



Tanto el mapa geológico de detalle como la sección geológico geofísica de este sitio se muestran en la Figura 1.15 y la Figura 1.16.

Esta sección está conformada por alteraciones de tobas de ceniza de color café amarillento, con algunos fragmentos líticos y matriz algo pumítica.

Estas rocas se encuentran muy alteradas con un espesor de alteración que supera los 6 m a lo largo de la sección.

Sobre la zona periférica del cauce en la margen derecha del río, se presenta una amplia terraza aluvial de granulometría muy gruesa en donde se observan bloques subredondeados de composición volcánica de hasta 2 m de diámetro máximo, englobados en una matriz areno limosa. Esta terraza forma parte del cauce de inundación estacional del río, y dentro de ésta, en particular hacia el contacto con la ladera de margen derecha se observó la existencia de un cauce lateral con evidencias de reciente inundación, es decir, vegetación volcada hacia aguas abajo y depósitos aluviales recientes.

Hacia la ladera de margen izquierda, se presentan alteraciones profundas de tobas de ceniza a materiales arcillosos de moderada a alta plasticidad.

Sobre el flanco Oeste de esta ladera de margen izquierda, es decir, hacia aguas abajo, se observó una cicatriz o corona de deslizamiento reciente la cual se localiza justo en el área destinada para el desplante del bastión Sur de este puente. Este deslizamiento ha motivado hacer la recomendación de retirar el bastión unos 30m hacia atrás, con el fin de que cualquier reactivación del deslizamiento no vaya a comprometer la integridad estructural del puente.

#### 1.8.1. PERFIL GEOFÍSICO DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN

En la sección geofísica de la Figura 1.16, se muestran las características geológicas y geofísicas de esta sección.

Como se evidencia, las coberturas de alteración de la margen izquierda, muestran velocidad de onda compresiva  $V_p = 500$  m/s con un espesor máximo de cerca de 10 m. Bajo estas coberturas, las tobas de ceniza muestran velocidad de  $V_p = 1400$  m/s, lo cual se correlaciona con materiales de moderadamente alterados a sanos de buena condición física general.

Hacia la ladera de margen derecha, las alteraciones superficiales muestran velocidad de onda compresiva de  $V_p = 500$  m/s con espesor máximo de cerca de 7 m, con un segundo refractor de velocidad  $V_p = 3000$  m/s correlacionado con tobas poco alteradas de buena condición física.

#### 1.8.2. PARÁMETROS DINÁMICOS



Con base en los datos obtenidos de la prospección sísmica, se presentan en el Cuadro 1.28, los valores obtenidos de módulos dinámicos de los materiales que conforman el primer horizonte sísmico a lo largo de la sección.

**Cuadro 1.28. Parámetros elásticos dinámicos.**

Material	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densidad (kn/m <sup>3</sup> )	Módulo de young (gpa)	M. Cortante (gpa)	C. Poisson (adimensional)
Toba lítica Alteradas. Prof: 0 a 10m	450	140	15	0,32	0,11	0,44

Fuente: Alpizar, 2003

### 1.8.3. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA:

Las curvas de campo a lo largo de esta sección muestran un corte geoelectrico con resistividades decrecientes en profundidad.

Hacia la ladera de la margen izquierda, las capas superficiales muestran valores de resistividad del orden de los 300 Ohm/m, espesor máximo de 7 m, con una segunda capa con valores menores que 100 Ohm/m. Estos valores son concordantes con el alto grado de alteración de las unidades de tobas de ceniza presentes a lo largo de la sección.

Sobre la ladera de margen derecha, se presentan condiciones similares, es decir, una capa superficial cuyo espesor no supera los 9 m, con valores de resistividad eléctrica del orden de 250 a 300 Ohm/m, con una segunda capa cuya resistividad general es menor que 100 Ohm/m.

### 1.8.4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SITIO

Con base en los resultados obtenidos de la geofísica, de las perforaciones y de los ensayos de laboratorio, se ha determinado que, desde el punto de vista geológico - geotécnico, las características son bastante homogéneas en todo el perfil. Existe una capa de limo arcilloarenoso subyacente por una toba menos meteorizada y con características de resistencia más competentes. El limo arcilloso es producto de la alteración de la toba. Adicionalmente, hacia las cercanías del cauce del río se detecta una terraza aluvial con bloques duros de lava de gran tamaño. A continuación se describen las capas con mayor detalle:

#### Capa 1: Aluviones

El material aluvial únicamente se detecta en la perforación P-2. Está formado por bloques de lava, duros y de granulometría bastante heterogénea, pudiendo ser hasta de 2 m de diámetro. Los bloques aluviales se encuentran embebidos





en una matriz arcillo arenosa color café y gris que se lava al perforar. Esta capa posee un espesor promedio entre 2 y 3 m, y se detecta hasta una profundidad de 3.0 m. Desde el punto de vista mecánico, esta capa no posee características adecuadas para la cimentación de la estructura.

### Capa 2: Limo arcilloso – arenoso

Como se indicó en el Capítulo de Geología, en el sitio del puente sobre el río Seco, se detecta un suelo producto de la alteración de la toba de la zona. Este material consiste en un limo arcilloso con porcentajes importantes de partículas tamaño arena fina. La cantidad de partículas gruesas (arena) aumenta a medida que el estrato se aproxima a la transición hacia la toba y es posible que en algunos tramos se detecten bloques pequeños y duros. En general, el suelo posee un color café con vetas beige, amarillentas, blancas y café oscuro. La humedad y plasticidad del material son de moderadas a altas. La densidad seca de este suelo es de apenas 0.8 ton/m<sup>3</sup>.

En el área donde se ubicarán los bastiones, es decir, alejándose del cauce del río, el espesor de la capa de suelo es bastante mayor y puede llegar hasta los 20 m de profundidad, tal y como se comprobó en la perforación P-4. En estos sectores la toba sana se encuentra a mayores profundidades, aspecto que resulta lógico pues son áreas menos expuestas al efecto erosivo del río.

La consistencia del limo arcilloso se puede considerar de media a compacta, con valores NSPT que varían entre 10 y 15; sin embargo, existen tramos bastante suaves donde se registran números de golpes inferiores a 8.

Por lo general este suelo clasifica como un limo arcilloso de mediana compresibilidad (MH, según el SUCS) o como una arena limosa (SM).

Cuadro 1.29. Características promedio de la capa 2.

Característica	Promedio	Desviación Estándar	Máximo	Mínimo
% Pas 200	87	10	98	71
Contenido de humedad (%)	68	15	97	52
Límite Líquido (%)	72	17	108	50
Límite Plástico (%)	53	8	66	44
Índice de Plasticidad (%)	19	10	42	6

Fuente: Alpízar, 2003

Con base en los resultados indicados en la Tabla anterior, se determina que el tipo de material encontrado en la matriz clasifica como una arena limosa y/o un limo arenoso. La diferencia radica únicamente en el mayor o menor contenido de partículas de arena.

### Capa 3: Toba



Como se mencionó anteriormente, bajo la capa de limo arcilloso se detecta una toba de color café o beige que posee características mecánicas aceptables. Esta toba es bastante liviana, principalmente por el contenido de pómez, y se puede clasificar como una roca blanda. En algunos tramos de la perforación se observan incrustaciones de bloques de lava color gris. En promedio, la toba se detecta a partir de los 10 m de profundidad, aunque podría encontrarse a mayor profundidad tal y como sucede en las perforaciones de los bastiones P-1 y P-4.

Las características físico mecánicas promedio de este tipo de material se indican a continuación.

Resistencia a la compresión (alterada):	< 30 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión (sana):	50 - 80 kg/cm <sup>2</sup>
Densidad:	1.5 ton/m <sup>3</sup>
Velocidad de onda sísmica:	1 - 3 km/s

El nivel freático, como es de esperar, se detecta a mayores profundidades en las perforaciones realizadas cerca de los bastiones, y se acercan a la superficie a medida que se aproxima al cauce del río.

#### 1.8.5. DESLIZAMIENTO DE MARGEN IZQUIERDA

Tal y como se indica en la Figura 1.16, donde se muestra la sección geológica del sitio, existe un deslizamiento en la margen izquierda del río. Este deslizamiento está localizado bastante cerca del sitio donde se tiene previsto ubicar uno de los bastiones del puente; factor que podría afectar la seguridad de la estructura.

La recomendación para evitar posibles dificultades es extender el puente aproximadamente 20 m, de manera tal que se evite cimentar el bastión de la margen izquierda en el área de influencia del deslizamiento.

Otra posibilidad para resolver lo anterior, sin que se requiera alargar el puente, es que se haga un tratamiento al área en donde se ubica el deslizamiento, que consistiría en excavar los materiales sueltos que se han movilizado, luego se colocan pernos pasivos en un espaciamiento de 2x2 m, de una longitud de 15 m, los cuales se inyectan con lechada de agua cemento y finalmente, se coloca una capa de concreto lanzado de 12,5 cm de espesor con una malla electrosoldada que permita una capa más homogénea y anclada a los pernos.

#### 1.8.6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RÍO SECO

Las investigaciones geológicas y geofísicas realizadas en esta sección permiten concluir que la sección geológica del río Seco, está conformada por depósitos de tobas de ceniza algo pumíticas, con un importante depósito de terraza aluvial sobre la margen derecha del río.





Las unidades de toba en ambos márgenes muestran una capa superficial de alteración de espesor variable, con velocidad de onda compresiva de entre  $V_p = 400 - 500$  m/s y resistividad eléctrica  $R = 250 - 300$  Ohm/m. Bajo las coberturas de alteración, las tobas muestran velocidad de onda compresiva de  $V_p = 1300 - 3000$  m/s, con resistividad eléctrica menor que 100 Ohm/m.

Esta sección muestra en general buenas condiciones para el desarrollo de las obras del Proyecto; sin embargo, tal como se indicó anteriormente, sobre el costado Oeste de la sección de la margen izquierda, se presenta una zona de deslizamiento de unos 30 m de longitud a lo largo de la corona, con una altura del orden de los 10 m desde la cresta hasta los depósitos a la base del deslizamiento.

Esta zona de deslizamiento puede eventualmente afectar la estabilidad del sitio propuesto para el emplazamiento del bastión de la margen izquierda del puente, y se ha recomendado analizar las alternativas que permitan mejorar las condiciones actuales y/o modificar el trazado del puente para evitar la condición descrita.

### 1.9. PUENTE SOBRE EL RÍO LA VIEJA

Las visitas al río La Vieja fueron realizadas durante los días 8, 16 y 24 de enero del 2002, durante las cuales se coordinaron los trabajos y se observaron los materiales obtenidos de las perforaciones. La construcción de los caminos de acceso y la ejecución de las perforaciones se realizaron entre el 18 y el 25 de enero.

A lo largo del trazado del puente sobre este río, se realizaron un total de tres perforaciones, que se ubicaron en las cercanías de los puntos donde se tiene proyectado colocar la subestructura (pilas y bastiones). Como se indicó anteriormente la ejecución de perforaciones fueron el método de penetración estándar SPT (ASTM 0-1586) y el de rotación con broca de diamante.

Es importante destacar que se decidió no perforar en la margen izquierda del río La Vieja, dado que el acceso es sumamente complicado y requería la destrucción de gran cantidad de bosque. Además, durante las visitas realizadas al sitio, se comprobó la existencia de una lava que posee características de resistencia bastante favorables. Esta observación de campo se comprobó, como se discutirá posteriormente, con la realización de los perfiles geofísicos y del levantamiento geológico.

En el Cuadro 1.30 se presenta la ubicación exacta de las perforaciones, la fecha en que se inició cada una, su profundidad y el método utilizado.

Cuadro 1.30. Perforaciones realizadas en el río La Vieja.

Perforación N°	Fechas de Inicio	Método Utilizado	Profundidad (m)	Estación	Coordenadas		
					X	Y	Z
P-1	23-Ene-	Rotación	15,0	31+423,9	48648	25162	705,6





	02			1	6	6	9
P-2	24-Ene-02	SPT y Rotación	15,0	31+472,1 1	48649 7	25167 3	710,1 7
P-3	18-Ene-02	SPT y Rotación	20,0	31+512,1 3	48650 7	25171 1	727,9 0

Fuente: Alpizar, 2003

El área de la sección donde se ubica el sitio del puente sobre el río La Vieja muestra heterogeneidad geológica en la conformación de ambas márgenes.

Como se muestra en la Figura 1.17 y la Figura 1.18, la zona de la margen izquierda está conformada por una gruesa colada de lavas de composición andesítica, la cual muestra tres unidades a saber:

**Unidad de brechas basales:** capa de a aproximadamente 5 m de espesor de brechas de arrastre ubicadas en la base de la colada.

**Unidad de lavas prismáticas:** capa de lavas con estructura prismática originada por diaclasamiento primario al momento del emplazamiento de la colada. Esta unidad tiene un espesor que varía entre 10 y 15 m.

**Unidad de brechas superiores:** Capa superior de brechas originada por el enfriamiento rápido de la parte superior de la colada. Estos materiales muestran alteración moderada y su espesor máximo es de 5 m.

La colada de lavas se emplazó sobre unidades de depósitos laháricos y tal como se observa en la zona del cauce del río La Vieja, en el borde de la margen izquierda, existe un delgado horizonte de suelos calcinados a lo largo del contacto entre ambas unidades.

Hacia la zona de la margen derecha del río, se presentan unidades de depósitos laháricos muy alterados, en los que la mayoría de los bloques contenidos en el depósito muestran alteración profunda, y en algunos casos se confunden con los materiales arcillosos de la matriz.

Los materiales laháricos hacia la zona cercana al cauce en la margen derecha, están cubiertos por gruesas terrazas aluviales en donde se observan bloques de composición volcánica redondeados a subredondeados, de granulometría heterogénea, con tamaños máximos de hasta 2 m, englobados en una matriz arcillo arenosa poco consolidada.

El trazado del cauce actual del río La Vieja en este sitio está controlado por la presencia de la colada de lavas ubicada en su margen izquierda, y se observó que aproximadamente a unos 30 m aguas arriba del eje del puente, el cauce cambia de curso de Este - Oeste hacia Sur - Norte, a lo largo del borde Este de la colada.





### 1.9.1. PERFIL GEOFÍSICO DE SÍSMICA DE REFRACCIÓN

Los perfiles sísmicos efectuados en esta sección, indican que las velocidades de onda compresiva de los depósitos laháricos de margen derecha, muestran variaciones entre  $V_p = 450$  m/s para las alteraciones superficiales cuyo espesor no supera los 10 m a lo largo de la sección, y  $V_p = 3.400$  m/s para los depósitos laháricos subyacentes.

La velocidad de onda compresiva de los depósitos de terrazas aluviales en esta margen, es de  $V_p = 620$  m/s.

Hacia la margen izquierda, y debido a la presencia de una capa de menor velocidad sísmica (lahares) bajo las coladas de lavas, únicamente se pudo determinar la velocidad de onda compresiva de la totalidad de la colada descrita anteriormente. Estos materiales muestran velocidad de onda  $V_p$  mayores que 4000 m/s y en general se trata de un macizo rocoso de buena a muy buena condición física. Las discontinuidades de la parte central de la colada, es decir, las estructuras prismáticas, tienen espaciamentos con distancias del orden de 1 m, verticales, y en general estas discontinuidades no parecen alterar la propagación de las ondas sísmicas a través de la colada.

### 1.9.2. PARÁMETROS DINÁMICOS

Con base en los datos obtenidos de la prospección sísmica, se presentan en el Cuadro 1.31, los valores obtenidos de módulos dinámicos de los materiales que conforman el primer horizonte sísmico a lo largo de la sección.

Cuadro 1.31. Parámetros elásticos dinámicos.

Material	$V_p$ (m/s)	$V_s$ (m/s)	Densidad ( $kn/m^3$ )	Módulo de young (gpa)	M. Cortante (gpa)	C. Poisson (adimensional)
Lahares alterados 0 a 10 m	450	230	16	1,59	0,43	0,32
Lavas	4700	1200	20	$30,81 \times 10^{-3}$	$20,8 \times 10^{-3}$	0,465

Fuente: Alpízar, 2003

### 1.9.3. PERFIL GEOFÍSICO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA

A lo largo de la sección de margen derecha del río La Vieja, los materiales investigados muestran valores de resistividad eléctrica relativamente bajos, lo cual se ha interpretado como efecto de la profunda alteración arcillosa de los lahares en esta sección.

Los valores de resistividad de las coberturas superiores son del orden entre 30 y 60 Ohm/m con espesores que no superan los 5 m, mientras que hacia



profundidades mayores que 5 m, se midieron resistividades usualmente menores que 20 Ohm/m.

Las unidades de depósitos laháricos presentes en la zona de margen derecha del río en esta sección, se correlacionan con los lahares que conforman el sitio de puente sobre el río Ron Ron, el cual se localiza a unos 2 kilómetros al Norte de la sección del río La Vieja. Los valores muy bajos de resistividad eléctrica en esta sección posiblemente se relacionan con el profundo grado de alteración que se observa en estos depósitos, los cuales se presentan en superficie sumamente arcillificados.

#### 1.9.4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SITIO

Con base en los resultados obtenidos de la geofísica, de las perforaciones y de los ensayos de laboratorio, se ha determinado que, desde el punto de vista geológico - geotécnico, las características de las márgenes izquierda y derecha son bastante distintas, por lo que es conveniente analizarlas por separado.

#### 1.9.5. MARGEN IZQUIERDA DEL RÍO LA VIEJA

Como se indicó en el Capítulo de Geología, la margen izquierda está compuesta por una colada de lava que, en su parte superior, está algo meteorizada. A mayor profundidad, la alteración de esta lava es menor y por consiguiente la lava se encuentra más sana. Aunque no se realizó ninguna perforación de este lado del río, las características de resistencia del material encontrado son bastante buenas y muy favorables para la cimentación de la estructura proyectada. Prueba de ello es que la topografía de esta margen es bastante escarpada, lo que indica que el material no se ha visto afectado por los efectos erosivos del río La Vieja.

Las características físico mecánicas promedio de este tipo de material se indican a continuación.

Resistencia a la compresión (alterada):	125 kg/cm <sup>2</sup>
Resistencia a la compresión (sana):	650 kg/cm <sup>2</sup>
Densidad:	2 ton/m <sup>3</sup>
Velocidad de onda sísmica:	4 km/s

#### 1.9.6. MARGEN DERECHA DEL RÍO LA VIEJA

Como se mencionó anteriormente, la margen derecha del río La Vieja está compuesta por depósitos laháricos que consisten de bloques duros embebidos en una matriz arcillosa, la que se encarga de regir el comportamiento mecánico del sitio. Los bloques de estos depósitos poseen una granulometría heterogénea y se encuentran bastante meteorizados.





En las perforaciones P-1 y P-2, que se localizan en puntos más próximos al cauce del río, se detecta una terraza aluvial compuesta por materiales volcánicos, de graduación heterogénea y cuyas partículas son redondeadas o subredondeadas. Las partículas aluviales se encuentran englobadas en una matriz arenosa, que se lava al perforar. Esta terraza posee un espesor que varía entre 4 y 5 m y sus características físico - mecánicas no son apropiadas para la cimentación de la estructura proyectada. Los materiales aluviales no aparecen en la perforación P3; situación que es de esperar por la diferencia de nivel y la distancia que existe entre la ubicación de este sondeo y el río.

En la perforación P-3 hasta una profundidad de 2,0 m se detecta el suelo vegetal, que está compuesto por un limo arenoso color café grisáceo, con pintas beige y amarillentas. La consistencia de este estrato es de blanda a suave, con valores NSPT que varían entre 3 y 9.

Bajo el suelo vegetal y hasta una profundidad de 16,5 m (en la perforación P-3), aparece un arena limosa y/o un limo - arenoso - que compone la matriz del depósito lahárico descrito en el apartado de geología. La humedad de esta matriz es bastante homogénea en todo el perfil, salvo en aquellos tramos donde se detecta una mayor cantidad de partículas gruesas, donde puede llegar a bajar. La plasticidad del material se considera de media a baja y con frecuencia se detectan pequeños bloques de material. Esto resulta bastante normal debido a los orígenes y características de los depósitos laháricos.

La consistencia del material detectado en la perforación P-3 se considera de media a compacta hasta los 10 m de profundidad, con un valor NSPT promedio de 15 y que varía entre 7 y 28. Es probable que en los tramos donde el conteo de golpes es mayor (NSPT > 20) haya existido algún pequeño bloque de mayor consistencia, y por consiguiente, el incremento en el número de golpes.

Después de los 10 m de profundidad y hasta los 16,5 m la consistencia del material mejora y se considera de dura a muy dura. El valor NSPT promedio para este tramo es de 30, con un rango de variación entre 20 y 44.

Por lo general el material detectado hasta los 16.5 m de la perforación P-3 clasifica como un limo arcilloso de mediana compresibilidad (MH, según el SUCS) o como una arena limosa (SM).

Se determina que el tipo de material encontrado en la matriz clasifica como una arena limosa y/o un limo arenoso. La diferencia radica únicamente en el mayor o menor contenido de partículas de arena, ya que la plasticidad del material es prácticamente la misma.

Bajo la terraza aluvial detectada en las perforaciones P-1 y P-2 y bajo la matriz limo arenosa de la P-3, se detectan bloques duros y semiduros, que en algunos tramos presentan bastante alteración. Por lo general, los bloques detectados son de lava, color gris y bastante duros, pero también existen otros materiales más alterados y de una menor resistencia. Como se ha mencionado en reiteradas ocasiones, los bloques se encuentran embebidos en una matriz arcillo arenosa que, por lo general, se lava al perforar.





### 1.9.7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES RÍO LA VIEJA

Con base en los trabajos geológicos y geofísicos efectuados en la sección propuesta para el puente sobre el río La Vieja, se concluye que la sección geológica en el sitio propuesto para el puente sobre el río La Vieja, está conformada por materiales volcánicos emplazados sobre gruesos depósitos de lahares alterados.

En la margen izquierda del río se presenta una colada de lavas andesíticas con un espesor mayor a 25 m, cuyos parámetros geofísicos son: Velocidad de onda compresiva  $V_p = 4000$  m/s y resistividad eléctrica = 2 Ohm-m. Estas rocas muestran una condición de macizo de buena a muy buena. Las discontinuidades presentes en esta roca son diaclasas de enfriamiento de forma prismática con espaciamiento del orden de 1 m y aberturas milimétricas, que no influyen en el comportamiento monolítico del macizo.

Las laderas de la margen derecha muestran depósitos laháricos alterados con una cobertura de dos niveles de terrazas aluviales en la zona cercana al cauce, cuya velocidad de onda compresiva es de  $V_p = 620$  m/s.

Los parámetros geofísicos de las unidades de lahares son: Velocidad de onda compresiva  $V_p = 450$  m/s para la zona alterada superficial y  $V_p = 3000-3400$  m/s para las capas inferiores, y resistividad eléctrica  $R = 30-60$  Ohm/m para las alteraciones superficiales y  $R \leq 20$  Ohm-m para las capas inferiores.

Las terrazas aluviales de la margen derecha son de granulometría muy gruesa emplazadas sobre materiales laháricos muy alterados.

Se observó en algunas excavaciones que se han efectuado para las líneas de canal del proyecto hidroeléctrico Chocosuela, que la mayor parte de los taludes laterales de estos canales, en condiciones de pendientes mayores a  $60^\circ$  y altura de talud mayor que 6 m, se encuentran fallados en forma de deslizamientos tipo cuchara, de manera similar a la que podría presentarse en las excavaciones necesarias para el bastión de margen derecha y los cortes de aproximación al puente en cuestión.

Hacia la margen izquierda, las condiciones geológicas son adecuadas para la cimentación del puente, ya que ésta se encuentra conformada por una colada de lavas poco alteradas con una condición física general del macizo rocoso de buena a muy buena.

Sobre estas laderas de margen izquierda, se prevé la utilización de voladuras para la conformación del sitio para el bastión del puente, ya que estas rocas no son rípiables por medios mecánicos.

### 1.10. PUENTE SOBRE EL RÍO RON RON





Se realizaron visitas al sitio entre los días 8 y 16 de enero de 2002 por parte de profesionales designados por las empresas encargadas. Durante este tiempo se coordinaron los trabajos geotécnicos y de perforación.

**Cuadro 1.32. Perforaciones realizadas en el río Barranca.**

Perforación N°	Fechas de Inicio	Método Utilizado	Profundidad (m)	Estación	Coordenadas		
					X	Y	Z
P-1	12-Ene-02	SPT	12,5	34+073,47	485991	253804	690,14
P-2	16-Ene-02	SPT	6,0	34+116,35	485987	253847	678,25
P-3	09-Ene-02	SPT y Rotación	20,0	34+166,90	485976	253899	679,35
P-4	10-Ene-02	SPT	1,0	34+196,10	485994	253926	667,37
P-5	15-Ene-02	SPT y Rotación	20,0	34+264,75	486016	253991	650,27
P-6	13-Ene-02	SPT y Rotación	20,0	34+311,30	486035	254034	669,34

Fuente: Alpizar, 2003

#### 1.10.1. GEOLOGÍA DE LA ZONA

La sección geológica y el mapa de detalle de este sitio se muestran en la Figura 1.19 y la Figura 1.20. En esta sección se puede observar que el área en donde se ubica el sitio del puente sobre el río Ron Ron, está conformada por gruesos depósitos de avalanchas de tipo lahárico.

Estos materiales se presentan como acumulaciones de bloques de composición volcánica, de granulometría heterogénea, con tamaños máximos de dimensiones métricas, englobados caóticamente en una matriz arcillo limosa, con cierto grado de consolidación.

El espesor de estos materiales en esta sección supera los 30 m, y hacia los niveles superiores. Se presenta una zona de alteración profunda que incluye modificaciones de los bloques originales. Esta zona de alteración tiene un espesor variable entre 5 y 14 m a lo largo de la sección, y en algunos sitios se observaron delgadas coberturas de cenizas alteradas de poco espesor.

Hacia la zona periférica del cauce del río se observaron delgados depósitos de aluviones en forma de terrazas, con un espesor que no supera los 5 m, particularmente en la margen derecha. Sobre la margen izquierda, y a unos 20 m aguas arriba de la sección, se presenta una terraza aluvial similar a la que se identificó en la margen derecha. En esta terraza, se presenta una zona pantanosa, posiblemente asociada con percolación subsuperficial de aguas a través de las alteraciones superficiales de los materiales laháricos, cuya baja permeabilidad inhibe la infiltración de las aguas pluviales hacia niveles más profundos.

No se observaron a lo largo de esta sección estructuras geológicas de origen tectónico, es decir, fallas y/o fracturas debidas a esfuerzos de origen tectónico, y más bien, los materiales laháricos presentan una estructura de tipo masiva.





medidas a lo largo de esta sección, han sido incorporados a la información que se muestra en el mapa y perfil de la Figura 1.20. Se indica que las profundidades obtenidas de la campaña de resistividad eléctrica correlacionan con las profundidades obtenidas por métodos sísmicos con una precisión de entre 15 y 20 %, es decir, los valores de profundidades geoelectricas son en general un 20 % mayores que las profundidades obtenidas por método sísmico.

En superficie, se detectó una capa cuyas resistividades oscilan entre 160 y 350 Ohm-m, correlacionada con las alteraciones arcillosas superficiales.

Bajo las coberturas superficiales, los valores de resistividad disminuyen hasta valores del orden de los 50 Ohm-m, lo cual ha sido interpretado con base en las observaciones de campo, con un mayor grado de saturación de estos materiales, ya que al disminuir la alteración de la matriz de los depósitos de avalancha en profundidad, también aumenta su permeabilidad y como consecuencia, aumenta la cantidad de agua en los poros de la matriz.

Cabe señalar que los trabajos de campo se efectuaron luego de una semana de muy intensas precipitaciones, de manera que estos terrenos se encontraban parcialmente saturados.

#### 1.10.5. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DEL SITIO

Con base en los resultados de los perfiles geológicos elaborados y en la información obtenida de las perforaciones y ensayos de laboratorio realizados por INSUMA, se determinó que, hasta la profundidad investigada, el perfil geotécnico está compuesto por una única capa. Ésta consiste en una matriz de suelo compuesta por un limo arcilloso con presencia de bloques volcánicos de distintos tamaños y que, como se mencionó en el apartado de Geología, puede llegar a tener una profundidad de hasta 30 m.

El limo arcilloso que compone la matriz clasifica, según la carta de plasticidad del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como un limo de mediana a alta compresibilidad (MH). El contenido de humedad del material es bastante elevado; característica que coincide con las condiciones climáticas de la zona.

Además, este tipo de suelo posee una plasticidad media y bastante homogénea a lo largo de la profundidad investigada, tal y como se indica en la Figura 1.21 que corresponde a la Carta de Plasticidad.





Anexo 6.2





Teléfono: 272 - 3159

Fax: 272 - 3159



Apdo: 133-211

**REPORTE DE ANALISIS QUIMICO.**  
**Informe N° 24 062003**

Tipo de muestra. Agua Siel Siel Barranca  
 Interesado Siel Siel  
 Encargado de muestreo. Interesado  
 Fecha de recibo de muestra . 16/06/2003  
 Fecha de reporte de análisis . 24//06/2003

Parámetro analizado	VALOR REPORTDO
pH	6.30 ± 0.05
Solidos Sedimentables ml/L/ hora	Menos de 0.1
Sólidos suspendidos totales, mg/L	246 ± 28
Aceites y grasas, mg/L	Menos de .5
Demanda química de oxígeno, DQO mg/L	24 ± 1
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO <sub>5</sub> mg/L	1.8 ± 0.1

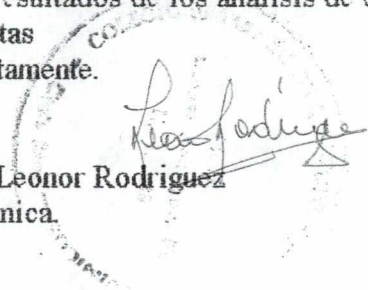
**METODOLOGIA DE ANALISIS.** Standard Methods for the examination of Water and Waste Water. 20 th.Ed,1998. Parámetros: 4500 - H, 2540 - D, 2540 - F, 5520 - B, 5210 - B, 2550 - B, 5220 - B

Este informe no podrá ser reproducido en forma parcial o total sin la aprobación escrita de AQYLA S.A

Los resultados de los análisis de este informe , solamente se refieren a las muestras aquí escritas

Atentamente.

Lic. Leonor Rodriguez  
 Química.







Teléfono: 272 - 3159  
 Fax: 272 - 3159  
 Curridabat  
 Apdo: 133-2110

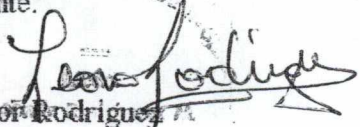
**REPORTE DE ANALISIS QUIMICO.**  
**Informe N° 18062003**

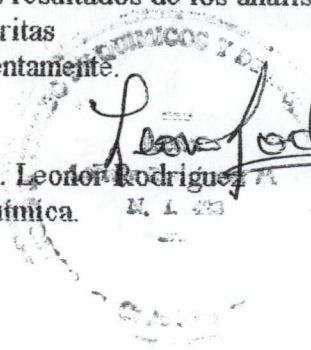
Tipo de muestra. Agua  
 Interesado Siel Siel  
 Encargado de muestreo. Interesado.  
 Fecha de recibo de muestra , 11/06/2003  
 Fecha de reporte de análisis . 18/06/2003

Parámetro analizado	M.1	M.2
pH	7,68±0.05	7.69±0.05
Sólidos suspendidos totales, mg/L	34±3	29±2
Hidrocarburos mg/L	Menos de 5	Menos de 5
Aceites y grasas, mg/L	9,0±0.5	Menos de 5
Demanda química de oxígeno, DQO mg/L	9.0±0.5	9,0±0.5
Demanda bioquímica de oxígeno, DBO <sub>5</sub> mg/L	1.2±0.3	1.4±0.2

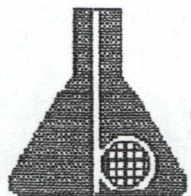
**METODOLOGIA DE ANALISIS.** Standard Methods for the examination of Water and Waste Water. 20 th.Ed.1998. Parámetros: 4500 - H, 2540 - D, 2540 - F, 5520 - B, 5210 - B, 2550 - B, 5220 - B

Este informe no podrá ser reproducido en forma parcial o total sin la aprobación escrita de AQYLA S.A  
 Los resultados de los análisis de este informe , solamente se refieren a las muestras aqui escritas  
 Atentamente.

  
 Lic. Leonor Rodríguez  
 Química. M. I. 223







LABORATORIO  
**BIOTROL**

TEL: 240-4712  
FAX: 297-1206

Fecha: 18 de junio del 2003

INFORME N. 2492

Señores  
Siel Siel

## RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Fecha de muestreo: 11-06-03

Fecha de análisis: 11-06-03

Muestra	Número más probable de coliformes / 100 ml		Ref.
	totales	fecales	
Agua, # 1	$2,3 \times 10^4$	$2,1 \times 10^3$	2492
Agua, # 2	$2,3 \times 10^4$	$4,3 \times 10^3$	2493

Muestras de agua transportadas al laboratorio por un representante de AQYLA S.A.

Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 Th. Ed., 1998.

Dra. Arline Ulate P.  
M.Q.C -663-



LABORATORIO  
**BIOTROL**

TEL: 240-4712  
FAX: 297-1206



Fecha: 20 de junio del 2003

INFORME N. 2593

Señores  
Siel Siel

## RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Muestra: Agua.

Fecha de muestreo: 16-06-03

Fecha de análisis: 17-06-03

Sitio de muestreo: Barranca.

Análisis microbiológico	Resultado
Número más probable de coliformes totales	$2,0 \times 10^4$ / 100 ml
Número más probable de coliformes fecales	$9,3 \times 10^2$ / 100 ml

Muestras de agua transportadas al laboratorio por un representante de AQYLA S.A.

Metodología utilizada: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 20 Th. Ed., 1998.

  
Dra. Arline Ulate P.  
M.Q.C -663-

LABORATORIO DE MICROBIOLOGIA Y CONTROL DE CALIDAD INDUSTRIAL BIOTROL, S.A.

TIBAS, DEL PERIODICO LA NACIÓN 50 M ESTE Y 200 NORTE, TELS 240-4712 6 297-2900, TELFAX 297-1206.  
APARTADO POSTAL. 1280-1100. E-mail prelab@sol.racsa.co.cr





Anexo 6.3



	POZO	CANTON	X	Y	LUGAR	N.EST.	altitud	N. de agua	USO3
	AZ1	SAN CARLOS	488,800	258,600	SAN ROQUE	13.41	525	511.59	DOMESTICO
	AZ14	SAN CARLOS	492,450	259,300	SAN JUAN	8.00	600	592.00	DOMESTICO
	AZ21	SAN CARLOS	495,000	261,750	LA MARINA	10.00	455	445.00	DOMESTICO
	AZ5	SAN CARLOS	488,900	258,300		10.15	590	579.85	DOMESTICO
	M110	SAN RAMON	481,500	227,900	SANTIAGO	0.40	1150	1149.60	SIN DATO
	M136	SAN RAMON	481,650	227,050	MAGALLANES	12.00	1155	1143.00	RIEGO
	M19	SAN RAMON	481,500	227,900	PULP. RICARDO R.	4.00	1150	1146.00	SIN DATO
	NA100	PALMARES	488,800	226,450	FRENTE IGLESIA	8.80	1000	991.20	SIN DATO
	NA101	PALMARES	487,700	226,200	CENTRO PALMARES	11.08	1050	1038.92	SIN DATO
	NA102	PALMARES	488,250	226,800	CALLE BRUJOS	6.20	1010	1003.80	SIN DATO
	NA103	PALMARES	488,250	226,700	PALMARES CENTRO	6.10	1005	998.90	SIN DATO
	NA104	PALMARES	487,900	226,900	PALMARES CENTRO	9.33	1012	1002.67	SIN DATO
	NA105	PALMARES	488,350	226,950	PALMARES CENTRO	2.79	1010	1007.21	SIN DATO
	NA106	PALMARES	488,750	228,200	SAN VICENTE	3.53	1008	1004.47	AGROINDUSTRIAL
	NA107	PALMARES	489,650	226,200	SAN VICENTE	4.15	1005	1000.85	SIN DATO
	NA108	PALMARES	489,610	226,100	SAN VICENTE	7.89	1005	997.11	SIN DATO
	NA111	SAN RAMON	484,200	228,450	LA COLINA	28.04	1070	1041.96	SIN DATO
	NA117	SAN RAMON	484,300	228,950	SAN RAMON	10.05	1065	1054.95	SIN DATO
	NA12	PALMARES	488,320	227,050	INVU	4.57	1015	1010.43	RIEGO
	NA120	SAN RAMON	483,600	230,900	ALFARO	30.00	1140	1110.00	SIN DATO
	NA13	PALMARES	488,350	227,050	FCA MACEDONIO S	3.05	1015	1011.95	SIN DATO
	NA132	SAN RAMON	487,750	229,700	SAN ISIDRO	25.12	1100	1074.88	SIN DATO
	NA161	PALMARES	490,630	227,350		20.00	960	940.00	INDUSTRIAL
	NA172	PALMARES	489,300	225,300	SAN VICENTE	15.80	995	979.20	OTROS USOS
	NA173	PALMARES	487,250	225,850		10.00	1040	1030.00	RIEGO
	NA178	NARANJO	493,050	225,150	CALLE ACOSTA	16.00	900	884.00	RIEGO
	NA180	PALMARES	488,500	226,000	LA GRANJA	15.41	1015	999.59	RIEGO
	NA181	PALMARES	489,800	226,520		15.00	1005	990.00	RIEGO
	NA183	PALMARES	487,700	226,150	LA GRANJA	22.25	1030	1007.75	RIEGO
	NA184	PALMARES	488,250	228,100	BUENOS AIRES	13.50	1015	1001.50	RIEGO
	NA185	PALMARES	488,875	226,000	PALMARES	6.00	1010	1004.00	AGROINDUSTRIAL
	NA186	PALMARES	489,150	225,850	GRANJA ZARAGOZA	19.00	1010	991.00	AGROINDUSTRIAL
	NA187	PALMARES	489,150	226,551	PALMARES	3.00	995	992.00	DOMESTICO
	NA189	PALMARES	490,800	226,875	ESQUIPULAS	24.64	990	965.36	SIN DATO
	NA190	PALMARES	487,000	226,500	LA GRANJA	5.00	1070	1065.00	SIN DATO
	NA201	PALMARES	487,700	227,800		52.00	1030	978.00	SIN DATO
	NA218	NARANJO	494,375	230,700		11.00	1025	1014.00	AGROINDUSTRIAL
	NA229	PALMARES	490,120	226,800		13.00	990	977.00	SIN DATO
	NA233	SAN RAMON	486,400	228,250	LA GUARIA	10.00	1045	1035.00	SIN DATO





	X	Y	LUGAR	N.EST.	altitud	N. de agua	USO3
GANTON	489,400	226,100		23.00	1015	992.00	DOMESTICO
PALMARES			275 MTS SUR FARMACIA				
NA260	488,950	226,150	PALMARES	9.00	1000	991.00	SIN DATO
NA269	488,550	226,600	PALMARES	7.57	1010	1002.43	SIN DATO
NA274	481,900	228,000	LA COLINA	2.41	1145	1142.59	INDUSTRIAL
NA277	488,850	225,600	CALLE VARGAS	7.65	1015	1007.35	SIN DATO
NA3	484,050	230,580	ESTADIO	4.57	1070	1065.43	ABAST. PUBLICO
NA311	488,500	226,720	LA RECTA	12.00	1010	998.00	SIN DATO
NA313	486,350	229,300	LA GUARIA	28.00	1070	1042.00	SIN DATO
NA333	487,800	227,800	BUENOS AIRES	56.00	1030	974.00	SIN DATO
NA339	484,500	231,100		46.00	1065	1019.00	ABAST. PUBLICO
NA340	483,300	229,600		29.00	1070	1041.00	ABAST. PUBLICO
NA342	484,870	230,580	SAN RAMON	40.20	1065	1024.80	DOMESTICO
NA349	486,370	229,300	LA GUARIA	59.00	1065	1006.00	RIEGO
NA351	486,300	228,150	LA AUTOPISTA	17.00	1045	1028.00	INDUSTRIAL
NA364	489,350	226,100	CLL.CEMENTERIO	19.00	1010	991.00	DOMESTICO
NA365	489,060	226,700	CENTRO	13.00	1005	992.00	DOMESTICO
NA368	484,700	232,650	LOS ANGELES	40.00	1090	1050.00	INDUSTRIAL
NA370	488,575	226,450	CENTRO	6.00	1010	1004.00	DOMESTICO
NA378	488,650	226,900	CENTRO	10.00	1010	1000.00	DOMESTICO
NA380	483,600	228,800	FTE.AUTOPISTA	2.80	1080	1077.20	INDUSTRIAL
NA385	488,700	226,675	PALMARES	4.00	1000	996.00	INDUSTRIAL
NA386	489,075	226,700	PALMARES	12.00	1005	993.00	RIEGO
NA391	485,850	230,675	SAN ISIDRO	19.00	1020	1001.00	DOMESTICO
NA394	484,660	229,140	UNION	15.00	1065	1050.00	DOMESTICO
NA398	490,610	225,035	LA COCALECA	8.00	990	982.00	OTROS USOS
NA405	489,000	225,300	ZARAGOZA	20.00	1010	990.00	DOMESTICO
NA410	487,700	226,150	LA GRANJA	25.00	1020	995.00	DOMESTICO
NA416	488,700	225,900	B. EL COLEGIO	2.00	1010	1008.00	RIEGO
NA421	485,600	228,350	RINCON OROSCO	4.00	1035	1031.00	RIEGO
NA422	490,550	225,400	LA COCALECA	6.00	970	964.00	INDUSTRIAL
NA427	490,500	226,725	ESQUIPULAS	8.00	980	972.00	RIEGO
NA429	492,680	228,860	SAN MIGUEL	37.00	1040	1003.00	DOMESTICO
NA437	488,830	226,300	B.EL COLEGIO	4.00	995	991.00	INDUSTRIAL
NA438	484,850	232,750	CLL.ANGELES	27.20	1085	1057.80	RIEGO
NA449	484,250	236,000	LOS ANGELES SUR	64.00	1160	1096.00	DOMESTICO
NA454	487,800	226,350	LA GRANJA	23.00	1025	1002.00	DOMESTICO
NA473	488,720	225,700	CALLE VARGAS	9.00	1015	1006.00	RIEGO
NA480	484,150	226,900	ZAMORA	16.00	1080	1064.00	URBANISTICO





	POZO	CANTON	X	Y	LUGAR	N.EST.	altitud	N. de agua	USO3
	NA483	PALMARES	487,950	228,425	BUENOS AIRES	54.00	1035	981.00	DOMESTICO
	NA485	PALMARES	489,100	228,530	BUENOS AIRES	7.00	1005	998.00	INDUSTRIAL
	NA500	SAN RAMON	483,950	229,250	MONTSERRAT	3.00	1090	1087.00	DOMESTICO
	NA502	PALMARES	489,875	228,750	BUENOS AIRES	24.00	1000	976.00	RIEGO
	NA506	SAN RAMON	483,800	228,700	MONTSERRAT	19.00	1065	1046.00	INDUSTRIAL
	NA507	SAN RAMON	483,850	235,850	CLL.LOS ANGELES	68.00	1170	1102.00	DOMESTICO
	NA508	PALMARES	488,750	225,700	CLL.VARGAS	8.00	1015	1007.00	INDUSTRIAL
	NA511	SAN RAMON	482,425	232,475	BOLIVAR	51.00	1025	974.00	DOMESTICO
	NA512	PALMARES	489,375	226,775	EL ESTADIO	38.00	1000	962.00	DOMESTICO
	NA513	PALMARES	486,215	226,185	EL ALTO	4.00	1140	1136.00	RIEGO
	NA519	PALMARES	488,225	225,750	CLL VARGAS	11.00	1025	1014.00	DOMESTICO
	NA520	NARANJO	489,250	233,800	SAN ANTONIO	6.20	1135	1128.80	DOMESTICO
	NA523	VALVERDE VEGA	489,750	231,200	SARCHI	14.20	1045	1030.80	RIEGO
	NA527	PALMARES	488,025	227,750	BUENOS AIRES	25.00	1015	990.00	DOMESTICO
	NA529	PALMARES	490,775	225,075	LA COCALECA	37.00	980	943.00	RIEGO
	NA530	PALMARES	490,300	226,900	ESQUIPULAS	7.00	995	988.00	DOMESTICO
	NA533	PALMARES	490,475	227,150	PERAZA	55.00	1000	945.00	DOMESTICO
	NA535	PALMARES	489,675	228,800	BUENOS AIRES	8.00	1000	992.00	DOMESTICO
	NA536	PALMARES	489,750	225,300	COCALECA	14.00	1000	986.00	AGROINDUSTRIAL
	NA543	SAN RAMON	482,350	235,075	PIEDADES NORTE	5.00	990	985.00	RIEGO
	NA545	PALMARES	488,320	227,280	PALMARES	6.33	1015	1008.67	DOMESTICO
	NA547	SAN RAMON	481,750	231,600		60.00	1040	980.00	OTROS USOS
	NA554	SAN RAMON	482,700	232,800	BOLIVAR	62.00	1020	958.00	DOMESTICO
	NA559	SAN RAMON	481,900	234,525	PIEDADES NORTE	21.00	1110	1089.00	OTROS USOS
	NA56	PALMARES	488,450	226,600	BENEFICIO	6.09	1010	1003.91	AGROINDUSTRIAL
	NA565	PALMARES	487,990	225,170	CLL.VARGAS	10.00	1030	1020.00	RIEGO
	NA567	NARANJO	492,400	227,350	SAN MIGUEL	55.00	1090	1035.00	OTROS USOS
	NA57	SAN RAMON	484,300	230,800	ESTADIO MUNICIP	7.90	1065	1057.10	SIN DATO
	NA571	PALMARES	486,850	226,100	LA GRANJA	7.00	1080	1073.00	DOMESTICO
	NA572	SAN RAMON	482,525	233,175	PIEDADES NORTE	15.00	940	925.00	AGROINDUSTRIAL
	NA58	SAN RAMON	484,700	229,300	INST SAN RAMON	2.40	1040	1037.60	DOMESTICO
	NA580	PALMARES	486,900	226,200	LA GRANJA	10.00	1080	1070.00	DOMESTICO
	NA584	PALMARES	486,525	226,450	EL ALTO	8.00	1160	1152.00	DOMESTICO
	NA587	SAN RAMON	485,250	230,950	LLAMARON	44.00	1050	1006.00	DOMESTICO
	NA591	PALMARES	491,075	226,950	ESQUIPULAS	33.00	950	917.00	DOMESTICO
	NA592	SAN RAMON	486,100	231,850	TEJAR	43.00	1055	1012.00	DOMESTICO
	NA593	PALMARES	486,675	226,550	GRANJA EL ALTO	9.00	1025	1016.00	DOMESTICO
	NA595	PALMARES	488,700	228,100	BUENOS AIRES	10.00	1005	995.00	DOMESTICO
	NA597	PALMARES	490,050	228,850	BUENOS AIRES	38.00	1000	962.00	DOMESTICO





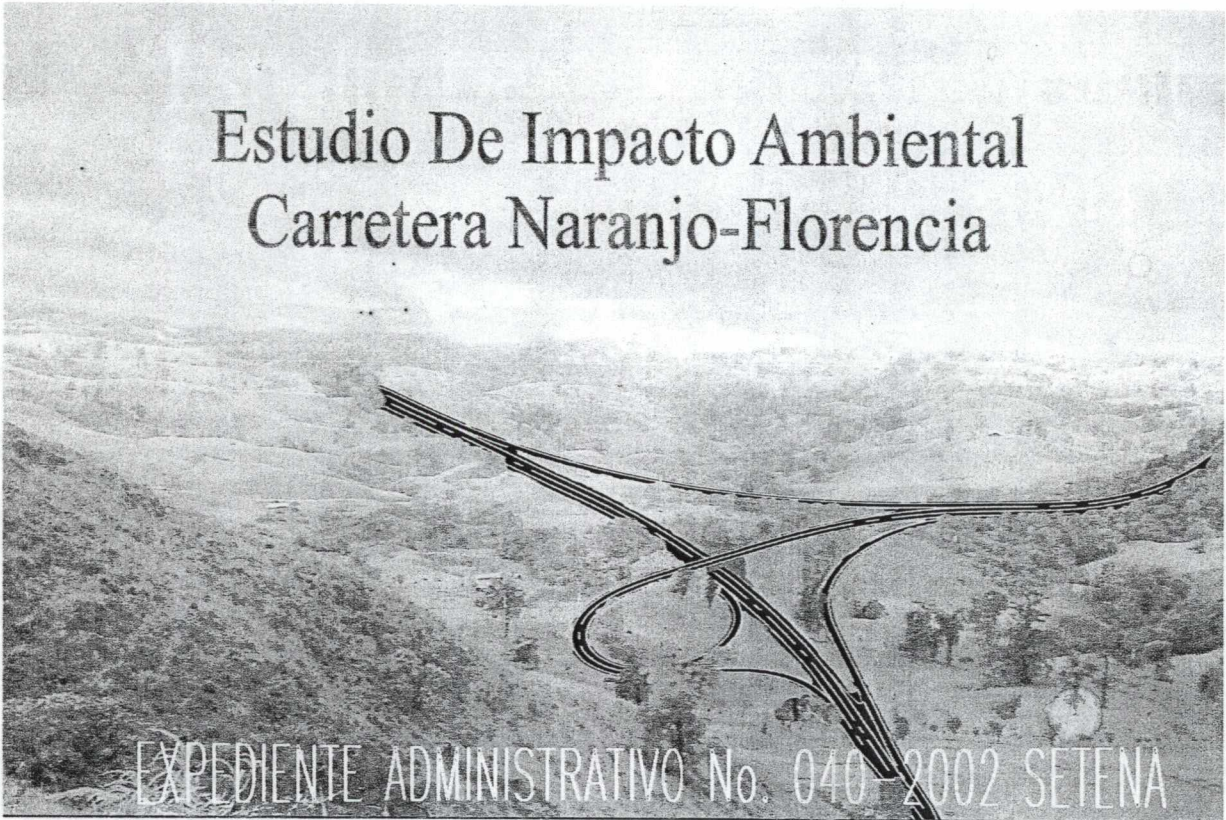
	CANTON	X	Y	LUGAR	N.EST.	altitud	N. de agua	USOS
NA599	PALMARES	489,475	226,425	URB. BUENA VISTA	17.00	1000	983.00	DOMESTICO
NA602	SAN RAMON	486,450	233,350	SAN JUAN	45.00	1075	1030.00	AGROINDUSTRIAL
NA603	PALMARES	488,850	228,400	BUENOS AIRES	12.00	1010	998.00	DOMESTICO
NA604	PALMARES	489,350	227,050	ESQUIPULAS	50.00	1000	950.00	DOMESTICO
NA606	SAN RAMON	484,400	229,835	SAN RAMON	37.00	1060	1023.00	INDUSTRIAL
NA615	PALMARES	487,750	228,300	CLL.SAN ISIDRO	52.00	1035	983.00	RIEGO
NA618	SAN RAMON	482,125	228,100	SANTIAGO	9.00	1160	1151.00	DOMESTICO
NA621	SAN RAMON	483,575	228,050	MONTSERRAT	17.00	1065	1048.00	DOMESTICO
NA628	SAN RAMON	486,000	231,625	CLL.TEJARES	24.00	1040	1016.00	RIEGO
NA629	PALMARES	488,900	225,525	ZARAGOZA	14.00	1015	1001.00	DOMESTICO
NA631	PALMARES	490,550	226,450	ESQUIPULAS	11.50	945	933.50	RIEGO
NA632	SAN RAMON	484,500	228,650	LA UNION	13.00	1055	1042.00	DOMESTICO
NA636	SAN RAMON	482,550	235,300	BAJO ZUWIGA	8.00	1040	1032.00	DOMESTICO
NA637	SAN RAMON	482,600	229,925	SAN PEDRO	57.00	1080	1023.00	DOMESTICO
NA639	SAN RAMON	485,700	226,000	CLL.ZAMORA	22.00	1190	1168.00	DOMESTICO
NA64	NARANJO	494,300	229,900	VACA MUERTA	1.50	1000	998.50	RIEGO
NA641	PALMARES	487,275	227,550	CLL.ULATE	42.00	1060	1018.00	RIEGO
NA645	NARANJO	491,500	233,700	RIO GRANDE	0.00	1225	1225.00	RIEGO
NA646	NARANJO	492,175	233,775	RINCON ELIZONDO	29.00	1220	1191.00	RIEGO
NA647	SAN RAMON	481,925	235,150	BAJO ZUWIGA	10.00	1130	1120.00	RIEGO
NA650	PALMARES	488,600	226,850	PALMARES	10.00	1010	1000.00	DOMESTICO
				CALLE OROZCO DE SAN				
NA651	SAN RAMON	486,500	227,500	RAMON	0.00	1060	1060.00	ABAST. PUBLICO
NA657	PALMARES	489,750	227,175	ESQUIPULAS	22.00	1010	988.00	RIEGO
NA658	PALMARES	488,750	225,500	CLL.VARGAS	20.00	1020	1000.00	DOMESTICO
NA660	SAN RAMON	484,675	228,200	SAN RAFAEL	50.00	1000	950.00	DOMESTICO
NA664	SAN RAMON	484,845	232,815	CLL.ANGELES	9.00	1090	1081.00	RIEGO
NA672	PALMARES	489,250	225,400	ZARAGOZA	20.00	1000	980.00	DOMESTICO
NA674	SAN RAMON	483,500	228,200	SANTIAGO	6.00	1065	1059.00	RIEGO
NA682	PALMARES	487,775	227,475	Y GRIEGA	38.00	1025	987.00	INDUSTRIAL
NA685	PALMARES	490,885	226,600	ESQUIPULAS	0.50	945	944.50	VARIOS
NA686	SAN RAMON	487,150	235,700	SIFON	10.00	1150	1140.00	DOMESTICO
NA688	PALMARES	486,420	226,050	ALTO LA GRANJA	6.00	1140	1134.00	DOMESTICO
NA69	PALMARES	488,400	227,100	C.INTERAMERICA	1.52	1012	1010.48	AGROINDUSTRIAL
NA692	SAN RAMON	486,625	229,950	SAN ISIDRO	61.00	1045	984.00	DOMESTICO
NA699	PALMARES	490,961	226,882	ESQUIPULAS	43.00	960	917.00	AGROINDUSTRIAL
NA70	PALMARES	488,800	226,600	PARQUE PALMARES	9.14	1000	990.86	ABAST. PUBLICO
NA722	NARANJO	492,875	228,600	CENTRO	45.00	1045	1000.00	DOMESTICO
NA724	NARANJO	492,400	229,000	SAN MIGUEL	14.00	1080	1066.00	DOMESTICO





ASESORES AMBIENTALES SIEL - SIEL

# Estudio De Impacto Ambiental Carretera Naranjo-Florencia



EXPEDIENTE ADMINISTRATIVO No. 040-2002 SETENA

PRESENTADO A:

SECRETARÍA TÉCNICA NACIONAL AMBIENTAL (SETENA) DEL  
MINISTERIO DE AMBIENTE Y ENERGÍA (MINAE)

Abril del 2004







000329

# PARTE II

## Índice



7. Ambiente Biológico .....	7.4
7.1. Generalidades .....	7.5
7.1.1. Descripción de los sitios de interés biológico afectados por el Proyecto.	7.9
7.2. Flora .....	7.24
7.2.1. Etapa 1 Sifón-Anateri/Ron Ron-La Florencia .....	7.25
7.2.2. Sección 1.b Ron Ron-La Florencia.....	7.26
7.2.3. Lista de especies observadas .....	7.27
7.2.4. Especies amenazadas, endémicas o en peligro de extinción .....	7.27
7.2.5. Especies indicadoras .....	7.28
7.3. Fauna .....	7.29
7.3.1. Etapa 1: Sifón - Anateri / Río Ron Ron – Intersección con Radial Florencia – Ciudad Quesada .....	7.32
7.3.2. Sección B: río Ron Ron - Intersección con Radial Florencia – Ciudad Quesada	7.33
7.3.3. Especies amenazadas, endémicas o en peligro de extinción .....	7.36
7.3.4. Lista de especies indicadoras .....	7.36
7.3.5. Lista de especies esperadas para el sitio.....	7.36
7.4. Caracterización general de las poblaciones ícticas de los ríos que comprenden el proyecto de la carretera Florencia ~ Naranjo.....	7.37
7.4.1. Muestreo de los ríos Espino y Barranca.....	7.38
7.4.2. Especies en peligro o amenazadas.....	7.40

**Anexo 7.1.** Lista de especies observadas de plantas

**Anexo 7.2.** Lista de especies nativas para reforestar o revegetar



**Anexo 7.3.** Lista de especies de fauna en peligro de extinción

**Anexo 7.4.** Lista de especies de fauna indicadoras

**Anexo 7.5.** Lista de especies de fauna esperadas

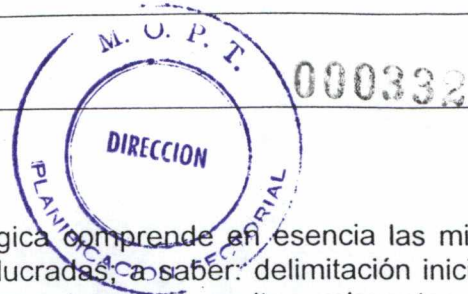
**Anexo 7.6.** Lista de posibles especies de peces en los ríos y quebradas que se ubican dentro del Proyecto



## Índice

Figura 7.1. Mapa de áreas protegidas.....	7.8
Figura 7.2 Sitio río Cañuela.....	7.10
Figura 7.3 Sitio río Barranca.....	7.11
Figura 7.4 Sitio río Espino .....	7.12
Figura 7.5 Sitio quebrada Yeguas .....	7.13
Figura 7.6 Sitio quebrada Laguna.....	7.14
Figura 7.7 Sitio lagunilla río Tapesco.....	7.15
Figura 7.8 Sitio río Tapesco.....	7.16
Figura 7.9 Sitio quebrada Arena.....	7.17
Figura 7.10 Sitio río Seco .....	7.18
Figura 7.11 Sitio río La Vieja .....	7.19
Figura 7.12 Sitio laguna González.....	7.20
Figura 7.13 Sitio río Ron Ron .....	7.21
Figura 7.14 Sitio Catarata.....	7.22
Figura 7.15 Sitio lagunas y charcas del Ron Ron.....	7.23
Figura 7.16 Sitio Intersección a La Radial a La Florencia.....	7.24
Figura 7.17. Mapa de grúas.....	7.31

## 7. AMBIENTE BIOLÓGICO



### METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la caracterización biológica comprende en esencia las mismas etapas conceptuales en las diferentes disciplinas involucradas, a saber: delimitación inicial de las áreas de influencia, en términos de aquellos aspectos que resulten relevantes, para distinguir las interacciones de éste con los procesos ambientales predominantes en la región de estudio. Una gira de reconocimiento inicial y el ajuste del área de influencia según corresponda. Además de la recopilación de fuentes documentales (bibliografía, cartografía, fotografía aérea, etc) para el área y la toma de datos de campo - mediante giras a los sitios de interés. Para finalmente, realizar el análisis de los datos e integración en los respectivos informes.

**Flora.** El estudio de la flora de esta etapa se realizó por medio de giras a los diferentes sitios de interés biológico de esta sección de la carretera. En cada sitio se realizaron recorridos de reconocimiento y transectos de 100 m, identificando en estos todas las especies forestales y arbustivas de importancia presentes en ellos. Además, se realizaron notas sobre la estructura general de las comunidades vegetales presentes en cada sitio. Con estos datos y la ayuda de referencias de colecciones realizadas con anterioridad en la zona, se llegaron a las siguientes descripciones.

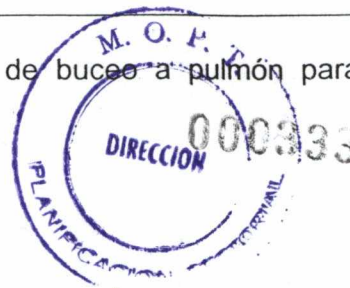
**Fauna.** Se realizó un análisis bibliográfico sobre las especies esperadas para el sitio, de acuerdo con la distribución geográfica de estas y el actual uso del suelo en el área del proyecto y el área de influencia directa e indirecta. Para el trayecto completo se visitaron varios puntos por donde pasará la carretera y se hizo una descripción del ambiente. De estos puntos se seleccionaron los sitios donde la fauna puede ser más afectada por la construcción y operación de la carretera. En estos sitios se realizó un inventario más detallado de la fauna. El inventario de la fauna se hizo mediante observaciones que se hicieron en caminatas diurnas y nocturnas. Durante la noche también se colocaron redes de niebla para capturar murciélagos. Las búsquedas en las caminatas fueron hechas por tres personas. Las identificaciones de las especies fueron hechas por observación directa del organismo o en forma indirecta mediante la identificación de cantos y de rastros como huellas. Además se hicieron entrevistas a pobladores del sitio para saber sobre especies presentes pero que se necesita un esfuerzo mayor para poder detectarlas. Se hizo un análisis sobre los posibles efectos de la carretera en la fauna de cada sitio. Para cada sitio se describirán medidas de mitigación que son recomendadas para minimizar este efecto o para mejorar la calidad del ambiente

**Ictiofauna.** La descripción general de las poblaciones ícticas de los ríos donde se va a construir puentes en el proyecto de la Carretera Florencia ~ Naranjo, se hizo en base a la información bibliográfica existente en el país.

Para la evaluación de las comunidades de peces de los ríos Barranca y Espino, se realizaron muestreos con un Chinchorro de 5 m de largo y con equipo de buceo a pulmón, siguiendo los lineamientos de la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés, [Barbour et al. 1999]). En cada río se realizaron dos muestreos con chinchorro en dos sitios de muestreo con una separación no menor a 500 m aproximadamente entre cada



punto. Además, se realizó una inspección visual con equipo de buceo a pulmón para la identificación de peces.



## 7.1. GENERALIDADES

El trayecto del Proyecto de la carretera a San Carlos está previsto para que atraviese una diversidad de hábitats modificados y algunas zonas menos alteradas que incluyen: áreas abiertas, potreros, cultivos, áreas urbano-rurales, charrales, parches boscosos alterados, parches de bosques poco alterados y potreros arbolados. Dichos hábitats se encuentran en áreas que corresponden a cuatro zonas de vida o transiciones entre ellas (según Holdridge 1967). El desarrollo de actividades humanas ha promovido un proceso de transformación y desaparecido la mayor parte de las comunidades biológicas originales, dando paso a los hábitats mencionados.

A manera de referencia, las características de estas zonas de vida en condiciones originales se describen a continuación:

A.- Bosque Húmedo Premontano (bh-p): Ésta es la zona de vida más alterada en nuestro país ya que no quedan significativas extensiones de este tipo de bosque primario. El bh-p contiene bosques semidecuidos estacionales de altura mediana (con máximo de 25 m) que normalmente solo presentan dos estratos. Entre los árboles del dosel se encuentran varias especies caducifolias y que pierden sus hojas especialmente en la estación seca. En general, las copas de los árboles que conforman el dosel son grandes y anchas. El sotobosque alcanza una altura promedio de 10 m y es en su gran mayoría perennifolio.

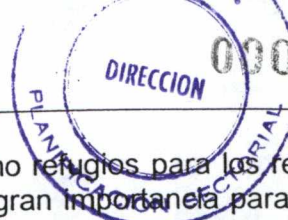
B.- Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-p): Esta zona de vida contiene bosque con alturas medianas y altas (de 30 a 40 m) de árboles semidecuidos. Algunos de los árboles del dosel pueden presentar gambas pequeñas. En el sotobosque se puede observar la presencia ocasional de helechos arborescentes y abundantes epífitas.

C.- Bosque Muy Húmedo Premontano transición a Pluvial (bmh-t-p): Éste es un bosque de tipo transitorio. En estos bosques se da el traslape de dos zonas de vida por lo que presentan una mezcla heterogénea de las características de las dos zonas en contacto.

D.- Bosque Pluvial Tropical Premontano (bpt-p): Éstos son bosques perennifolios de alturas intermedias (de 30 a 40 m). Los árboles del dosel tienen copas redondeadas y ocasionalmente gambas pequeñas. El dosel puede llegar a ser muy denso y tener una gran variedad de palmas. Esta zona de vida presenta gran abundancia de epífitas y el suelo de estos bosques está normalmente cubierto por helechos.

A lo largo de los casi 40 km del recorrido de la carretera Naranjo-Florencia sobre el que versa este Proyecto, el uso primordial de la tierra es agropecuario (maíz, café, caña, ganado de leche). Sin embargo, el trazado propuesto de esta vía de comunicación atraviesa 16 sitios de posible interés biológico entre ríos, quebradas, parches boscosos secundarios, remanentes de bosque primario y lagunas y humedales. A pesar de que la mayoría de estos sitios no son de una extensión considerable, sí existen algunos con valor ecológico. Esto se debe principalmente





a que varios de ellos tienen la posibilidad de actuar como refugios para los remanentes de la flora y fauna local. Estos refugios han llegado a cobrar gran importancia para especies cuyos hábitat se ha reducido drásticamente, al punto en que estos remanentes de bosques alterados son lo único que queda de los ecosistemas originales en los que dichas especies habitaban. Por otro lado, estos parches de bosque aislados son posibles islas de acervo genético para las poblaciones de especies raras, en peligro de extinción o incluso endémicas. Estos acervos genéticos pueden ser vitales para la viabilidad y conservación de estas especies con poblaciones tan reducidas pero de gran importancia para la biodiversidad de la zona y el país.

Entre los sitios de valor ecológico que se presentan a lo largo del trayecto propuesto de la carretera Naranjo-Florencia también se encuentran bosques de tipo ribereño. Estos bosques consisten en delgadas franjas de vegetación que bordean el cauce de los ríos y quebradas. Estas franjas boscosas no solo son importantes para evitar la erosión y sedimentación de las cuencas hidrográficas, si no que también pueden actuar como corredores biológicos naturales. Los corredores naturales formados por bosques de tipo ribereño funcionan tanto para reducir el aislamiento de los parches remanentes de bosque, como para ayudar al flujo de especies de flora y fauna entre las áreas de conservación (Parques Nacionales, Refugios de Vida Silvestre y Reservas Forestales). Este flujo de especies es muy importante para mantener la salud de las poblaciones bióticas, especialmente de las especies raras, en peligro de extinción y endémicas.

Otro aspecto por considerar es la presencia de dos corredores biológicos propuestos por el Proyecto Grúas que son atravesados por el trazado de la futura carretera Naranjo-Florencia. Estos corredores unen el Área de Conservación Arenal -Huetar Norte con el Área de Conservación Arenal -Tilarán. Los dos corredores formados por parches de bosque remanentes unidos por bosques ribereños ya se encuentran interrumpidos por dos carreteras (Naranjo-Zarcelero y San Ramón-San Carlos).

Otro aspecto que es necesario subrayar es la presencia de lagunas pequeñas en el AID y AII de la futura carretera Naranjo-Florencia. Estos frágiles ecosistemas acuáticos son de gran importancia para las poblaciones locales de anfibios y reptiles, ya que muchas especies de estos grupos dependen de estas lagunillas para su reproducción y alimentación. Otro aspecto que realza la importancia de estos pequeños cuerpos de agua es su uso por parte de aves migratorias, como sitios de descanso en su paso por la zona.

Cabe mencionar que la carretera propuesta se sitúa cerca de 4 áreas silvestres protegidas (Figura 7.1):

- Parque Nacional Juan Castro Blanco, a 25 km al Este del futuro puente sobre el río Ron Ron.
- Reserva Biológica Alberto Brenes, a 12 Km al Oeste del futuro puente sobre la quebrada Arena.
- Zona Protectora El Chayote, a 10,5 km Este del futuro puente sobre el río Barranca.
- Zona Protectora Río Grande, a 3 Km al Sureste de Sifón.

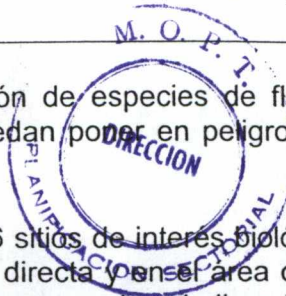
A pesar de que ninguna de estas categorías se encuentran en el AP ni en el área de influencia directa AID, la construcción de esta carretera podría aumentar el acceso a estos sitios



protegidos, aumentando las posibilidades tanto de extracción de especies de flora y fauna nativas, como la inserción de especies introducidas que puedan poner en peligro el delicado equilibrio presente en sus ecosistemas.

A continuación se presenta una descripción general de los 16 sitios de interés biológico que se encuentran en el área de Proyecto, en el área de influencia directa y en el área de influencia indirecta del Proyecto. Para cada sitio se hace una descripción general, se indican las zonas de vida de Holdridge (con siglas) presentes en el sitio, el tipo de vegetación (según Gómez 1993) típica del lugar (con nombre completo), su importancia para el estudio o la conservación y los posibles impactos más relevantes por considerar, debido a la construcción de la carretera y su futuro uso.

Para facilitar la interpretación y estudio del impacto ambiental general el Proyecto fue separado en segmentos y sitios, según su orden de aparición en el trayecto total propuesto para la construcción de la carretera.



### 7.1.1. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE INTERÉS BIOLÓGICO AFECTADOS POR EL PROYECTO



#### 7.1.1.1. SEGMENTO 1: PISTA BERNARDO SOTO-SIFÓN

Esta etapa de la carretera comprende del km 0 + 000 al 9 + 700 y es la zona más alterada del recorrido. Esta zona está principalmente ocupada por áreas urbano-rurales y cultivos de café, caña y otros. Según el mapa de usos de suelos (Figura 6.48) todo este tramo de casi 10 km no posee parches de bosque de importancia, dato que fue confirmado en el campo; sin embargo, se pudo observar la presencia de comunidades vegetales a las riberas del río Cañuela conformadas por franjas de árboles y arbustos de tamaño medio. Esta etapa del recorrido de la carretera corresponde a la zona de vida del bosque muy húmedo premontano bmh-p y tiene la posibilidad de albergar la vegetación del tipo de Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde.

- **SITIO 1.1 RÍO CAÑUELA**

El sitio por el cual la carretera Naranjo-Florencia cruza el río Cañuela está en el km 5+000 del recorrido propuesto para esta vía de comunicación. Se encuentra en la zona de vida del bmh-p y tiene la posibilidad de albergar la vegetación del tipo de Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde. Está completamente rodeada por una finca de café con sombra de eucaliptos. El río presenta una vegetación ribereña pobre con árboles pioneros y de sitios abiertos, sin embargo, como todo río, es hábitat posible para comunidades de organismos terrestres asociados al agua, especialmente anfibios y reptiles. Además, estas comunidades vegetales de tipo ribereño son posibles corredores para estos remanentes de fauna local. La sección del río que será cruzada por la carretera (por medio de un puente), se encuentra en el área de Proyecto y la poca vegetación que se halla en el lugar está en el área de influencia directa.



Figura 7.2 Sitio río Cañuela



Fuente: Chacón y Salazar, 2003

#### 7.1.1.2. SEGMENTO 2 SIFÓN-ANATERI

Este segmento de la carretera que comprende del km 9+700 al 17+000 se encuentra el Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde según su tipo de vegetación (Gómez 1993). Incluye tres Zonas de Vida del Sistema de Holdridge: Bosque Húmedo Premontano (bh-p), Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-p) y Bosque Muy Húmedo Premontano de transición a Pluvial (bmh-t-p). Los casi 8 km de esta sección están muy alterados y contienen casi en su totalidad pastizales para ganado de leche. A pesar de esto, se encontraron dos sitios de interés biológico que pueden ser afectados por la construcción y uso de la carretera.

- **SITIO 2.1 : RÍO BARRANCA**

Este sitio se encuentra en el km 11+000, aproximadamente a unos 1.140 m.s.n.m. En él se unen dos zonas de vida el bmh-p y el bh-p. Posee la posibilidad de albergar la vegetación del Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde, sin embargo, esta área del recorrido de la carretera está muy alterada por actividades humanas de índole agropecuaria. Los alrededores son cultivos de maíz, caña, pastizales y algunas casas. El sitio en sí es un pequeño bosque en la margen izquierda del río. Este parche es un bosque secundario regenerado en un bajo estadio sucesional, posiblemente un sitio de pastura abandonado hace muchos años. No posee estratos bien diferenciados y está plagado de gramíneas y algunas especies introducidas. La posibilidad de encontrar especies endémicas, amenazadas o en peligro en este sitio es muy baja, por las características generales de esta comunidad biótica. La importancia biológica de este sitio radica en sus cualidades de bosque ribereño y su posible uso como corredor biológico especialmente por aves, anfibios y reptiles. Este parche boscoso es partido por el trazado de la



futura carretera y la presencia de un futuro puente, por lo tanto, se encuentra en el área del Proyecto y en su área de influencia directa. Tomando en cuenta todos estos aspectos, los impactos ambientales más significativos que se pueden dar en este sitio como resultado de la construcción y el eventual uso de la carretera son: la pérdida de cobertura vegetal ribereña, aumento en el impacto de especies introducidas en este bosque ya alterado y la reducción del efecto corredor de este parche de bosque ribereño (Figura 7.3).

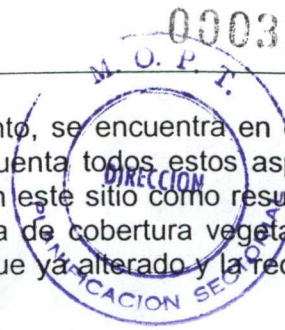


Figura 7.3 Sitio río Barranca



Fuente: Chacón y Salazar, 2003.

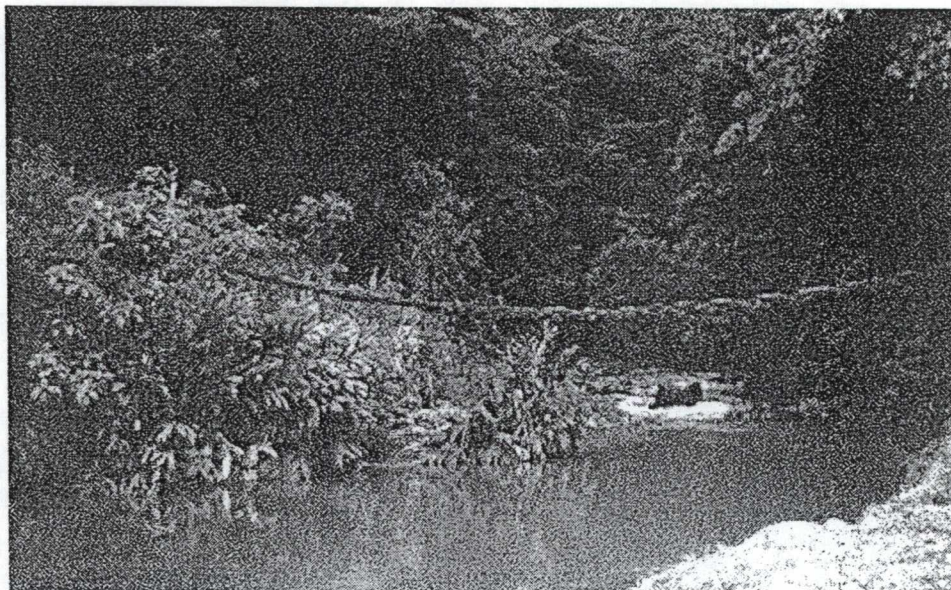
- **SITIO 2.2 : RÍO ESPINO**

El río Espino se encuentra en el km 17+000 y a unos 990 m.s.n.m., aproximadamente. De la misma manera que el río Barranca, posee dos zonas de vida: el bmh-t-p y el bmh-p. La zona posee originalmente la vegetación del Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde pero de la misma manera que el sitio anterior, ha sido muy alterada por la actividad agropecuaria, especialmente la de ganado de leche. Pese a esto, la zona circunvecina de este sitio posee parches de bosque remanente muy poco alterados. Como se mencionó anteriormente, estos parches son remanentes de los bosques primarios originales de la zona. Uno de estos se encuentra en la ribera izquierda del sitio por donde la carretera pasará sobre el río Espino, por



lo tanto en el área de Proyecto y en su área de influencia directa. Este parche específico posee dos estratos bien diferenciados y un sotobosque abierto, características de un bosque maduro. El sitio parece poseer una gran diversidad de flora y fauna y un ecosistema saludable, a pesar de la cercanía con las zonas de uso agropecuario y la comunidad de Anateri. En este sitio se encontraron dos especies endémicas de árboles y una gran cantidad de fauna terrestre (ver capítulo 7.2 y 7.3). Considerando todos los aspectos anteriores, se estima que los impactos ambientales más importantes que se pueden dar en este sitio por la construcción de la carretera y su futuro uso son: la potencial reducción poblacional de especies forestales endémicas y sus acerbos genéticos, la posible reducción o pérdida de fauna nativa por atropello, extracción o alteración del hábitat, la reducción de la cobertura vegetal ribereña del río Espino debido a las obras de infraestructura, la posible introducción de especies invasoras, tanto nativas como introducidas y la reducción del efecto corredor de este parche remanente (Figura 7.4).

Figura 7.4 Sitio río Espino



Fuente: Chacón y Salazar, 2003

#### 7.1.1.3. SEGMENTO 3: ANATERI-RON RON

En este tercer segmento de la carretera, que comprende del km 17+000 al 34+400 se encuentra el Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde y el Bosque submontano semideciduo por deficiencia de agua según su tipo de vegetación (Gómez 1993). Además incluye tres Zonas de Vida del Sistema de Holdridge: Bosque Húmedo Premontano (bh-p), Bosque Muy Húmedo Premontano (bmh-p) y el Bosque Muy Húmedo Premontano transición a Pluvial (bmh-t-p). Los casi 18 km de carretera que conforman esta etapa están muy alterados y contienen en su



mayor parte pastizales para ganado de leche y cultivos. En este segmento se ubicaron nueve sitios de interés biológico que pueden ser afectados por la construcción y eventual uso de la carretera.

- **SITIO 3.1 QUEBRADA YEGUAS**

La carretera cruzará esta quebrada por medio de un puente en el km 18+000 y a unos 1.037 m.s.n.m. aproximadamente. Aquí colindan dos zonas de vida, el btp-p y el bmh-t-p, y se ubica la vegetación de tipo Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde. Esta área específica está altamente alterada y comprende casi en su totalidad pastos de ganado de leche. A pesar de que la quebrada Yeguas se encuentra en el área del Proyecto no se encuentran parches de bosque en ella, ni en el área de influencia directa ni en la indirecta de la carretera, sin embargo, la quebrada posee alguna vegetación ribereña lo que le da un posible valor como corredor. Además, debe considerarse como sitio de interés biológico por la posible presencia de comunidades bióticas terrestres asociadas a quebradas, como anfibios, reptiles y aves.

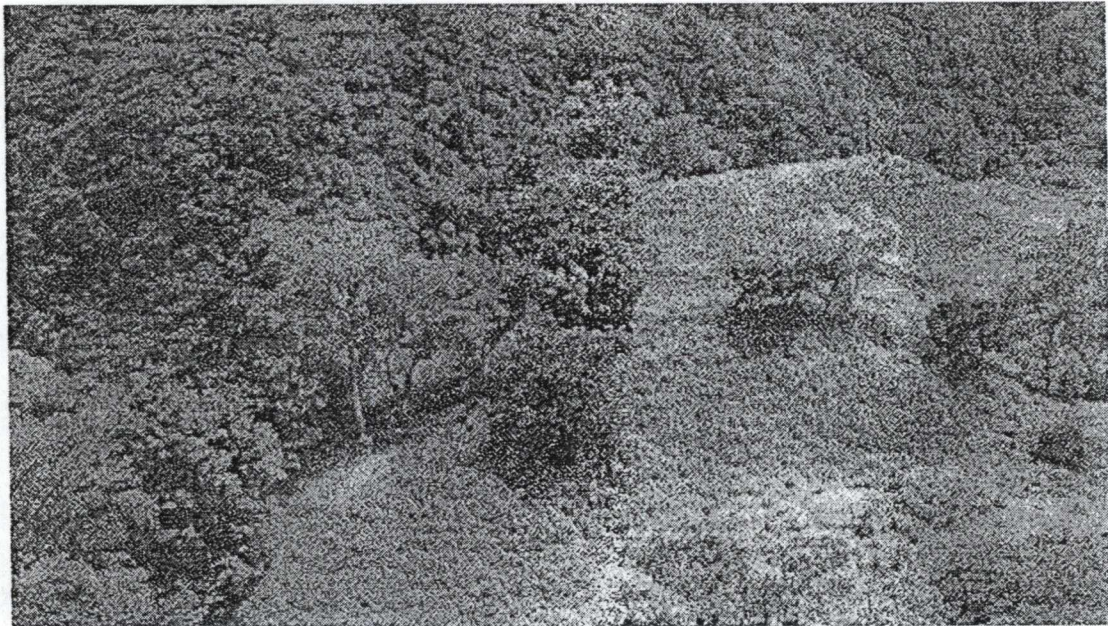


Figura 7.5 Sitio quebrada Yeguas

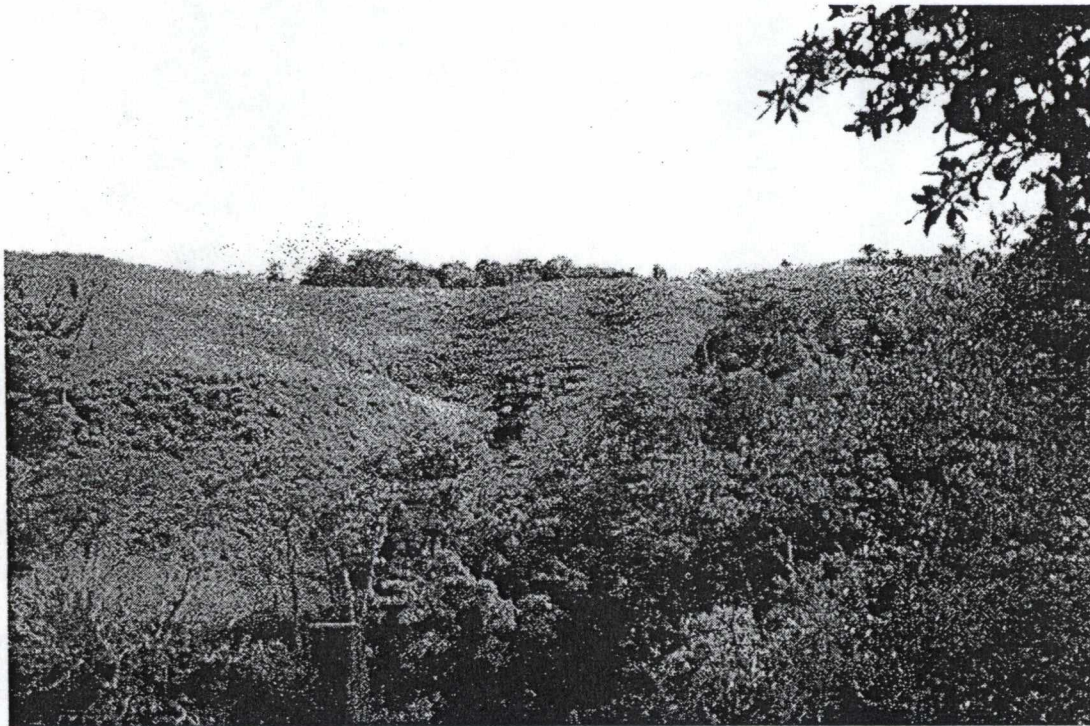
Fuente: Chacón y Salazar, 2003

- **SITIO 3.2 QUEBRADA LAGUNA**



La quebrada Laguna se encuentra en el km 18+000 del recorrido de la carretera y aproximadamente a unos 773 m.s.n.m. El sitio pertenece a la zona de vida bmn-p y se ubica la vegetación de tipo Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde. Esta área está altamente alterada, e igualmente que la quebrada Yeguas, comprende en casi su totalidad pastos de ganado de leche. A pesar de esto se encuentra un parche de bosque en el área de influencia indirecta de la carretera. Éste, como la mayoría de los parches de la zona, es un remanente de bosque secundario y posee potencial importancia como corredor y refugio para flora y fauna local. Además, la quebrada, que se encuentra en el área del Proyecto por la presencia de un puente, también debe considerarse como sitio de interés biológico por la posible presencia de comunidades de herpetofauna y aves.

Figura 7.6 Sitio quebrada Laguna



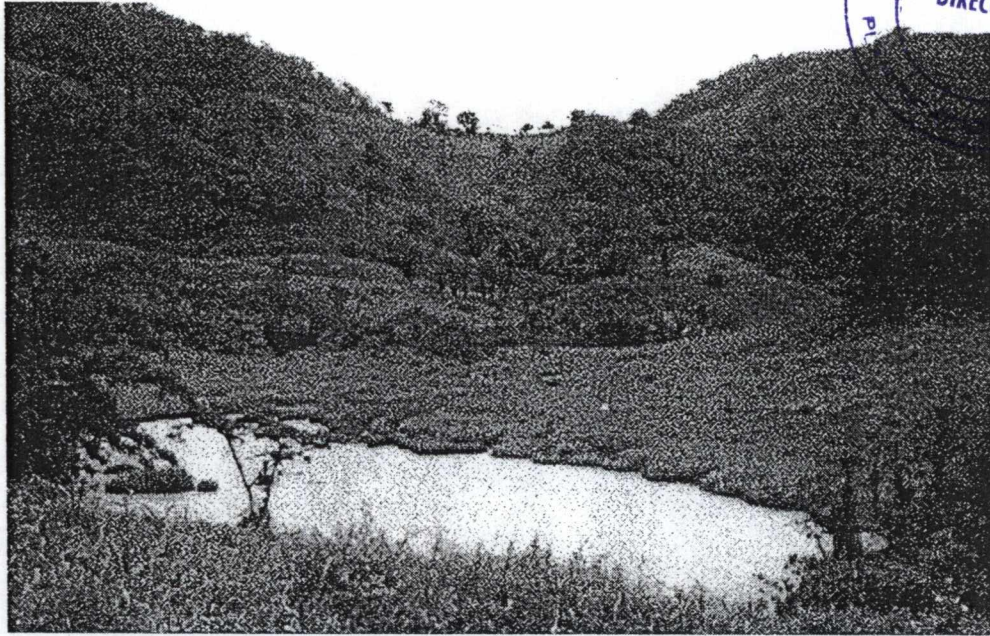
-Fuente: Chacón y Salazar, 2003

- **SITIO 3.3 LAGUNILLA DEL RÍO TAPESCO**

Este sitio se encuentra en el km 21+000 del trayecto propuesto para la carretera (en All) y a 894 m.s.n.m. aproximadamente. Pertenece a la zona de vida del bpt-p y está en zona de vegetación del bosque lluvioso tropical submontano siempre verde. Ésta es una zona rodeada por pastos para ganado; consiste en una lagunilla natural que no es estacional. Ésta posee vegetación acuática amplia asociada a humedales, y parece ser de gran importancia para reptiles y anfibios de la zona, así como para aves tanto nativas como migratorias. Muchas de estas lagunillas naturales situadas a alturas medias (entre los 850 y los 1.150 m.s.n.m.) son muy diversas en cuanto a su herpetofauna.



Figura 7.7 Sitio lagunilla río Tapesco



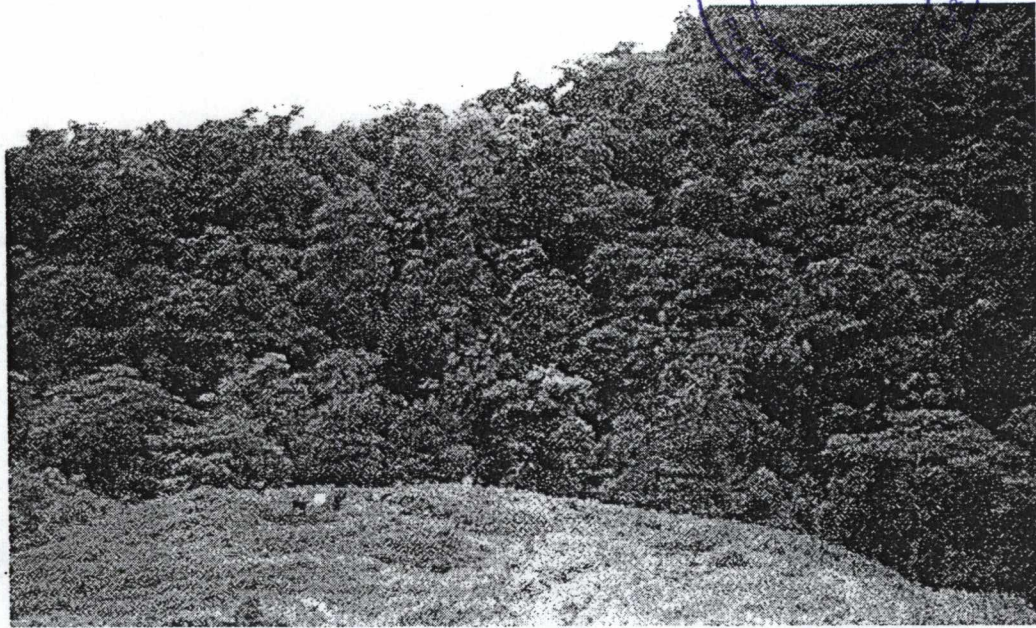
Fuente: Chacón y Salazar, 2003

- **SITIO 3.4 RÍO TAPESCO**

El Río Tapesco se encuentra situado en el km 21+000 de la carretera; su altura aproximada es de 894 m.s.n.m., y pertenece a las zonas de vida del bmh-t-p y el bpt-p y posee la vegetación del Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde. El sitio en sí es un parche de bosque secundario en un muy buen estado sucesional y aparentemente poco alterado. Según datos colectados en los alrededores, este sitio fue usado por cazadores pero ya hace años que esta actividad se detuvo o por lo menos se redujo. El parche de bosque está rodeado por pastizales de ganado y se encuentra tanto en el área del Proyecto como en su área de influencia directa, en el margen izquierdo del río. En este parche de bosque se observa una gran diversidad de especies forestales y arbustivas con especies de bosque maduro que alcanzan hasta 25 m de altura. Además, existe una aparentemente rica fauna que se compone de mamíferos, anfibios, aves y reptiles.



Figura 7.8 Sitio río Tapesco



Fuente: Chacón y Salazar, 2003

Otro aspecto que se observa en este sitio es la cercanía de este parche de bosque remanente con otros parches de bosque, lo que acrecienta su posible valor como corredor.

- **SITIO 3.5 QUEBRADA ARENA**

En el km 25+000 de la carretera se encuentra el sitio en donde se cruzará la quebrada Arena. Este sitio pertenece a la zona de vida del bmh-t-p y tiene la capacidad de albergar la vegetación de tipo Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde. Esta zona está muy alterada como en el caso de los sitios anteriores, por la presencia casi absoluta de pastizales para ganado de leche. A pesar de esto se encuentra un parche de bosque en el área de influencia indirecta de la carretera. Este sitio presenta características casi idénticas al sitio quebrada Laguna (3.2) y como este, posee una escasa vegetación ribereña.





Figura 7.9 Sitio quebrada Arena



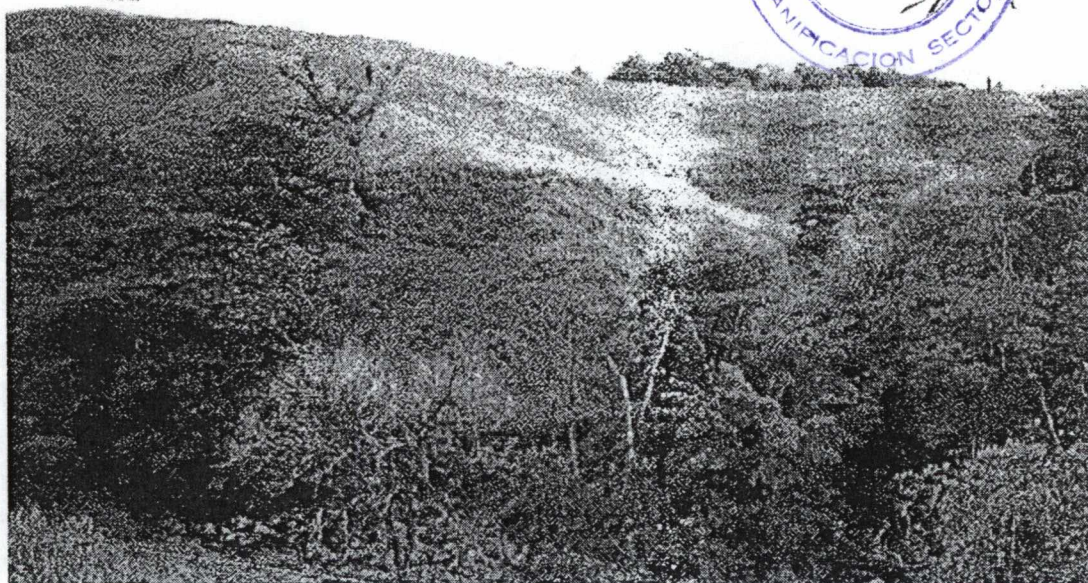
Fuente: Chacón y Salazar, 2003

- **SITIO 3.6 RÍO SECO**

La carretera cruzará este río en el km 28+000 y a unos 843 m.s.n.m. aproximadamente. La zona de vida para este sitio corresponde al b mh-p y se ubica la vegetación de tipo bosque lluvioso tropical submontano siempre verde. Esta área específica está muy alterada y comprende, en casi su totalidad, solo pastos para ganado de leche y algunas áreas de cultivo. No se encuentran parches de bosque de importancia en el área de influencia directa e indirecta de la carretera; sin embargo, la quebrada debe considerarse como sitio de interés biológico por la posible presencia de comunidades bióticas terrestres asociadas al agua como son los anfibios, reptiles y algunas especies de aves.



Figura 7.10 Sitio río Seco



Fuente: Chacón y Salazar, 2003

- **SITIO 3.7 RÍO LA VIEJA**

El sitio por el cual la carretera atraviesa el río La Vieja se encuentra en el km 31+000 y a unos 737 m.s.n.m.. En este sitio se encuentra la zona de vida del b mh-p y la vegetación de tipo Bosque submontano semideciduo por deficiencia de agua. A pesar de que gran parte de la zona está dedicada a la ganadería de leche, la carretera en este sitio cruza una sección de un parche de bosque secundario remanente de buen tamaño, que bordea ambas riberas del río La Vieja. Este parche se encuentra en el área de influencia directa de la futura vía Naranjo-Florencia.



Figura 7.11 Sitio río La Vieja



Fuente: Chacón y Salazar, 2003

- **SITIO 3.8 LAGUNA GONZÁLEZ**

La laguna González se encuentra en el área influencia directa de la carretera, en el km 31+000. Ésta presenta gran variedad de vegetación acuática y es muy posible que sea de gran importancia para los anfibios, reptiles y aves (locales y migratorias) de la zona. De la misma manera que el sitio 3.3 (Lagunilla del río Tapesco), esta laguna es aparentemente un sitio muy diverso y a la vez muy frágil.



Figura 7.12 Sitio laguna González



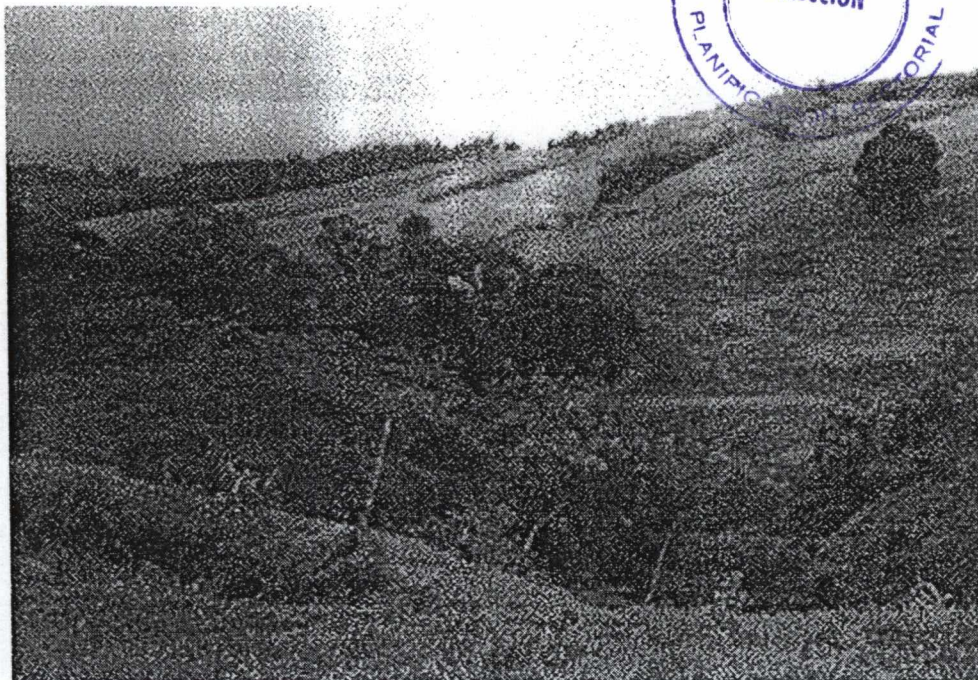
Fuente: Chacón y Salazar, 2003

- **SITIO 3.9 RÍO RON RON**

La Carretera cruza el río Ron Ron en el km 34+000 a una altura de 704 m.s.n.m. aproximadamente. En este sitio, que está rodeado por cultivos y pastizales, se encuentra un gran parche de bosque secundario y primario remanente, que corresponde a dos zonas de vida: el bmh-p y el bmh-t-p. Además, tiene una vegetación de tipo Bosque lluvioso submontano semideciduo por deficiencia de agua. Este parche parece estar unido con el fragmento de bosque del sitio 4.1 (Catarata) y presenta un tipo de bosque con características similares pero mucho más alterado. Este parche se encuentra en el área de influencia directa de la futura carretera y junto con el sitio Catarata, conforma uno de los pocos refugios para la vida silvestre y los remanentes de la flora nativa que se encuentran en la zona.



Figura 7.13 Sitio río Ron Ron



Fuente: Chacón y Salazar, 2003

#### 7.1.1.4. SEGMENTO 4 RON RON-LA FLORENCIA.

Este segmento de la carretera comprende del km 34+400 al 39+400; allí se encuentra el Bosque lluvioso tropical submontano siempre verde y el Bosque submontano semideciduo por deficiencia de agua según su tipo de vegetación (Gómez 1993). Además, incluye dos Zonas de Vida del Sistema de Holdridge: Bosque Húmedo Premontano y Bosque Muy Húmedo. Los 5 km de carretera que atraviesa la zona están alterados y contienen, en gran parte, pastizales para ganado de leche. En este segmento se encontraron tres sitios de interés biológico que pueden ser afectados por la construcción y por el eventual uso de la carretera.

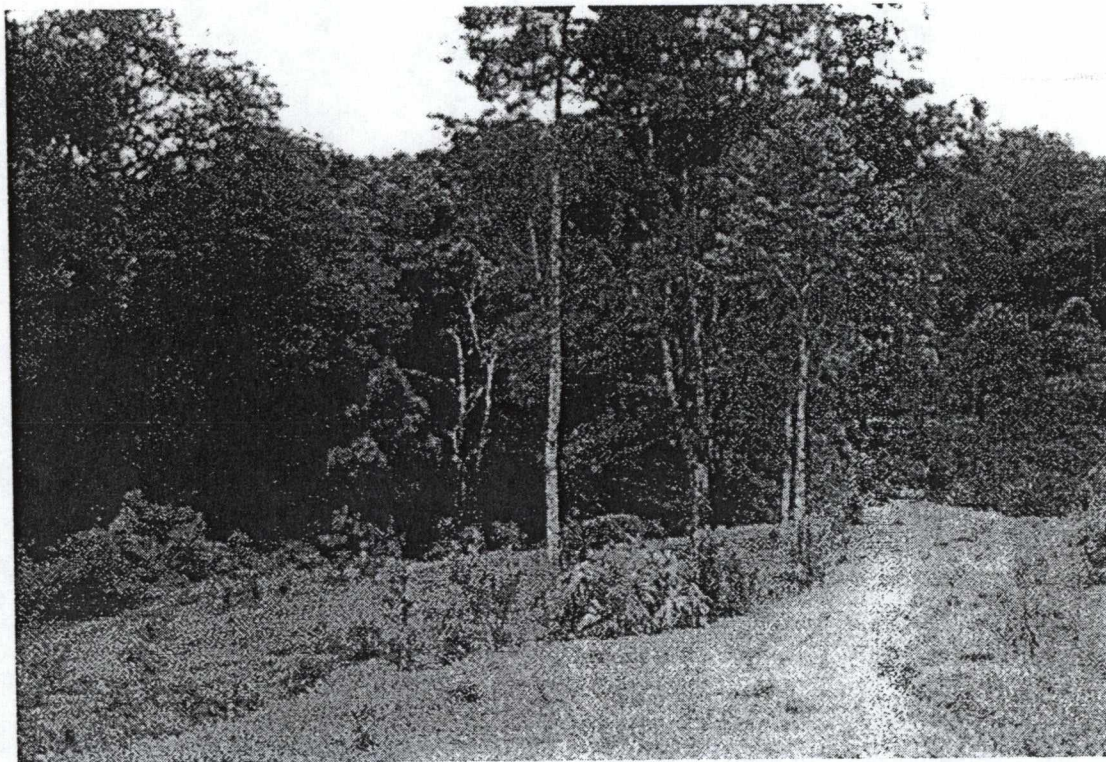
- **SITIO 4.1: CATARATA**

El sitio Catarata se encuentra situado en el km 35+000 del recorrido de la carretera a aproximadamente unos 662 m.s.n.m. y posee una vegetación de tipo Bosque submontano semideciduo por deficiencia de agua y se encuentra en la zona de vida correspondiente al bmh-p. El sitio consiste en un remanente de bosque primario rodeado por bosque secundario en regeneración. Este lugar, que posee una catarata y un gran número de nacientes, se encuentra actualmente en el área de influencia directa e indirecta del trazado propuesto para la carretera.



Este sitio cobra especial importancia pues es uno de los pocos sitios de bosque primario que se encuentran en el área de influencia directa de la carretera propuesta Naranjo-Florencia. El sitio tiene una buena comunidad de flora y fauna que incluye especies raras, amenazadas, en peligro de extinción y árboles en veda (ver capítulo 7.2 y 7.3). Además, las nacientes y la catarata son especialmente importantes para los anfibios y reptiles de la zona (Figura 7.14).

Figura 7.14 Sitio Catarata



Fuente: Chacón y Salazar, 2003

- **SITIO 4.2: LAGUNAS Y CHARCAS DEL RON RON**

Junto al sitio Catarata (km 35+000), pero fuera del bosque, se encuentran unas lagunas, aparentemente de origen artificial, y unas charcas estacionales naturales, rodeadas de potreros para ganado de leche. Este sitio se encuentra en el área de influencia indirecta de la carretera y parece ser de gran importancia para las comunidades de anfibios, reptiles y aves de la zona debido a sus características abióticas y a las especies recolectadas y observadas en el lugar (ver capítulo 7.2). Como se mencionó anteriormente, este tipo de ecosistemas es muy frágil y representa, en muchas ocasiones, el único refugio para gran cantidad de especies de flora acuática y herpetofauna (anfibios y reptiles).



Figura 7.15 Sitio lagunas y charcas del Ron Ron



Fuente: Chacón y Salazar, 2003

- **SITIO 4.3: INTERSECCIÓN LA RADIAL A LA FLORENCIA**

En el km 39+000, aproximadamente a 678 m.s.n.m. donde la carretera Naranjo-Florencia se une con la radial a Florencia, se encuentra un grupo de parches de bosque alrededor de unas pequeñas quebradas, aparentemente sin nombre. Estos parches son bosques secundarios poco alterados, con vegetación de tipo Bosque submontano semidecídulo por deficiencia de agua. Se encuentran en la zona de vida correspondiente al bnh-p. y están rodeados por potreros y sembradíos forestales de Botarrama. Estos parches se encuentran en el área de influencia directa de la carretera y por lo tanto están expuestos a impactos ambientales provocados por su construcción y uso. Estos parches son bosques secundarios maduros con una gran variedad de especies forestales y arbustos de sotobosque. Tienen la posibilidad de servir como islas remanentes para la fauna local, especialmente para las aves, debido a que muchas de las especies que se encontraron en el lugar sirven de alimento a muchas aves nativas de la zona. A partir de lo anterior, se espera que los posibles impactos de la carretera y su uso sobre este sitio sean: la reducción de la cobertura vegetal, la potencial reducción poblacional de especies forestales y arbustivas nativas de la zona, la posible reducción o pérdida de fauna nativa por atropello, extracción o alteración del hábitat, la reducción en la diversidad de la avifauna por efecto de la contaminación sonora, la posible introducción de especies invasoras, tanto nativas como introducidas y la reducción del efecto corredor de estos parches de bosque secundario (Figura 7.16).





Figura 7.16 Sitio Intersección a La Radial a La Florencia



Fuente: Chacón y Salazar, 2003

## 7.2. FLORA

Para la revisión de la flora y fauna (7.1 y 7.2) de los 16 sitios de interés biológico que se encuentran en las áreas del Proyecto en las de su área de influencia directa e indirecta, éstos se separaron en tres etapas, que corresponden a las 2 secciones constructivas:

- **ETAPA 1 SIFÓN-ANATERI/RON RON-LA FLORENCIA, SECCIÓN I**
- **ETAPA 2 ANATERI-RON RON, SECCIÓN I**
- **ETAPA 3 PISTA BERNARDO SOTO-SIFÓN, SECCIÓN II**

A continuación se incluyen los estudios de flora y fauna solamente de la primera etapa constructiva. Los estudios correspondientes de las etapas 2 y 3 se presentaran posteriormente en los PGAs que exigió SETENA.