



4 Línea Base del Medio Biofísico

4.1 Hidrología

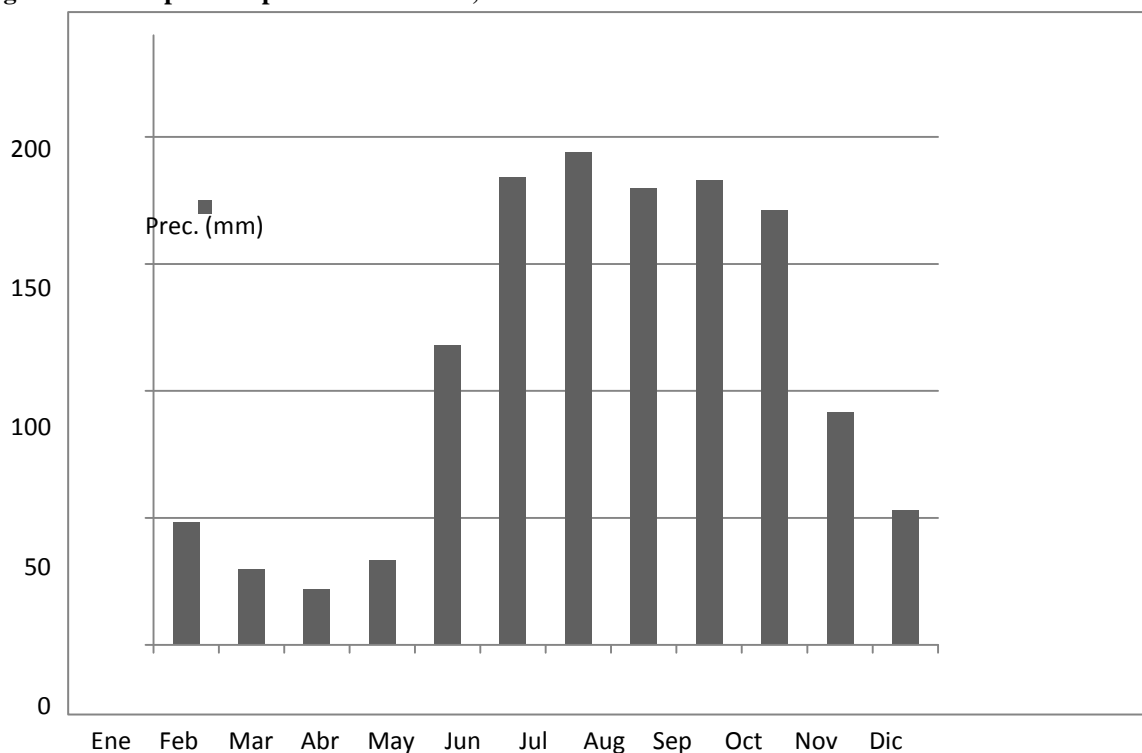
El Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3 comprende un área hidrográfica de captación de 12 330 km². Sus tributarios principales son el Río Guayape que cubre el 79% del área tributaria y el Río Guayambre que abraza el restante 21 %. La cuenca total del Río Patuca es de 24 593 Km² hasta su desembocadura en el Mar Caribe.

4.1.1 Información Hidrométrica

4.1.1.1 Meteorología

En la cuenca de interés se encuentran un total de 36 estaciones meteorológicas según se presenta en Sinohydro (2011), de la cuales se presenta el promedio de lluvia mensual en la siguiente Figura 4-1. El promedio anual es 1 307 mm.

Figura 4-1 Precipitación promedio mensual, la Cuenca Patuca 3



También, tomados del mismo documento, se presenta el resumen de las variables meteorológicas de la estación hidrometeorológica Cayetano (cerca de la presa de Proyecto Patuca 3) en el Cuadro 4-1.



Cuadro 4-1 Variables Meteorológicas, Estación Cayetano

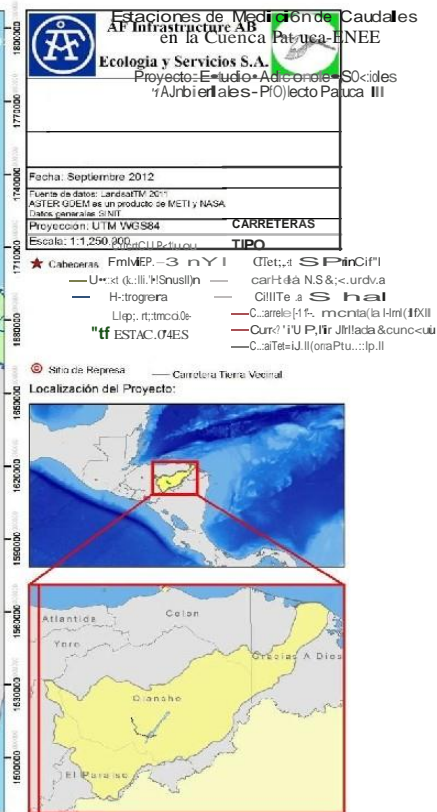
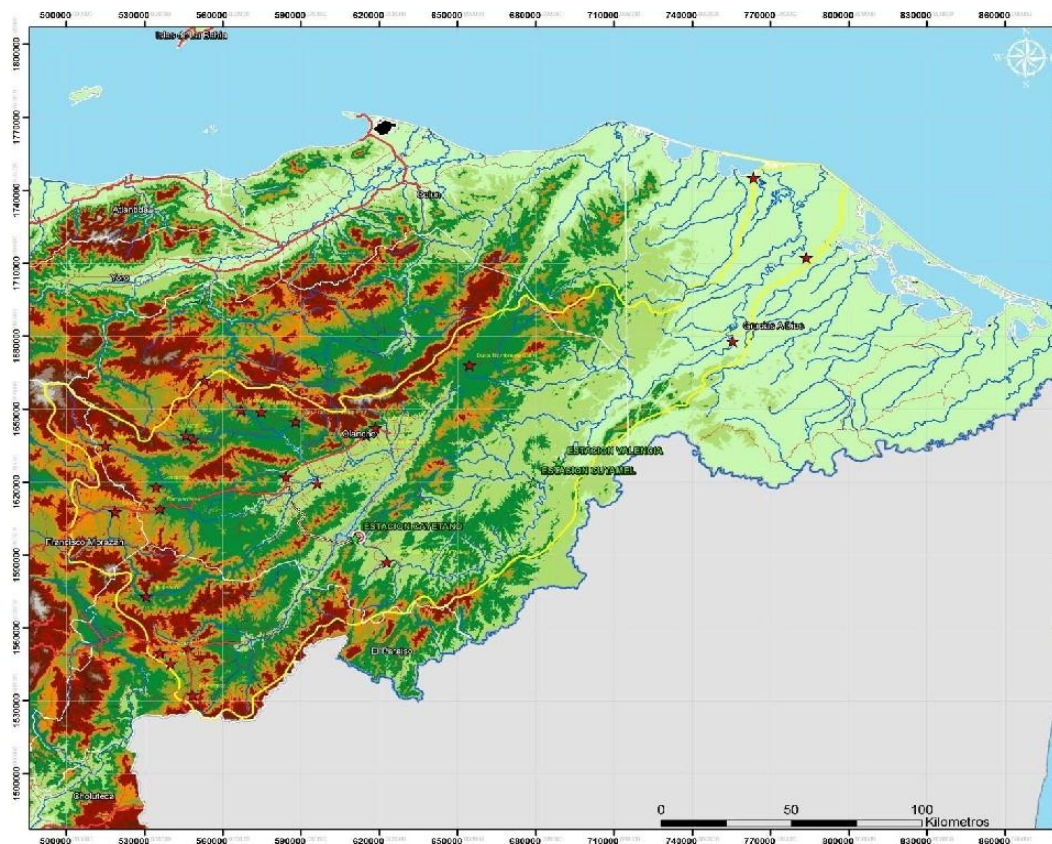
Mes	Humedad Relativa (%)	Temp °C	Lluvia (mm)	Evaporación (mm)
Ene.	82.9	23.3	67.7	83.9
Feb.	79.3	23.8	35.2	102.7
Mar.	71.1	24.8	25.1	159.4
Abr.	67.1	26.7	32.4	178.4
May.	69.7	27.7	121.2	172.7
Jun.	79.6	26.7	221.3	129.7
Jul.	84.3	25.8	256.6	109.0
Ago.	83.2	26.3	230.8	119.3
Sep.	83.0	26.4	198.2	123.5
Oct.	82.7	26.0	178.3	112.7
Nov.	83.6	25.0	117.3	89.6
Dic.	84.5	23.7	72.1	80.7
Promedio	79.3	25.5	129.7	121.8
Max.	84.5	27.7	256.6	178.4
Min.	67.1	23.3	25.1	80.7
Total Anual			1 556.3	1 461.6

4.1.1.2 Hidrología

Como fue planteado en el informe de inecpción en una primera etapa se ha recopilado la información de las estaciones hidrométricas de Cayetano, Valencia y Cuyamel actualizada hasta el año 2011, ver Cuadros 4-2, 4-3 y 4-4. La ubicación de estas estaciones sobre el Río Patuca se puede apreciar en el Mapa 4-1. Los datos de Cayetano son desde 1973 hasta 2011, pero la serie no está completa. Los datos de Valencia son desde 1981 hasta 2011, pero de nuevo con vacíos. En Cuyamel tenemos datos desde 2001 hasta 2010.

Cuadro 4-2: Estación Cayetano (área de Drenaje: 13 079 km²). Caudales Medios Diarios en m³/s y Producción de la cuenca en l/s/km².

CAUDALES MEDIOS DIARIOS (m ³ /s)													
Estadís.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM. ANUAL
PROM.	61.7	43.3	31.2	23.2	47.5	118.4	204.6	218.1	277.8	305.1	149.2	89.4	131.3
MAX	125.7	77.7	46.9	42.3	193.4	335.2	486.1	612.3	709.6	1593.0	333.5	174.5	263.7
MIN	30.5	27.7	16.5	8.0	17.0	37.4	61.6	80.5	76.3	84.4	56.2	27.1	78.2
DEV.TIP.	20.1	12.9	8.6	8.2	38.5	74.2	118.8	129.1	179.0	289.2	63.7	34.0	47.3
Producción	4.7	3.3	2.4	1.8	3.6	9.0	15.6	16.7	21.2	23.3	11.4	6.8	10.0



Cuadro 4-3: Estación Valencia (área de Drenaje: 17 481 km²). Caudales Medios Diarios en m³/s y Producción de la cuenca en l/s/km².

CAUDALES MEDIOS DIARIOS (m ³ /s)													
Estadís.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM. ANUAL
PROM.	151.7	109.4	81.0	63.3	87.8	237.4	361.5	452.5	533.1	442.3	324.1	202.3	251.2
MAX	213.3	186.3	130.7	94.6	158.1	447.2	491.0	1063.0	1039.0	774.9	433.0	331.1	278.4
MIN	92.6	67.0	52.7	33.8	43.5	156.9	152.1	227.1	210.4	226.4	195.3	118.9	198.7
DEV.TIP.	36.8	32.4	20.4	18.7	38.4	89.8	87.7	235.2	268.9	181.7	92.9	62.1	39.0
Producción	8.7	6.3	4.6	3.6	5.0	13.6	20.7	25.9	30.5	25.3	18.5	11.6	14.4

Cuadro 4-4: Estación Cuyamel (área de Drenaje: 730 km²). Caudales Medios Diarios en m³/s y Producción de la cuenca en l/s/km².

CAUDALES MEDIOS DIARIOS (m ³ /s)													
Estadís.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM. ANUAL
PROM.	35.8	27.4	22.1	19.6	29.7	75.2	80.3	91.1	71.1	99.2	49.1	45.9	53.9
MAX	79.9	69.2	63.0	56.4	112.0	162.9	117.1	152.6	143.8	431.9	59.7	87.4	128.0
MIN	24.5	18.6	14.1	11.3	12.3	22.7	46.7	58.0	40.1	39.0	39.7	36.0	30.2
Producción	49.0	37.5	30.3	26.8	40.7	103.0	110.1	124.9	97.4	135.9	67.2	62.8	73.8

La producción unitaria de la Cuenca en Cayetano resulta ser muy baja en comparación con los rendimientos observados en las estaciones de Valencia y Cuyamel. Es una indicación del clima mucho más húmedo en las partes bajas de la cuenca del Patuca.

Foto 4-1 La estación hidrométrica Cayetano



La diferencia es bastante importante. La producción de la subcuenca entre las estaciones

Cayetano y Valencia es más del doble de alto que el de la cuenca por encima de Cayetano, en

27.2 l/s/km². Por otra parte, el río Cuyamel, un afluente del Patuca unirse a justo por encima de la estación de Valencia tiene (sin embargo, sobre la base de sólo 10 años de datos incompletos) una producción de 73.8 l/s/km², más de 7 veces más que la subcuenca de Cayetano.

4.1.2 Caudales de Generación

El Proyecto Patuca 3 ha sido concebido con un embalse de regulación anual en base a un caudal medio de 133.6 m³/s.

Entre los meses de junio a noviembre los niveles del embalse se irán incrementando desde la cota 280 msnm hasta la cota de 290 msnm. Estos, los volúmenes almacenados serán utilizados en el siguiente período de diciembre a mayo para la misma generación. El embalse será operado en "equal power output mode" (el mismo modo de producción de energía todo el tiempo) tanto durante el llenado como en el vaciado del embalse (Sinohydro, 2011).

Hasta el momento no está disponible para nosotros un plan más detallado de los volúmenes de las descargas planificadas para la generación hidroeléctrica del Proyecto Patuca 3 que nos permita realizar una descripción de las modificaciones que experimentará la hidrología del río una vez en operación la planta y pronunciarnos sobre si se han considerado en este plan las recomendación hechas por el estudio de caudal ecológico de TNC, y en caso de no ser de esta manera, evaluar el impacto que podría resultar de la variación de los caudales en el cauce y el ecosistema.

De acuerdo a las recomendación hechas por The Nature Conservancy (2007) durante el estudio de los caudales ecológicos las descargas por la generación en los meses de estiaje resultan ser muy altas con relación al régimen actual de la corriente. También se prevé en este estudio que las descargas altas para la generación eléctrica en horas pico deben evitarse.

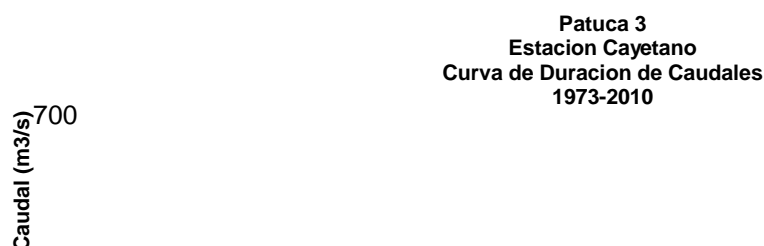
4.1.3 Duración de Caudales.

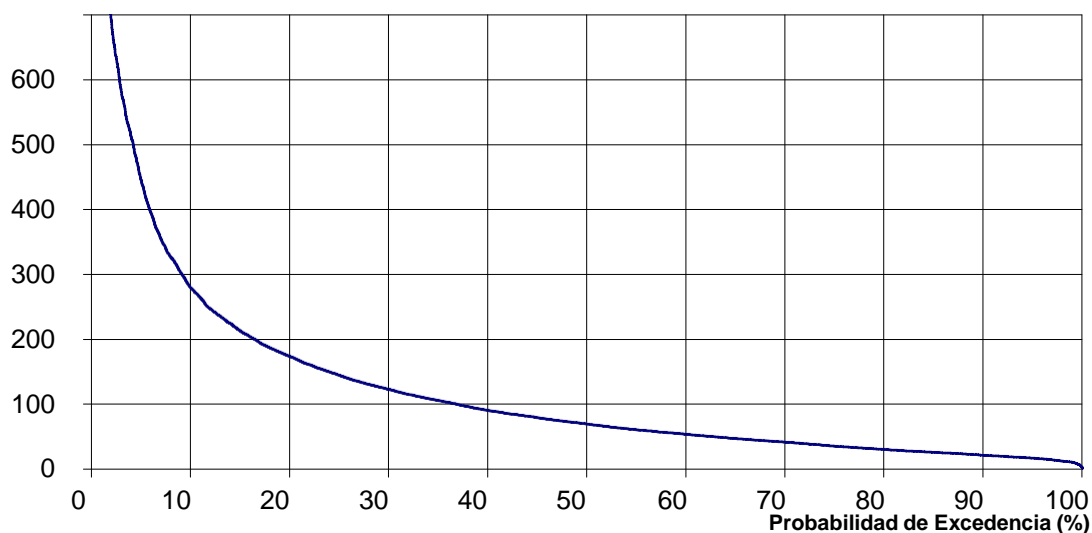
Con los datos diarios de caudales para la estación de Cayetano, se han ha construido la curva de duración de caudales ilustrada en el Figura 4-2 y el cuadro a continuación resume los valores numéricos para diferentes porcentajes de duración.

Cuadro 4-5 Duración de Caudales, Estación Cayetano

Prob. excedencia	0.10%	0.50%	1%	2%	10%	25%	50%	75%	95%	98%	99.99%
Caudal (m3/s)	2329	1098	879	689.6	446.0	144.6	69.6	41.7	17.1	12.6	3.0

Figura 4-2 Curva de Duración de Caudales





4.1.4 Crecidas Máximas

Después de análisis y correlación de los datos promedios máximos diarios y máximos instantáneos mensuales, el informe de Sinohydro presenta las series de tiempo para los caudales máximos anuales del periodo 1973 a 2010.

Cuadro 4-6 Series de Tiempo, Caudales Máximos, Estación Cayetano

Año	Caudal Máximo(m ³ /s)	Año	Caudal Máximo(m ³ /s)	Año	Caudal Máximo(m ³ /s)	Año	Caudal Máximo(m ³ /s)
1973	827	1983	1 160	1993	4 050	2003	990
1974	751	1984	1 050	1994	763	2004	797
1975	2 390	1985	517	1995	2 710	2005	914
1976	763	1986	1 240	1996	1 450	2006	432
1977	1 000	1987	1 130	1997	1 780	2007	1990
1978	945	1988	1 780	1998	7 560	2008	7 190
1979	3 540	1989	1 060	1999	2 700	2009	832
1980	1 640	1990	1 080	2000	588	2010	2 250
1981	1 380	1991	1 820	2001	350		
1982	2 020	1992	1 580	2002	930		

Los Valores de estos caudales fueron ajustados a una curva de distribución de valores extremos Pearson Tipo III y de esta manera fueron estimados los valores correspondientes a diferentes probabilidades según se presentan en el cuadro siguiente.

Cuadro 4-7 La probabilidad de los caudales extremos de ocurrencia cada año, estación Cayetano

Frecuencia (p)	0.01%	0.10%	0.20%	0.50%	1%	2%	5%	10%	20%	50%
Caudal (m ³ /s)	19 500	13 700	12 000	9 770	8 140	6 560	4 590	3 230	2 050	1 000

La Crecida Máxima Probable es tomada como la que corresponde a un frecuencia de 0.01%, o bien a un período de retorno de 10 000 años.

Por su parte Creager presenta una fórmula empírica para la estimación de la crecida máxima:

|

En donde Q es el valor del caudal en m³/s, A es el área de la cuenca en km² y C es el coeficiente de Creager.

El coeficiente de Creager tiene un valor de 100 para la envolvente mundial, mientras que para Centro América el valor de C es igual a 90

En la estimación de Sinohydro el caudal de 19 500 m³/s excede el caudal estimado por la envolvente resultante sugerida por Creager igual a 18 129 m³/s. Esto le da un factor del lado de la seguridad al proyecto.

Con Relación al cumplimiento de la política operativa op-704, Los valores de crecida máxima ha sido estimado siguiendo las practicas convencionales de la hidrología operativa y los valores están ligeramente por encima de la envolvente centroamericana, por lo que resta únicamente atender los niveles de inundación estimados para estas condiciones de desastres.

4.2 Transporte de Sedimentos

4.2.1 Estudios previos y estimados de producción de sedimentos

El estudio y análisis del transporte de sedimentos suspendidos y carga del lecho en el Río Patuca en el EIA de ENEE (2008) estuvo basado en 46 mediciones realizadas entre los años 2004 y 2005. Esos dos años, pudieran ser caracterizados como muy seco el 2004 y el 2005 un año de descargas promedio. El análisis parece haber estado basado en el correcto enfoque científico, estableciendo una curva de calificación de sedimentos y una función entre transporte de sólidos suspendidos y la descarga del río. Debido a la naturaleza muy seca del 2004 (la derrama promedio fue menos del 60% del promedio a largo plazo), hemos decidido enfocar nuestra revisión del Estudio del EIA en los resultados para el año 2005. No es claro a partir del informe, cómo fue aplicada la información de la estación Cayetano, pero la producción de sedimentos específicos calculada fue de 253 ton/año/km². Esto multiplicado por los 13 079 km² de área de cuenca que se tiene a la estación Cayetano podría resultar en una producción promedio anual de sedimentos suspendidos en dicha estación de alrededor 3.3 x 10⁶ toneladas de sedimentos. Utilizando una regla empírica de que 15% del total de la carga es la carga del lecho, esto resultaría en una producción total de 3.9 x 10⁶ toneladas por año.

Los resultados de los estudios en el EIA sobre el transporte de sedimentos están claramente afectados por la naturaleza relativamente seca de los dos años estudiados. Es por lo tanto razonable asumir que la producción promedio de sedimentos a largo plazo en el Río Patuca será significativamente superior a aproximadamente 4 x 10⁶ toneladas por año. Sin embargo, no es claro cómo fueron obtenidas las cifras más altas adoptadas para el diseño.

Taipower (2009), indicó como su base para el diseño, que la producción total de sedimentos en el sitio de la represa Patuca 3 sería de 12 x 10⁶ toneladas por año. No hay explicación de cómo este número fue obtenido.

Sinohydro (2011), indicó como su base para el diseño, que la producción total de sedimentos en el sitio de la represa Patuca 3 sería de 18 x 10⁶ toneladas por año pero no hay explicación de cómo este valor fue obtenido.

4.2.2 Nuestros cálculos de la producción de sedimentos en Cayetano

La información disponible (ENEE 2012a y 2012b), representa 70 diferentes mediciones, en descargas que varían entre $13.4 \text{ m}^3/\text{s}$ y $353 \text{ m}^3/\text{s}$. Esto representa las descargas de alrededor de 90% del tiempo. La más baja de 2.5% y la más alta de 7% no están representadas en los datos. La

Figura 4-3 muestra el transporte de sedimentos suspendidos en toneladas por día ploteadas contra la descarga del río. Un aspecto notable de los resultados es que la curva no es fuertemente exponencial. Es sin embargo, imposible predecir si esto es cierto para caudales muy altos, arriba de $350 \text{ m}^3/\text{s}$.

Con base en la información mostrada en la Figura 4-3, hemos obtenido esta ecuación para la relación entre el transporte de sedimentos suspendidos y la descarga del río:

$$Q_S = 0.0262 * Q_L^{2.349}$$

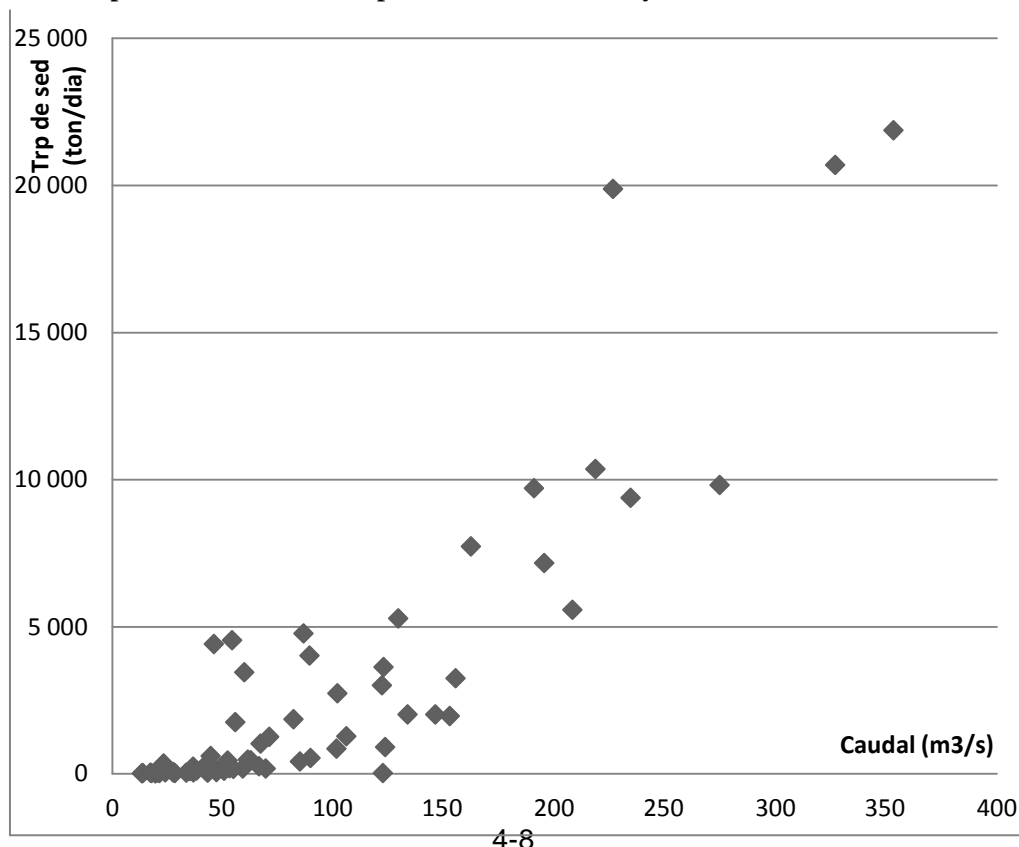
Donde

Q_S es la producción de sedimentos suspendidos en toneladas por día.

Q_L es la descarga del río en m^3/s .

Mediciones del transporte de sedimentos suspendidos han sido también realizadas por la ENEE para la estación Cuyamel (ver Mapa 4-1) en el tributario Cuyamel, así como en la estación Valencia aguas debajo en el Río Patuca. Ambas estaciones muestran concentraciones significativamente más bajas de sedimentos suspendidos con caudales relativamente más altos; la estación Valencia muestra producciones de sedimento más bajas que las que se presentan en la estación Cayetano. Las cifras para la estación Cuyamel son menores por un orden de magnitud y más, reflejando la mejor cobertura de terreno presente en la subcuenca de dicho tributario.

Figura 4-3 Transporte de sedimentos suspendidos medido en Cayetano durante 2004-2011.



En ambientes tales como la cuenca alta y media del Patuca, es normal que la producción de sedimentos esté dominada por periodos cortos de descargas muy altas, a menudo durante las primeras etapas de la estación húmeda. El Cuadro 4-8 muestra que aproximadamente 38 % de la carga de sedimentos será aportada por el 10 % de los caudales máximos mientras que el 60 % de los sedimentos por el 20 % esos caudales.

Cuadro 4-8 Contribución de la carga total estimada de sedimento en Cayetano durante diferentes fracciones de la curva de duración de la descarga

DURACION DE LA EXCEDENCIA (%)	CARGA DE SEDIMENTO (%)
1	4
2	8
10	38
20	60
50	90
75	98
100	100

4.2.3 Discusión

Es difícil determinar de dónde provienen las cifras de 12×10^6 toneladas /año (Taipower, 2009), y posteriormente 18×10^6 toneladas/año (Sinohydro, 2011). No existen explicaciones para las cifras estimadas en cualquiera de esos dos informes. Sin embargo, ambas cifras son presunciones claramente razonables de producciones reales de sedimentos a largo plazo basádonos en las mediciones disponibles.

Aún ahora, con un mayor registro de datos que los disponibles durante la realización del trabajo del EIA del 2008, no se han realizado mediciones del transporte de sedimentos para caudales arriba de $353 \text{ m}^3/\text{s}$. Caudales superiores a ese estimado ocurren durante más del 7% del tiempo, de acuerdo con la curva de duración calculada sobre la base de datos completos de información de caudales diarios de casi 40 años en Cayetano. Tomando en cuenta que gran parte de los sedimentos se producen en ambientes de la sección superior de la cuenca del Patuca y son transportados durante el 5% del tiempo que ocurren los caudales máximos, se necesita tener precaución.

Nuestros cálculos utilizan una curva de tasa de sedimentos actualizada basada en 70 mediciones del período 2004-2011. Estas mediciones representan solamente el 93% de la curva de duración (ver arriba), lo que significa solamente el 60% del total de los caudales de escorrentía. En vista de que la curva de duración de transporte de sedimentos es a menudo más pronunciada que la curva de duración de las descargas de caudales en el extremo de baja frecuencia en la curva, es justo asumir que al menos 50% o posiblemente hasta un 70% de la producción de sedimentos, podría esperarse que ocurra durante ese 7% que son los caudales máximos de la curva de duración.

Utilizando la ecuación desarrollada (basada solamente en las 70 mediciones reales), para los resultados de la curva de duración de la producción de sedimentos suspendidos totales es de 6.5×10^6 toneladas por año. Sin embargo, la ecuación no está validada para los caudales más altos (arriba de $353 \text{ m}^3/\text{s}$), y solamente resulta en un 30% (o 1.9×10^6 toneladas) del sedimento transportado durante caudales altos no medidos. Haciendo estos ajustes, realísticamente concluimos que la producción de sedimentos suspendidos es alrededor de $11\text{-}12 \times 10^6$ toneladas por año, resultando en un estimado de $13\text{-}14 \times 10^6$ toneladas por año de la

producción total de sedimento, incluyendo el transporte de la carga en el lecho.

Es nuestra conclusión que los estimados hechos por Taipower y Sinohydro están muy probablemente en el orden correcto de magnitud, y con un diseño que permite la entrega promedio a largo plazo en el futuro embalse de Patuca 3 de 18×10^6 toneladas por año de sedimentos, por lo que la estimación de Sinohydro es segura.

Sin embargo, una concentración media de más de 4 g/l es increíblemente alto, tan alto que se debe considerar la posibilidad de que las calculaciones erran en el lado de alta. A modo de comparación, un famoso río turbio, el Madeira, en la cuenca Amazónica, nunca ha registrado una concentración de sólidos en suspensión por encima de 3.5 g/l, y mucho menos un medio tan alto.

Si seguimos utilizando los niveles de transporte calculados – el embalse en su nivel suministro completo de 290 msnm, tendrá un volumen arriba de $1\,200 \times 10^6 \text{ m}^3$ y el volumen de almacenamiento muerto (muy alto) cerca de $600 \times 10^6 \text{ m}^3$. Considerando el gran volumen de almacenamiento del embalse combinado con la muy larga distancia existente en el extremo del embalse río arriba hasta la represa de Patuca 3, asumimos con un escenario del peor caso que la eficiencia de dicho embalse para captar los sedimentos será del 100%.

Si la producción de sedimentos se estableciera solamente en el volumen muerto del embalse (un escenario imposible), dicho volumen muerto no se llenaría en menos de alrededor de 46 años, con una densidad específica proyectada de los sedimentos de 1.4. Sin embargo, muchos de los sedimentos (particularmente las partículas más gruesas) se establecerán en las secciones superiores del embalse, reduciendo posible y principalmente el volumen de almacenamiento vivo. Dado que el volumen de almacenamiento vivo es de aproximadamente el mismo tamaño que el muerto, el número será el mismo que el indicado arriba.

Una medida común de las tasas de sedimentación en embalses es la vida media del almacenamiento (es decir, el tiempo que toma que la mitad del volumen se llene con sedimentos), esto sería para Patuca 3 de 50 años contando con el volumen completo, y suponemos un poco más de la mitad si una mayoría de la sedimentación se producirá en el volumen vivo de almacenamiento. Sin embargo, al examinar estas estimaciones hay que recordar que los cálculos de los 18 millones de toneladas por año son estimaciones muy conservadoras aunque fundamentadas en los datos obtenidos, se debe considerar que existirá una gran probabilidad de que la carga real de sedimentos al embalse Patuca 3 será menor que lo proyectado.

4.3 Calidad del Agua

4.3.1 Monitoreos

El concepto de calidad del agua es usado para describir las características químicas, físicas y biológicas del agua. La determinación de la calidad del agua depende del uso que se le va a dar y se determina mediante la comparación entre los valores obtenidos en los diferentes ensayos y normas de calidad reconocidas a nivel nacional y/o internacional, que proporcionan recomendaciones respecto a los límites que deben respetarse para que el agua mantenga características apropiadas para determinado uso.

Para fines del presente estudio, se hará uso de las recomendaciones generales para la clasificación de los parámetros de calidad de agua conforme al uso del recurso dadas en el Manual de Estándares para Calidad de Agua (EPA, 1990, Apéndice A), utilizado como guía para el Programa Nacional de Control de Agua Superficial (ibid.).

En la presente sección se describen los monitoreos realizados para determinar las características de calidad de agua del Río Patuca y sus principales afluentes, previo a la ocurrencia de los cambios que surgirán al operar el Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3. Los resultados obtenidos, especialmente en los sitios de muestreo ubicados aguas arriba y aguas abajo del sitio donde actualmente se construye la represa, constituyen la línea base para futuros diseños de monitoreos de calidad de agua y la estimación de los principales cambios sobre este recurso.

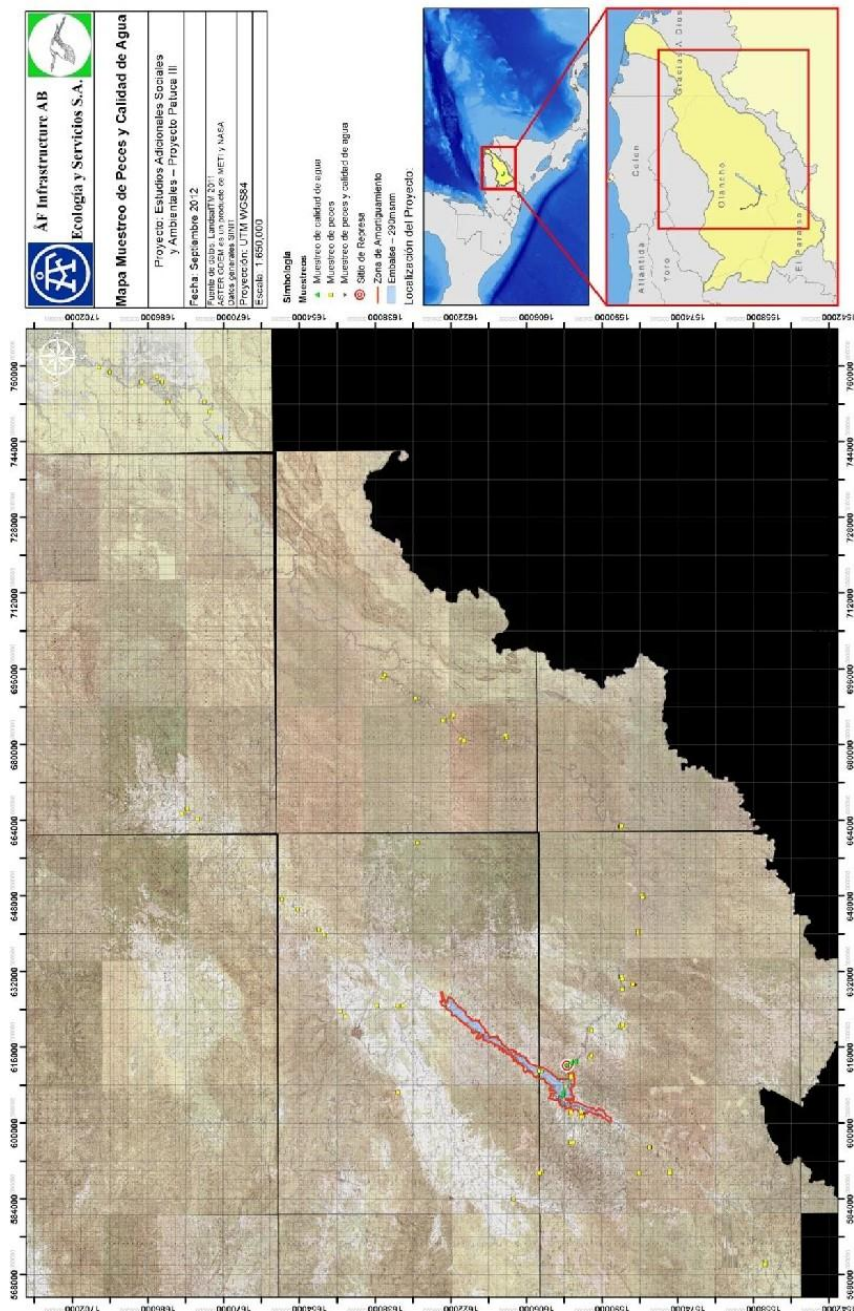
Los datos de la línea base permitirán determinar los efectos del Proyecto Patuca 3 sobre la calidad del agua partiendo de valores de referencia, estableciendo un estándar para la cuantificación de los impactos de dicho proyecto sobre la calidad del agua y el requerimiento de medidas de mitigación ya sea para evitar o reducir la magnitud de estos.

El diseño del monitoreo para la determinación de la calidad de agua del Río Patuca dentro del marco del presente informe, se ha realizado considerando los dos principales impactos de primer orden resultantes de la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3 que son, la alteración del régimen hidrológico y los cambios en ciertos parámetros de calidad de agua del río. En la mayor parte de los casos, los cambios en las condiciones de calidad de agua se encuentran directamente relacionados con la alteración del régimen hidrológico aguas abajo de la presa donde se establecerá el régimen operativo del proyecto y aguas arriba de la misma con la conversión de un entorno fluvial (lotico) a un entorno lentic (lago).

4.3.1.1 Métodos.

La metodología implementada para la determinación de la calidad del agua del Río Patuca y los posibles impactos sobre esta variable ambiental consistió en el análisis de los protocolos de monitoreo recomendados por la literatura pertinente, el trabajo de campo para la recolección de muestras en diferentes puntos en el río los cuales se presentan en el Mapa 4-2 y finalmente el análisis de los resultados obtenidos.

Mapa 4-2 Puntos de Monitoreo de Calidad de Agua y Peces



4.3.1.2 Recolección de muestras.

Se realizó el análisis y evaluación de los resultados de calidad de agua de ocho puntos de muestreo, cinco de ellos ubicados en el Río Patuca, dos en el Río Guayape y uno en el Río

Guayambre. Cada una de las muestras tomadas fue sometida a ensayos de laboratorio para los parámetros que se detallan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4-9. Parámetros de calidad de agua evaluados en muestras recolectadas para elaboración de línea base del Río Patuca en el marco del Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3.

Parámetros físicos
pH, Temperatura, Conductividad, Turbiedad, Sólidos Totales, Sólidos Disueltos, Sólidos suspendidos
Parámetros microbiológicos
NMP Coliformes Totales, NMP Coliformes Fecales
Parámetros fisicoquímicos
Nitrógeno total, Nitrógeno amoniacal, Nitratos, Nitritos, Sulfatos, Cloruros, Fluoruros, Fósforo total, Sulfuro de hidrógeno, Calcio, Magnesio, Hierro, Manganeseo
Parámetros orgánicos
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días / 20 °C), Demanda Química de Oxígeno, Oxígeno disuelto, Aceites y grasas
Metales pesados
Zinc, Cobre, Níquel, Plomo, Mercurio, Cadmio, Cromo, Arsénico

Para la descripción de la línea base se requiere contar con datos en temporada de lluvia y verano, lo cual permite identificar los cambios asociados al régimen hidráulico de alto flujo que ocurren en la temporada lluviosa y las variaciones en calidad de agua debido a reducciones en el caudal durante la temporada seca. Adicionalmente, se debe contar con los datos de calidad aguas arriba del sitio de construcción de la represa y comparar estos resultados identificando posibles diferencias con los obtenidos aguas abajo del proyecto.

Las muestras fueron recolectadas siguiendo los lineamientos del Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2005), preservando las porciones correspondientes conforme a los parámetros analizados.

4.3.1.3 Puntos de monitoreo

Para la obtención de las principales características del Río Patuca se realizó la toma de muestras de sus principales afluentes, que son el Río Guayape y el Río Guayambre, el punto de encuentro de estos afluentes que forman el Río Patuca y diferentes puntos del Río Patuca dentro del área de impacto directo del Proyecto Patuca 3 (ver Fotos 4-2, 4-3 y 4-4). La ubicación e identificación de los puntos seleccionados se describen a continuación en el siguiente cuadro y su distribución espacial se presenta en el Mapa 4-2.

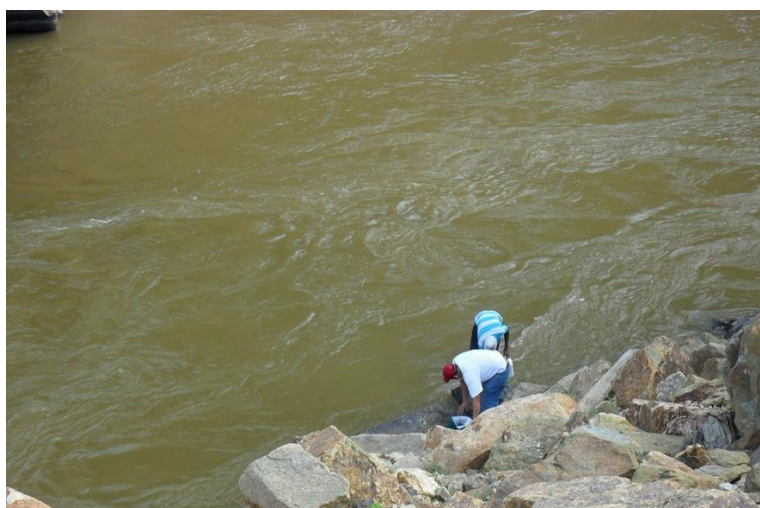
Foto 4-2 Toma de muestra de agua en el Río Guayape, tributario del Río Patuca.



Foto 4-3 Toma de muestra de agua en el Río Patuca aguas arriba del sitio de la presa del Proyecto Patuca 3.



Foto 4-4 Toma de muestra de agua en el Río Patuca aguas abajo del sitio de la presa del Proyecto Patuca 3.



La recolección de muestras se realizó en los meses de enero y abril del año 2012, correspondientes a finales de la temporada de lluvia y seca respectivamente. Se debe hacer notar la existencia de importantes diferencias en el caudal del Río Patuca y sus respectivos afluentes, reflejándose principalmente en la capacidad de navegar en bote a través de los ríos Guayape y Guayambre durante la temporada de lluvia, lo cual no se pudo realizar en temporada seca.

Cuadro 4-10. Identificación de puntos de monitoreo de calidad de agua en el marco del Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3.

Punto de monitoreo	Descripción
Guayape 1	1 km antes de Los Encuentros
Guayape 2	2 km antes de Los Encuentros
Guayambre 1	1 km antes de Los Encuentros
Los Encuentros	Unión de afluentes Guayape y Guayambre
Canasta	Estación de monitoreo hidrológica Cayetano, 1 km antes de sitio de construcción de represa
Represa	Sitio de construcción
Aguas abajo 1	1 km aguas debajo de sitio de construcción de represa
Aguas abajo 2	2 km aguas debajo de sitio de construcción de represa

Al momento de recolectar las muestras se realizaron los ensayos de temperatura, oxígeno disuelto y pH. La diferencia entre el promedio de temperatura registrada durante la temporada de lluvia y la seca se encuentra entre 2 y 3 °C.

Al realizar el monitoreo en temporada de verano, se observaron importantes avances en la zona de construcción de la represa y nuevos asentamientos para el personal que labora en dicho proyecto.

4.3.1.4 Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos del análisis de las muestras recolectadas se presentan en los cuadros siguientes y los reportes de laboratorio en el Anexo 4-1. Las principales características de la calidad del agua del Río Patuca en el área del Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3 se describen conforme a los parámetros analizados.

El Río Patuca refleja las características de calidad de agua de sus principales afluentes, manteniendo valores de pH alcalinos (dentro del rango de 8.2 a 8.7). Los valores promedio de conductividad obtenidos en las muestras recolectadas del Río Patuca son de 190 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la temporada seca y de 174 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para la temporada de lluvia, lo cual denota que el principal contribuyente es el Río Guayape que mantuvo valores de 195 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en su conductividad en comparación al Río Guayambre que mantuvo valores inferiores a 140 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para ambas temporadas. El hallazgo descrito nos conduce a esperar que, al ser el Río Guayape el afluente de mayor contribución al Río Patuca, también será el de mayor influencia para los demás parámetros de calidad de agua analizados.

El Río Guayape presenta una concentración promedio de sólidos totales de 200 mg/L, valor superior al promedio de 120 mg/L que se obtuvo en el Río Guayambre. El Río Guayape duplica la cantidad de sólidos disueltos presentes (130 mg/L) en comparación al Río Guayambre, y esta concentración se refleja a lo largo del Río Patuca que mantiene un rango de concentración de este parámetro entre 100 y 130 mg/L en los monitoreos realizados. En temporada de lluvia se puede apreciar un leve incremento (15 – 25%) en la concentración de sólidos de los ríos Guayape y Guayambre en comparación a los parámetros registrados en verano. Al ser la conductividad una medida indirecta de los sólidos disueltos presentes, los mismos cambios detectados para este parámetro se reflejan en los valores de conductividad.

Los valores más elevados de sólidos suspendidos se registran en el río Guayape (65 mg/L) durante la temporada de verano. La existencia de sustrato erosionado en la cuenca alta y media se reflejaría en el aumento de la concentración de sólidos suspendidos al incrementar el caudal en el Río Patuca y sus principales afluentes durante la temporada de lluvia, sin embargo, no se observa un aumento en la concentración de este parámetro sino más bien una disminución atribuida a la dilución ocasionada por la precipitación.



Cuadro 4-11. Resultados obtenidos en muestras tomadas al final de la temporada de lluvia (Enero, 2012)

Parameter	units	PUNTO DE MONITOREO							
		Guayape 2	Guayape 1	Guayambre 1	Los Encuentros	Canasta	Represa	Aguas abajo 1	Aguas abajo 2
pH		8.44	8.49	8.16	8.45	8.44	8.39	8.31	8.71
Conductividad	mS/cm	195.2	193.3	124.7	192.1	175.1	174.2	174.2	173
Turbiedad	NTU	9.8	12	12	15	29	23	22	20
Sólidos totales	mg/L	188.3	205	153.3	193.3	172.5	191.67	186.7	180
Sólidos totales disueltos	mg/L	135	143.3	77.5	157.5	157.5	140	127.5	125
Sólidos suspendidos	mg/L	41.3	36.3	31.02	30	37.5	36	36	32.7
Nitrógeno total	mg/L	2.58	3.14	<0.05	0.9	0.34	<0.05	<0.05	<0.05
Nitrógeno amoniacal	mg/L	0.25	0.2	<0.05	0.22	0.25	<0.05	<0.05	<0.05
Nitrato como N	mg/L	0.1	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Nitrito como N	mg/L	0.004	0.006	0.005	0.008	0.007	0.004	0.006	0.006
Sulfato	mg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
cloruros	mg/L	6.38	7.09	4.96	5.32	6.03	5.67	6.38	6.2
Fluoruros	mg/L	<0.02	<0.02	0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02	<0.02
Fósforo total	mg/L	0.3	0.19	0.18	0.14	0.18	0.18	0.2	0.17
Sulfuro de hidrógeno	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Calcio	mg/L	27.6	27.2	11.6	27.2	22.8	22.8	23.2	22
Magnesio	mg/L	5.35	5.83	4.37	5.1	5.1	4.86	4.62	4.86
Hierro	mg/L	1.67	1.69	0.91	1.41	2.73	1.44	1.36	1.15
Manganeso	mg/L	1.42	1.32	0.34	1.11	1.38	0.68	0.75	0.66
DBO5	mg/L	1.29	1.88	1.58	1.19	4.59	1.19	0.99	1.01
DQO	mg/L	<5.	<5	<5	<5	12.58	<5	<5	<5
Aceites y grasas	mg/L	1.2	<0.4	1.6	4.8	0.4	3.2	0.8	1.8



Parameter	units	PUNTO DE MONITOREO							
		Guayape 2	Guayape 1	Guayambre 1	Los Encuentros	Canasta	Represa	Aguas abajo 1	Aguas abajo 2
Cobre	mg/L	0.26	0.13	<0.01	0.18	0.1	0.08	0.07	0.08
Oxígeno disuelto	mg/L	9.8	9.24	9.08	n/a	n/a	9.83	9.04	10.3
NMP Coliformes totales	/100 mL	2 800	N/A	5 400	790	340	330	790	700
NMP Coliformes fecales	/100 mL	1 700	N/A	5 400	220	130	110	78	460
Zinc	mg/L	<0.001	N/A	0.006	0.027	<0.001	<0.02	N/A	<0.001
Niquel	mg/L	<0.001	N/A	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	N/A	<0.001
Plomo	mg/L	<0.001	N/A	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	N/A	<0.001
Mercurio	mg/L	<0.01	N/A	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	N/A	<0.01
Cadmio	mg/L	<0.0002	N/A	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	N/A	<0.0002
Cromo	mg/L	<0.0001	N/A	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	N/A	<0.0001
Arsenico	mg/L	<0.01	N/A	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	N/A	<0.01



Cuadro 4-12. Resultados obtenidos en muestras tomadas durante la temporada de verano (Abril, 2012)

Parameter	units	PUNTO DE MONITOREO						
		Guayape 2	Guayape 1	Guayambre 1	Los Encuentros	Canasta	Represa	Aguas abajo 2
pH		8.43	8.38	8.47	8.29	8.26	8.28	8.44
Conductividad	mS/cm	195.2	211	139.2	162.7	201	201.2	198.9
Turbiedad	NTU	34	50	11	27	27	27	30
Sólidos totales	mg/L	201.3	196	118.67	165.3	1733	169.3	172
Sólidos totales disueltos	mg/L	101	100	66	77	96	95	95
Sólidos suspendidos	mg/L	61.3	65.3	30.5	56	42.5	38.75	43
Nitrógeno total	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	1.83	<0.05	4.21
Nitrógeno amoniacal	mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
Nitrato como N	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Nitrito como N	mg/L	0.005	0.005	0.007	0.033	0.006	0.004	0.004
Sulfato	mg/L	3	<2	2	12	2	2	3
cloruros	mg/L	3.01	3.37	2.48	2.48	3.19	3.01	2.84
Fluoruros	mg/L	<0.02	<0.02	0.08	<0.02	<0.02	0.04	<0.02
Fósforo total	mg/L	<0.04	<0.04	0.12	0.2	1.04	<0.04	0.26
Sulfuro de hidrógeno	mg/L	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005	<0.005
Calcio	mg/L	30.8	30.8	13.6	21.2	25.2	25.6	26
Magnesio	mg/L	5.04	4.56	4.8	4.08	5.76	6.24	6
Hierro	mg/L	2.65	3.27	1.41	2.67	2.05	1.41	2.33
Manganeso	mg/L	0.171	0.195	0.056	0.121	0.131	0.114	0.117
DBO5	mg/L	3.43	2.97	3.5	2.11	2.42	4.03	4.75
DQO	mg/L	10.05	10.05	10.05	5.02	<5	9.32	9.32
Aceites y grasas	mg/L	2.8	2.4	2	4.8	0.4	<0.4	0.8
Cobre	mg/L	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
Oxígeno disuelto	mg/L	8.12	9.5	8.84	9.5	8.45	8.38	8.71
NMP Coliformes totales	/100 mL	780	N/A	450	1000	700	330	1100



		PUNTO DE MONITOREO						
Parameter	units	Guayape 2	Guayape 1	Guayambre 1	Los Encuentros	Canasta	Represa	Aguas abajo 2
NMP Coliformes fecales	/100 mL	780	N/A	450	1000	490	270	1100
Zinc	mg/L	0.0311	N/A	0.0272	0.0795	0.031	0.0263	0.0304
Niquel	mg/L	0.0051	N/A	<0.001	<0.001	0.0557	0.0176	0.0209
Plomo	mg/L	0.003	N/A	<0.001	0.001	0.001	0.002	0.002
Mercurio	mg/L	<0.01	N/A	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cadmio	mg/L	<0.0002	N/A	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002
Cromo	mg/L	0.0018	N/A	0.0029	0.0041	0.0044	0.0033	0.0049
Arsénico	mg/L	<0.01	N/A	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01



Se detectan cambios en la turbidez para los afluentes registrándose una reducción de 30 NTU entre la temporada de lluvia y la seca en el Río Guayape, obteniéndose los mayores valores (40 NTU) para la temporada seca, lo cual es congruente con los resultados de sólidos en suspensión obtenidos y descritos en la sección previa. La turbidez promedio obtenida en los puntos del monitoreados del Río Patuca se mantienen constantes en ambas temporadas. La EPA recomienda que la turbidez se mantenga por debajo de 50 NTU para calidad del agua dentro de la categoría III.

Las concentraciones de fósforo total, nitrógeno total y compuestos derivados son bajas y en su mayoría se encuentran por debajo del límite de detección (<0.05 mg/L, ver Anexo 4-1). Así mismo, los parámetros orgánicos, nutrientes e indicadores de materia orgánica, analizados presentaron valores cercanos o inferiores al límite de detección tanto en la temporada de lluvia como en verano. Las concentraciones más altas de nitrógeno se registraron durante la temporada de lluvia en los puntos de muestreo ubicados en el Río Guayape (3.14 mg/L), y en la temporada de verano a 2 km aguas abajo del sitio de construcción de la represa (4.21 mg/L).

Se puede observar un leve incremento en la concentración de materia orgánica medida en términos de DBO5 y DQO durante la temporada de verano en todos los puntos monitoreados, sin embargo las concentraciones obtenidas no denotan la influencia de vertidos de aguas residuales que afecte en forma significativa la calidad de las aguas, ya que la máxima concentración de DQO obtenida fue de 12.3 mg/L en el Río Patuca durante la temporada de lluvia, y en todos los puntos se obtuvo concentraciones menores a 5 mg/L de DBO5, lo cual denota una concentración depreciable de materia orgánica.

Al momento de realizar la toma de muestras se pudo observar actividad ganadera en diferentes puntos de la rivera del Río Guayape. Adicionalmente, entre los cambios observados aguas abajo del sitio de construcción de la represa, se identificó un nuevo asentamiento o colonia para el personal que labora en el proyecto de construcción. Ambas actividades contribuyen a los cambios en la concentración de materia orgánica y nutrientes presentes en el agua. Las variaciones registradas no son significativas y permanecen en concentraciones que no representaran un detrimento en la calidad de agua, manteniendo los parámetros que la ubican en la categoría III de la norma antes mencionada.

La concentración de oxígeno disuelto en todos los puntos de monitoreo, indican niveles de saturación en ambas temporadas para las temperaturas promedio registradas en los diferentes cuerpos de agua (promedio de 23 °C). Este parámetro es indicador de una adecuada oxigenación debido a la morfología y canal del río. Así mismo, como se describe en el apartado anterior, la demanda de oxígeno debido a la contaminación por materia orgánica es despreciable y no se refleja en un agotamiento de este elemento en el Río Patuca o sus afluentes.

Se registraron concentraciones mayores de bacterias coliformes totales y fecales en temporada de lluvia, y cuyos valores son congruentes con la ubicación de los puntos de monitoreo, obteniéndose resultado más elevados en zonas donde se observaba actividad ganadera o asentamientos. Se debe hacer notar que el sitio donde se construye la represa presentó las menores concentraciones en ambas temporadas.



Los parámetros de calidad de agua reflejan la influencia de depósitos sedimentarios de roca caliza en la geología del sitio, principalmente en el Río Guayape que presenta la concentración de Calcio más elevada (30,8 mg/L en comparación a 13,6 mg/L registrado en el Río Guayambre) y constituye el aportante mayoritario a la concentración de Calcio presente en el Río Patuca (26 mg/L). El Magnesio presentó concentraciones similares (en promedio 5 mg/L) tanto en los afluentes como en el Río Patuca.

Finalmente, se obtuvo valores por debajo del límite de detección para los metales pesados analizados, principalmente en la temporada de lluvia en los diferentes puntos de monitoreo.

Las mayores concentraciones se obtuvieron para el parámetro de zinc, registrándose un valor de 0.08 mg/L en el punto identificado como Los Encuentros, y de Níquel con un valor de 0.05 mg/L para el punto identificado como Canasta.

Los criterios presentados por la EPA en la norma antes mencionada, no restringe la concentración de estos parámetros para categorizar la calidad del agua, siempre cuando se presenten de forma natural en el entorno, por lo que la existencia de concentraciones elevadas deben ser analizadas en conjunto a la existencia de descargas de aguas residuales o estudios geológicos que muestren la existencia de dichos metales en la zona. Por las bajas concentraciones obtenidas, se concluye que el Río Patuca y sus afluentes no presentaron influencia de fuentes contaminantes que introduzcan metales pesados, de forma que no se altera la concentración de estos parámetros a valores significativos, que representen un peligro para el aprovechamiento del recurso.

Debido al conocimiento del desarrollo de actividades de minería artesanal en la zona aplicando la técnica de amalgamamiento con mercurio, se incluyó este parámetro en el listado de metales pesados a analizar, sin embargo, se obtuvieron resultados por debajo del límite de detección, lo cual puede ser resultado de los cambios fisicoquímicos provocados debido a la alcalinidad (pH) y niveles de oxígeno del agua, que contribuyen a que el mercurio no se mantenga en forma disuelta, o a la baja influencia de dicha actividad en el radio de operación del proyecto hidroeléctrico.

Con el fin de tener una idea de cómo clasificar las aguas del Río Patuca conforme a los parámetros analizados, evaluamos los resultados obtenidos conforme al Manual de Estándares para Calidad de Agua (EPA, 1990, Apéndice A), utilizado como guía para el Programa Nacional de Control de Agua Superficial, lo cual sirve para evaluar los futuros impactos del Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3 sobre esta variable ambiental. De acuerdo a este Manual, el agua del Río Patuca se ubica dentro de la categoría de III (Buena calidad), ya que los parámetros obtenidos, especialmente temperatura promedio, rango de pH y concentración de oxígeno se ajustan a los valores recomendados para este rango calidad. De acuerdo a la norma, esta fuente de agua puede ser utilizada para abastecimiento de actividades industriales, agroindustriales, riego y para la preservación del hábitat silvestre, migración, cría, desove y cosecha de peces y crustáceos.

Se atribuyen los mayores impactos a los cambios en temperatura, oxígeno disuelto y pH, conforme a los criterios para calidad de aguas superficiales recomendados por la EPA en su norma 440/5-90-004, ya que atribuye que al registrar cambios importantes en estos parámetros se está verificando una alteración en las condiciones naturales del río, y por lo



tanto esto podrá conducir a la alteración de otros parámetros de calidad de agua y finalmente al ecosistema que rodea dicho recurso.



4.4 Gases de Efecto de Invernadero

4.4.1 Mecanismos involucrados en la emisión de Gases de efecto invernadero (GEI) de las reservas.

Cuando se comenzó a dar énfasis a la importancia de la generación de emisiones de GEI en los embalses, se asumió que la materia orgánica en descomposición presente en el suelo y la vegetación inundada en los mismos, eran la fuente principal de dióxido de carbono y metano liberados en la atmosfera luego de la formación de estos sistemas artificiales. Pronto se volvió evidente que la degradación de la vegetación inundada era solo parcialmente responsable de las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de las superficies de los embalses. Es un hecho que grandes cantidades de materia orgánica en proceso de descomposición como parte de una etapa inicial de la operación del proyecto, son la fuente dominante de carbono y existe la posibilidad que aumenten las emisiones de GEI en cuencas reguladas, pero se ha demostrado en repetidas ocasiones que tanto los embalses como los lagos naturales son fuentes netas de emisiones de GEI a la atmósfera (e.g. Ouelett et al, 2012).

Los cuerpos de agua proporcionan condiciones favorables para la producción de materia orgánica en forma de fitoplancton (plantas unicelulares) y vegetación enraizada. Cuando las plantas y organismos presentes en el agua mueren, comienzan a descomponerse. Sin embargo, la cantidad de materia orgánica producida en los lagos y embalses es reducida en comparación a las cantidades requeridas para generar las comparativamente altas emisiones de metano y dióxido de carbono observados en estos sitios. Actualmente se ha confirmado que la mayoría de la materia en descomposición se obtiene de los principales afluentes y se transporta por el caudal proveniente de la captación aguas arriba del embalse. Consecuentemente no existe razón para sospechar que los embalses o represas difieren de los lagos en cuanto a la producción de emisiones de GEI cuando ha transcurrido un periodo de tiempo apropiado. Por otra parte, si los embalses contribuyen a mayores emisiones de metano que las que hubieren acontecido en ausencia de los mismos, también se cuantificará una contribución neta de GEI. Se debe hacer notar que el metano tiene un Potencial Global de Calentamiento (GWP) 25 veces mayor al dióxido de carbono, utilizando un horizonte de 100 años. Esta observación implica una característica para los lagos artificiales: sin importar su origen, si la materia orgánica en los embalses es continuamente reabastecida y si la descomposición de este material siempre resulta en la emisión de cantidades más altas de metano que de todas formas hubiesen sido emitidas en ausencia de una represa, entonces las superficies de los embalses constituirán fuentes permanentes de producción neta de GEI a la atmosfera.

El agua que fluye con mayor turbulencia se encuentra bien oxigenada, lo cual no permite la formación de metano, gas que se produce luego de un proceso estrictamente anaeróbico o en ausencia de oxígeno. En el agua estancada y particularmente cuando el cuerpo de agua se encuentra operando bajo condiciones de estratificación, el oxígeno disuelto presente en el hipolimnion (zona inferior del embalse a mayor profundidad), pronto se consume y se inician los procesos microbianos que llevan a la formación de metano. El metano formado en la parte inferior del embalse, se dispersará a través de la columna de agua o formará burbujas que ascenderán hacia la superficie. El metano es un nutriente atractivo para las



bacterias aerobias que residen en las capas superiores (epilimnion) de lagos o represas. Las capas de agua superiores presentan una mayor concentración de oxígeno disuelto el cual se consume rápidamente por estos microorganismos, transformando el gas metano ascendente mientras exista disponibilidad de este elemento.

Sin embargo, las burbujas hacen que el metano no esté disponible para las bacterias, de manera que si este gas atraviesa la columna de agua capturado en burbujas, es posible que sea liberado en la atmosfera. Las burbujas que eventualmente llegarán a la superficie no podrán formarse a profundidades mayores de 23 metros debido a la presión que se ejerce por la columna de agua. La disminución sucesiva de la presión en dirección a la superficie del embalse, hará que las burbujas que asciendan eventualmente incrementen volumen o se expandan en tamaño, lo que conducirá a que estas no puedan ser mantenidas y consecuentemente colapsen antes de llegar a la superficie del agua. Por lo tanto, cuando la profundidad es considerable, solamente cantidades depreciables de metano alcanzarán la superficie del agua.

Sin embargo, los embalses con profundidades de 20 metros o mayores, que almacenarán agua bajo condiciones anóxicas, también pueden contribuir con emisiones GEI. Si la toma para la operación de la turbina está ubicada en la zona de anoxia (abajo del epilimnion), la porción de agua con mayor concentración de metano disuelto será retirada y una considerable cantidad de metano será liberada a la atmosfera siguiendo el proceso de desgasificación aguas abajo de la represa. Este riesgo está asociado con la hidráulica del embalse que a su vez está relacionado con la forma o diseño del embalse, la ubicación y el tamaño de los caudales que ingresan, la velocidad del viento, la radiación solar incidente, la altura de la toma de agua para alimentación de turbinas, y el patrón temporal de flujos para generación de energía. Todos estos factores dificultan la formulación de estimaciones confiables para emisiones de GEI. Aún cuando la obra del embalse se haya completado y existan mediciones en tiempo real de producción de GEI, existen múltiples incertidumbres e inconvenientes metodológicos que hacen prácticamente imposible llegar a conclusiones exactas.

Por tanto, en las evaluaciones de impacto ambiental con respecto al tema del GEI se aplican en mayor medida métodos simplificados que enfatizan el riesgo (por lo que se utilizan estimados conservadores) en vez de la cuantificación detallada de diferentes mecanismos.

4.4.2 Factores específicos de importancia para la contribución de Patuca 3 a las emisiones de GEI

El área del futuro embalse es actualmente utilizada principalmente para agricultura y pastos (57%). Esta tierra contiene solo pequeñas cantidades de materia orgánica; 11% consiste de suelo mineral expuesta o que se encuentra cubierto de agua, en donde no se esperan cambios netos significativos de carbono después de la inundación. Los arbustos (2%) y arboles de pino dispersos (5%) cubren una pequeña parte del terreno. El área restante se encuentra cubierta de bosque. Antes de la inundación, la vegetación será retirada como actividad de limpieza del área que ocupará el embalse. En consecuencia, casi toda la materia orgánica presente al momento de la inundación u operación del embalse, será la que permanezca almacenada en el suelo. Probablemente el área del embalse que será



limpiada presente características similares a una sabana tropical. Los estimados del contenido de carbono en tales ambientes asciende a alrededor de 90 t C por hectárea.

Tomando en cuenta estas estimaciones, el área de embalse contendrá una concentración del orden de 4×10^8 kg de carbono. La mayoría de este carbono es probablemente fácil de descomponer resultando en emisiones comparativamente altas de GEI durante el primer año de operación de la represa. Cuando se alcancen condiciones de estabilidad en el embalse luego de transcurrir algunos años de la inundación y funcionamiento de la represa, no es necesario considerar las emisiones de dióxido de carbono al preparar un presupuesto de GEI en el embalse, porque como se explicó anteriormente, las emisiones de este gas ocurrirán de todas formas (ya sea en el río o al desembocar el río en el mar). Consecuentemente, las emisiones calculadas de GEI durante los primeros (pocos) años de operación deberán incluir metano así como dióxido de carbono, mientras que posteriormente se necesita considerar únicamente el metano. Una vez alcanzadas las condiciones de estabilidad en el embalse, la mayor parte de la materia orgánica que dará origen a las emisiones de GEI se derivarán de los principales afluentes donde ocurre la captación aguas arriba de la represa.



4.5 Hidrogeología

4.5.1 Características generales de los ambientes hidrogeológicos de los ríos principales

Al considerar las cuencas de los ríos Guayambre y Guayape que son los ríos que originan el Río Patuca y donde se construirá la represa Patuca 3 podemos considerar los aspectos físicos dentro del ámbito geológico de dichos cursos de agua.

Los ríos Guayambre y Guayape se insertan probablemente dentro de un valle tectónico desplazados por fallas transversales. Estos ríos tienen una dirección Nor-Noreste casi en sentido rectilíneo a través de una hondonada de secciones estrechas como las observadas en el Río Guayambre en el sector Sur-Suroeste, donde al llegar a la Quebrada de Oro Frío sufre un desplazamiento hacia el Este debido a posiblemente al desplazamiento de una falla de rumbo que lo desplaza en aproximadamente 1 000 metros. La Quebrada de Oro Frío se genera lógicamente al originarse el plano de falla ya que la misma tiene una trayectoria rectilínea.

El tramo comprendido entre ésta falla y la otra probable falla posiblemente donde el Río Guayambre cambia su trayectoria hacia el Este, el valle del río es más amplio con bordes cambiantes debido a la capacidad que tienen las rocas a ser modificadas por el tectonismo terciario.

El cambio de rumbo hacia el Este y la dirección de las aguas donde se produce el encuentro de los dos ríos que originan el Río Patuca posiblemente sea la traza de una falla de rumbo donde se ha producido además un hundimiento bastante apreciable que permita que se encuentren ambos cursos de agua y se trasladen buena parte de su trayectoria en ese sentido. Esta probable falla tendría un desplazamiento de aproximadamente 3 000 metros y logrando que el Río Guayape discurra sobre un cauce más amplio y con menor pendiente.

Si bien todo lo expresado anteriormente es una interpretación de lo que observa del mapa topográfico 1:50 000 y que puede haber algún error, se debería hacer estudios geológicos con apoyo de geofísica y así lograr un conocimiento real de la geología y la relación con las aguas superficiales y por ende de los depósitos de agua en el subsuelo. Estos estudios son esenciales debido a que estamos en presencia de fallas geológicas que ante el impacto de la presión del agua del embalse y los eventos naturales, puede alterarse el débil equilibrio sustentado actualmente y provocar una activación de las fallas y producir cambios considerables en la estructura actual.

Por otro lado podemos destacar que las zonas bajas dentro de los sectores montañosos, no se observan cursos de agua, salvo cárcavas incipientes, ya que prácticamente afloran en superficie las rocas madres, salvo en los bordes de las quebradas y parte del mismo valle se inserta un curso de agua definido con abundante vegetación dentro de su valle ya que fuera del mismo el paisaje es de pastizal o monte bajo. Las quebradas tienen en general bordes abruptos y profundos con desniveles en sus trayectorias. Esto probablemente sea debido a los cambios de nivel de base producto de la acción tectónica.

Foto 4-5: Sitio conocido como Los Encuentros (unión de los ríos Guayambre y Guayape y formación del Río Patuca)



4.5.2 Ríos y quebradas afluentes de los ríos principales

Los ríos y quebradas que en su gran mayoría son de segundo orden, pero también aportan agua las quebradas de primer orden, en general son perpendiculares a los ríos de tercer orden y que constituyen los cauces que originan el Río Patuca.

El diseño del drenaje es poco desarrollado y tienen un dibujo rectangular y en general rectilíneo. Este tipo de diseño es significativo ya que implica que los mismos se desarrollan en rocas competentes y materiales poco porosos. Además es posible decir que probablemente dichas trayectorias puedan ser determinadas por pequeñas fracturas, sean éstas fallas secundarias o diaclasas de tensión que se producen en las rocas. Es de hacer notar que las rocas observadas en los sitios que se han podido ver en los recorridos de campo, son rocas volcánicas del tipo riodacitas y basaltos que generalmente se hallan fuertemente diaclasados. En algunos sectores como en el puente que cruza el Río Guayape se observan en su lecho lutitas negras con metamorfismo que probablemente sean parte del Grupo Honduras. En éste lugar las lutitas tienen rumbo de 75° y buzamiento de 60° . Esta posición de dichas rocas indica claramente que han sufrido una fuerte alteración debido a la acción tectónica que ha afectado a la zona.

Las zonas deprimidas en general son onduladas como se observa en la Hacienda Los Encuentros donde hay pasturas y cerro redondeados de rocas aflorantes. En éste sitio que podemos exponer como representativo de los paisajes intra-serranos donde las quebradas

que los surcan están insertas en cauce relativamente profundos de aproximadamente 2 – 3 metros.

Foto 4-6: Material originario aflorando en superficie



En las zonas onduladas solo se observan pequeñas cárcavas de escasa penetración que se producen en épocas lluviosas y se debe básicamente a que la roca es compacta y no es posible una mayor erosión, de tal forma que no desarrollan cauces hacia las quebradas.

Indudablemente la presencia de materiales rocosos en superficie ya sea formando un paisaje ondulado o cerros ha determinado el diseño del drenaje superficial poco desarrollado y con formas casi rectangulares.

4.5.3 Afectación de los cursos de agua afluentes a los ríos principales

Los cursos de aguas tanto permanentes como los efímeros al acortarse su trayectoria debido a la presencia del embalse, que si bien no es significativa, pero al haber un cambio en el flujo de agua se producirá un cambio en el microclima de la región ya que los sitios que actualmente se hallan debajo de la cota de 290 msnm, quedarán inundados. Esta inundación en áreas con abundante vegetación aportará material orgánico a la represa. Lo mismo pasará con el agua que degradarán los materiales superficiales, en procesos de oxidación, erosión hidráulica, disgregación de los materiales, aportando material clástico y químicos que serán acarreados en suspensión, disolución y por arrastre a la represa. Estos aportes químicos y orgánicos cambiarán la calidad química del agua.

Foto 4-7: Lutitas negras con planos de esquistosidad



Foto 4-8: Borde de cauce de quebradas con material suelto re-depositado



Foto 4-9: Paisaje ondulado que expresa el relieve rocoso





4.5.4 Afectación de los acuíferos

En el paisaje geológico que se puede observar se pueden clasificar los acuíferos en dos tipos bien diferenciados.

4.5.4.1 Acuíferos libres o freáticos

Estos acuíferos se hallan restringidos a las márgenes de los ríos principales sobre todo dentro de la llanura de inundación y en parte en las terrazas elaboradas por los ríos. En los pequeños valles de las quebradas que son significativamente angostos se puede insertar un acuífero en los relictos de deposición cuando se han producido cambios hidrológicos en el tiempo.

En los áreas deprimidas, pero donde los afloramientos rocosos prácticamente se hallan a ras de suelo, es posible que haya almacenaje de agua en escasa cantidad, de tal forma que podríamos llamarlos acuitardos debido a que la roca es poco porosa y acuífugos libres fracturados ya que el fluido se puede hallar en las diaclasas de las rocas.

Por lo tanto, debemos considerar que prácticamente todo el paisaje es rocoso los acuíferos son escasos, pero si podríamos tener acuífugos en rocas y acuitardos en materiales pocos porosos de materiales clásticos redepositados.

En las terrazas y en las llanuras de inundación se hallan los acuíferos libres que probablemente sean efluentes respecto del río antes del llenado de la represa, pero al llenarse la represa éstos quedarán bajo agua saturando totalmente los espacios porosos destruyendo la textura de los materiales que conformaron el acuífero.

Indudablemente que en zonas donde las quebradas son amplias como el caso de la Quebrada El Tejar se observa que hay depósitos de terrazas donde las más antiguas son arenosas, pero las más recientes son gravosas, nos está indicando que el flujo de agua es más rápido que en tiempos antiguos. Esto nos indica que la deforestación de las cuencas altas ha permitido mayor erosión de su cauce. Las terrazas formadas en estos sitios que no son tan comunes forman acuíferos freáticos de escaso espesor ya que la roca madre se halla a pocos metros de profundidad.

Foto 4-10: Llanura de inundación del Río Guayambre a pocos metros de unirse con el Río Guayape en el sitio de Los Encuentros





4.5.4.2 Acuíferos Confinados y fracturados

Estos acuíferos se originan en los planos o zonas de fallas, de tal forma que ante el estrujamiento de las rocas al moverse los bloques, producen una permeabilidad secundaria en las rocas, formando verdaderos acuíferos que muchas veces son de gran producción de agua subterránea. En el Mapa 4-3 que se adjunta se han trazado algunos supuestos planos de fallas, tratando de identificarlas por las trayectorias de los cursos de agua, pero sin determinar en algunos casos el sentido de los movimientos.

Si bien en su gran mayoría estos acuíferos son confinados, pero como no se ha podido determinar la profundidad de los mismos, puede que sean semi-confinados, pero para ello es necesario un estudio de detalle.

Foto 4-11: Quebrada El Tejar afluente del Río Guayape



Si observamos la Quebrada de González podemos apreciar que en su valle se observa claramente depósitos de grava en superficie en la parte cuspidal. Hacia abajo se ven relictos de arena y por debajo en discordancia se halla la roca aflorante que es una toba gravosa rojiza. Esta roca se aprecia a lo largo del recorrido entre las Quebrada El Tejar y la de González. Esta secuencia de depósitos de ésta quebrada nos indica que se está profundizando actualmente, por lo tanto podemos inferir la presencia de una falla geológica.

Los acuíferos fracturados que pueden ser confinados o semi-confinados son los menos afectados por la represa de Patuca 3 salvo la gran falla que se aprecia en el trazado de los ríos Guayambre y Guayape que al estar bajo agua puede que con el tiempo recargue el acuífero y quizás produzca un desequilibrio en los planos de falla.



Mapa 4-3 Mapa de la zona del proyecto indicando los planos de fallas existentes

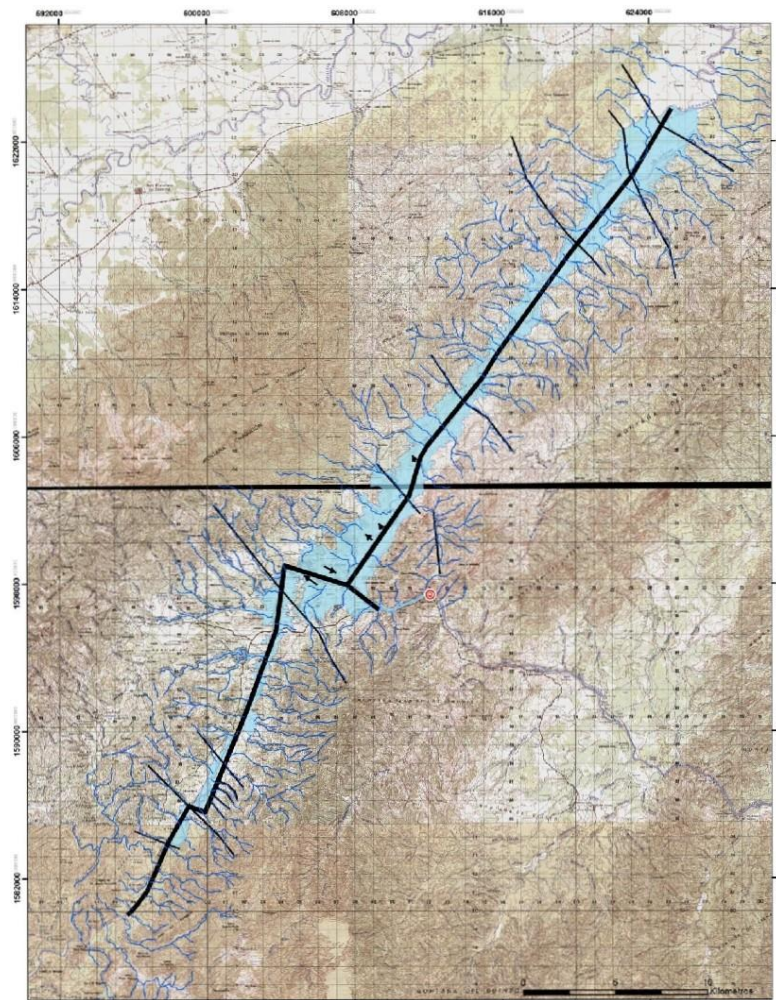


Foto 4-12: Perfil geológico superior de la Quebrada de González



Foto 4-13: Perfil geológico inferior de la Quebrada de González



Foto 4-14: Vegetación herbácea en suelo escasamente desarrollado.



Foto 4-15: Material gravoso con cierta estratificación en los flancos de las quebradas.

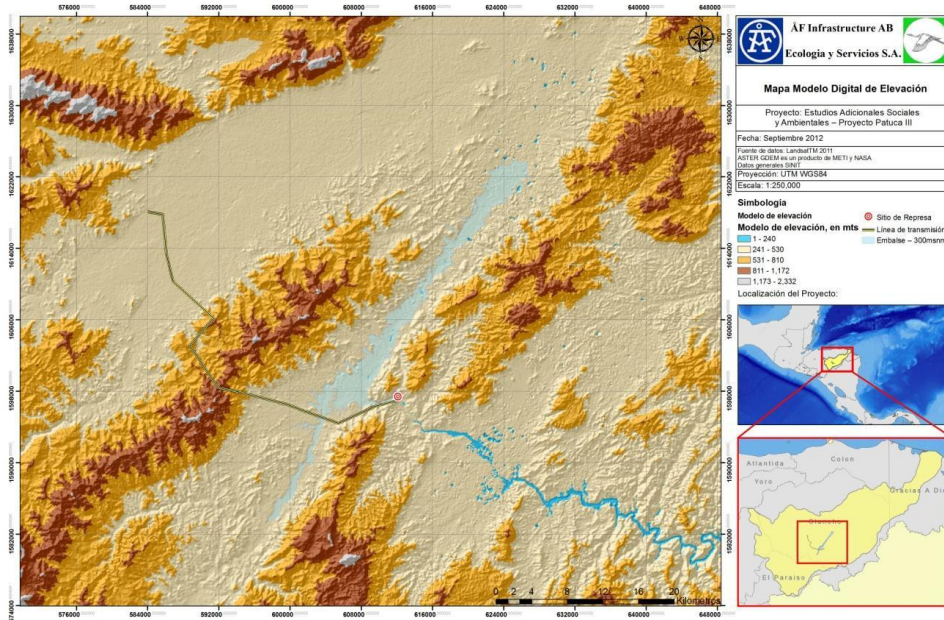




4.6 Geomorfología

Mediante el análisis de los grupos geológicos existentes, la información de suelos y la comprobación en campo, se identificaron cuatro unidades geomorfológicas sobresalientes siendo estas las llanuras de inundación, las Terrazas Aluviales, las Lomas Redondeadas y finalmente los Cerros Redondeados. La descripción de estas unidades geomorfológicas se presentan a continuación y las mismas se pueden apreciar en el mapa de elevación digital y en el de pendientes del área que se presentan en el Mapa 4-4 y en el Mapa 4-5 respectivamente.

Mapa 4-4 Modelo de elevación digital del área del proyecto hidroeléctrico Patuca 3 y alrededores



4.6.1 Llanuras de Inundación

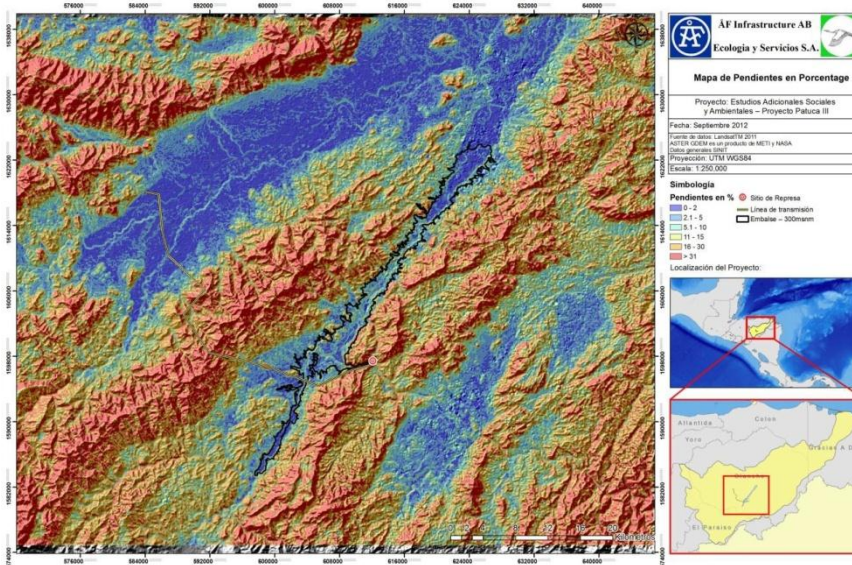
Esta unidad se reconoce por su posición directamente continua a las corrientes principales, con ubicación topográfica muy baja de relieve plano a ligeramente plano, incluye terrazas muy bajas próximas a los ríos, constituyendo pequeños valles tributarios, expuestos a procesos recurrentes de inundación a consecuencia de las fuertes avenidas; son originadas por depósitos de material clástico aluvial poco o nada consolidado, de composición litológica conformada por gravas, arenas, limos y arcillas, transportados por los ríos, productos de procesos externos dinámicos como deslizamientos, flujos y de la erosión misma que ocurre en la parte alta de las montañas, desde donde se originan los cauces de los principales ríos. En la actualidad se encuentran ocupadas con cultivos de maíz ocasionales, pastos cultivados, pastos naturales y matorrales. El grado de erosión en su



superficie es leve, salvo en los bordes ribereños donde son afectadas por socavamientos y erosión lateral.

Se encuentran entre 2 y 3 m sobre el nivel del río y generalmente son inundadas durante las épocas de crecientes estacionales anuales. Tienen una forma elongada, y se desarrollan en las partes contiguas del afluente principal de los ríos Guayambre y Guayape, siendo la pendiente predominante de 2 – 5 %. Están expuestos procesos erosivos que incluyen. Inundación, emplazamientos de material y socavamiento.

Mapa 4-5 Mapa de Pendientes en Porcentaje



4.6.2 Terrazas aluviales

Esta unidad se reconoce por su posición paralela a ambos márgenes de la línea del drenaje existente. Normalmente están definidos por ángulos bien definidos, uno que forma con el lecho de roca o con una terraza más alta y el otro con los sedimentos aluviales más bajos.

En la zona de estudio se localizan por encima de las terrazas de inundación, corresponden a acumulaciones de sedimentos o depósitos de sedimentos aluviales, producto de la erosión y del transporte del agua de escorrentía que a su vez es impulsada por la gravedad. Se localizan en diferentes partes y la pendiente predominante fluctúa de 0 al 5%.

4.6.3 Lomas redondeadas

Corresponde a elevaciones del terreno con cimas amplias, redondeadas y alargadas, cuya topografía presentan ondulaciones, debido a procesos ocasionados por escorrentía



superficial; su potencial es reducido debido a las limitaciones topográficas y edáficas, que hacen de estos medios ecológicamente frágiles y de alta susceptibilidad erosiva.

Litológicamente están constituidas por rocas sedimentarias correspondientes principalmente a la formación Grupo Honduras del Jurásico Cretácico (JKhg). La pendiente dominante fluctúa entre 15 y 30 %. Actualmente están ocupadas con bosques de pino, matorrales y pastos.

4.6.4 Cerros redondeados

Son elevaciones del terreno que ocupan una posición superior a las lomas redondeadas, pero con cimas más amplias, redondeadas y alargadas, y pendientes entre 30 a 50 %. Esta unidad corresponde a zonas cuya topografía es fuertemente ondulada, debido también a procesos ocasionados por escorrentía superficial; su potencial es reducido debido a las limitaciones topográficas y al poco desarrollo de sus suelos, que hacen de estos medios ecológicamente frágiles y de alta susceptibilidad erosiva. Al igual que las lomas redondeadas, litológicamente están constituidas por rocas sedimentarias correspondientes principalmente a la formación Grupo Honduras del Jurásico Cretácico (JKhg). La pendiente dominante es superior al 30 %. Actualmente están ocupadas con bosques de pino en diferentes estados de madurez, bosques deciduos, matorrales, y pastos.

Foto 4-16 Terraza aluvial en primer plano, Llanura de Inundación en la parte media y al fondo lomas y cerros redondeados

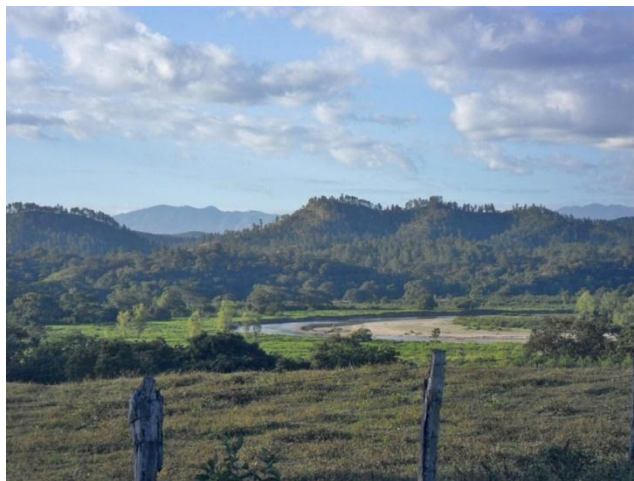


Foto 4-17 Terraza Aluvial, ocupada con cultivo de maíz y pastos



Foto 4-18 Lomas y cerros redondeados al fondo y llanura de inundación al frente



Foto 4-19 Lomas redondeadas en frente ocupadas con pastos y al fondo cerros redondeados, cubiertos con bosque de pino





4.7 Suelos

En cuanto a la caracterización de los suelos, un estudio de Suelos y la Capacidad de Uso de las Tierras en el área que comprenderá el embalse y la zona de amortiguamiento del Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3 fue realizado con el fin de identificar las diferentes series de suelos existentes dentro de dicho área basándonos en la Clasificación de Los Suelos de Honduras realizada por Simmons y Castellanos (1969). Este sistema clasifica los suelos en función de su origen, posición topográfica, pendientes, drenaje, profundidad, textura, estructura y grado de erosión.

En total se describieron 58 perfiles de suelos por clase de pendiente, obteniendo una densidad promedio de muestreo de un (1) perfil/129 ha, correspondiendo por lo tanto a un estudio a nivel de semidetalle. La escala de publicación del mapa resultante corresponde a 1:50 000, en coordenadas UTM, Datum WGS 1984.

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la realización del estudio, tres (3) series de suelos se identificaron dentro de los áreas de impacto directo y influencia directa del Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3, siendo estas los Suelos Aluviales, Bien Drenados de Texturas Finas (AF), los Suelos Aluviales, Mal drenados de Texturas Finas (AM) y los Suelos Jacaleapa (Ja); así mismo se identificó y mapeo otra unidad la que corresponde a Bancos de Arena y Gravas. La descripción de cada una de las series de suelos se presenta a continuación y la distribución espacial de los mismos tanto para la zona del embalse como para la zona de amortiguamiento se puede apreciar en el Mapas 4-6 – 4-10 y sus superficies en el siguiente Cuadro 4-13.

Cuadro 4-13: Superficie según mapa de suelos en las zonas de embalse y amortiguamiento (2011)

NO.	Serie de Suelos	Superficie en la zona del embalse* (ha)	Superficie en la zona de amortiguamiento (ha)	Superficie Total de Suelos en la zona de embalse y de amortiguamiento
1	Suelos Aluviales, bien drenados de texturas finas	1 113.80	1 143.80	2 257.60
2	Suelos Aluviales, mal drenados de texturas finas	2 056.95	114.45	2 171.40
3	Suelos Jacaleapa	1 195.74	2 762.01	3 957.75
4	Bancos de arena y grava	192.97	2.87	195.84
	Cuerpos de agua,	362.21	21.68	383.89
	Total	4 921.67	4 044.81	8 966.48

*Todos estos suelos serán inundados permanentemente, por la creación del embalse.



Cabe mencionar que de los 58 perfiles descritos, a 16 de ellos se les tomo una muestra de suelos compuesta, estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelos, de la Universidad Agrícola de El Zamorano, en donde se les practicaron análisis de rutina, esto con el objeto de tener una idea sobre su fertilidad natural. Los análisis incluyeron el pH, % M.O, % N total, P, K, Ca, Mg y Na.

Los resultados promedio de los análisis, para cada una de las series de suelos, se presentan en cuadros siguientes.

4.7.1 Suelos aluviales, bien drenados de texturas finas (AF)

Estos suelos, se localizan en ambas márgenes de los río Guayape y Guayambre, ocupando un nivel superior con relación a los canales principales de estos ríos, por lo tanto no se encuentran expuestos a las inundaciones, están constituidos por una serie de terrazas aluviales antiguas, en general son muy profundos (< 100 cm), con drenaje de lento excesivamente drenados, predominando los colores pardo amarillentos oscuros, pardo grisáceos muy oscuros, pardos y pardos oscuro; texturas moderadamente finas y moderadamente gruesas, estructuras blocosas angulares pequeñas mayormente; permeabilidad entre moderadamente rápida a moderadamente lenta; mediana capacidad de retención de humedad; con pocos fragmentos gruesos dentro del perfil, principalmente gravas y piedras de formas redonda; se han formados a partir de sedimentos aluviales cuaternarios o más recientes, provenientes de diferentes tipos de rocas, mayormente sedimentarias y metamórficas. Se observan ligeramente erosionados; las pendientes oscilan entre los rangos 0 – 5 % y los relieves entre planos a ligeramente planos; no presentan pedregosidad superficial y tampoco afloramientos rocosos.

En la actualidad se encuentran cubiertos con pastos naturales y cultivados, también algunas pequeños áreas con cultivos de maíz. Ocupan un área total de 2 257.60 ha (22.6 km²) de las cuales 1 113.80 ha (11.14 km²)) corresponden a la zona del embalse que es el área de impacto directo y 1 143.80 ha (11.44 km²) que ocupan la zona de amortiguamiento. Se reconocen en el mapa por el símbolo AF. A continuación se describen perfiles representativos de esta Serie de Suelos y los y se presentan los análisis físico - químicos del más representativo.

**INFORME FINAL
ESTUDIOS AMBIENTALES Y SOCIALES ADICIONALES,
PATUCA 3, HONDURAS**

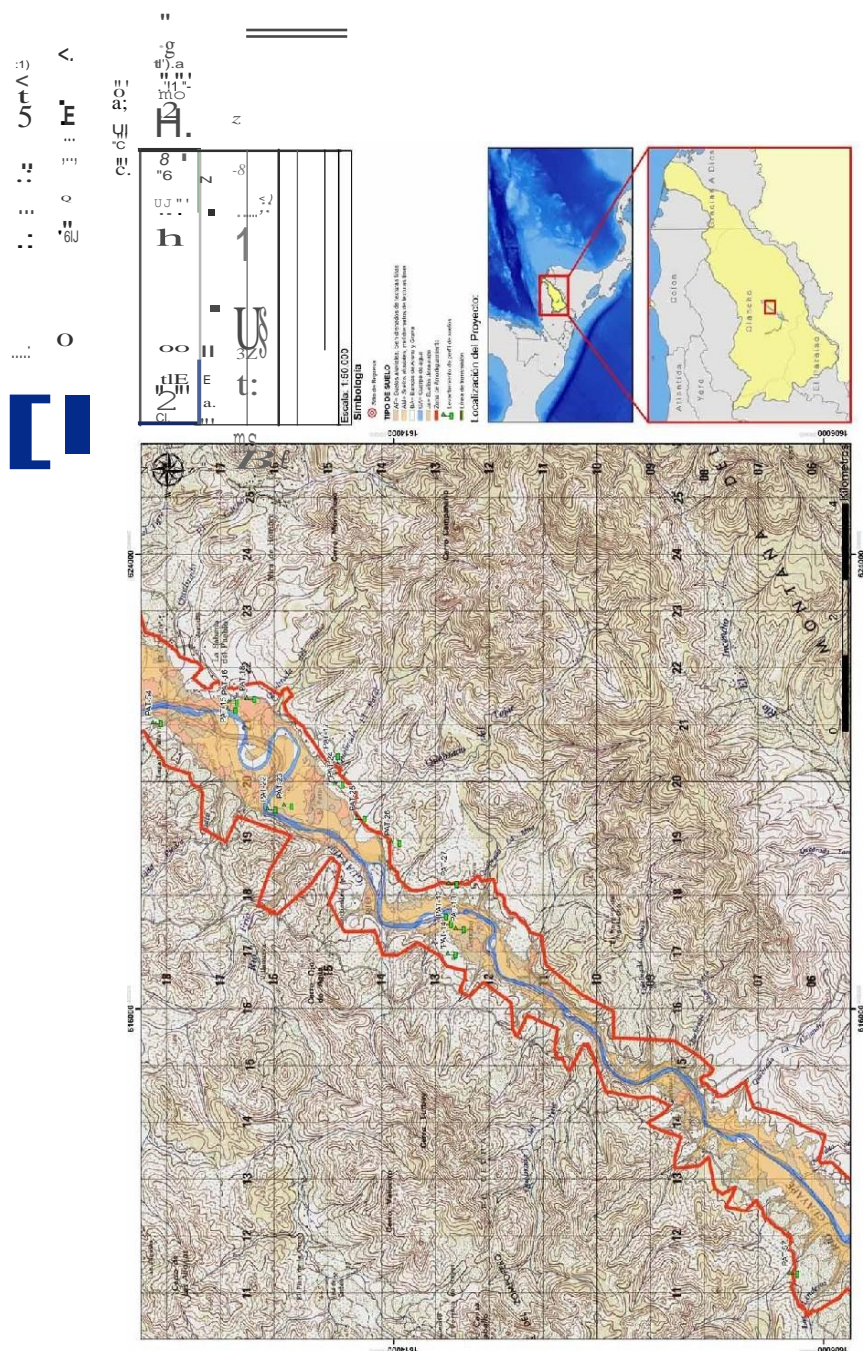


Mapa 4-6 Los Suelos en el area del Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3 y alrededores, mapa A

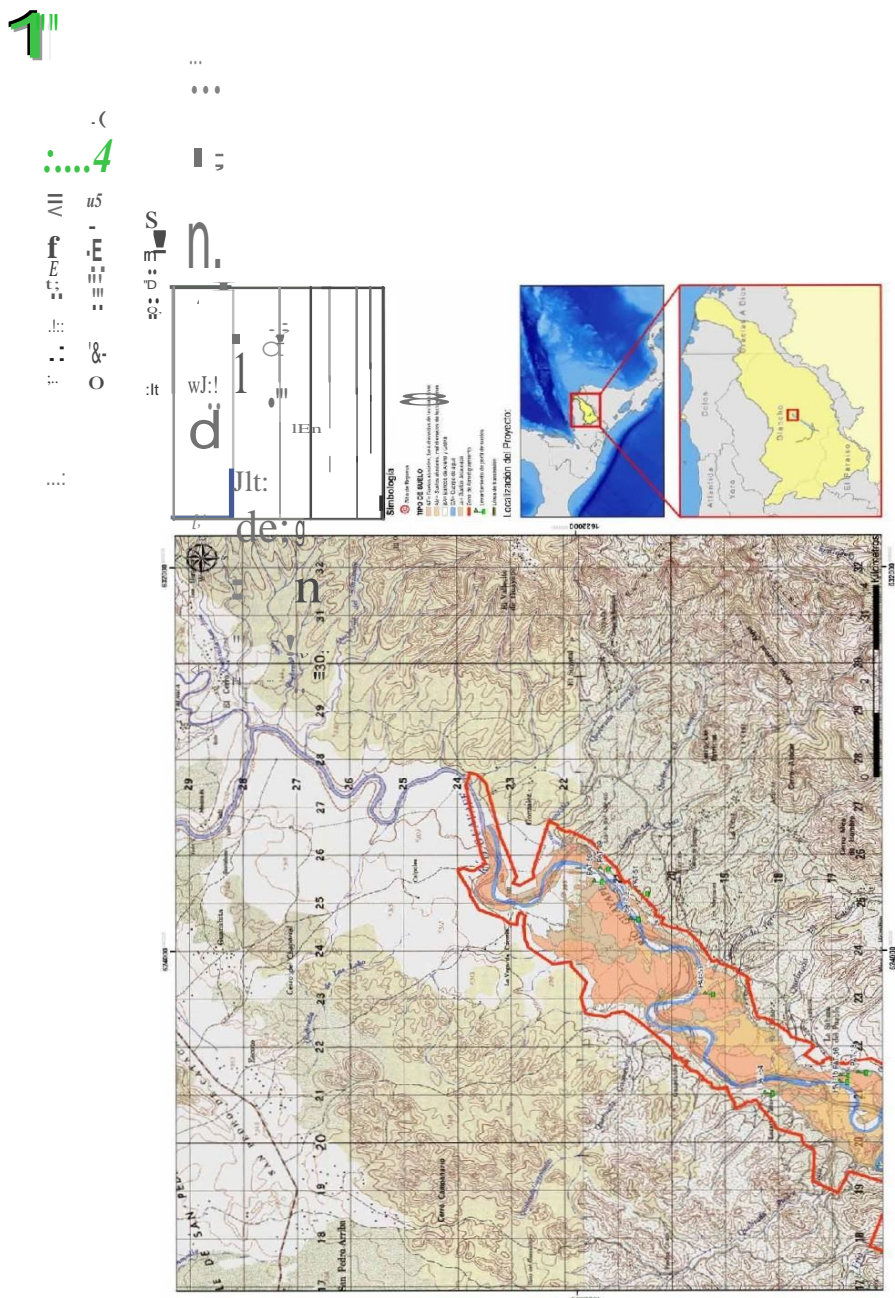
Mapa
4-7
Los
Suelos
en el
area
del
Proyecto
Hidroeléctrico
Patuca 3 y
alrededores,
mapa
B



Mapa 4-8 Los Suelos en el area del Proyecto Hidroeléctrico Patuca 3 y alrededores, mapa C



Mapa 4-9 Los Suelos en el area del Proyecto Hidroelctrico Patuca 3 y alrededores, mapa D



•
• • •
•
• • • •





4.7.1.1 Perfil PAT – 1

Este perfil se observó y describió en un agujero que se excavó, localizado en las coordenadas UTM 606258 longitud Este y 1597208 latitud Norte, a una altitud de 280 msnm, en el lugar denominado Aposentos, en un sitio con una pendiente promedio de 3 %, presenta un horizonte superficial hasta los 24 cm de profundidad; color pardo oscuro en húmedo (7.5YR 3/4); textura franco arcillosa; estructura blocosa angular débil pequeña; consistencia muy friable en húmedo, adherente y plástica en mojado; poros finos y muy finos frecuentes, raíces finas y muy finas frecuentes y medianas muy pocas, con pocos fragmentos gruesos, mayormente gravas redondas en un 20 %; permeabilidad moderadamente lenta. El subsuelo hasta una profundidad de 100 cm o más, presenta dos horizontes de colores pardo oscuro a pardo intenso en húmedo (7.5YR 4/6 y 7.5 YR3/3); texturas franco arcillo arenosa y arcillo arenosa; estructuras blocosas angulares débiles pequeñas; consistencias muy friables en húmedo, adherentes y plásticas en mojado; poros finos y muy finos frecuentes, raíces medianas muy pocas, alta capacidad de retención de humedad, con presencia de fragmentos gruesos, mayormente gravas redondas en un 20 %; permeabilidad moderadamente lenta.

4.7.1.2 Perfil PAT-13

Este perfil se observó y describió en un agujero que se excavó, localizado en las coordenadas UTM 617409 longitud Este y 1612775 latitud Norte, a una altitud de 270 msnm, en las cercanías de la comunidad de Tencho, en un sitio con una pendiente promedio de 1 %, presenta un horizonte superficial hasta los 20 cm de profundidad; color pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR 3/2); textura arcillo limosa; estructura blocosa angular débil pequeña; consistencia muy friable en húmedo, muy adherente y muy plástica en mojado; poros finos y muy finos frecuentes, raíces finas y muy finas frecuentes y medianas pocas, alta capacidad de retención de humedad, con presencia de fragmentos gruesos, mayormente gravas redondas en un 20 %; permeabilidad lenta. El subsuelo hasta una profundidad de 110 cm o más, presenta tres horizontes de colores pardo y pardo oscuros, en húmedo (10YR3/3, 7.5YR4/4 y 7.5 YR3/3); con texturas arcillo limosa y arenosa franca; estructuras blocosas angulares débiles pequeñas y medianas; consistencias muy friables y firme en húmedo, ligeramente adherentes y muy adherentes y ligeramente plásticas y muy plásticas en mojado; poros finos frecuentes y grandes muchos, raíces medianas muy pocas, sin presencia de fragmentos gruesos; permeabilidad entre moderadamente lenta y rápida.

Foto 4-20 Perfil de suelos PAT- 1, representativo de la serie suelos aluviales, bien drenados de texturas finas (AF), mostrando la profundidad mayor a 100 cm., las texturas moderadamente finas y finas y colores pardo oscuros y pardos.



Foto 4-21 Perfil de suelos PAT- 13, representativo de la serie suelos aluviales, bien drenados de texturas finas (AF), mostrando la profundidad mayor a 100 cm., las texturas finas y los colores pardo oscuros y pardos.



En el siguiente Cuadro 4-14 se presentan los resultados promedios de los análisis practicados en el Laboratorio de Suelos, de la Escuela Agrícola Panamericana, para muestras de esta Serie de Suelos:



Cuadro 4-14: Valores Promedios de Análisis Físicos y Químicos, Perfiles de Suelos Aluviales, bien drenados de texturas finas

pH	M.O %	N Total %	Mg/Kg (Extractable)				Na	Relación Ca/Mg
			P	K	Ca	Mg		
6.13 LA	2.3 Medio	0.11 Bajo	3.2 Bajo	172.4 Bajo	2 367 Bajo	497.8 Alto	154.8 Normal	5.44 Media

Fuente: Resultados de Laboratorio EAP, El Zamorano.

LA= ligeramente ácido.

Los resultados mostrados en el cuadro anterior, indican que estos suelos presentan en general una baja fertilidad natural, es así que el pH se encuentra ligeramente ácido (6.13); la materia orgánica presenta un contenido medio (2.3) el nitrógeno total está bajo (0.11), los cationes como el fósforo el potasio presentan contenidos bajos, no ocurre lo mismo con el magnesio, que muestra valores altos (497.8 en promedio respectivamente); el calcio también presenta contenidos bajos (2 367 mg/Kg de suelo en promedio respectivamente); en cuanto el nivel de sodio, este se manifiesta normal en un promedio de 154.8 mg/Kg de suelo.

4.7.1.3 Perfil PAT- 24

Este perfil se observó y describió en un paredón, localizado en las coordenadas UTM 619950 longitud Este y 1615030 latitud Norte, a una altitud de 290 msnm, en la comunidad de El Patal, en un sitio con una pendiente promedio de 1 %, presenta un horizonte superficial hasta los 20 cm de profundidad; color gris muy oscuro en húmedo (7.5YR 3/1); textura franco arcillo limosa; estructura grano suelto; consistencia friable en húmedo, adherente y plástica en mojado; poros finos frecuentes, raíces finas y muy finas frecuentes y medianas pocas, sin presencia de fragmentos gruesos; permeabilidad moderadamente lenta. El subsuelo hasta una profundidad de 120 cm o más, presenta dos horizontes de colores pardo, en húmedo (7.5 YR4/2 y 7.5YR4/3); con texturas franco arcillo arenosa y arcillo limosa; estructuras blocosas angulares débiles medianas; consistencias friable y firme en húmedo, adherentes y plásticas en mojado; poros finos frecuentes, raíces medianas muy pocas, sin presencia de fragmentos gruesos; permeabilidad entre moderadamente lenta y lenta.

Foto 4-22 Perfil de suelos PAT-24, representativo de la serie suelos aluviales, bien drenados de texturas finas (AF), mostrando profundidad superior a 100 cm., colores grises muy oscuros y pardos, texturas moderadamente finas.



4.7.2 Suelos Aluviales, Mal drenados de Texturas Finas (AM)

Estos suelos se localizan a lo largo de ambas márgenes de los río Guayape y Guayambre, ocupando un nivel inferior con relación a los Suelos Aluviales bien drenados de Texturas Finas (AM), muy próximos a los canales principales de estos ríos, por lo tanto se encuentran expuestos a las inundaciones periódicas provocadas por las avenidas de dichos corrientes superficiales, están constituidos por una serie terrazas y planos de inundación, en general son muy profundos (< 100 cm), con drenaje de muy lento excesivamente drenados, predominando los colores pardo oscuros, pardo amarillentos y pardo amarillento oscuros; texturas moderadamente finas y moderadamente gruesas predominantemente, estructuras blocosas angulares pequeñas y medianas mayormente; permeabilidad entre moderadamente lenta a muy lenta; alta capacidad de retención de humedad; con pocos fragmentos gruesos dentro del perfil, principalmente gravas y piedras de forma redonda; se han formados a partir de sedimentos aluviales cuaternarios o más recientes, provenientes de diferentes tipos de rocas, mayormente sedimentarias y metamórficas. Se observan ligeramente erosionados; las pendientes oscilan entre los rangos 0 – 5 % y los relieves entre planos a ligeramente planos; no presentan pedregosidad superficial y tampoco afloramientos rocosos.

En la actualidad se encuentran cubiertos con pastos naturales y cultivados, también algunas pequeños áreas con cultivos de maíz. Ocupan un área de 2 171.40 ha de las cuales 2 056.95 ha (20.57 km²) corresponden a la zona del embalse que es el área de impacto directo y 114.45 ha (1.14 km²) que ocupan la zona de amortiguamiento. Se reconocen en el mapa por el símbolo AM. A continuación se describen los perfiles representativos de esta Serie de Suelos y se presentan los análisis físico – químicos del más representativo.

4.7.2.1 Perfil PAT- 2

Este perfil se observó y describió en un talud, localizado en las coordenadas UTM 607600 longitud Este y 1597475 latitud Norte, a una altitud de 260 msnm., en el sitio denominado Los Encuentros, en un sitio con pendiente promedio del 1 %, presenta un horizonte superficial hasta los 17 cm de profundidad; color pardo oscuro en húmedo (10YR 4/3); textura arenosa franco; sin estructura; consistencia muy friable en húmedo, ligeramente



adherente y ligeramente plástica en mojado; poros gruesos muchos, raíces finas y muy finas abundantes y medianas muy pocas, sin presencia de fragmentos gruesos, permeabilidad rápida. El subsuelo hasta una profundidad de 165 cm, presenta tres horizontes de colores pardo amarillento oscuro y pardo amarillento en húmedo (10YR 4/4 y 10YR5/4); texturas franco arenosa y arenosas franco; estructuras blocosas angulares débiles pequeñas; consistencias sueltas y muy friables en húmedo, sin adherencia y no plásticas en mojado; poros gruesos muchos; raíces medianas muy pocas; con presencia de moteaduras finos y muchos, de colores pardo intenso (7.5YR 4/6), evidencia de problemas de drenaje interno; sin presencia de fragmentos gruesos, permeabilidad rápida.

4.7.2.2 Perfil PAT- 5

Este perfil se observó y describió en un talud, localizado en las coordenadas UTM 607500 longitud Este y 1598150 latitud Norte, a una altitud de 260 msnm, en el sitio denominado Los Mangos, en un sitio con pendiente promedio del 3 %, presenta un horizonte superficial hasta los 32 cm de profundidad; color pardo oscuro en húmedo (10YR 3/3); textura arcillo limosa; estructura blocosa angular mediana moderada; consistencia muy friable en húmedo, adherente y plástica en mojado; poros finos muchos; raíces finas y muy finas abundantes y medianas muy pocas, sin presencia de fragmentos gruesos, permeabilidad lenta. El subsuelo hasta una profundidad de 100 y más cm, presenta dos horizontes de colores entre pardo amarillento oscuro y pardo amarillento en húmedo (10YR 5/3 y 10YR3/3); texturas franco arcillo limosas; estructuras blocosas angulares medianas moderadas; consistencias muy friables en húmedo, adherentes y plásticas en mojado; poros finos frecuentes; raíces medianas muy pocas; con presencia de moteaduras gruesas y muchas, de colores pardo amarillentos (10YR 5/4), evidencia de problemas de drenaje interno; sin presencia de fragmentos gruesos, permeabilidad muy lenta.

Foto 4-23 Perfil de suelos PAT-52, representativo de la serie suelos aluviales, bien drenados de texturas finas (AF), mostrando profundidad superior a 110 cm., colores pardo amarillento, pardo oscuro y pardo amarillento muy oscuro, texturas moderadamente finas





4.7.2.3 Perfil PAT- 23

Este perfil se observó y describió en un talud, localizado en las coordenadas UTM 619575 longitud Este y 1515975 latitud Norte, a una altitud de 270 msnm, 1 kilómetro al Noroeste de la comunidad El Patal, en una pendiente promedio de 4 %, presenta un horizonte superficial hasta los 20 cm de profundidad; color pardo en húmedo (10YR 4/3); textura arcillo limosa; estructura blocosa angular mediana moderada; consistencia muy friable en húmedo, adherente y plástica en mojado; poros finos muchos; raíces finas y muy finas abundantes y medianas muy pocas, sin presencia de fragmentos gruesos, permeabilidad lenta. El subsuelo hasta una profundidad de 100 y más cm, presenta dos horizontes de colores entre pardo oscuro y pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR 3/6 y 10YR3/3); texturas franco arcillo limosas; estructuras blocosas angulares medianas moderadas; consistencias friables en húmedo, adherentes y plásticas en mojado; poros finos frecuentes; raíces medianas muy pocas; con presencia de moteaduras gruesas y muchas, de colores pardo amarillento oscuros (10YR 4/6), evidencia de problemas de drenaje interno; sin presencia de fragmentos gruesos, permeabilidad muy lenta.

En el siguiente Cuadro se presentan los resultados promedios de los análisis practicados en el Laboratorio de Suelos, de la Escuela Agrícola Panamericana, para muestras de esta Serie de Suelos:

Cuadro 4-15: Valores Promedios de Análisis Físicos y Químicos, Perfiles de Suelos Aluviales, Mal drenados de Texturas Finas

pH	M.O %	N Total %	Mg/Kg (Extractable)					Relación Ca/Mg
			P	K	Ca	Mg	Na	
7.17 L Alc.	2.1 Media	0.10 Bajo	9 Bajo	91.1 Bajo	3 514 Alto	302 Bajo	134.4 Normal	5.44 Media

Fuente: Resultados de Laboratorio de Suelos, EAP, El Zamorano.

L Alc. = ligeramente alcalino

Los resultados contenidos en el cuadro anterior, muestran que estos suelos presentan en general una moderada fertilidad natural, es así que el pH se encuentra ligeramente alcalino (7.17); la materia orgánica presenta un contenido medio (2.1) el nitrógeno total está bajo (0.10), los cationes como el fósforo el potasio y el magnesio, también están bajos (con valores de 9, 91.1 y 302 en promedio respectivamente); no así el calcio que presenta contenidos altos (3 514 mg/Kg de suelo en promedio respectivamente); en cuanto el nivel de sodio, se manifiesta normal en un promedio de 134.4 mg/Kg de suelo.

Foto 4-24 Perfil de los Suelos Aluviales, Mal Drenados de Texturas Finas (PAT-5), obsérvese las texturas moderadamente finas, la presencia de moteaduras y los colores pardos oscuros y pardos.



Foto 4-25 Perfil de Suelo PAT-23, mostrando coloraciones pardo, pardo oscura y pardo amarillento oscuro, profundidad superior a 1metro, así como también texturas moderadamente finas



4.7.3 Suelos Jacaleapa (Ja)

Estos suelos, se encuentran principalmente en las partes altas de la zona de estudio, prácticamente circundándola, en ambas márgenes de los principales ríos, siendo constituidos por una sucesión de pequeños valles, lomas o colinas e incluso cerros, morfológicamente formados a partir de materiales sedimentarios, principalmente por areniscas, conglomerados, calizas y lutitas y en pocos casos por materiales metamórficos tales como esquistos sericíticos; en general son poco profundos (<50 cm), aunque en algunos áreas muestran profundidades superiores a los 50 cm, especialmente donde la pendiente es menos pronunciada; presentan drenaje de moderadamente bien drenados a excesivamente drenados, predominando los colores pardo, pardo amarillentos muy oscuros, pardo grisáceos muy oscuros; texturas finas y moderadamente finas principalmente, estructuras blocosas angulares pequeñas mayormente; permeabilidad entre moderadamente rápida a moderadamente lenta; con muchos fragmentos gruesos dentro del perfil, principalmente gravas y piedras de formas angulares. Se observan de moderada a



severamente erosionados; las pendientes oscilan entre los rangos 15 hasta superiores al 30 % y los relieves entre moderadamente ondulados a escarpados; por lo general presentan mucha gravas y pedregosidad superficial y en algunos casos afloramientos rocosos.

En la actualidad se encuentran cubiertos con bosques de pino, pino y roble, matorrales y pastos. Ocupan un área total de 3 957.75 ha (39.58 km²) de las cuales 1 195.74 ha (11.96 km²) corresponden a la zona del embalse que es el área de impacto directo y 2 762.01 ha (27.62 km²) que ocupan la zona de amortiguamiento. Se reconocen en el mapa por el eímbolo Ja. A continuación se describen los perfiles representativos de esta Serie de Suelos y los análisis físicos – químicos del más representativo:

4.7.3.1 Perfil PAT-14

Este perfil se observó y describió en un paredón, localizado en las coordenadas UTM 616963 longitud Este y 1612925 latitud Norte, a una altitud de 290 msnm, en las cercanías de la comunidad de Tencho, en un sitio con una pendiente promedio de 25 %, ocupado con bosque de pino ralo y matorrales; presenta un horizonte superficial hasta los 20 cm de profundidad; de color negro en húmedo (10YR 2/1); textura franco arcillosa; estructura grano suelto; consistencia friable en húmedo, adherente y plástica en mojado; poros finos frecuentes, medianos muy pocos, raíces finas frecuentes y medianas pocas, con presencia de fragmentos gruesos, mayormente gravas angulares de lutita gris, en más del 40%; permeabilidad moderadamente lenta. El subsuelo hasta los 40 cm, presenta color pardo amarillento oscuro en húmedo (10YR 4/4); texturas franco arcillosa; estructura blocosa angular pequeña débil; consistencia friable en húmedo, adherente y plástica en mojado; poros finos frecuentes; raíces medianas pocas; con presencia de fragmentos gruesos, mayormente gravas angulares de lutita gris, permeabilidad moderadamente lenta. A los 40 cm se presenta la roca sedimentaria, constituida por lutita gris, parcialmente meteorizada.

Foto 4-26 Perfil de Suelos Jacaleapa (PAT-14), en donde se puede apreciar la poca profundidad (<50 cm.), las texturas moderadamente finas, los colores negro y pardo amarillento oscuro, así como también la presencia de fragmentos gruesos dentro del perfil





4.7.3.2 Perfil PAT- 26

Este perfil se observó y describió en un paredón, localizado en las coordenadas UTM 618925 longitud Este y 1613970 latitud Norte, a una altitud de 290 msnm, 1 kilómetro al Sureste de la comunidad de Corrientes, en un sitio con una pendiente promedio de 35 %, ocupado con bosque de pino, pastos y matorrales; presenta un horizonte superficial hasta los 30 cm de profundidad; de color pardo en húmedo (7.5 YR 4/3); textura franco arcillosa; estructura grano suelto; consistencia friable en húmedo, adherente y plástica en mojado; poros finos frecuentes, medianos muy pocos, raíces finas frecuentes y medianas pocas, con presencia de fragmentos gruesos, mayormente gravas angulares de lutita amarilla, en más del 40 %; permeabilidad moderadamente lenta. El subsuelo hasta los 56 cm, presenta también color pardo en húmedo (7.5 YR 5/3); textura arcillosa; estructura blocosa angular pequeña débil; consistencia friable en húmedo, adherente y plástica en mojado; poros finos frecuentes; raíces medianas pocas; con presencia de fragmentos gruesos, mayormente gravas angulares de lutita amarilla, permeabilidad lenta. A los 56 cm, de profundidad se presenta la roca sedimentaria, constituida por lutita amarilla, parcialmente meteorizada.

En el siguiente Cuadro se presentan los resultados promedios de los análisis practicados en el Laboratorio de Suelos, de la Escuela Agrícola Panamericana, para muestras de esta Serie de Suelos:

Cuadro 4-16: Valores Promedios de Análisis Físicos y Químicos, Perfiles de Suelos Jacaleapa

pH	M.O %	N Total %	Mg/Kg (Extractable)					Relación Ca/Mg
			P	K	Ca	Mg	Na	
5.82 MA	1.80 Baja	0.09 Bajo	3 Bajo	80 Bajo	689 Medio	131.5 Alto	134 Normal	5.24 Media

Fuente: Resultados de Laboratorio EAP, El Zamorano.

MA= Moderadamente ácido.

Como lo demuestra el cuadro anterior, en la zona de estudio estos suelos presentan una baja fertilidad natural, la mayoría de los elementos minerales se encuentran en niveles bajos, es así que el pH se encuentra moderadamente ácido (5.82); los porcentajes de materia orgánica y nitrógeno total, también están bajos (1.80 y 0.09 en promedio respectivamente); en cuanto a los cationes también se encuentran en niveles bajos, el fósforo y el potasio (3 y 80 mg/Kg de suelo en promedio respectivamente), no así el calcio que presenta contenidos medios (689 mg/Kg de suelo en promedio respectivamente); en cuanto al nivel de magnesio este se encuentra alto (131.5), en cambio el sodio se manifiesta normal en un promedio de 134 mg/Kg de suelo.



Foto 4-27 Otro Perfil de Suelos Jacaleapa (PAT-26), que muestra la poca profundidad, la presencia de fragmentos gruesos, colores pardo y las texturas moderadamente finas.



4.7.4 Bancos de Arena y grava (BA)

Esta unidad corresponde a aquellos áreas localizadas a las orillas o dentro de los canales principales de los ríos Guayape, Guayambre e incluso en el Patuca, constituidas por materiales gruesos, principalmente arenas, gravas y piedras redondeadas, de diferente origen geológico y de diferentes espesores, que han sido depositados por las avenidas de dichos ríos, por su proximidad a los cauces, presentan un severo y permanente riesgo de inundación, presentan pendientes entre 0 y el 5 %. Su cobertura está constituida en algunos casos por matorrales, pastos naturales y rodales de sauces y otras especies latifoliadas, que soportan el mal drenaje y en otros casos se presenta el material grueso desnudo. Su grado de erosión puede considerarse severo, debido a año con año son afectados por las crecidas de los ríos.

Se localizan a lo largo de las principales corrientes superficiales en varios sitios de la zona de estudio y presentan una extensión correspondiente a 195.84 ha (1.96 km²) de las cuales 192.97 ha (1.93 km²) corresponden a la zona del embalse que es el área de impacto directo y 2.87 ha (0.03 km²) que ocupan la zona de amortiguamiento. Se e reconocen en el mapa por el símbolo BA.



Foto 4-28 Bancos de Arena y grava, depositado por el Río Guayambre, ocupado con matorrales



Foto 4-29 Banco de Arena y grava, depositado por las crecidas de Río Guayape





A lo largo del área por donde pasará la línea de transmisión, se describieron varios perfiles de suelos, con el objeto de caracterizarlos e identificarlos, es así que como resultado se identificaron cuatro (4) series, cuyas características se describen a continuación.

4.7.5.1 Suelos Jacaleapa (Ja)

Estos suelos, se encuentran una parte entre los vértices 1 y 3, volviendo a aparecer entre los vértices 8 y 9 hasta entre el 9 y el 10, constituyen cadenas de lomas y cerros, morfológicamente formados a partir de materiales sedimentarios, principalmente por areniscas, conglomerados, calizas y lutitas y en pocos casos por materiales metamórficos tales como esquistos sericíticos; en general son poco profundos (<50 cm), aunque en algunos áreas muestran profundidades superiores a los 50 cm; son moderadamente bien drenados, predominando los colores pardo a pardo grisáceos muy oscuros; texturas finas y moderadamente finas; estructuras granulares mayormente; permeabilidad moderadamente lenta; con muchos fragmentos gruesos dentro del perfil, principalmente gravas y piedras de formas angulares. Se observan de moderada a severamente erosionados; las pendientes oscilan entre los rangos 15 hasta superiores al 50 % y los relieves entre moderadamente ondulados a escarpados; presentan mucha gravas y pedregosidad superficial y en algunos casos afloramientos rocosos. En la actualidad se encuentran cubiertos con bosques de pino, pino y roble, matorrales y pastos.

Foto 4-30 Perfil de suelos de Suelos Jacaleapa, mostrando la poca profundidad (< 50 cm.), las texturas moderadamente finas y finas, los colores pardo a pardo grisáceos muy oscuros y muchos gravas y piedras.



4.7.5.2 Suelos aluviales, bien drenados de texturas finas (AF)

Estos suelos, se localizan entre los vértices 3 y 5, constituyen una serie terrazas y lomas, en general son moderadamente profundos (50 – 100 cm), con drenaje moderadamente lento, predominando los colores pardo grisáceos muy oscuros, pardo amarillento y pardos amarillento oscuros; texturas medianas y moderadamente finas, estructuras granulares y blocosas angulares; permeabilidad entre moderada a moderadamente lenta; alta capacidad de retención de humedad; sin fragmentos gruesos dentro del perfil; se han formados a partir de sedimentos aluviales cuaternarios o más recientes, provenientes de diferentes tipos de rocas, mayormente sedimentarias y metamórficas. Se observan de ligera a moderadamente erosionados; las pendientes oscilan entre los rangos 0 – 15 % y los relieves entre planos a moderadamente ondulados; no presentan pedregosidad superficial y tampoco afloramientos rocosos. En la actualidad se encuentran cubiertos con pastos naturales, matorrales, cultivos de maíz y tabaco, bosques de pino y bosque mixto.

Foto 4-31 Perfil de Suelos Aluviales, bien drenados de Texturas finas, en el que se puede observar la moderada profundidad, los colores pardo grisáceos muy oscuros, pardo amarillento y pardos amarillento oscuros y las texturas medianas y moderadamente finas.



4.7.5.3 Suelos Danlí

Estos suelos se localizan entre los vértices 7 y 8 y constituyen una serie lomas y cerros, son moderadamente profundos (50 – 100 cm), moderadamente bien drenados, predominando los colores pardo oscuros a pardo muy oscuros; texturas medianas predominantemente, estructuras granular suelta y blocosas angulares mayormente; permeabilidad moderada; moderada capacidad de retención de humedad; con menos del 20 % de fragmentos gruesos dentro del perfil, principalmente gravas de forma redonda; se han formados a partir de rocas sedimentarias y metamórficas. Se observan de moderada a fuertemente erosionados; las pendientes son superiores al 30 % y los relieves entre escarpados a montañosos; no presentan pedregosidad superficial, ni tampoco afloramientos rocosos. En la actualidad se encuentran cubiertos con remanentes de bosque latifoliado, cultivos de café y pastos.



Foto 4-32 Perfil de Suelos Danlí, que muestra la moderada profundidad, colores pardo oscuros a pardo muy oscuros, texturas medianas y la presencia del material parental de roca metamórfica.



4.7.5.4 Suelos de Valles

Estos suelos se localizan entre los vértices 10 hasta el 13 (Subestación Juticalpa) están constituidos por una serie de terrazas y planos de inundación, siendo parte del Valle de Catacamas, son muy profundos (> 100 cm), con drenaje de muy lento a lento, predominando los colores pardo a pardo amarillento oscuros; texturas moderadamente finas y finas predominantemente, estructuras blocosas angulares, subangulares y laminares pequeñas y medianas mayormente; permeabilidad entre moderadamente lenta a muy lenta; alta capacidad de retención de humedad; sin presencia de fragmentos gruesos dentro del perfil; se han formado a partir de sedimentos aluviales cuaternarios o más recientes, provenientes de diferentes tipos de rocas, mayormente sedimentarias y metamórficas. Se observan ligeros a moderadamente erosionados; las pendientes oscilan entre los rangos 0 – 5 % y los relieves entre planos a ligeramente planos; no presentan pedregosidad superficial y tampoco afloramientos rocosos. En la actualidad se encuentran cubiertos con pastos, matorrales.

Foto 4-33 Perfil de Suelos de Valles, mostrando profundidad mayor a 100 cm., texturas moderadamente finas y finas, colores pardo a pardo amarillento oscuros y grietas.



4.7.5.5 Suelos en los Sitios de Campamento, Botaderos y Canteras

En los sitios que comprenden el campamento, botaderos y canteras se describieron perfiles de suelos, con el fin de describirlos e identificarlos, a continuación se describen los suelos existentes:

El campamento está constituido por una serie de lomas y áreas de topografía plana, morfológicamente formados a partir de materiales metamórficos, principalmente por esquistos sericíticos y vetas de gnéis; en general son moderadamente profundos (50 -100 cm); con drenaje moderadamente lento, predominando los colores pardo muy oscuro, pardo y pardo amarillento oscuro; texturas finas; estructuras blocosas angulares y subangulares; permeabilidad moderadamente lenta; sin fragmentos gruesos dentro del perfil. Se observan moderadamente erosionados; las pendientes oscilan entre los rangos 15 a 30 % y los relieves entre moderadamente ondulados a ondulados; no presentan pedregosidad superficial, ni tampoco afloramientos rocosos. Dentro del área también existen pequeños áreas de relieve plano, pero predominan los áreas con pendiente entre 15 y 30 %. En la actualidad se encuentran cubiertos con pastos naturales y cultivados y árboles dispersos. Los análisis físico – químicos de este tipo de suelos se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4-17: Valores de Análisis Físicos y Químicos, Perfil de Suelos en sitio de Campamento

pH	M.O %	N Total %	Mg/Kg (Extractable)					Relación Ca/Mg
			P	K	Ca	Mg	Na	
5.32	1.85	0.09	1	76	1 087	450	158	2.42
FA.	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Alto	Normal	Baja

Fuente: Resultados de Laboratorio de Suelos, EAP, El Zamorano.

FA = Fuertemente Ácido

Los resultados contenidos en el cuadro anterior, muestran que estos suelos presentan en general una baja fertilidad natural, es así que el pH se encuentra fuertemente ácido (5.32); la materia orgánica presenta un contenido bajo (1.85), el nitrógeno total también se muestra bajo (0.09), los macro nutrientes como el fósforo, el potasio y el calcio presentan valores bajos (1, 76 y 1 087 respectivamente), el magnesio es el único que presenta contenidos



altos (450 mg/Kg de suelo); por otro lado el nivel de sodio, se manifiesta normal con 158 mg/Kg de suelo y por último la relación Ca/Mg también demuestra una baja relación entre estos cationes.

Los suelos de los botaderos constituyen una serie de lomas de topografía ondulada, morfológicamente formados a partir de materiales sedimentarios, principalmente por lutitas y en pocos casos por materiales metamórficos tales como esquistos sericíticos; en general son poco profundos (<50 cm); con drenaje moderadamente lento, predominando los colores pardo oscuro a pardo; texturas moderadamente finas y finas; estructuras blocosas angulares; permeabilidad moderadamente lenta; con fragmentos gruesos dentro del perfil, en más del 40 % de la masa, principalmente gravas angulares de lutita gris. Se observan moderadamente erosionados; las pendientes oscilan entre los rangos 15 a 30 % y los relieves entre moderadamente ondulados a ondulados; no presentan pedregosidad superficial, ni tampoco afloramientos rocosos, pero si mucha grava de lutita. En la actualidad se encuentran cubiertos con pastos principalmente cultivados, con árboles dispersos. Los análisis físico – químicos de este tipo de suelos se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 4-18: Valores de Análisis Físicos y Químicos, Perfil de Suelos en sitio de Botaderos.

pH	M.O %	N Total %	Mg/Kg (Extractable)					Relación Ca/Mg
			P	K	Ca	Mg	Na	
5.12 FA	1.16 Bajo	0.06 Bajo	1 Bajo	49 Medio	290 Bajo	100 Alto	125 Normal	2.9 Baja

Fuente: Resultados de Laboratorio de Suelos, EAP, El Zamorano.

F A = Fuertemente ácido.

Los resultados contenidos en el cuadro anterior, muestran que estos suelos también presentan en general una baja fertilidad natural, esto lo demuestra el pH que se encuentra fuertemente ácido (5.12); así mismo la materia orgánica y el nitrógeno total están bajos (1.16 y 0.06 respectivamente), los cationes como el fósforo y el calcio se muestran también bajos (1 y 290 respectivamente), en cambio el potasio se encuentran en valores medio (49) y el magnesio es el único que presenta contenido alto (con valores de 100), en cuanto el nivel de sodio, este se manifiesta normal en un promedio de 125 mg/Kg de suelo, la relación Ca/Mg también se encuentra baja.

Los suelos de cantera presentan una topografía escarpada, se han formado a partir de materiales sedimentarios, principalmente por roca caliza y en algunos casos por materiales metamórficos tales como esquistos sericíticos; en general son moderadamente profundos (50 -100 cm.); con drenaje moderadamente lento, predominando los colores de pardo a pardo oscuro; texturas moderadamente finas y finas; estructuras blocosas angulares; permeabilidad moderadamente lenta; con presencia de fragmentos gruesos dentro del perfil, en más del 40 % de la masa, principalmente piedras y gravas angulares de roca caliza. Se observan de moderadamente a severamente erosionados; las pendientes se encuentran en el rango de 15 a 30 % y los relieves entre moderadamente ondulados a ondulados; presentan mucha pedregosidad superficial y afloramientos rocosos. En la actualidad se encuentran cubiertos con cultivos de maíz y frijoles. Los análisis físico – químicos de este tipo de suelos se presentan en el siguiente cuadro:



Cuadro 4-19: Valores de Análisis Físicos y Químicos, Perfil de Suelos, sitio de cantera.

pH	M.O %	N Total %	Mg/Kg (Extractable)					Relación Ca/Mg
			P	K	Ca	Mg	Na	
7.44 L Alc.	1.48 Bajo	0.07 Bajo	7 Bajo	90 Bajo	2 588 Alto	38 Bajo	135 Normal	68.10 Media

Fuente: Resultados de Laboratorio de Suelos, EAP, El Zamorano.

L Alc. = ligeramente alcalino

Estos suelos presentan en general una moderada fertilidad natural, es así que el pH se encuentra ligeramente alcalino (7.44); la materia orgánica presenta un contenido bajo (1.48) y el nitrógeno total está bajo (0.07), los cationes como el fósforo, el potasio y el magnesio, también están bajos (con valores de 7, 90 y 38 respectivamente); en cambio el calcio presenta contenidos altos (2 588 mg/Kg de suelo); el sodio se manifiesta normal con un valor de de 135 mg/Kg de suelo, la relación Ca/Mg se presenta con valor medio (68.10). El alto contenido de Calcio en estos suelos, se debe a que el material parental de los mismos corresponde a calcita, roca con alto contenido de carbonatos de calcio.

