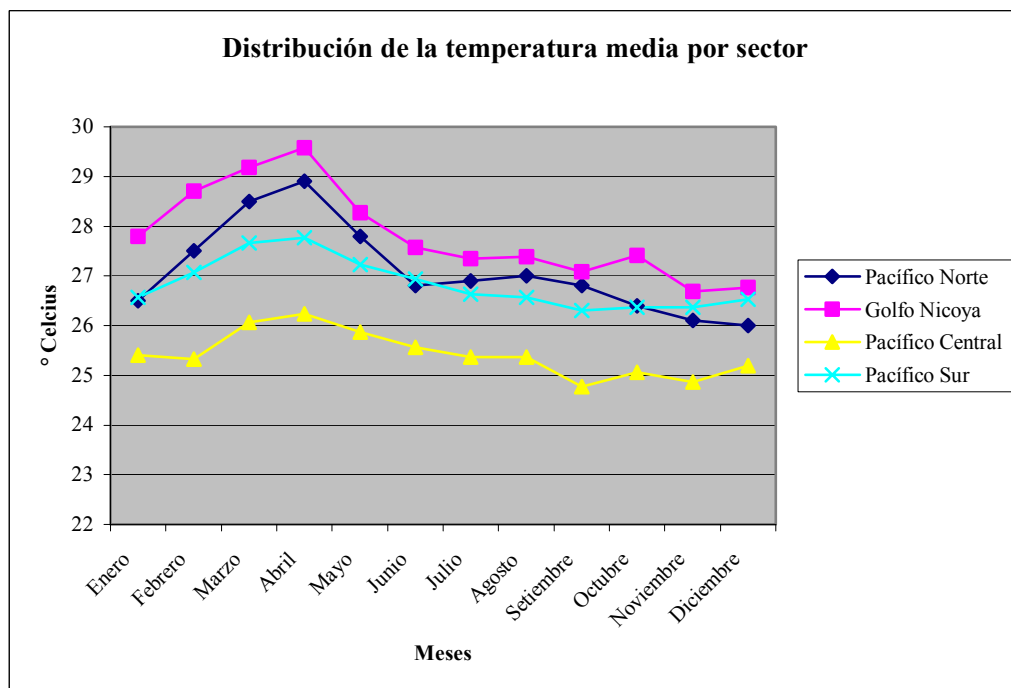


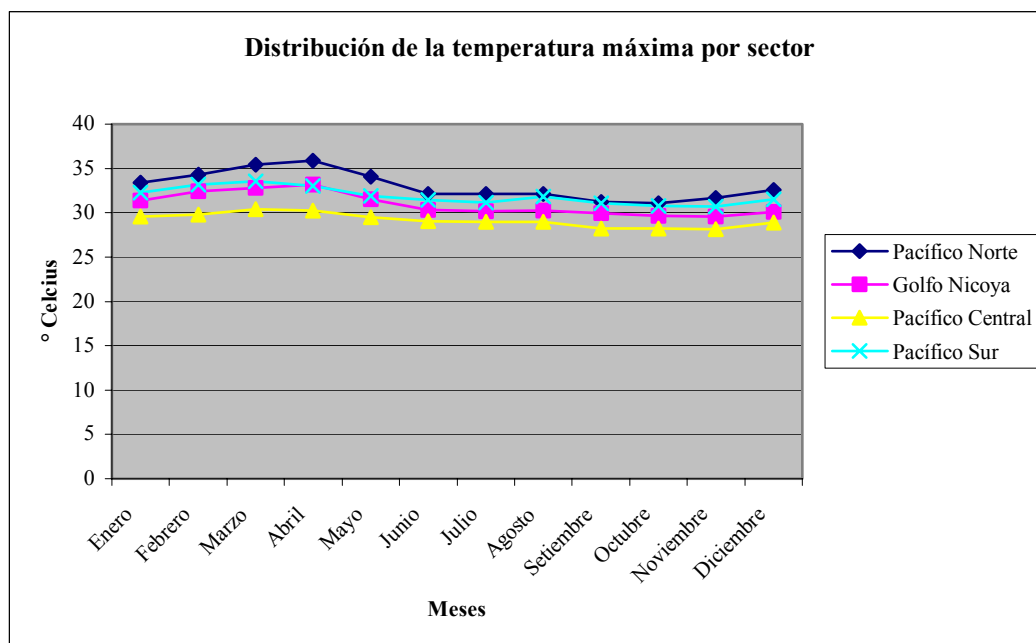
Gráfico 7



En cuanto a las temperaturas máximas se tiene a lo largo de todo el área de estudio una distribución muy homogénea, La oscilación varía entre 28 grados para el Pacífico Central y 36 grados para el Pacífico Norte.

Las altas temperaturas que se registran en el Pacífico Norte durante los meses de marzo y abril coinciden con una época de muy poca nubosidad en ese sector, mientras que para el Pacífico Central por el efecto que ejerce la fila Costeña, mantiene cobertura de nubes durante todo el año además del efecto de altitud que se mencionó para la estación Tinamastes. El Golfo de Nicoya y el Pacífico Sur mantienen un comportamiento intermedio y muy estable (gráfico 8)

Gráfico 8

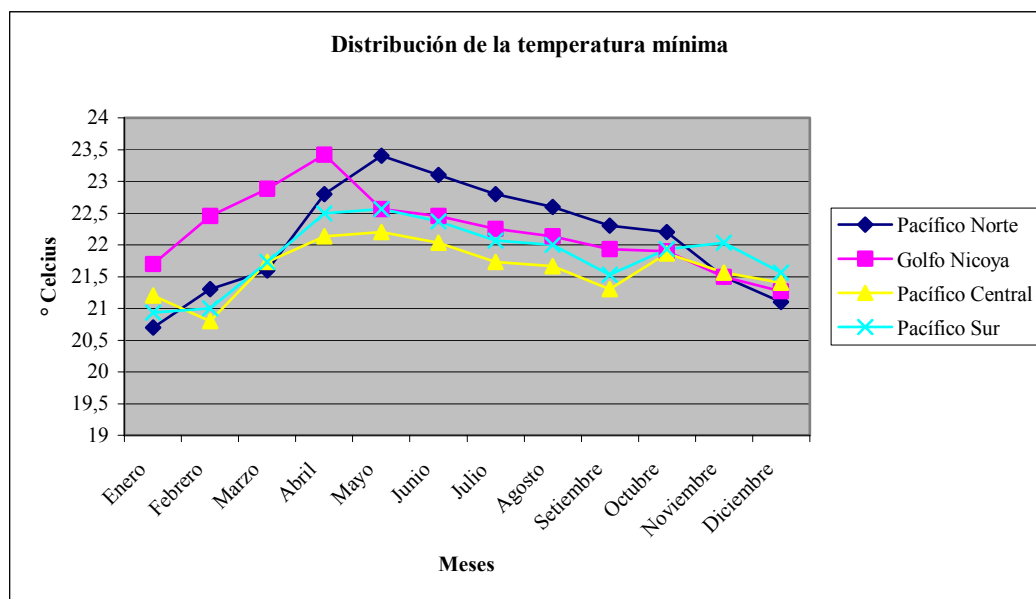


La temperatura mínima es la que muestra un comportamiento más irregular a lo largo del año. Según los datos del gráfico 9, en los primeros meses del año se registran temperaturas mínimas por debajo de los 21° Celsius en las estaciones que se ubican en el Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Sur, mientras que para los meses de abril y mayo, las estaciones del Golfo de Nicoya y el Pacífico Norte registran mínimas que superan los 23° Celsius.

Las temperaturas mínimas se registran en las horas de la madrugada y además de insolación depende de la claridad de la atmósfera, en las áreas más continentales la temperatura se pierde con mayor rapidez que en las zonas costeras por el efecto que

ejercen las masas de agua en la temperatura. Eso explica las variaciones en este campo que es más pronunciado que en los demás.

Gráfico 9



B.1.4.6. Viento

Como se mencionó el viento predominante es el alisio con una dirección media que varía para cada región.

En el Pacífico Norte, en el análisis del comportamiento del viento debe considerarse que el viento en superficie sufre cambios al variar la altura con la presencia de obstáculos como montañas, cañones y valles. La dirección predominante para esta región es el este y el promedio de velocidades es muy alto el cual se incrementa considerablemente en los meses de la época seca, llegando a alcanzar velocidades de hasta 20 Km/h en febrero (gráfico 10 y mapa 11, de vientos).

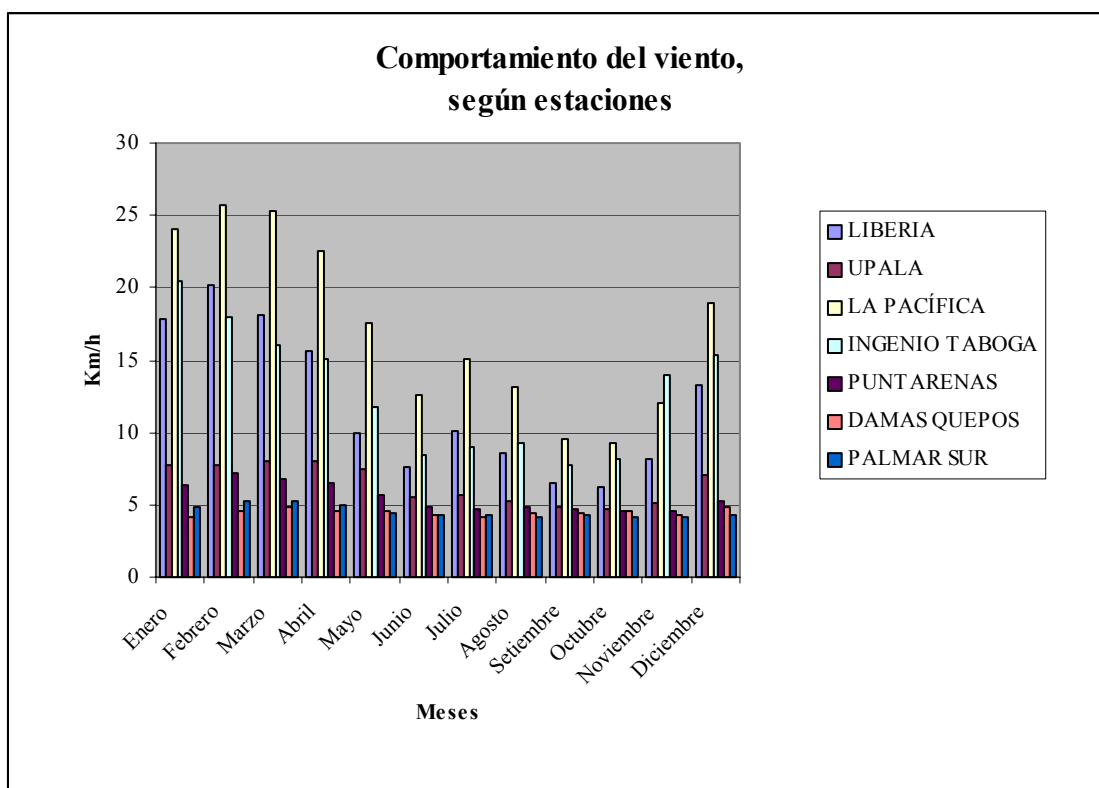
En la zona norte el viento presenta una condición bastante diferente como se observa en el mismo gráfico 10, las velocidades más altas registradas apenas alcanzan los 8 Km/h en los meses de marzo y abril y la dirección predominante es del este y sureste.

En el sector del Golfo de Nicoya se da para este elemento en particular un comportamiento bien diferenciado en cuanto a la velocidad y en la dirección. Por un lado, la parte norte en los alrededores de la ciudad de Cañas, registra los vientos más fuertes de toda el área de estudio. Según los datos de las estaciones La Pacífica e Ingenio Taboga ubicadas en esta parte norte, las velocidades llegan a superar los 25 Km/h en la primera y los 20 Km/h en la segunda y la dirección predominante es del este – noreste, para la primera y norte noreste para la segunda. Sin embargo, cuando se observan los

datos de la estación Puntarenas ubicada en la parte media del golfo, el comportamiento es muy diferente. Por un lado las velocidades disminuyen hasta tener promedios mensuales que apenas alcanzan los 7 Km/h y la dirección predominante es del sur, lo cual se asocia a la presencia constante de brisas marinas y la influencia de los oestes ecuatoriales (gráfico 10 y mapa 11, de vientos).

En el Pacífico Central las velocidades disminuyen aun más con velocidades promedio que oscilan entre 4 y 5 Km/h durante todo el año y dirección este y sur predominantemente. Finalmente los datos obtenidos de la estación Palmar Sur para el Pacífico Sur, indican que en esta región la velocidad promedio aumenta un poquito con relación a Quepos superando los 5 Km/h en los meses de febrero, marzo y abril (gráfico 10 y mapa 11, de vientos), siendo la dirección predominante es oeste.

Gráfico 10



B.1.4.7. Tormentas

La información relativa a tormentas eléctricas es muy escasa en el país, dado lo sofisticado de los equipos para su medición, se indagó con el Instituto Meteorológico Nacional, la Universidad de Costa Rica y el ICE, sobre la existencia de datos para el área

de influencia de la ruta. Sin embargo, los resultados no fueron satisfactorios para efectos de este documento, pues el Instituto Meteorológico Nacional, posee información solo para los aeropuertos, como el proyecto pasa largo de ellos la información no es representativa, en la Universidad de Costa Rica tienen un estudio reciente pero para la vertiente caribe, lo cual no tiene relación con el trazo de la ruta y en el ICE tienen una red de sensores para todo el país, sin embargo, de comunicación personal con el Sr. Rafael Chacón Tel. 220 7512, nos indicó que sí poseen la información, pero aún no es de acceso público, dado que se encuentran en un proceso de calibración de la red de sensores y están validando los datos recolectados a la fecha. Sin embargo es posible que en un futuro cercano se encuentre disponible y tengan claridad sobre el costo de la misma.

Conclusiones y recomendaciones

Con la información disponible sobre los elementos climáticos se puede concluir que si bien el clima no es una condición determinante en el proyecto, en ninguna de sus etapas, si hay algunas características que deben tomarse en cuenta. En primer lugar hay que tener en cuenta el comportamiento del último elemento descrito. Los vientos tienen un comportamiento bastante heterogéneo y en algunos sitios como en los alrededores de Cañas y La Cruz, ambos de la provincia de Guanacaste, durante la época seca la velocidad de los vientos puede ser un factor que afecte durante la etapa de construcción en los casos que haya que hacer movimiento de tierras y durante la etapa de operación puede en este sector aumentar el ruido producido por el cableado.

Las lluvias también tienen una variación importante a lo largo del área de estudio, la cual presenta una especie de gradiente que aumenta en cantidad de norte a sur e inversamente se va reduciendo la época seca. Los otros elementos descritos (temperatura y humedad), en cambio, muestran un comportamiento bastante parejo con la excepción de la temperatura que disminuye para el pacífico central influenciada por los datos de la estación Tinamastes que se ubica casi a 700 metros de altitud.

En ese sentido es recomendable que en la etapa de construcción durante la época seca en la región del Pacífico Norte y el sector norte del Golfo de Nicoya se tomen las previsiones necesarias para evitar la contaminación atmosférica por la generación de nubes de polvo, en los sitios que sea necesario remover suelo, esto además evitaría acelerar los procesos de erosión eólica que son bastante comunes y fuertes en ambas regiones. En cuanto a las lluvias es conveniente considerar, que para todo el pacífico en general los meses de setiembre y octubre concentran la mayor cantidad y los aguaceros más fuertes lo cual puede favorecer los procesos erosivos por agentes pluviales y fluviales y podría aumentar el riesgo (durante la etapa de construcción) para los trabajadores sobre todo cuando se encuentren en zonas cercanas a los cauces fluviales.

Sobre las descargas eléctricas se recomienda que en la etapa de diseño, se indague nuevamente con el ICE sobre su disponibilidad para que pueda ser incorporada en los elementos de diseño respectivos, evitando así sobre diseños de seguridad en zonas donde no es requerido por la baja incidencia e estas descargas.

B.1.5. Vegetación

B.1.5.1. Descripción del marco biogeográfico y bioclimático

Para la identificación de las asociaciones vegetales que atraviesa el trazo de la línea se utilizó el Mapa Ecológico de Tosi, basado en la clasificación de zonas de vida del mundo de L. R. Holdridge (mapa 12) y en la definición del marco bioclimático se utilizó el Mapa de Unidades Bióticas de Wilbert Herrera y Luis Diego Gómez (mapa 13).

Tramo CR-1

Este tramo atraviesa dos diferentes zonas de vida, el Bosque húmedo Tropical (bh-T) y el Bosque húmedo Premontano transición a Basal (bh-P ▼).

El tramo discurre por dos unidades bióticas. La primera caracterizada por una provincia térmica de Tropical, Tropical; con una provincia de humedad de Subhúmeda, Húmeda con 5 a 6 meses secos. La segunda está definida por una provincia térmica de Tropical, Tropical; con una provincia de humedad de Subhúmeda, Seca con 5 ó 6 meses secos.

Tramo CR-2

Se identificaron tres tipos de categoría de zonas de vida en este tramo: Bosque húmedo Tropical (bh-T), Bosque húmedo Tropical transición a Perhúmedo (bh-T ►), bosque muy húmedo Premontano transición a Basal (bmh-P ▼).

Las unidades bióticas que atraviesa son una provincia térmica y otra de humedad. Se tiene entonces: Tropical, Tropical, Subhúmeda húmeda con 5 ó 6 meses secos; Tropical, Tropical, Subhúmeda húmeda con 3 ó 4 meses secos; Tropical, Tropical, Húmeda con 3 ó 4 meses secos.

Tramo CR-3

Se identificaron seis tipos de categoría de zonas de vida en este tramo: Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T), Bosque muy húmedo Tropical transición a Premontano (bmh-T ▲), Bosque muy húmedo Premontano (bmh-P), Bosque húmedo Tropical transición a Premontano (bh-T ▲), Bosque húmedo Premontano transición a Basal (bh-P ▼) y Bosque seco Tropical transición a Húmedo (bs-T ►).

Las unidades bióticas que atraviesa el tramo son 8, definidas por una provincia térmica y otra de humedad. Se tiene entonces: Tropical, Tropical, Húmeda con 1 ó 2 meses secos; Subtropical, Tropical, Húmeda con 1 ó 2 meses secos; Subtropical, Tropical, Muy Húmeda con 1 ó 2 meses secos; Subtropical, Tropical, Muy Húmeda sin estación seca; Subtropical, Tropical, Húmeda con 3 ó 4 meses secos; Tropical, Tropical, Subhúmeda Seca con 5 ó 6 meses secos; Tropical, Tropical, Húmeda con 5 ó 6 meses secos, Tropical, Tropical, Subhúmeda, Húmeda con 5 a 6 meses secos.

Tramo CR-4

Este tramo se caracteriza por contener dos diferentes zonas de vida: Bosque Húmedo Premontano transición a Basal (bh-P ▼) y Bosque húmedo Tropical (bh-T).

También se identificaron dos diferentes categorías de unidades bióticas. La primera de ellas caracterizada por una provincia térmica de Tropical, Tropical; con una provincia de humedad de Subhúmeda, Seca con 5 ó 6 meses secos. Y la segunda definida por una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 5 ó 6 meses secos.

Tramo CR-5

Para este tramo se identificaron las siguientes zonas de vida: Bosque húmedo Tropical (bh-T), Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T), Bosque muy húmedo Tropical transición a Premontano (bmh-T ▲) y Bosque muy húmedo Premontano transición a Basal (bmh-P ▼).

Se identificaron tres categorías de unidades bióticas para este tramo: la primera definida por una provincia térmica de Subtropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 5 ó 6 meses secos. El segundo caracterizado por una provincia térmica de Subtropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 3 ó 4 meses secos. La tercera con una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 3 o 4 meses secos.

Tramo CR-6

Sobre este tramo se identificaron solamente dos diferentes zonas de vida: Bosque muy húmedo Premontano transición a Basal (bmh-P ▼), y Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T).

En cuanto a unidades bióticas se determinaron dos categorías. La primera identificada por una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 3 ó 4 meses secos. La segunda se caracteriza por una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Muy Húmeda con 3 ó 4 meses secos.

Tramo CR-7

A lo largo de este tramo se determinaron tres diferentes tipos de zonas de vida: Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T), Bosque pluvial Premontano (bp-P) y Bosque muy húmedo Tropical transición a Premontano (bmh-T ▲).

Desde el punto de vista de unidades bióticas este tramo resulta interesante pues tiene cuatro categorías, el mayor número de de todos los tramos. La primera categoría está definida por una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de

Muy Húmeda con 3 ó 4 meses secos. La segunda categoría se define por una provincia térmica de Subtropical, Tropical; y una provincia de humedad de Muy Húmeda con 3 ó 4 meses secos. La tercera categoría se caracteriza por una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 3 ó 4 meses secos. La cuarta categoría cuenta con una provincia térmica de Subtropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 3 ó 4 meses secos.

Tramo CR-8

En este tramo se definieron tres zonas de vida: Bosque muy húmedo Tropical transición a Premontano (bmh-T ▲), Bosque pluvial Premontano (bp-P) y Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T).

Únicamente se hallaron dos unidades bióticas comprendidas dentro de este tramo. La primera de ellas caracterizada por una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 3 ó 4 meses secos. La segunda con una provincia térmica de Subtropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 3 ó 4 meses secos.

Tramo CR-9

Tres categorías de zonas de vida fueron identificadas sobre la ruta de este tramo: Bosque muy húmedo Premontano transición a Basal (bmh-P ▼), Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) y Bosque muy húmedo Tropical transición a Premontano (bmh-T ▲).

Se encontraron tres unidades bióticas dentro de este tramo. La primera tiene una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 3 ó 4 meses secos. La segunda cuenta con una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Muy Húmeda con 1 ó 2 meses secos. La tercera está definida por una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Muy Húmeda sin meses secos.

Tramo CR-10

Sobre este último tramo se identificaron solamente dos zonas de vida: Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) y Bosque muy húmedo Tropical transición a Premontano (bmh-T ▲).

En el tramo hay tres unidades bióticas diferentes. La primera de ellas con una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Muy Húmeda sin meses secos. La segunda con una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Muy Húmeda, con 1 ó 2 meses secos. La tercera con una provincia térmica de Subtropical, Tropical; y una provincia de humedad de Muy Húmeda con 1 ó 2 meses secos.

B.1.5.2. Series de vegetación potencial

Con base en el sistema ATTA (Base de datos de colectas biológicas) desarrollado por el Instituto Nacional de BioDiversidad (INBio), que por más de 13 años ha estado generando información sobre la diversidad biológica del país, y en colaboración con el Museo Nacional se elaboró una lista de flora, que muestra la vegetación conocida de las áreas de influencia que atraviesa esta ruta y que potencialmente podría ser encontrada a lo largo de la misma.

El Anexo 2 presenta la vegetación potencial que podría ser encontrada en cada uno de los tramos del trazado de la línea.

B.1.5.3. Series climatófilas y edafófilas

Tramo CR-1

Como consecuencia de las características climáticas (poco humedad relativa, pocos meses húmedos, predominando la estación seca) de la localidad sobre la que atraviesa este tramo, se establece una particular formación vegetal (ecosistema) conocida como bosque seco, donde dominan principalmente las especies caducifolias, siendo esta la condición principal que establece este tipo de ecosistema.

Tramo CR-2

A lo largo de este tramo se identificaron dos formaciones vegetales bien marcadas y en algunos sitios entremezcladas, en concreto se trata del bosque seco caracterizado por la dominancia de especies caducifolias y el bosque húmedo donde prevalece la dominancia de especies perennifolias.

Tramo CR-3

Sobre este tramo se identificó claramente la presencia del bosque húmedo, caracterizado principalmente por la dominancia de especies perennifolias. Sin embargo, se nota la influencia del bosque seco, apreciándose una transición en algunos sitios entre estas dos formas de cobertura vegetal.

Tramo CR-4

En este tramo se encuentra una transición entre bosque seco y húmedo, principalmente por las variaciones climáticas (mayor humedad relativa, mayor cantidad de meses lluviosos, etc), se hallan especies caducifolias y perennifolias en diferentes proporciones a lo largo del recorrido.

Tramo CR-5

El sector sobre el cual se desplaza este tramo está principalmente dominado por especies perennifolias, característico de los bosques húmedos.

Tramo CR-6

Al igual que en el caso anterior, el sector sobre el cual se desplaza este tramo está principalmente dominado por especies perennifolias, característico de los bosques húmedos.

Tramo CR-7

Así como el caso anterior, el área sobre el cual se desplaza este tramo está principalmente dominado por especies perennifolias, característico de los bosques húmedos. No se identificaron otras asociaciones de importancia.

Tramo CR-8

Nuevamente, el área sobre el cual se desplaza este tramo está principalmente dominado por especies perennifolias, característico de los bosques húmedos. No se identificaron otras asociaciones de importancia.

Tramo CR-9

El área sobre el cual se desplaza este tramo está principalmente dominado por especies perennifolias, característico de los bosques húmedos. No se identificaron otras asociaciones de importancia.

Tramo CR-10

De la misma forma que los recorridos anteriores sobre este predominan las especies perennifolias, característico de los bosques húmedos. No se identificaron otras asociaciones de importancia.

B.1.5.4. Cartografía de formaciones vegetales

La cartografía de las formaciones vegetales se realizó por medio de un análisis de imágenes de satélite Landsat TM 7 la cual fue filtrada contra los puntos de campo levantados con GPS, obteniéndose el mapa de cobertura boscosa (mapa 14) para el trazado del proyecto. Se restringió el análisis a las formaciones con bosque, pues con base en las especificaciones técnicas del proyecto es la formación vegetal más sensible al paso de la ruta y por lo tanto la que merecía ser sometida a la evaluación de impactos. Lo anterior por cuanto otras formaciones sensibles como manglares están fuera de la ruta.

B.1.5.5. Catálogo general de las especies presentes en las formaciones vegetales

En el Anexo 3, en la Sección G, apartado G.3.1, se presentan los cuadros correspondientes a las especies presentes en las formaciones vegetales encontradas en cada uno de los tramos. En todos los cuadros FDC se refiere la forma de crecimiento de la especie.

B.1.5.6. Fragilidad de los sistemas vegetales

Para la determinación de la fragilidad de los sistemas, entre otros aspectos se llevó a cabo una valoración de campo en cada uno de los tramos del trazado. Los puntos de muestro se presentan en el Anexo 3, en la Sección G, apartado G.3.2.

Tramo CR-1

Este tramo es relativamente pequeño, caracterizado principalmente por la presencia de pastizales abandonados que se han transformado en matorrales, pastizales en uso y finalmente algunos pequeños parches de bosques de galería. Estos últimos con una composición florística poco diversa, como consecuencia de la deforestación producto de la ganadería. En cuanto a los matorrales su estructura y composición florística es sencilla.

Sobre este tramo se tuvieron dos puntos de muestreo en áreas muy representativas de lo que es el recorrido total. Se llevó a cabo un inventario florístico de matorrales bordeados por pastizales. Los primeros cuentan con apenas dos estratos bien identificables y una baja diversidad de especies, lo que resulta obvio en sitios tan alterados y con condiciones climáticas como las que caracterizan estos lugares. En cuanto a los potreros la especie dominante es el jaragua (*Hyparrhenia rufa*) con algunos arbustos y árboles muy esparcidos.

La especie más sobresaliente en los bosques de galería es el espavel (*Anacardium excelsum*), árbol que puede alcanzar los 30 m o más de altura y cuyas semillas cocinadas son comestibles, siendo además una especie de uso maderable. Otras dos especies que se encuentran con frecuencia en estos sitios son el guácimo macho (*Luehea speciosa*) y el peine mico (*Apeiba tibourbo*).

En lo que se refiere a los matorrales la especie más común y numerosa es el nance (*Byrsonima crassifolia*), cuyos frutos son empleados para hacer fresco, helados, licor o comidos directamente cuando maduros. Esta especie crece en forma arbustiva en los pastizales y matorrales, pero dentro del bosque llega a convertirse en un árbol de más de 20 m de altura. Otra especie típica de estos sitios es el tapaculo (*Genipa americana*), llamada así por su uso medicinal en el tratamiento de las diarreas. El guácimo (*Guazuma ulmifolia*) también se encuentra muy representado en estos sitios, principalmente en los potreros por ser una especie forrajera, además es empleada en la medicina popular para fabricar una bebida contra la irritación estomacal.

El coyol (*Acrocomia aculeata*) es una palma empleada localmente en la fabricación de un licor de buen sabor. A pesar de que es una planta muy buscada para estos fines, queda una población bastante grande distribuida a lo largo de estos sitios en cuestión.

El guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) es el más llamativo y alusivo árbol de la zona. Se puede identificar fácilmente en los potreros por sus copas anchas y frondosas, de hojuelas muy pequeñas y troncos cubiertos por numerosas y vistosas lenticelas a manera de pequeñas escamas. Además es una especie apetecida por su madera; de sus semillas se confeccionan artesanías y sus frutos son comidos por el ganado y otra fauna silvestre. El cornizuelo (*Acacia collinsii*) también es una especie característica de esta provincia del país, muy abundante en prácticamente todos los ecosistemas de la región. Esta especie mantiene una simbiosis con hormigas, cuyos piquetes son empleados en el tratamiento de reumatismo y otras dolencias musculares.

En total se hallaron 27 familias diferentes, siendo las más numerosas, según el total de especies diferentes encontradas: Fabaceae/Papilionaceae (7), Fabaceae/Mimosaceae (4), Sterculiaceae (4), Anacardiaceae (3) y Poaceae (3). Lo que concuerda muy bien con los datos obtenidos por otras fuentes, en que definen a las subfamilias del complejo de las Fabaceae como el grupo más numerosos de plantas en esta zona del país.

En cuanto a los géneros, se hallaron un total de 43 registros diferentes, con una representatividad muy homogénea entre ellos según el número de especies diferentes encontradas, de esta forma tenemos: Waltheria (2), Spondias (2), Lonchocarpus (2), Hyptis (2), Cordia (2) y Acacia (2) y Tabebuia (1).

Se encontró un total de 49 especies de plantas diferentes, distribuidas según su forma de crecimiento en 6 diferentes categorías de la siguiente manera: árboles (26), hierbas (11), arbustos (9), bejucos (1), palmas (1) y parásitas (1).

Tramo CR-2

Se muestreó en 4 puntos con el fin de caracterizar la composición florística. El tramo atraviesa desde los bosques secos compuestos por especies caducifolias hasta el bosque húmedo dominando principalmente por especies perennifolias. En algunos sitios se encontró un estado intermedio entre las dos asociaciones mencionadas anteriormente.

En lo que se refiere a los ecosistemas y su estado ecológico estos se pueden dividir en dos categorías: los ecosistemas naturales y los culturales. Para el segundo tipo se hallaron, entre otros: plantaciones de naranja (*Citrus sinensis*) a gran escala; pastizales, también bastante numerosos y extensos por toda la zona; pequeños cultivos de yuca (*Manihot esculenta*), banano (*Musa acuminata*).

En cuanto a los ecosistemas naturales se observaron: matorrales, compuestos principalmente por especies pioneras de rápido crecimiento y muy abundantes, tales como el guarumo (*Cecropia peltata*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*), achotillo (*Vismia baccifera*), poro-poro (*Cochlospermum vitifolium*), raspa guacal (*Curatella americana*), e higuierilla (*Ricinus communis*). Estas especies caracterizan a estas áreas bastante

alteradas como producto de la deforestación a consecuencia de la ganadería, agricultura y explotación maderera.

Los bosques secundarios muy comunes a lo largo del tramo se pueden subdividir en dos tipos, los que se hallan en los márgenes de los ríos o quebradas y aquellos lejos de estos afluentes de agua. En ambos casos se caracterizan por un fuerte elemento de alteración como consecuencia de la deforestación, pudiendo describirse como sitios en un proceso de sucesión ecológica joven, proveniente de una etapa inferior como lo son los matorrales, o de áreas semi-boscosas a consecuencia de la tala de árboles.

Los humedales son de suma importancia a pesar de no ser muy diversos en cuanto a la composición florística, caracterizados por ser ecosistemas muy frágiles y susceptibles a cambios en su entorno. Estos, además de albergar especies que requieren ambientes saturados de humedad para sobrevivir, son fuente de alimento y anidación para aves y especies silvestres en general. También son importantes desde el punto de vista hídrico.

En lo que se refiere a la instalación de la línea de transmisión eléctrica es importante tomar las medidas preventivas del caso, como es el guardar una distancia prudencial de estas asociaciones biológicas, con el fin de no afectarlas. En cuanto a las categorías restantes, el riesgo de daño o afectación es menor, obviamente por tratarse de sitios ya bastantes alterados. No obstante lo anterior, también ameritan cierto grado de atención, ya que en futuras etapas de sucesión ecológica se convertirán en asociaciones biológicas de mayor complejidad y fragilidad. Es importante mencionar que no se encontraron en la fase de muestreo especies vegetales endémicas, vedadas, raras o de algún valor o categoría particular que restrinja de manera absoluta la implementación de este proyecto.

Se registró un total de 54 familias de las cuales las más representativas según el número de especies diferentes contenidas en ellas son: Fabaceae/Mimosaceae (8), Euphorbiaceae (7), Rubiaceae (7), Fabaceae/Papilionaceae (5) y Moraceae (5). Con lo que se concluye que hay una fuerte dominancia de las Leguminosas (Fabaceae) a lo largo del tramo.

Se encontraron 106 registros diferentes. dentro de los cuales los géneros más sobresalientes, según el número de especies contenidos dentro de ellos, son: *Cordia* (4), *Croton* (3), *Pasiflora* (3) y *Senna* (3).

En total se observaron 131 especies distintas de plantas distribuidas según su forma de crecimiento de la siguiente manera: árboles (60), hierbas (26) arbustos (25), bejucos (16), palmas (1), parásitas (1), epífitas (1) y helechos arborescentes (1).

Tramo CR-3

Se realizaron 12 puntos de muestreo con el fin de caracterizar su composición florística. Este tramo recorre principalmente bosques húmedos dominados por especies perennifolias. En algunos sitios se presentó un estado intermedio entre estas asociaciones boscosas y el bosque seco.

Al igual que en el tramo anterior, se observaron dos categorías de ecosistemas, naturales y culturales. Estos últimos se pueden clasificar de la siguiente forma: plantaciones de naranja (*Citrus sinensis*) a gran escala; pastizales; pequeños cultivos de yuca (*Manihot esculenta*), banano (*Musa acuminata*), palmito y pejibaye (*Bactris gasipaes*), tiquisque (*Xanthosoma violaceum*), maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), arroz (*Oryza sativa*), así como pequeñas plantaciones de teca (*Tectona grandis*), melina (*Gmelina arborea*) y pochote (*Bombacopsis quinatum*).

Los ecosistemas naturales se pueden subdividir en: matorrales, compuestos principalmente por especies pioneras de rápido crecimiento y muy abundantes, tales como la balsa (*Ochroma pyramidale*), el guarumo (*Cecropia peltata*), el burio (*Hampea appendiculata*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y el achiotillo (*Vismia baccifera*).

Los bosques secundarios presentan las mismas características que en el tramo anterior y también se caracterizaban por un fuerte elemento de alteración como consecuencia de la deforestación.

Los bosques maduros se caracterizados por una alta variedad de especies vegetales, con una estructura vertical y horizontal muy compleja por sus estratos difusos, en donde se entremezclan tanto las especies de pequeño porte (arbustos y hierbas) con la regeneración de las especies dominantes en los estratos superiores del bosque. Estos son sitios de gran importancia ya que representan las pocas áreas que aun permanecen con todo su potencial biológico intacto.

Todos los diferentes ecosistemas visitados (pastos, cultivos, matorrales y bosques) a diferencia del bosque maduro, se caracterizan por ser sitios bastante alterados como consecuencia de la influencia humana. Los bosques riparios mantienen una mayor diversidad de especies así como una estructura más compleja, con un dosel de hasta 30 metros de altura en algunos casos, pero no escapan de la alteración por causa humana.

En cuanto a los matorrales no son más que el remanente de antiguos bosques o en su defecto el producto de los procesos sucesionales de pastos o áreas de agricultura abandonados. De nuevo tenemos pastos y zonas de cultivo que son los ecosistemas más sencillos y simples en términos de composición y estructura florística, pero importantes para la economía local.

En este tramo aplican las mismas recomendaciones emitidas en el anterior con respecto a las medidas de prevención necesarias en el proceso de construcción. Tampoco se encontraron en este tramo especies vegetales endémicas, vedadas, raras o de algún valor o categoría particular que restrinja de manera absoluta la implementación de este proyecto.

Se encontraron 91 familias de las cuales las más representativas según el número de especies encontradas fueron: Fabaceae/Mimosaceae (21), Fabaceae/Papilionaceae (19), Euphorbiaceae (18), Rubiaceae (15), Moraceae (13), Fabaceae/Caesalpiniaceae (10), Flacourtiaceae (9), Meliaceae (9), Clusiaceae(7) y Piperaceae (7). Siendo el grupo de plantas Fabaceae el más numerosas en este tramo.

En cuanto a los géneros se encontraron un total de 153 registros diferentes, donde fueron unos pocos los más representativos según el número de especies encontradas, de tal forma se tiene que: *Ficus* (6), *Piper* (6), *Casearia* (5), *Albizia* (4), *Cordia* (4), *Croton* (4), *Inga* (4) y *Trichilia* (4).

Se registraron 323 especies, distribuidas de acuerdo con su forma de crecimiento en 8 categorías, de la siguiente manera: árboles (173), arbustos (59), hierbas (56), bejucos (24), palmas (6), parásita (3), epífitas (19 y helechos (1).

Tramo CR-4.

Para el levantamiento de la información florística de este tramo se visitaron tres tipos diferentes de asociaciones vegetales, pastizales arbolados y arbustivos, y matorrales, estos últimos tendiendo a bosques en etapas muy tempranas de regeneración. Estos sitios se caracterizan principalmente por ser áreas muy alteradas como consecuencia de las actividades ganaderas y agrícolas. No se encontró ninguna especie o ecosistema de gran valor o de alta susceptibilidad a los cambios.

La cobertura vegetal sobre los cauces de los ríos, aun cuando en muchos casos ha estado bajo la influencia humana (deforestación), merece una atención importante principalmente por ser una barrera natural en el ciclo hidrológico contra la contaminación.

Las especies con mayor representatividad son principalmente típicas de áreas alteradas cuya agresividad en el proceso de colonización y dispersión las convierten en dominantes, algunos ejemplos son los conocidos guarumos (*Cecropia* sp), guácimos (*Guazuma ulmifolia*), burio (*Helicarpus appendiculatus*) y candelillos (*Piper* sp). También se encontraron especies de gran altura e importantes en la industria maderera como son el laurel (*Cordia alliodora*), cenizaro (*Samanea saman*), cedro (*Cedrela odorata*), y lagarto (*Zantoxylum setulosum*).

Se hallaron también especies empleadas en medicina popular como son; indio desnudo (*Bursera simarouba*), madero negro (*Gliricidia sepium*), aceituno (*Simarouba glauca*) y china (*Impatiens walleriana*). También se encontraron algunas especies comestibles nativas y exóticas, tales como: guayaba (*Psidium guajaba*), anona (*Annona cherimola*), aguacate (*Persea americana*), tamarindo (*Tamarindus indica*) y tucuico (*Ardisia revoluta*).

Otras especies encontradas tienen usos para tinción (*Maclura tintoria*), artesanales (*Sida rhombifolia*), tóxicas (*Asclepias curassavica*), como alimento en mariposarios (la hierba cinco negritos "*Lantana camara*") y para producción de bebidas alcohólicas (*Acrocomia aculeata*).

En total se encontraron 49 familias diferentes de las cuales las siguientes tienen la mayor cantidad de especies distintas: Fabaceae/Papilionaceae, Piperaceae y Poaceae (Gramíneas) y finalmente las Fabaceae/Mimosaceae. En cuanto a los géneros se encontraron 75 diferentes de los cuales los que presentaron mayor número de especies fueron: *Piper*, *Solanum*, *Peperomia*, *Ficus*, *Eugenia* y *Corton*. En total se reportaron 85 especies diferentes.

En cuanto a la forma de crecimiento dominan las especies arbóreas con un total de 36 especies distintas, seguidas por las hierbas y los arbustos con un total de 28 y 16 especies respectivamente, y en forma minoritaria una sola palma.

Tramo CR-5.

En lo que se refiere a unidades bióticas también tiene bastantes categorías. Para este tramo se establecieron tres tipos: el primero definido por una provincia térmica de Subtropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 5 ó 6 meses secos. El segundo caracterizado por una provincia térmica de Subtropical, Tropical; y una provincia de humedad de Muy Húmeda con 3 ó 4 meses secos. La tercera con una provincia térmica de Tropical, Tropical; y una provincia de humedad de Húmeda con 3 o 4 meses secos.

Este tramo se muestreó en cinco puntos, distribuidos en tres tipos bien definidos de ecosistemas distintos que van desde matorrales en estados jóvenes de sucesión ecológica, hasta bosques maduros, pasando por las etapas intermedias (bosques secundarios en tempranos estados sucesionales).

Los matorrales se caracterizan por ser áreas que han estado sometidas a actividades de remoción de la cobertura vegetal por diferentes causas, lo que ha ocasionado la pérdida del bosque original y con esto el posterior establecimiento de un tipo de cobertura natural más dinámica, como consecuencia del proceso de colonización y competencia de las especies. Es común encontrar en estos hábitats especies como la balsa (*Ochroma pyramidale*), laurel (*Cordia alliodora*), papayillo (*Jacarita dolichaula*), guarumo (*Cecropia obtusifolia*), chumico (*Pourouma bicolor*) o achiotillo (*Vismia baccifera*).

Estos sitios también llamados tacotales no son áreas de delicada susceptibilidad, más bien gozan de una etapa ecológica de mucha adaptabilidad. No se hallaron especies raras, en peligro de extinción, o con alguna categoría de protección.

En cuanto a los bosques secundarios y maduros se caracterizan por tener una estratificación más heterogénea que los matorrales, ya que estos últimos prácticamente se pueden definir como homogéneos. Sin embargo, en algunos casos pueden establecerse dos estratos; el dominante, constituido por las especies más altas y uno secundario de menor altura y más denso. Los bosques en cambio, se caracterizan por tener estratos múltiples, que van desde el estrato superior que puede estar por encima de los 30 m de altura hasta los inferiores a menos de cinco metros de altura.

Los bosques son también complejos en su estructura vertical, constituidos por una gran variedad de especies vegetales, algunas bien identificadas según sea el lugar en que se ubican en estos ecosistemas (estratos medios o extremos a las orillas del bosque), como otras de mayor amplitud de distribución.

Aun cuando estos bosques no presentan una particularidad que amerite una extrema medida de conservación, son de gran importancia por ser un ecosistema natural y típico de esa zona del país, con sus consecuentes beneficios a la humanidad (agua, aire,

recreación, turismo, entre otros). Lo anterior les confiere un importante valor de existencia que amerita prácticas de manejo y conservación.

Es también importante resaltar el hecho de que estos bosques representan un punto de transición entre especies provenientes de bosque seco y bosque húmedo.

Se encontraron muchas especies de importancia comercial por el valor de su madera, como son: el ron-ron (*Astronium graveolens*), manteco (*Tapirira myriantha*), corteza amarillo (*Tabebuia ochracea*), pochote (*Bombacopsis quinata*), laurel (*Cordia alliodora*), roble coral (*Terminalia amazonia*), pilón (*Hyeronima alchorneoides*), guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), cedro (*Cedrela odorata*) y botarrama (*Vochysia guatemalensis*).

Otras especies de importancia por sus usos tradicionales son: para producción de bebidas alcohólicas (*Acrocomia aculeata*), por su palmito la palma real (*Attalea butyraceae*), achiote (*Bixa orellana*), del cerillo (*Symphonia globulifera*) la savia se empleaba para sellar canoas antiguamente, el fruto comestible y medicinal del guapinol (*Hymenaea courbaril*), los frutos comestibles del nance (*Byrsonima crassifolia*), las semillas del ojoche usadas para extraer harina y producir tortillas (*Brosimum allicastrum*), como alucinógeno el fruta dorada (*Viola koschnyi*), como medicinal el hombre grande (*Quassia amara*), como medicinal para el hombre y el ganado, el guácimo colorado (*Luehea seemannii*), entre otros.

En total se encontraron 76 familias diferentes, de las cuales las más representativas según el número de géneros y especies que les representan son: Asteraceae (Compositae), Melastomataceae (muchas son comestibles), Rubiaceae, Moraceae, Fabaceae/Mimosaceae y finalmente Euphorbiaceae.

En cuanto a los géneros se observaron un total de 161, de los cuales solamente cuatro tienen más de 4 especies: *Miconia*, *Cordia*, *Piper* y *Psychotria*; especies que reportaron un total de 207 registros diferentes.

En lo que se refiere a la forma de crecimiento se clasificaron en seis diferentes tipos: árboles (106), arbustos (41), hierbas (32), bejucos (19), palmas (4) y epífitas (4). Ordenadas a su vez, de mayor a menor según el número de especies contenidas en estas categorías.

Tramo CR-6.

Fueron 10 los sitios que se visitaron en el campo, con el fin de realizar una descripción de este tramo a partir de la flora presente a lo largo de su trayectoria. Los sitios visitados se distribuyeron de la siguiente manera: dos puntos de muestreo en bosques maduros, bosques secundarios, pastizales y plantaciones forestales y finalmente un punto de muestreo realizado en un matorral, con el fin de abarcar los diferentes tipos de ecosistemas encontrados.

Este tramo es bastante heterogéneo en tipos de cobertura forestal ya que va desde sitios tan alterados como los pastizales hasta lugares de gran riqueza natural como los bosques

maduros, pasando por sitios intermedios entre estos estados ecológicos como los matorrales y los bosques secundarios.

El patrón de comportamiento y distribución de la flora en los sitios alterados es similar a la ya descrita anteriormente, en donde las especies dominantes son aquellas colonizadoras, agresivas y de métodos de dispersión muy eficientes, como los zacates (*Poaceae*, *Cyperaceae*), balsas (*Ochroma pyramidale*), guarumos (*Cecropia peltata*), guácimos (*Guazuma ulmifolia*), escobillas (*Sida rhombifolia*) y soterré (*Lantana camara*), las cuales van preparando el terreno y hábitat para el establecimiento de otras especies de ambientes menos inhóspitos, y así sucesivamente hasta llegar a un ecosistema localizado al final de la pirámide de sucesión ecológica, como los bosques maduros.

Es importante mencionar que en esta zona del país se encuentra la Cuenca de Savegre, que cuenta con más de 2 000 especies de plantas vasculares, lo que representa un 20% del total de la flora conocida para el país.

En cuanto a los bosques que se muestrearon, son los típicos bosques muy húmedos donde tanto su estructura horizontal como vertical es bastante heterogenia, además de su diversidad de especies, característico de ellos. Se encontraron árboles de importancia comercial por su madera como: la ceiba (*Ceiba pentandra*), el pilón (*Hyeronima oblonga*), el gallinazo (*Schizolobium parahyba*), anonillo (*Talauma gloriensis*), ojoche (*Brosimum alicastrum*), guácimo blanco (*Goethalsia meaenantha*), manú cuajada (*Vitex cooperi*) y mayo blanco (*Vochysia ferruginea*). También es importante resaltar la presencia de dos especies vedadas: el cristóbal (*Platymiscium pinnatum*) y la caoba (*Swietenia macrophylla*).

Otras especies interesantes son: el vaco (*Brosimum utile*), por su tradicional uso medicinal, el zonzapote (*Liacnia platypus*) por su deliciosa fruta silvestre, el targuá (*Crotón draco*) por su uso medicinal, la higuerilla (*Ricinus comunis*) por su savia combustible para diversos usos y el palmito amargo (*Socratea exorrhiza*) por ser comestible.

En lo que se refiere a las plantaciones forestales se encontraron dos especies diferentes, teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*). Estos ecosistemas culturales son importantes ya que proporcionan una barrera protectora al suelo contra la erosión (eólica, solar, hídrica), contribuyen a la producción de oxígeno, mejoran la permeabilidad del suelo y en algunos casos contribuyen en la fijación de carbono. Sin embargo, durante las etapas de aprovechamiento se produce una alteración del medio con sus repercusiones ambientales. Estos sistemas culturales son mucho más simples en estructura y composición florística que los naturales, por lo cual el impacto por su aprovechamiento es menor que sobre los naturales.

Se encontraron un total de 84 familias dentro de las que sobresalen por el número de especies diferentes: Euphorbiaceae (20), Melastomataceae (18), Rubiaceae (14), Fabaceae/Papilionaceae (13), Asteraceae (11) y Poaceae (10).

De géneros se reportaron un total de 217, sin mayor dominancia de unos sobre otros a excepción *Miconia*, con un total de 257 especies diferentes a lo largo de todo el tramo.

La vegetación encontrada se separó en 7 formas de crecimiento diferentes, presentadas a continuación en orden jerárquico según el número de especies por cada categoría: árboles (97), hierbas (51), arbustos (56), bejucos (31), epifitas (5), palmas (4) y parásitas (3).

Tramo CR-7.

Este es el tramo en el que se muestreó con mayor intensidad. Se visitaron 16 puntos distribuidos en 6 diferentes categorías de ecosistemas, de la siguiente manera: matorrales(3), plantaciones forestales (3), bosques maduros (4), manglar (1), plantación de palma de aceite (2) y finalmente bosques secundarios (1).

Los bosques maduros presentan los típicos estratos difusos, entendiéndose este término como la compleja variedad de estratos verticales conformados por las especies de plantas que se entremezclan en estos ecosistemas. Además se encontró una alta diversidad de especies vegetales dispersas entre diversas formas de crecimiento.

Es importante mencionar las siguientes especies encontradas en algunos de los sitios muestreados: cristóbal (*Platymiscium pinnatum*), especie de uso maderable pero actualmente vedada; ron-ron (*Astronium graveolens*) especie muy buscada por la belleza y dureza de su madera; cortez amarillo (*Tabebuia ochracea*) en época de floración es muy llamativo por lo exuberante de sus flores, es también una especie de importancia comercial por su madera; alcanfor (*Protium panamense*), es una especie apetecida por su madera, además de su resina se extrae un producto utilizado tradicionalmente para ahuyentar mosquitos; ajillo (*Caryocar costarricense*) de importancia comercial por su madera; cedro maría (*Callophyllum brasiliense*) muy utilizado en la industria maderera por su fina madera; vainillo (*Stryphnodendron microstachyum*) con madera de importancia comercial; de las 6 especies del género Brosimum (como ojoche o vaco) se encontraron 5. También se encontró el mastate (*Poulsenia armata*) de cuya corteza los indígenas fabrican prendas de vestir.

En cuanto a los bosques secundarios si bien es cierto que se encuentran en un estado sucesional inferior a los bosques maduros, su importancia es bastante marcada, no sólo por la variedad de especies presentes en el ecosistema, sino por ser sistemas biológicos más dinámicos, propio de sistemas más jóvenes donde es mayor la actividad del movimiento energético.

En cuanto a los matorrales no aportan nada diferente a lo ya descrito en los tramos anteriores, siendo estos sitios alteradas en un proceso de establecimiento de especies y de mucho dinamismo energético.

En lo referente a las plantaciones forestales, a causa de las prácticas silviculturales no tienen mayor diversidad de especies, siendo sitios con una estructura vertical y horizontal sencilla. Para el caso de las plantaciones de palma de aceite, este efecto es aun más marcado, ya que estos lugares requieren estar más libres de vegetación entre las hileras que conforman el cultivo, con el fin de garantizar una eficiente movilidad dentro de la plantación durante el proceso de cosecha.

Finalmente, en lo referente a manglares, estos resultan ser asociaciones biológicas bastantes importantes por su condición de humedales, áreas de amortiguamiento de los efectos de las mareas sobre el continente. Son sitios de interés por los productos de la pesca (pescados, piangua), o para tintes, carbón, leña y corteza curtiente provenientes de los mangles (por ejemplo *Rhizophora mangle*). Además son sitios muy susceptibles a las alteraciones sobre el ecosistema, muy frágiles, sin embargo no encuentran dentro del área de influencia del proyecto. La diversidad de especies vegetales en estos sitios es baja, principalmente por ser ambientes muy salinos, siendo pocas las especies adaptadas a sobrevivir bajo estas condiciones de salinidad.

Para este tramo se muestrearon un total de 100 familias diferentes dentro de las cuales las más representativas según el número de especies diferentes encontradas, fueron: Euphorbiaceae (27), Moraceae (20), Rubiaceae (18), Asteraceae (18), Fabaceae/Papilionaceae (17), Melastomataceae (15), Piperaceae (13), Arecaceae y Verbenaceae (10).

Se encontraron 274 géneros diferentes, dentro de los cuales los más numerosos de acuerdo con la cantidad de especies que contienen, son: Piper (12), Miconia (7), Ficus (6), Corton (5), Psychotria (5), Brosimum (5). Las especies encontradas alcanzaron un total de 392.

Las especies se ubicaron en una determinada categoría de forma crecimiento, con un total de 7 clases diferentes, distribuidas de la siguiente manera según el número de especies encontradas bajo cada clasificación: árboles (166), hierbas (86), arbustos (84), bejucos (40), palmas (10), epífitas (5) y parásitas (1).

Tramo CR-8.

Sobre este tramo se realizaron tres puntos de muestreo con los cuales se cubrieron los tipos principales de cobertura del suelo que caracterizan este sector. Se visitaron dos matorrales, uno circundado principalmente por potreros, pastizales y cafetales, y el segundo rodeado tanto por cultivos (café) y pastos, como de un pequeño parche de bosque ripario. El último ecosistema muestreado fue un pastizal arbolado en uso.

En lo que se refiere a los matorrales, estos son sitios bastantes alterados, producto de la deforestación, como consecuencia de las actividades ganaderas y de agricultura principalmente. Sobre estos sitios no se hallaron plantas cuyo valor fuese tal que ameritara medidas de protección especiales del ecosistema. Un aspecto importante es que los ecosistemas circundantes ejercen un efecto directo sobre estas coberturas forestales, principalmente en aquellas donde la presencia humana es más continua como el caso de los pastos y cultivos.

Algunas de las especies encontradas de uso directo por el ser humano son: ceiba (*Ceiba pentandra*) cuya madera de baja calidad es utilizada en la industria maderera (formaleta); guarumo (*Cecropia obtusifolia*) utilizado en la medicina popular; jabillo (*Hura crepitans*) especie maderable, cuya corteza era lanzada a los ríos para que la savia tóxica adormeciera a los peces, que eran después pescados; chilillo (*Phyllanthus acuminatus*) especie donde se encuentra una sustancia llamada Phyllantoside, muy efectiva en el

tratamiento del cáncer; carbonero (*Lafoensia punicifolia*) especie empleada en plantaciones forestales y de donde se extrae un tinte utilizado en la zona de Boruca para colorear ropas; burio (*Hampea appendiculata*) su madera es empleada en otros países en la fabricación de aviones para aeromovilismo; manú cuajada (*Vitex cooperi*) empleado en la industria maderera; venadera (*Cissampelos pareira*) bejuco cuyas raíces han sido empleadas tradicionalmente en medicina popular; palmito amargo (*Socratea exorrhiza*), que es un tanto amargo.

Los pastizales son el ecosistema más simple y deteriorado de todos, como consecuencia de la erosión y el compactamiento del suelo por el pisoteo del ganado.

Se encontraron un total de 54 familias diferentes, dentro de las cuales las más numerosas, de acuerdo a su representatividad en especies, reportadas son: Euphorbiaceae (8), Fabaceae/Mimosaceae (8), Fabaceae/Papilionaceae (6), Moraceae (6), Arecaceae (5) y Piperaceae (4).

Se encontraron un total de 94 géneros diferentes, donde los más representativos según el número de especies que contienen son: Inga (4) y Piper (4), lo que indica que no hay una dominancia de un grupo particular de plantas en el sitio en cuestión. Además que se hallaron un total de 109 especies diferentes.

Finalmente, en lo que se refiere a la forma de crecimiento todas las especies encontradas, se ubicaron en 7 diferentes categorías: árboles (57), arbustos (21), hierbas (17), palmas (5), bejucos (5), parásitas (2) y helechos (2).

Tramo CR-9

Sobre este tramo se muestrearon 15 puntos y se levantó una lista de las especies vegetales observadas, así como una descripción del estado del sitio. Los puntos de muestreo se distribuyeron en 5 diferentes ecosistemas tanto naturales como plantados: matorrales (4), bosques secundarios (3), pastizales (3), plantaciones forestales (4), plantación de pejibaye (1).

Los bosques que se visitaron tenían la particularidad de ser áreas bastante alteradas, producto de la deforestación con fines de aprovechamiento forestal. El bosque remanente se caracteriza por ser más ralo, con especies arbóreas de menor diámetro en sus fustes, así como de menor altura. Sin embargo son áreas con mucha diversidad de fauna, ya que al abrirse claros en el bosque se crea un ambiente propicio para que otras especies de fauna puedan instalarse.

Dentro de las especies interesantes que fueron observadas se halla: el cristóbal (*Platymiscium pinnatum*); palo de agua (*Bravaisia integrerrima*) usado en la apicultura; lagartillo negro (*Lacmellea panamensis*) la pulpa de sus frutos es comestible, además el látex de su corteza se puede beber; fosforillo (*Dendropanax arboreus*) cuya madera es empleada en la fabricación de fósforos y palillos de dientes; ceibo (*Pseudobombax septenatum*) de madera suave utilizada en la industria maderera; poro poro (*Cochlospermum vitifolium*) en algunos países emplean el contenido interno de los frutos para rellenar almohadas; ardilillo (*Cojoba arborea*) de madera fina empleada en la

fabricación de puertas y pisos; almendro (*Andira inermis*) de madera muy dura empleada en la construcción, bigas, tornería, y traviesas de ferrocarril, su corteza posee sustancias tóxicas; tabacón (*Grias cauliflora*) utilizado en medicina indígena; manú (*Minquartia guianensis*) de madera dura empleada en la industria maderera; hormigo (*Triplaris melaenodendron*) cuyas ramas huecas albergan una especie de hormiga muy agresiva que está siendo estudiada en los Estados Unidos para aliviar problemas de reumatismo. Por lo general estos bosques secundarios están rodeados por potreros, cultivos o plantaciones forestales.

Es importante indicar que en uno de los puntos de muestreo de bosque secundario, ubicado sobre el Río Coto Colorado, cerca del poblado de Río Claro, se encuentra una toma de agua, por lo se debe tener mucho cuidado en este sitio pues es de gran importancia para la comunidad.

Los matorrales se encontraron en diferentes estados de sucesión ecológica, pues mientras algunos eran bastantes jóvenes otros estaban muy cercanos a convertirse en bosques secundarios. Sin embargo, no se encontraron especies que ameritaran alguna medida o práctica de conservación especial. Generalmente estos sitios están rodeados de cultivos o pastos y en pocas ocasiones de bosques.

Se visitaron tres plantaciones forestales de melina (*Gmelina arborea*) y una de teca (*Tectona grandis*). No se encontraron especies de interés particular que ameriten medidas de conservación. Estas son áreas con una baja diversidad de especies vegetales en comparación con sitios naturales y que carecen de prácticas silviculturales enfocadas a mejorar la producción de madera.

De los cultivos se muestreó una plantación de pejibaye (ecosistema cultural), que al igual que las plantaciones forestales tienen menor diversidad biológica que ecosistemas naturales, obviamente por las prácticas de manejo enfocadas a la productividad del recurso.

Finalmente se muestrearon 3 pastizales, algunos de los cuales tenían mayor representatividad de especies arbóreas (sombra para el ganado), sin embargo siguen siendo los ecosistemas más simples y alterados en términos de biodiversidad.

En el levantamiento de información florística se mostraron 75 familias de plantas, de las cuales las más representativas según el número de especies son: Fabaceae/Papilionaceae (18), Euphorbiaceae (12), Moraceae (12), Rubiaceae (11), Fabaceae/Mimosaceae (10), Araceae (7), Arecaceae (6), Asteraceae (6) y Cecropiaceae (6).

Se encontraron un total de 175 géneros, ordenados respectivamente de mayor a menor según la cantidad de especies contenidas en ellos: Piper (4), Inga (4), Erythrina (4), Heliconia (3), Annona (3), Brosimum (3), Cecropia (3), Miconia (3), Phoradendron (3), Senna (3), Solanum (3). Se encontraron 232 especies diferentes.

Todas las especies vegetales fueron agrupadas según su forma de crecimiento en ocho categorías, de la siguiente forma: árboles (112), hierbas (48), arbustos (38), bejucos (18), palmas (6), parásitas (5), epífitas (4) y helechos (1).

Tramo CR-10.

Para el levantamiento de información florística de este tramo se realizaron tres puntos de muestreo en diferentes tipos de ecosistemas, un bosque secundario, un matorral y un pastizal.

En cuanto al bosque es evidente la intervención humana con fines de extracción de madera, y debido a las características biofísicas de la zona el ecosistema se recupera rápidamente; sin embargo su estructura y composición original nunca se repondrán. En las partes más altas de esta zona es posible encontrar bosques maduros, con un estrato superior dominante (dosel) de mayor altura (más de 30 m) que el punto muestreado y con muy poca intervención humana.

En términos de diversidad florística hay una amplia gama de especies distribuidas según sus formas de crecimiento a través de los diferentes estratos del bosque, dentro de las especies de mayor interés halladas están: cristóbal (*Platymiscium pinnatum*); pavito (*Xylpia frutescens*) cuya corteza se rasga en tiras y se emplea en la cultura tradicional para fabricar una especie de mecate; nance macho (*Clethra mexicana*) empleada en construcción y para leña, además las raíces las utilizan para hacer artesanías; colpachí (*Crotón schiedeanus*) la madera es buena y además es usado en medicina popular; cocobolo de San Carlos (*Vatairea lundellii*) es cotizado por su madera, que además es empleada en medicina popular; mangalarga (*Laetia procera*) es aprovechada por su madera y utilizada en reforestación; caobilla (*Carapa guianensis*) su madera es empleada en la industria (mueblería, construcción, etc.); cedro amargo (*Cedrela odorata*) especie de madera muy valiosa y bien cotizada en el mercado; escobilla (*Sida rhombifolia*), sus hojas y raíces han sido usadas tradicionalmente en medicina popular, de sus tallos se hacen escobas rústicas; caña brava (*Gynerium sagittatum*) empleada en la construcción de bahareque, techos, sombra de almacigales y soporte de tallos de banano.

En lo concerniente a los matorrales no aportan nada diferente a lo que ya se ha mencionado de ellos en los tramos anteriores, presentan las mismas características de estructura y composición, siempre bordeadas por cultivos, pastos y pocas veces de bosques. Estos matorrales hacen un importante aporte a la diversidad biológica del país, sin embargo, en términos de prácticas de conservación, no se encontraron especies que ameritaran medidas de protección.

Finalmente, las áreas cubiertas por pastos como ya se explicó en los tramos anteriores, se caracterizan por ser sitios muy pobres en términos de diversidad biológica, además de los demás efectos negativos a causa del pastoreo (compactación de suelos, erosión, pérdida de suelo).

Del muestreo florístico se encontraron un total de 46 familias, donde las más representativas según el número de especies contenidas en ellas son: Euphorbiaceae (6),

Moraceae (5), Rubiaceae (5), Fabaceae/Papilionaceae (5), Fabaceae/Mimosaceae (4) y Verbenaceae (4).

En cuanto a géneros se encontraron 78 diferentes registros, y tomando en cuenta que se hallaron 88 especies diferentes, se concluye que no hay una dominancia de algún género en particular sobre los demás, de hecho solamente uno de ellos (*Croton*) alcanzó a tres registros de especies, ocho poseen 2 registros de especies y los restantes un solo registro.

Para las formas de crecimiento se distribuyeron las especies encontradas de la siguiente manera: árboles (53), arbustos (14), hierbas (14), bejucos (2), epífitas (2), parásitas (2) y palmas (1).

B.1.6. Fauna

B.1.6.1. Descripción del marco biogeográfico y definición de hábitats

Esta descripción se base en las fuentes bibliográficas existentes.

El trazo del tendido eléctrico del proyecto SIEPAC no agravará mayormente la situación que ya existe en la mayor parte del recorrido, ya que pasa por áreas bastante alteradas. Más de dos tercios del proyecto pasa por áreas sin cobertura boscosa (ver mapa 14). En otras palabras, la fragmentación y la alteración del hábitat es la constante que describe el marco biogeográfico general de todo el trayecto en cuestión.

En todo el recorrido, dos regiones principales merecieron mayor consideración, el complejo Carara- Cerros de Turrubares y otras áreas protegidas de la zona y un área que llamó la atención por su supuesta alta cobertura boscosa y la posibilidad de existencia de especies endémicas, el último tramo del proyecto (Tramo CR-10). Debido a lo anterior, estas regiones fueron analizadas más exhaustivamente, haciendo observaciones en campo, cuando fue posible, en sitios puntuales, tomando en cuenta los puntos de inflexión del tendido y el retrasado de la ruta.

A continuación se detalla la situación biogeográfica general y de los hábitats existentes por sectores del proyecto. Estos sectores son los 10 tramos homogéneos previamente descritos para el proyecto SIEPAC.

El tramo CR-1 (frontera con Nicaragua en la Cruz de Guanacaste, hasta el cruce hacia Santa Cecilia) discurre por Bosque seco Tropical (bs-T) de suelos moderados en fertilidad donde domina el hábitat de áreas abiertas y potreros con poca vegetación (potreros arbolados). También se encuentran pequeñas áreas con vegetación secundaria o charral (bosque secundario de fase temprana = CS1), el tramo en general es de escasa vegetación (ver mapa 12).

El tramo CR-2 (cruce hacia Santa Cecilia hasta cerca de Birmania) se extiende inicialmente por un Bosque húmedo Tropical (bh-T) de suelos malos a moderados hasta

llegar a un Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) de buenos suelos. Existen varios parches de vegetación en regeneración (crecimiento secundario temprano, CS1) y bosques secundarios tardíos o sea, más crecidos (CS2). Estos parches de vegetación son de gran importancia para la conservación de la biodiversidad faunística de la zona. No obstante, los hábitat dominantes en este tramo son artificiales, y van desde áreas abiertas como potreros sin árboles hasta cultivos de cobertura densa como cítricos y plantaciones forestales.

El tramo CR-3 (Birmania-Cañas) es extenso y de un alto contraste de hábitat naturales e intervenidos. En este tramo dominan las áreas abiertas (Aa) como potreros u otro uso que no es bosque, CS1, CS2 y pequeños parches de bosque denso o primario (Pr), principalmente a lo largo de las quebradas y los ríos (bosque riveraño). Este bosque ribereño es aquel que permanece a los lados de quebradas y ríos propiciando condiciones diferentes para la fauna en áreas, por ejemplo, de bosque seco en la parte final del tramo en los cantones de Bagaces y Cañas. Antes, el tramo incluye lo que fueron originalmente áreas de Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) sin período seco y Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T) con período seco, Bosque húmedo Premontano Tropical (bh-p ▼) de malos suelos con período seco y nuevamente Bosque húmedo Tropical (bh-T) para llegar de nuevo al ya mencionado Bosque seco Tropical (bs-T) en el cantón de Bagaces y hacia la ciudad de Cañas.

El tramo pasa por los puntos de más elevación, lo que crea un gradiente altitudinal de alto significado en cuanto a la distribución de fauna. Entra también aquí otro factor de trascendencia clave en este sentido y es la influencia de la fauna de la vertiente Caribe. Esta combinación de diferentes vertientes y diferentes altitudes produce una alta diversidad de hábitats de importancia ecológica. Debido a todo lo anterior, la fauna silvestre que actualmente habita en la zona del tramo CR-3 es fauna constituida sobre todo por especies generalistas que son menos susceptibles a las actividades antrópicas que las especies dependientes del bosque denso. No obstante, debido a los factores de influencia de diferentes vertientes y de variación en altitud ya señalados, además de la gran influencia de las tierras altas como los volcanes Rincón de la Vieja y Miravalles, al menos ocasionalmente se encuentran un alto número de especies, incluso especies endémicas o en peligro de extinción (ver adelante).

La fauna silvestre de esta zona es similar a la del resto de la región. Estas áreas alteradas, sobre todo las aledañas a parches boscosos, son utilizadas por especies que habitan dichos parches, al menos ocasionalmente o como rutas de paso.

El trazo está planeado entre el Parque Nacional Rincón de la Vieja y La Zona Protectora Miravalles, al lado de caminos ya existentes que unen comunidades como Birmania, Aguas Claras, Guayabal y la Fortuna de Bagaces, entre varias otras.

Históricamente, muchas especies de fauna se desplazan entre las diferentes montañas de la cordillera de Guanacaste, existiendo un paso natural entre los bosques del macizo del Volcán Rincón de la Vieja y los del Miravalles. La línea SIEPAC pasa entre estas dos áreas por lo que puede afectar rutas migratorias existentes. Claro que estos movimientos no los pueden hacer especies cuyos límites de distribución son arriba de los 550 msnm

como varios anfibios. No obstante, varias especies de aves y de murciélagos o animales terrestres de gran desplazamiento como felinos, con seguridad se mueven entre estas áreas. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que ya existen barreras que afectan dichos movimientos como los son potreros, áreas de cultivo, caminos y líneas de transmisión ya en la zona. Las ASP mencionadas son un refugio indispensable para la fauna de la región. Los animales se mueven entre estas áreas y los pequeños parches boscosos existentes en la zona.

Debido a que ya existen caminos en la zona del tramo CR-3, la nueva línea no será la causante de fragmentación en sí. El recorrido y observaciones en este tramo mostraron que solo pocos puntos presentan una buena conectividad del bosque como al nivel del sitio ubicado en coordenadas Lambert Costa Rica Norte 408 670,15 – 314 553,83 a más de 500 msnm, con buena cobertura boscosa, sobre todo la vegetación relacionada a quebrada La Chepa. No obstante, se debe insistir que la conectividad no es completa debido al camino vecinal existente. Por otro lado, las nuevas torres pueden proveer de perchas a las aves de presa, un componente de la fauna que ha sido muy afectado en el país en general. Otros hábitat observados en el tramo CR-3 incluyen áreas de cultivo, como cítricos, pejiballe y café (que caen dentro del tipo de hábitat se ha denominado Aa), plantaciones forestales (PF), principalmente teca (*Tectona grandis*), que en términos de uso de hábitat en general actúan como un CS2.

Al igual que en los tramos anteriores, es fácil observar aquí gran variedad de aves, incluso varias especies asociadas a bosques, lagartijas como las chirbalas, otros reptiles, anfibios como varias ranas que se reproducen en los charcos a la orilla de los caminos y mamíferos de tamaño pequeño y medio como ardillas, zorros pelones y armadillos (ver Anexo 4). Cuando llueve se puede observar anfibios en charcos al lado de la carretera como sapos *Bufo* spp. (ver Anexo 4). Aparentemente, la línea SIEPAC no afectaría a especies como estas y al proveer sitios de percha para aves rapaces puede contribuir a un mejor equilibrio ecológico de la zona.

Se podría pensar que esto afectaría a los micromamíferos, sin embargo, la mayoría de especies de mamíferos pequeños tienen un alto potencial reproductivo y son las presas fundamentales de muchos depredadores, varios de los cuales están en peligro de extinción o tienen poblaciones reducidas.

La herpetofauna cuenta con un alto número de especies endémicas en Costa Rica. Este punto fue tomado en cuenta cuando se evaluó el hábitat en el campo, concluyéndose que es poco probable que el impacto de la línea incremente la situación de pérdida o modificación de hábitat que ya existe para estas especies.

El tramo CR-4, que se extiende desde el Río Lagarto hasta el Río Tárcoles, es muy pobre en cuanto a vegetación y hacia la costa sólo está Tivives como área de refugio importante para especies migratorias. Hay algunos parches de CS2 y pequeños parches de Pr (ver mapa 14). La fauna silvestre de esta zona es similar a la del resto de la región la cual es dominada, tal y como se señaló antes, por especies generalistas que son menos susceptibles a las actividades antrópicas que las especies dependientes del bosque denso. Hay que señalar que estas áreas alteradas, sobre todo aledañas a parches

boscosos, son utilizadas por especies que habitan dichos parches, al menos ocasionalmente o como rutas de paso.

El tramo CR-5 es delicado desde el punto de vista de los hábitats existentes en la región, pues pasa por un “complejo” de varias áreas protegidas, estatales o privadas. El trazo está planeado entre el Parque Nacional Carara y la reserva Fernando Castro Cervantes, por o al lado de un camino ya existente que une comunidades como La Laguna, Surtubal, El Sur y Bijagual (ver mapa 14). Se debe tomar en cuenta que este complejo de áreas protegidas es un gran parche de Pr, un bosque casi continuo y único en el Pacífico Central. Relativamente cerca de ahí está el recién creado Parque Nacional La Cangreja y existen intenciones de crear un corredor biológico entre los cerros de Turrubares y la Cangreja. Este tipo de acciones es fundamental en una región como el Pacífico Central cuyos hábitats originales han sido muy deteriorados. Las ASP mencionadas son un refugio indispensable para la fauna de la región que se mueven entre estas áreas y además utilizan los pequeños parches boscosos remanentes en la zona. Uno de los mejores ejemplos lo constituye la lapa roja (*Ara macao*), una especie emblemática en la región.

Debido a que ya existen caminos en la zona del tramo CR-5, la nueva línea no será la causante de fragmentación en sí. En el campo se observó que en este tramo solo pocos puntos presentan una buena conectividad del bosque. No obstante, se debe insistir que la conectividad no es completa debido al camino vecinal existente. Por otro lado, al igual que en otros puntos, las nuevas torres pueden proveer de perchas a las aves de presa, un componente de la fauna que ha sido muy afectado no solo en la región si no en el país en general como ya se apuntó. Otros hábitats observados en el tramo CR-5 incluyen áreas de cultivo (tipo de hábitat = Aa) y plantaciones forestales (PF). Siguiendo hacia el sur, este tramo podría cortar algunos pequeños parches de bosque primario y secundario lo cual aumentaría la fragmentación de un área ya altamente fragmentada y deteriorada y sin muchos sitios para conservación como ya se señaló. De hecho, después de Carara el hábitat original de bosque ha sido prácticamente devastado.

El tramo CR-6 en una región de bosque muy fragmentado, pero de una aparente buena cobertura boscosa desde el punto de vista del hábitat para la vida silvestre. Este tramo cortaría varios parches boscosos lo que producirá un aumento en la fragmentación. Algunas de estos cortes se podrían evitar si se varía ligeramente el trazo de la línea o, por otro lado, se podrían tomar medidas compensatorias como favorecer la regeneración y protección del bosque en áreas aledañas. Dominan, sin embargo, el hábitat de Aa, que es lo característico del trazado, tales como cultivos, potreros, CS1, CS2 y, como ya se apuntó, pequeños parches de Pr.

En el tramo CR-7 dominan los hábitats mencionados en el tramo anterior. No obstante, este es diferente al anterior pues existen parches boscosos más grandes y algunas áreas protegidas tales como Transilvania, Finca Barú y Rancho La Merced, en las tierras bajas hacia la costa (ver mapa 14). Sin embargo, existe muy poca vegetación boscosa hacia la fila, aunque hacia el norte está la Reserva Forestal Los Santos. Esta serie de parches boscosos favorece la existencia de una fauna variada en la región pero que es dominada en las áreas afuera de estas ASP, por fauna típica de bosque alterado o áreas abiertas. Al igual que en los tramos anteriores, es fácil observar aquí gran variedad de aves, incluso

varias especies asociadas a bosques, lagartijas como las chisbalas, otros reptiles, anfibios como varias ranas que se reproducen en los charcos a la orilla de los caminos y mamíferos de tamaño pequeño y medio como ardillas, zorros pelones y armadillos (ver Anexo 4).

La primera parte del tramo CR-8 tiene muy poco bosque. Llegando a Palmar Norte el trazo corta un parche de bosque que se puede evitar pasando un poco al sur. A pesar de la alteración del hábitat (dominan Aa y CS1) y a la gran cantidad de productos de las actividades humanas como caminos, edificios y líneas eléctricas entre otros, es fácil observar gran variedad de fauna. En condiciones adecuadas se puede observar incluso anfibios en charcos al lado de la carretera incluyendo especies llamativas como la rana calzonuda y el sapito túngara (ver Anexo 4). Aparentemente, la línea de la EPR no afectaría a especies como éstas y al proveer sitios de percha para aves rapaces puede contribuir a un mejor equilibrio ecológico de la zona. Este factor, y el hecho que las especies de mamíferos pequeños tienen un alto potencial biótico pueden contribuir a salvar a varias aves de presa del peligro de extinción.

El Tramo CR-9 tiene áreas críticas hacia la costa, tales como los humedales Térraba-Sierpe, la reserva forestal Golfo Dulce y el Parque Nacional Piedras Blancas (ver mapa 15). Existe buena cobertura boscosa (Pr) y el tramo corta algunos parches ubicados hacia la fila. No obstante, no parece haber alternativa en la ubicación del tendido ya que el espacio que hay entre las ASP mencionadas y la fila es la carretera Interamericana y los poblados existentes a lo largo de esta vía. El impacto de la línea para especies terrestres posiblemente sería menor que el que de por sí ya causa la carretera.

A primera vista en el tramo CR-10 de la línea parece afectar fuertemente al vegetación de la fila de Cal. Esta es un área crítica desde el punto de vista del hábitat de la fauna silvestre. La vegetación de la zona es importante en el mantenimiento de la conectividad ecológica entre la fila costera y la cordillera de Talamanca. No obstante, en el campo se comprueba que los puntos vértices del trazado son áreas alteradas. Con el cuidado adecuado se puede minimizar fuertemente los impactos de la construcción y el tendido de los cables. Quizá la topografía del terreno permita, una alteración menor de los parches boscosos que están en mejores condiciones. Es posible, incluso, no cortar la vegetación por debajo de los cables tal y como se hace normalmente en los casos de tendidos eléctricos.

La avifauna y la herpetofauna cuentan, especialmente en los cantones de Coto Brus y Corredores, con varias especies endémicas de Costa Rica y un alto número de especies endémicas de Costa Rica y el extremo occidental de Panamá. Este punto fue tomado en cuenta cuando se evaluó el hábitat en el campo, concluyéndose que es poco probable que el impacto de la línea incremente la situación de pérdida o modificación de hábitat que ya existe para estas especies, pues dominan aquí también los Aa, CS1y CS2 (ver mapa 14).

B.1.6.2. Catálogo general de las especies presentes en cada hábitat

Es una gran cantidad de especies de fauna las que se encuentran habitando la zona del proyecto SIEPAC. El número de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos que potencialmente habita la zona de la ruta de paso de este tendido eléctrico es tan extenso que puede llegar a casi el 50 % de las especies de algunos grupos de vertebrados que existen en el país (ver Anexo 4).

En el apartado anterior se describieron las condiciones del hábitat en cada sector o tramo del proyecto así como los parches de bosque primario o secundario avanzado que permanecen. En este apartado se describe la fauna a nivel de grupos o especies particulares, potencialmente presente en cada región. Este análisis depara un número de especies que se agrupan en las siguientes categorías o áreas de interés: especies endémicas, especies amenazadas o en peligro de extinción, zonas de anidación y zonas de migración.

Debe tenerse en cuenta que el hábitat más importante para la fauna original de la región del tendido es el Pr, el cual es el menos abundante en todo el trazo. Asimismo, en las partes por donde está planeado el paso del tendido eléctrico la fauna que domina es aquella asociada a áreas alteradas (Aa, CS1, CS2). Incluso, alguna de la fauna encontrada en esos puntos depende para su supervivencia de los parches de Pr aledaños, principalmente los grandes como Carara.

La fauna con mayor probabilidades de existir en el tramo CR-1 (desde la frontera con Nicaragua hasta el cruce hacia Santa Cecilia), es aquella dominada por las formas asociadas al Bosque seco Tropical (bs-T) pero típica de Aa. Algunas especies, especialmente roedores pequeños y sus depredadores como serpientes y gavilanes se ven favorecidos en la actualidad de los parches de bosque en recuperación (charrales y tacotales) que existen en varios puntos de la región, denominados CS1 en el Anexo 4. Ese mismo Anexo contiene la lista de fauna potencialmente esperada no solo en el tramo CR-1 si no en el resto de los tramos del proyecto según se indica.

En los tramos CR-2 y CR-3 la fauna presente es similar en cuanto a la dominancia de especies de áreas abiertas. Sin embargo, ya desde que se pasa por detrás del cerro del Hacha y siguiendo hacia Santa Cecilia (pasando por ejemplo por parches boscosos ribereños como en el Río Sábalo) se nota un aumento de especies, debido a la aparición de especies de afinidad con los bosques lluviosos del Caribe. Algunos de estas se asocian con Aa también, pero otras dependen de remanentes boscosos de la región (lado Caribe).

La lista que se presenta en el Anexo 4 aunque no es exhaustiva, es amplia para todos los grupos de vertebrados terrestres presentes en la región. Esto es debido a que las condiciones del hábitat principalmente de los tramos CR-2 y CR-3 y la influencia de la fauna de los cerros y del Caribe, muchas especies pueden aparecer en la zona al menos transitoriamente. Solo se ha dejado por fuera aquellas especies que definitivamente se

sabe que no habitan en la región, aquellas cuya distribución altitudinal está por encima de los 600 msnm o aquellas muy raras, escasas o con poblaciones muy reducidas o en peligro de extinción (ver además los Anexos 4 y 6). Lo mismo es cierto para el área de Carara (Tramo CR-5) y el pacífico sur del país (Tramos CR-6 a CR-10).

Del tramo CR-5 al CR-10 la fauna presente es similar en cuanto a la dominancia de especies de áreas abiertas, pero con apariciones, al menos ocasionales, de especies faunísticas de las áreas boscosas mayores de la región. Como resultado, mucha de la fauna reportada para el Parque Nacional Carara y El Parque Nacional Manuel Antonio, situado al oeste del tramo CR-6, pueden ser encontrados en las áreas del trazado de la línea, al menos de forma transitoria.

En cuanto a áreas de anidación, la mayoría de anfibios se reproducen en agua pero de maneras variadas dependiendo del grupo taxonómico. Estas áreas de reproducción son localizadas, por ejemplo: los centrolénidos se reproducen en vegetación sobre quebradas de agua rápida. Algunos hílidos se reproducen en vegetación que está sobre aguas estancadas o pozas. Los leptodactílicos se reproducen en nidos de espuma que ellos construyen en charcos, incluso aquellos que se forman a la orilla de caminos y carreteras. Los dendrobátidos ovopositan en cuerpos de agua pequeños y cuando eclosionan los renacuajos, los adultos los cargan en sus espaldas hasta bromelias u otras plantas con reservorios de agua para su desarrollo. Así que los dendrobátidos dependen de áreas boscosas con epífitas apropiadas para su reproducción.

El efecto negativo de la obra sobre los diferentes grupos depende de lo que la obra afecte particularmente en cada punto, ya sea charcos, árboles u otros, dependiendo de la biología reproductiva de cada grupo particular. Así que aquella vegetación que se corte en dichos sitios tendrá el mismo efecto directo sobre este grupo. Sin embargo, estos sitios son puntuales a todo lo largo de la línea de transmisión y no se puede hablar de ningún área crítica específica en particular. De hecho, como ya se mencionó, en casi todo el trazo, las actividades antrópicas han producido sitios artificiales de anidación como charcas a los lados de carreteras y caminos. Es perfectamente factible la no alteración de sitios claves particulares como los antes mencionados si las torres se colocan fuera de estos puntos y se deja la vegetación debajo de los cables y sobre todo si se protege la vegetación riverina existente.

Los reptiles ponen huevos en el suelo, la arena o en musgo y troncos de árboles y algunos son vivíparos. Algunas especies anidan comunalmente o al menos en forma gregaria, como las tortugas marinas y las iguanas. El proyecto no tiene ninguna influencia sobre el primer grupo pues las tortugas marinas se reproducen en la costa. En el caso de las iguanas habría que ver si, principalmente en la zona de Guanacaste, existiera alguno de estos sitios de anidación en el paso de la línea. No obstante, estos sitios están localizados en áreas abiertas de suelos arenosos. Su reproducción se da entre febrero y abril, por lo que si se detectara un área crítica en este sentido, se podría trabajar en la zona en las épocas distintas a las de reproducción. No obstante, en el trabajo de campo no se observó ninguna situación como la expuesta, habiéndose visitado el lugar en época de reproducción de iguanas. Además, en el caso específico de la iguana verde, su puesta de huevos, así como su existencia en sí, se da sobre todo en áreas cercanas a cuerpos de agua.

Muchas especies de aves son residentes en la zona de la ruta de paso de la línea. De estas, varias anidan en los árboles y varias en el suelo así como en vegetación baja. Al ser este un número elevado de especies, existen especies en reproducción en cualquier época de año.

La remoción de vegetación y otros trabajos de construcción sin duda afectaran a las aves (individuos particulares). Sin embargo, la gran mayoría de las aves en el trayecto de la línea SIEPAC son de hábitats alterados y generalmente comunes, abundantes y de amplia distribución, por lo que la pérdida de los nidos no tendrá un efecto mayor en sus poblaciones. De hecho, muchas aves que pierden sus nidos vuelven a anidar en la misma época reproductiva. La lista de especies en peligro de extinción (ver Anexo 6) y las especies de bosque primario ofrecen las pautas para saber cuales especies hay que considerar especialmente a la hora de ejecutar los trabajos.

Los mamíferos son vivíparos y la mayoría son tímidos y de hábitos huidizos, especialmente en época reproductiva. No obstante, varias especies pueden encontrarse en guaridas de reproducción a todo lo largo del trazado del proyecto. Varias especies de micro mamíferos anidan en la vegetación, otros en el suelo entre raíces u hojarasca y sus madrigueras pueden ser destruidas durante la obra. Para la mayoría de estas especies, la pérdida de una camada no es grave ya que estos tienen potenciales reproductivos muy altos por lo que fácilmente se recuperan. Para mamíferos de tamaño medio tipo zorros, armadillos o conejos, si se localizan sus madrigueras durante la construcción, sus camadas pueden ser protegidas o reubicadas. Otros grupos como los felinos se ocultan más para reproducirse por lo que es muy difícil encontrar camadas en el área del trazado que pasa en su mayor extensión por áreas fragmentadas. En caso de encontrarse alguna camada, esta puede ser protegida o reubicada. Los mamíferos grandes como venados y dantas no tienen un sitio particular de reproducción ya que a las pocas horas o días de nacida, la cría se desplaza con la madre.

La distribución de muchas especies en peligro de extinción incluyen las áreas del proyecto. Sin embargo, no se puede focalizar en ninguna especie o área en particular en el trazado. Así por ejemplo, aves en peligro de extinción como gongolonas, pavas y pajiillas, son comunes en las áreas de interés. Aves voladoras fuertes como gavilanes y loras son encontradas en todo el trazo de la línea SIEPAC. En la región del tramo CR-3 existen movimientos estacionales altitudinales de varias especies, especialmente aves. Estos desplazamientos son amplios y no restringidos a puntos particulares. En la región de Carara es común los movimientos diarios de las lapas rojas pero estos desplazamientos también son amplios y no restringidos a un punto en particular.

Las especies que son menos probable de encontrar en el trazo del proyecto son aquellas de bosque propiamente dicho, como bucos, trogones, trepadores, cotingas y tangaras (de las que están declaradas en peligro de extinción o amenazadas). Aunque hay algunos roedores pequeños, la mayoría de mamíferos en peligro de extinción o amenazados son de tamaño mediano o grande como perezosos, monos y felinos, fácilmente localizables si se encuentran en el área del proyecto por lo que se pueden tomar las medidas de protección pertinentes. El paso entre los volcanes Rincón de la Vieja y Miravalles es un

sitio de mucho potencial para estas especies por lo que se debe tener cautela con el proyecto en todas sus fases.

No existe ninguna especie de una distribución particular que sea directamente afectada por el proyecto. Lo mismo se puede afirmar de la herpetofauna amenazada o en peligro de extinción ya que no hay ninguna especie en puntos particulares que puedan ser señalados como críticos.

Es importante señalar que tanto para individuos en reproducción o aquellos que no lo estén, los caminos nuevos de acceso a áreas boscosas, hasta ese momento de difícil acceso, facilitarían el acceso de cazadores o de personas que se dedican a capturar fauna para mascotas o comercio. Es indispensable contar con medidas de vigilancia y de respeto ambiental para evitar este tipo de acciones. También es importante que los trabajadores, tanto en la fase de construcción como en la de operación, mantengan normas apropiadas de respeto hacia la vida silvestre.

El Anexo 6 contiene una lista de especies de fauna de Costa Rica contenidos en los apéndices de CITES. En dicha lista se señalan los tramos del proyecto donde existen probabilidades de detectar esas especies.

Hay varias especies de aves que son endémicas de Costa Rica y Panamá pero solo siete especies son exclusivas de Costa Rica. De estas, tres especies se encuentran únicamente en la Isla del Coco. De las otras cuatro especies, solo el colibrí *Elvira cupreiceps* se encuentra dentro del trazo del proyecto (en el tramo CR-3). Esta especie habita en bosques primarios o densos aunque a veces utilizan los bordes y potreros arbolados de zonas altas.

El punto más alto del trazado de SIEPAC está a aproximadamente 600 msnm pero en una zona muy alterada. En el sitio ubicado en coordenadas Lambert Costa Rica Norte 408 670,15 – 314 553,83 se llega a una altura de más de 500 msnm y es un área de buena cobertura boscosa, sobre todo la vegetación relacionada a quebrada La Chepa. Aunque el colibrí mencionado baja hasta los 300 msnm, se reproduce entre los 700 y los 1 500 msnm y se encuentra en todo el sector montañoso del Caribe del país.

En Costa Rica solo existen cinco especies de mamíferos endémicos y todos son roedores. De estos, dos especies se encuentran distribuidas en áreas de influencia del proyecto. La taltuza de Cherrie (*Orthogeomys cherreii*) se encuentra en el tramo CR-3 y la taltuza de Underwood (*Orthogeomys underwoodii*) se encuentra en la región que cubren, aproximadamente los tramos CR-5, CR-6, CR-7 y CR-8 del proyecto. Estas especies, al igual que las otras especies de taltuzas del país, cuentan con la particularidad de adaptarse fácilmente a áreas alteradas, especialmente áreas de cultivo. De hecho, las taltuzas son plaga en varias regiones del país, de aquí que es difícil pensar que puedan ser afectadas por el proyecto. Al contrario, en algunos sitios es posible que el proyecto favorezca a estas especies, proporcionando áreas abiertas donde estas especies puedan desarrollar sus actividades.

Es importante tomar en cuenta al ratón cosechero *Reithrodontomys paradoxus* que se encuentra distribuido solamente en el extremo suroeste de Nicaragua y al noroeste de

Costa Rica, en los tramos más al norte del trazo (1-3). Este ratón se conoce de solamente pocos individuos colectados en bosques deciduos. Se debe proceder con cautela para no afectar a esta especie.

Existen 18 especies de reptiles endémicos de Costa Rica. No obstante, es posible que algunas de estas especies se encuentren también en Panamá. De las 18 especies de reptiles endémicos, seis están distribuidos en áreas donde es posible que haya una influencia directa del proyecto, según se puede apreciar en el cuadro B.1.5.

Cuadro B.1.5. Especies de Reptiles Endémicos de Costa Rica que Podrían Ser Encontrados en la Ruta del Proyecto SIEPAC.

Especie	Nombre común	Tramo
<i>Celestus hylaius</i>	Lagartija	3
<i>Geophis ruthveni</i>	Culebra de tierra	3
<i>Lepidophyma reticulatum</i>	Lagartija de noche	5-10
<i>Neusticurus apodemus</i>	Lagartija	7-9
<i>Geophis downsi</i>	Culebra de tierra	10
<i>Norops altae</i>	Gallego	10

Las especies indicadas para el tramo CR-3 son raras y se conoce poco de su biología. Se ha informado que la lagartija *Celestus hylaius* puede ser arborícola por lo que el proyecto afectará a esta especie cuando se afecte directamente zonas boscosas, las cuales son pocas. En el caso de *Geophis ruthveni*, es una serpiente muy pequeña que se encuentra debajo de rocas y escombros en el bosque. Es común encontrar culebras del género *Geophis* bajo troncos de áreas alteradas e incluso semiurbanas. Cada individuo hallado de *Geophis ruthveni* durante las labores relacionadas al proyecto debe ser reubicado en un área adyacente que no esté afectada por el proyecto. *Geophis downsi* es de hábitos similares y solo se conoce de Las Cruces, Puntarenas (zona premontana). Aunque esta especie es rara, es posible que se encuentre en la zona de influencia del proyecto en su tramo final.

Las otras tres lagartijas de la lista no son raras incluso *Lepidophyma reticulatum*, podría ser favorecida con ciertas acciones o actividades humanas. Por ejemplo, una especie muy similar, *Lepidophyma flavimaculatum* que habita en el Caribe de Costa Rica, es mucho más abundante en las bananeras que en el bosque, incluso que en áreas protegidas como la Estación Biológica Finca la Selva o el Parque Nacional Tortuguero.

Los anfibios son un grupo indicador importante ya que muchas especies son muy sensibles a las perturbaciones del hábitat. Muchas especies de anfibios alrededor del mundo han sufrido tremendas bajas poblacionales debido a múltiples factores. La clase Amphibia es el grupo de vertebrados terrestres que cuenta con el número más alto de especies endémicas en Costa Rica. Hay 42 o 43 especies de anfibios endémicos de Costa Rica. Algunas de estas especies se cree que pueden existir también en las tierras adyacentes a su distribución en Panamá. Pero esto no resta importancia en su conservación ya que su distribución total sigue siendo muy restringida (uno de los criterios utilizados en la Biología de la Conservación para determinar la vulnerabilidad que cada

especie tiene a la extinción). Diez especies de anfibios endémicos de Costa Rica se encuentran en el área de influencia directa del proyecto, según se indica en el cuadro B.1.6.

Cuadro B.1.6. Especies de Anfibios Endémicos de Costa Rica que Podrían Ser Encontrados en la Ruta del Proyecto SIEPAC.

Especie	Nombre Común	Tramo
<i>Bolitoglossa alvaradoi</i>	Salamandra	2, 3
<i>Oedipina pseudouniformis</i>	Salamandra	3
<i>Bufo melanochlorus</i>	Sapo	2,3
<i>Eleutherodactylus andi</i>	Sapito de montaña	3
<i>Duellmanohyla rufiocularis</i>	Rana de árbol	3
<i>Oedipina savagei</i>	Salamandra	10
<i>Eleutherodactylus underwoodi</i>	Sapito de montaña	6-10
<i>Phyllobates vittatus</i>	Rana verdosa	7-10

Algunas de estas especies han sido observadas en muy raras ocasiones. Se puede deducir que aún menos se sabe de su estado poblacional y otros aspectos ecológicos básicos. Por lo tanto, es difícil prever impactos de la obra en cuestión sobre las mismas. Posiblemente ninguna de estas especies se ha adaptado al bosque alterado o a las áreas abiertas por lo que la existencia de la línea del proyecto SIEPAC en áreas alteradas no va a afectarlas. *Bufo melanochlorus* es de más amplia distribución que las otras especies en el cuadro B.1.6 y generalmente es común en hábitat adecuados (bosque densos). El sitio antes mencionado ubicado en coordenadas Lambert Costa Rica Norte 408 670,15 – 314 553,83 a una altura de más de 500 msnm es un área de buena cobertura boscosa en donde este *Bufo* puede existir. Lo mismo se puede pensar de *Eleutherodactylus andi* y de *Duellmanohyla rufiocularis* cuyos ámbitos de distribución altitudinal conocidos están más arriba que los puntos por donde está el trazado de la línea (1 000 a 1 200 msnm y 680 a 1 524 msnm respectivamente).

Relacionado a lo anterior, vale la pena mencionar a dos especies adicionales endémicas para Costa Rica, las salamandras *Bolitoglossa subpalmata* y *Nototriton guanacaste*. La primera habita entre 1 245 y 2 900 msnm por lo que no está dentro del ámbito altitudinal donde estará la línea SIEPAC. Esta especie era muy común en algunas áreas altas del país pero poco a poco ha ido desapareciendo por lo que se debe tener cuidado con cualquier población existente. Por otro lado *Nototriton guanacaste* habita únicamente en los cerros de Orosi y Cacao entre los 1 400 y los 1 580 msnm. Esta especie es muy poco conocida y su distribución altitudinal podría ser diferente.

El hábitat que atraviesa la línea en los tramos CR-6 a CR-10, como antes se indicó, está sumamente fraccionado. *Oedipina savagei* es una salamandra muy escasa restringida a la región del tramo CR-10 y las otras especies del cuadro B.1.6 se encuentran también en esta región. *Bufo melanochlorus* y *Phyllobates vittatus* son de más amplia distribución y generalmente comunes en hábitats adecuados (bosque denso), especialmente la primera especie según se indicó. La segunda está restringida al bosque denso o poco alterado.

De acuerdo con los comentarios anteriores, el tramo CR-10 era, potencialmente, un área clave para estos anfibios. No obstante, durante la visita a la zona se determinó una situación prácticamente similar a la de los otros tramos. Desde las comunidades de Caracol y Caracol Norte hasta Los Planes, en la frontera con Panamá y pasando por lugares como Bajo los Indios solamente un tramo relativamente pequeño en la Fila de Cal se sale del patrón general. La cobertura del bosque en dichos sitios es adecuada ya que no ha sido intervenida, al menos en forma notoria. Esto se debe, posiblemente, a la difícil topografía de la zona. La fragmentación y alteración de hábitat, presentes en los otros tramos del proyecto, es notoria también en el tramo CR-10.

Debido al estado actual del hábitat de la mayor parte del trazado del proyecto y a la historia natural de las especies, no existe ninguna ruta particular conocida de migración de anfibios, reptiles o mamíferos terrestres que vaya a ser interrumpida. No obstante, existen algunas zonas de movimientos estacionales o diarios de algunas especies de vertebrados voladores en el trazado del proyecto, tales como aves como se explica en la sección 2.6.4. De igual manera, es posible que existan algunas zonas de migración de movimientos estacionales o diarios adicionales. La ruta pasa por un paso de montaña desde el lado Caribe hasta el lado Pacífico (desde Cuatro Bocas hasta Guayabo de Bagaces). Este paso corta la ruta de movimiento entre los Volcanes Rincón de la Vieja y Miravalles, tal y como lo hace el camino actual que une estas comunidades. Tanto mamíferos terrestres de tamaño medio y grande, así como aves y murciélagos, con mucha probabilidad se desplazan entre estas áreas. Así que se debe tratar de aminorar el impacto de la obra en lo más posible. Sin embargo, de hecho estas rutas ya tienen obstáculos ya que hay caminos y tendidos eléctricos en la zona.

En cuanto a los murciélagos, es probable que varias especies tengan migraciones altitudinales estacionales y de hecho muchos murciélagos tienen amplios movimientos de desplazamiento para alimentarse u otras actividades. Este grupo de animales posee un eficiente sistema de ecolocación y además son nocturnos por lo que es posible que sean poco afectados por la obra en su etapa de construcción u operación. Aunque se han reportado accidentes, en general no existe información científica publicada en revistas reconocidas que muestre que las líneas de transmisión eléctrica de alta tensión afecten a los murciélagos.

Hacia la costa, de los tramos CR-6 a CR-10, existen áreas boscosas de posible importancia como refugios estacionales o diarios para especies de amplios movimientos (incluidos migratorios) tales como la lapa roja. Así, es posible que algunas de estas especies se desplacen desde estas áreas hacia las montañas hacia el norte o este (Fila Costeña y Talamanca), por lo que la nueva línea quedaría en medio de esas rutas. Sin embargo, de hecho estas rutas ya tienen obstáculos. En muchos tramos, a lo largo de la carretera interamericana o de la carretera costanera existen tendidos eléctricos que potencialmente estarían teniendo un efecto algo similar al que tendría el nuevo tendido.

B.1.6.3. Definición de corredores ecológicos

Un aspecto de gran relevancia en proyectos como este, es el de los corredores biológicos. Existen varias iniciativas de corredores biológicos en el país, ya sean locales o regionales de mayor amplitud. Quizá el proyecto más ambicioso en este sentido es el corredor biológico Mesoamericano que pretende conectar una gran cantidad de áreas protegidas y remanentes boscosos en toda Mesoamérica. Sin embargo, para lograr esto se debe restaurar y proteger gran cantidad de tierras ya afectadas por la deforestación en la región.

En el Área de Conservación Guanacaste se estableció el corredor entre el Cerro Cacao y el Parque Nacional Rincón de la Vieja. En este corredor existen varias áreas cuya regeneración es muy difícil debido a, por ejemplo, la existencia de pastos introducidos de difícil erradicación. Sería ideal que exista un corredor biológico o corredor de hábitat que conecte a todos los remanentes de bosque de las partes altas de la cordillera de Guanacaste. Varios de estos bosques ya están protegidos pues son parques nacionales (por ley todos los volcanes son parques nacionales) pero no todos están unidos. Cualquier propuesta sobre el establecimiento de un Corredor Biológico que permita la unión de áreas silvestres protegidas tiene como fin asegurar la perpetuidad de estas.

El uso potencial del corredor biológico entre Rincón de la Vieja y Miravalles u otro que conecte otras montañas de Guanacaste es diferente por parte de los diferentes grupos faunísticos. En el caso de los mamíferos, los corredores podrían convertirse en parte importante de la solución para mantener poblaciones viables de especies que tienen estrecha relación con la vegetación natural. En este sentido se podría ayudar a recuperar las poblaciones de especies como la danta (*Tapirus bairdii*) y los chanchos de monte (Tayassuidae, Anexo 4) y a un mejor desplazamiento de los felinos. La alta cantidad de especies que viven en las montañas de Guanacaste catalogadas como en peligro de extinción o con poblaciones amenazadas, acentúan la importancia de desarrollar un Corredor Biológico como un mecanismo de conservación de estas especies.

La Evaluación Ecológica Rápida realizada del Corredor Biológico del Paso de la Danta (CBPD) lo describe como parte de una iniciativa regional cuyo objetivo principal es conectar las áreas silvestres protegidas mediante la conservación y el reestablecimiento de la conectividad entre los fragmentos de bosque remanente, a través del proyecto Corredor Biológico Mesoamericano (CBM). El área propuesta para el CBPD se encuentra localizada a lo largo de la Fila Costeña y la Fila Tinamastes, en la región centro-sur de la Vertiente Pacífica de Costa Rica. Limita al norte con el río División-Savegre, extendiéndose hacia el sur hasta los alrededores de Boca Coronado en la desembocadura el río Grande de Térraba.

El CBPD tiene como fin restablecer una ruta de comunicación para la flora y fauna entre los bosques de la Península de Osa y la cuenca del Golfo Dulce, con los de la Reserva Forestal de los Santos en la Cordillera de Talamanca, así como proteger las cuencas hidrográficas, la zona costera y la calidad del paisaje de la región. El CBPD presenta un ámbito altitudinal desde 0 hasta los 1 100 msnm. La franja costera que incluye el CBPD, en general, muy alterada, está dominada por un paisaje agrícola y urbano, donde las

comunidades naturales más extensas son los manglares y unos pocos residuos de bosque ribereño.

A alturas bajas y medias, la vegetación está dominada por bosques secundarios, bosques primarios intervenidos, potreros y terrenos de cultivo. La mayoría de las llanuras costeras fueron alteradas eliminando parte de la vegetación de manglar con el fin de desarrollar arrozales. Los fragmentos de bosque primario o poco intervenido se encuentran en las partes más altas de las filas y hacia el sureste del Corredor, en los alrededores de las cabeceras de los ríos Hatillo Viejo, Hatillo Nuevo, Tortuga y Coronado, entre otros (ver mapa 15).

La Vertiente Pacífica, especialmente en altitudes bajas y medias, ha sido una de las áreas más temprana y fuertemente alteradas por la actividad humana en Costa Rica. Como consecuencia de ello, las principales áreas boscosas que aún permanecen en la región se encuentran muy fragmentadas y considerablemente aisladas. Apuntan los autores del informe que en la región central y sur de esta Vertiente, esta situación se evidencia con los Parques Nacionales Corcovado y Manuel Antonio; además, de la Reserva Forestal Los Santos y Las Zona Protectora Cerro Nara. La propuesta sobre el establecimiento de un Corredor Biológico que permita la unión de estas áreas silvestres tiene como fin asegurar la adecuada y efectiva conservación de las mismas.

Otro aspecto de especial interés lo constituye la ubicación geográfica de dicha propuesta, ya que cubre una amplia zona con numerosos relictos de bosque natural como lo es la Fila Costeña, región que se encuentra fuera del actual sistema nacional de áreas protegidas y que ha sido identificada como una de las regiones prioritarias para fomentar y ejecutar acciones de conservación privada.

Un rasgo importante es la escorrentía durante el invierno que afecta negativamente el estado del sistema, sobre todo por el aporte de sedimentos y de caudales elevados. A su vez, la fragilidad del ribereño afecta a la fauna que allí se refugia. Las recomendaciones se dirigen hacia la protección de las cabeceras y sus cuencas y hacia el manejo del ciclo hidrológico, evitando modificaciones que aumenten la escorrentía y la sedimentación. Esto se traduce en ampliar la franja de vegetación alrededor de los ríos por lo menos al mínimo que estipula la ley (50 m), lo cual favorecería también a la fauna que la utiliza y a los recursos costeros del Parque Marino Ballena.

El uso potencial del CBPD es distinto por parte de los diferentes grupos faunísticos. Así, por ejemplo, los anfibios utilizarían más el movimiento horizontal, mientras que los reptiles podrían hacer uso vertical y horizontal del mismo según señalan los autores del informe mencionado. La presencia de la matabuey o cascabela muda (*Lachesis melanocephala*) en Tinamastes, y los informes de su presencia en diferentes puntos del corredor, indican que en la zona aún hay bosques primarios poco intervenidos. Lo anterior se puede afirmar debido a que esta serpiente vive exclusivamente en este tipo de bosque.

En el caso de los mamíferos, el CBPD podría convertirse en la solución para mantener poblaciones viables de especies de bosques primarios. En este sentido el EER en cuestión, menciona al mono tití (*Saimiri oerstedii*), aunque en realidad esta especie no es tan dependiente del bosque primario. Además, menciona que el corredor permitiría

recuperar aquellas especies que ya no son comunes en la zona, como la danta (*Tapirus bairdii*) y el oso caballo (*Mirmecophaga tridactyla*), aspecto que, debido a la historia natural de estas dos especies, sería muy difícil de lograr. La gran cantidad de especies que viven dentro de la zona propuesta para el corredor catalogadas como en peligro de extinción o con poblaciones amenazadas, sumados a las especies endémicas de la región, acentúan la importancia de desarrollar el Corredor Biológico Paso de la Danta como un mecanismo de conservación de estas especies.

Parte importante de la estrategia del corredor sería la eliminación paulatina de la fragmentación del hábitat tratando de incrementar la conectividad entre los remanentes de bosque de la región y proteger los hábitats de las especies amenazadas.

El proyecto SIEPAC no es incompatible con estos objetivos si no que, al contrario, puede ayudar a fomentarlos. Para ello es necesario que el trazo siga rutas paralelas y contiguas a caminos o tendidos eléctricos ya existentes para no desfavorecer la conectividad.

El trazado del Proyecto SIEPAC atraviesa esta zona y constituiría un elemento más de interrupción a la posible conectividad del corredor. No obstante, hay que tomar en cuenta que toda esta zona cuenta ya con una infraestructura de desarrollo como caminos, carreteras y líneas de transmisión eléctrica entre otros. Si bien es cierto que la infraestructura existente no es la más adecuada ni fue construida con lineamientos de ordenamiento territorial es muy amplia y de alto impacto sobre la fauna silvestre y su hábitat. Esta fragmentación ya existente es prácticamente imposible de revertir. Es difícil pensar que obras adicionales cambien drásticamente esta situación.

Hacia el sur del CBPD, el lograr una conexión de los remanentes boscosos de las tierras bajas con los de Talamanca por medio de corredores tal y como lo ha propuesto MINAE (ver mapa 15), es prácticamente imposible. Se puede afirmar esto debido a los factores ya apuntados como el deterioro general del hábitat y la existencia de infraestructura en las áreas propuestas. Esto debido al hecho de que un corredor biológico es, por definición, un corredor de hábitat, o sea una franja de hábitat igual al de los parches que dicho corredor pretende conectar. De esta forma, las especies son capaces de comunicarse entre parches de hábitat. Este hábitat original de conexión ya no existe en esta parte particular de los últimos tramos del proyecto SIEPAC. Lo mismo se puede decir de otras iniciativas de corredores biológicos al norte del CBPD. La conexión más factible de hábitat natural existe en el área del Parque Nacional Carara y la reserva Fernando Castro Cervantes. Sin embargo, existe entre estas dos áreas caminos, tendidos eléctricos y algún grado de alteración de hábitat que dificultaría mucho tanto desde el punto de vista ecológico como económico la conexión real de hábitat entre las áreas en cuestión. No obstante, como ya se apuntó, es importante que el tendido de SIEPAC no altere más estos hábitat y que se construya lo más cercano y paralelo a las infraestructura ya existente.

Siguiendo hacia el norte está la posible conexión entre Tivives y áreas de hábitat natural, también solo propuestas, hacia el interior del país. Esta iniciativa la interrumpe la carretera costanera y un grado muy alto de alteración del hábitat ya que esta es una región de fuerte arraigo agrícola y ganadero. Siguiendo hacia el norte, la siguiente propuesta de corredor de hábitat, está entre los bosques y humedales del bajo Tempisque

y parches boscosos propuestos hacia la cordillera volcánica de Guanacaste. En toda esta región y siguiendo hacia el norte donde estarían los demás tramos del proyecto SIEPAC (Tramos CR-3, CR-2 y CR-1), estos pasan por áreas sin prácticamente cobertura boscosa original y paralelos a caminos y carreteras ya existentes. Es claro que los caminos existen de por sí en áreas alteradas, hábitats no naturales debido a diferentes usos de la tierra tales como residencias, agricultura y ganadería.

El área más factible y muy importante de conexión por medio de un corredor de hábitat es entre el parque nacional Rincón de la Vieja y la zona protectora Miravalles como ya se ha indicado. El área de paso entre estas dos áreas protegidas ya está interrumpido, sin embargo, y al igual que para el resto de propuestas de corredores, estos pueden ayudar a una eliminación paulatina de la fragmentación de hábitat y tratar de incrementar la conectividad entre los remanentes de bosque. En general y en áreas muy alteradas en particular, este es posible al menos parcialmente mediante la vegetación que obligatoriamente debe existir a los márgenes de los ríos. Se debe hacer cumplir la ley y así lograr verdaderas conexiones de hábitat para un alto número de especies. Si se planifica y se trabaja como se debe, estos pasos o corredores de hábitat ribereños tendrían continuidad incluso en los pasos de carretera por medio de fajas amplias de vegetación bajo y al lado de los puentes. Así debe trabajar el tendido de SIEPAC para no desfavorecer la conectividad del hábitat y ayudar a proteger así las cuencas hidrográficas y la calidad de paisaje en cada región.

B.1.6.4 Poblaciones existentes de aves y sus características

Muchas especies de aves son residentes en la zona de la ruta de paso de todos los tramos del proyecto de la línea SIEPAC (ver Anexo 5). De estas aves residentes (R), varias anidan en los árboles y varias en el suelo así como en vegetación baja. Al ser este un número elevado de especies, existen especies en reproducción en cualquier época de año. La remoción de vegetación y otros trabajos de construcción afectarán a individuos particulares de aves.

La gran mayoría de aves en el trayecto son de hábitats alterados y generalmente comunes, abundantes y de amplia distribución, por lo que la pérdida de los nidos no tendrá un efecto mayor en sus poblaciones. Sin embargo, al ser tan extenso el trayecto de la línea y en particular en algunos sectores como los tramos CR-3, CR-5, CR-6 y CR-10 podrían encontrarse nidos de especies amenazadas o en peligro de extinción o de protección especial, lo que implicaría manejar cada caso en particular en su momento. No se conoce, hasta el momento, ningún área de anidación colonial de aves que el proyecto pueda afectar directamente.

Como se señaló en otro apartado, pocas aves son endémicas de Costa Rica. En la parte norte la única ave endémica en la zona de estudio es el colibrí *Elvira cupreiceps*. De las demás aves endémicas de Costa Rica, una se encuentra en tierras altas, tres en la Isla del Coco, una en los manglares del pacífico y una en la Península de Osa. Estos sitios no estarán afectados directamente por el proyecto con la excepción del colibrí mencionado antes (*Elvira cupreiceps*). En la región del Corredor Biológico Paso de la Danta (Pacífico Central) se sabe que habita una especie de ave endémica para la zona (y Costa Rica),

Amazilia boucardi, habitante de la zona de manglar y por lo tanto no sería afectada por el proyecto.

Otras especies como *Trogon bairdii*, *Amazilia decora*, *Pteroglossus frantzii*, *Melanerpes chrysauchen*, *Thamnophilus bridgesi*, *Cotinga ridwayi*, *Carpodectes antoniae*, *Thryothorus semibadius*, *Habia atrimaxillaris* y *Euphonia imitans*, presentes en el CBPD son endémicas para el Pacífico de Costa Rica y Panamá. En el caso de la región de Coto Brus, donde habitan varias aves endémicas de Costa Rica y Panamá, se podrían ver afectadas aquellas aves cuyas distribuciones lleguen hasta o cerca de los últimos tramos del proyecto, específicamente los tramos CR-9 y especialmente el CR-10. No obstante, el grado de alteración del hábitat en esta región que existe en la actualidad hace prever que las aves que el proyecto podría afectar ya lo han sido por las actividades que ya se han llevado a cabo en el sitio.

Por otro lado, existen algunas zonas de movimientos estacionales o diarios de algunas especies de aves en el trazado del proyecto. De igual manera, es posible que existan algunas zonas de migración de movimientos estacionales o diarios adicionales. Esto es cierto especialmente en el tramo CR-3 entre los volcanes Rincón de la Vieja y Miravalles.

En cuanto a migración de aves, es preciso indicar que Costa Rica es un amplio corredor migratorio para varias especies debido a su condición de istmo. Existen varias especies de aves migratorias en la zona de influencia de proyecto (ver Anexo 7) y es claro que la barrera que producirá el tendido eléctrico en cuestión puede afectar algunas de ellas, como también algunas especies residentes. No obstante, en un alto porcentaje del trayecto, la ruta del tendido de SIEPAC es paralela a las posibles rutas de migración de varias especies. Es posible que este hecho sea una condición favorable para evitar colisiones de aves con los tendidos eléctricos.

El estudio de impacto ambiental del proyecto SIEPAC elaborado en 1997 menciona que los impactos de las aves en vuelo en las líneas de transmisión eléctrica se producen en situaciones raras y que el mayor riesgo se detecta en los momentos en que la visibilidad es menor: de noche, al alba, al anochecer, en días brumosos o de niebla, en que los cables puedan pasar inadvertidos para las aves en vuelo. Sin embargo, la literatura científica (ver literatura revisada en Tomo III) documenta que durante las migraciones de aves las colisiones no son una situación rara, al contrario, es muy común.

Existen decenas de documentos (ver sección de referencias en Tomo III) en que se describe el alto riesgo y el gran número de aves muertas por colisión con cables de tendido eléctrico. Lo más problemático es el caso “del hilo de guarda” el cual es de solo 10 a 20 mm de diámetro y es obligación tenerla para protección del tendido. Por otro lado, esa amplia literatura mencionada documenta la situación en países templados y desarrollados.

Desafortunadamente, prácticamente no existe información para los países tropicales (según la literatura revisada en Tomo III) aunque puedan existir informes técnicos de agencias de gobierno o documentos similares no disponibles en las publicaciones periódicas científicas. De igual manera, no existe información concreta sobre rutas específicas de migración en la zona del proyecto. Se pueden mencionar algunas áreas o

tramos en este caso, donde ocurren movimientos migratorios de aves y que se podría pensar que el proyecto puede afectar directamente. No obstante, al recorrer estos tramos se observa la existencia de una infraestructura similar como líneas de alta tensión que corren en el tramo CR-1 y las mismas atraviesan el Parque Nacional Guanacaste. Así que el tendido de SIEPAC no será un elemento completamente extraño, si no adicional, en estas rutas de migración.

Varios passeriformes, especialmente parúlidos, así como falconiformes son migratorios latitudinales en los tramos en cuestión. Adicionalmente es posible que se de algún tipo de migración altitudinal en esta región. Sin embargo, nada de esto está bien documentado y menos los posibles accidentes que sufren las aves. Los tramos CR-1, CR-2 y CR-3 están en una región que posiblemente es ruta de paso de varias especies migratorias (ver mapa 15). Algunos ejemplos son: halcón peregrino (*Falco peregrinus*), zarceta aliazul (*Anas discors*), vencejo de paso (*Chaetura pelagica*), gavilán de Swainson (*Buteo swainsoni*), tangara veranera (*Piranga rubra*), candelita norteña (*Setophaga rutinilla*), reinita hornera (*Seiurus aurocapillus*), martín purpurea (*Progne subis*), tirano norteño (*Tyrannus tyrannus*) y reinita amarilla (*Dendroica petechia*). No obstante, en esta región hay construcciones, como líneas eléctricas, que potencialmente pueden tener un impacto negativo en este elemento de la fauna pero no existe información de que esto ocurra.

La construcción del nuevo tendido, paralelo al actual, o siguiendo una orientación similar, al menos en el tramo CR-1, no debería tener un impacto fuerte sobre las aves migratorias de la región. De igual manera, la migración latitudinal no parece que sea afectada por estos factores. Hay que tomar en cuenta también que parece que existen aves con una mayor probabilidad de colisión como aquellas que tienen vuelo muy rápido como las palomas en algunos sitios o vuelan en grupos grandes como algunos pericos en zonas altas. Quizá las especies voladoras que se desplazan en la zona (migratorias o no) son de vuelo lento o de alguna otra condición de comportamiento que evita accidentes con las líneas eléctricas. Los movimientos migratorios de las aves en la región del tramo CR-3 pueden ser importantes pero no existe información formal o empírica al respecto.

Los impactos de las aves en vuelo en las líneas de transmisión eléctrica aumentan en los momentos en que la visibilidad es menor: de noche, al alba, al anochecer, en días brumosos o de niebla, en que los cables puedan pasar inadvertidos para las aves en vuelo según se señaló. Estas condiciones climáticas son muy comunes en el Caribe de Costa Rica, especialmente en las faldas y zonas montañosas. Se deben estudiar y aplicar las medidas preventivas y compensatorias posibles para evitar situaciones de alto riesgo para las aves. Lamentablemente, prácticamente no existe información en estos aspectos para los países tropicales. De igual manera, no existe información concreta sobre rutas específicas de migración en la zona del proyecto como ya se discutió. Se necesita trabajo de campo para cuantificar todos estos aspectos.

En el tramo CR-5 la especie más conspicua y de reconocidos movimientos en la región es la lapa roja (*Ara macao*). En sus desplazamientos, esta especie pasa por áreas donde también existen líneas de alta tensión y no se han reportado accidentes. Quizá el vuelo relativamente lento de estas aves les evita correr este riesgo. Continuado hacia el sur, hacia la costa, en los tramos CR-6 a CR-10 existen áreas boscosas de posible

importancia como refugios estacionales o diarios para especies de amplios movimientos (incluidos migratorios).

Así, es posible que algunas de estas especies se desplacen desde estas áreas hacia las montañas que están al norte o al este (Fila Costeña y Talamanca), por lo que la nueva línea quedaría en medio de esas rutas. Sin embargo, de hecho estas rutas ya tienen obstáculos. En muchos tramos, a lo largo de la carretera interamericana o de la carretera costanera, existen tendidos eléctricos que potencialmente estarían teniendo un efecto algo similar al que tendría el nuevo tendido.

Al hacer un análisis por cada uno de los tramos homogéneos, se encuentra que, aunque, tal y como se señaló antes, el tramo CR-1 es de muy escasa vegetación, la región es ruta de paso de varias especies migratorias. No obstante, en esta región hay construcciones, como líneas eléctricas, que potencialmente pueden tener un impacto negativo en este elemento de la fauna pero no existe información de que esto ocurra.

Aparentemente especies migratorias de la región como patos (Anseriformes, Anexo 7) no están sufriendo ningún impacto por las construcciones ya existentes. Es posible que las rutas de migración de los patos y especialmente zarcetas y palomas como la paloma ala blanca (ver Anexo 7), no sean exactamente por estos puntos. Ya se ha intentado documentar los impactos de los tendidos eléctricos de la región en las aves pero no se ha encontrado evidencia al respecto. Esto es cierto también para los otros tramos del tendido que están en la provincia de Guanacaste, provincia donde existen las especies mencionadas así como lugares que son destino temporal o final de éstas.

En el tramo CR-5 existen algunas áreas protegidas con bosques de gran importancia para las aves de la región, que se desplazan entre estas áreas y los pequeños parches boscosos existentes en la zona. Uno de los mejores ejemplos lo constituye la lapa roja (*Ara macao*), una especie emblemática en la región. Se debe determinar cual es la tasa de accidentes de lapas en las líneas de transmisión ya existentes. Sin embargo, parece que si existen lapas accidentadas en la región sería en muy bajo número. La nueva línea de transmisión posiblemente no representaría un obstáculo mayor para ésta y otras especies ya que las aves con una mayor probabilidad de colisión son aquellas que tienen vuelo muy rápido como las palomas o vuelan en grupos grandes como algunos pericos en zonas altas.

Siguiendo hacia el sur (Tramo CR-6), es posible que existan movimientos migratorios entre áreas como el Parque Nacional Manuel Antonio y la parte alta de la Fila Costeña. Sin embargo, no existe información en este aspecto para tener una mejor valoración del posible impacto de la línea en este sector.

Los cerros (como el Cerro Nara), más la Reserva Forestal Los Santos, son de gran importancia para la supervivencia de la fauna de la región. Sin embargo, la existencia actual de poblados, fincas y sobre todo de la carretera Interamericana, interrumpen cualquier conexión total entre los parches boscosos cercanos a la costa (por ejemplo el Parque Nacional Manuel Antonio) y las áreas hacia el interior del país.

De igual manera, en la región del tramo CR-8, existen rutas de migración o de movimientos estacionales o diarios de especies entre los humedales Terraba –Sierpe y la fila costera. No hemos encontrado documentación científica en este sentido para valorar su magnitud. Existen en el área variedad de construcciones, incluso postes y líneas de transmisión. Tampoco se encontró ningún tipo de información, anecdótica o científica de que las líneas de alta tensión actuales tengan un impacto relevante sobre las especies voladoras en el tramo CR-9. Quizá las especies voladoras que se desplazan en la zona (migratorias o no) son de vuelo lento o de alguna otra condición de comportamiento que evita accidentes con las líneas eléctricas. Los movimientos migratorios de las aves en la región del tramo CR-10 pueden ser importantes pero no existe información formal o empírica al respecto.

Aparentemente, las líneas eléctricas existentes en el trazo del tendido del proyecto SIEPAC no están causando accidentes de gran impacto a las aves migratorias o al menos no se ha generado la información requerida en este sentido. Es claro que se necesita trabajo de campo para cuantificar la situación real actual de rutas y aves muertas en las líneas de transmisión eléctrica ya existentes y en las que se construirán en el futuro.