



Instituto Costarricense de Electricidad Proyecto Hidroeléctrico Reventazón

Plan de Acción Ambiental y Social

PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.

Agosto 2015
Código: PAAS-3-3.2-1 Versión: 1

Instituto Costarricense de Electricidad
Proyecto Hidroeléctrico Reventazón
Siquirres, Limón, Costa Rica

Teléfono: (506) 2799-7000

Fax: (506) 2799-7171

www.grupoice.com



Contactar con:

Ing L. Allan Retana Calvo

Correo electrónico: LRetanaC@ice.go.cr

Teléfono: (506) 2799-7167

N de Rev	Fecha de Rev	Contenido/Acuerdo	Prepara/Modifica	Aprueba
1	14/08/2015	Publicar	Fermín Vargas Cabezas	Rodríguez Meza Carlos Roberto

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 3 de 42	

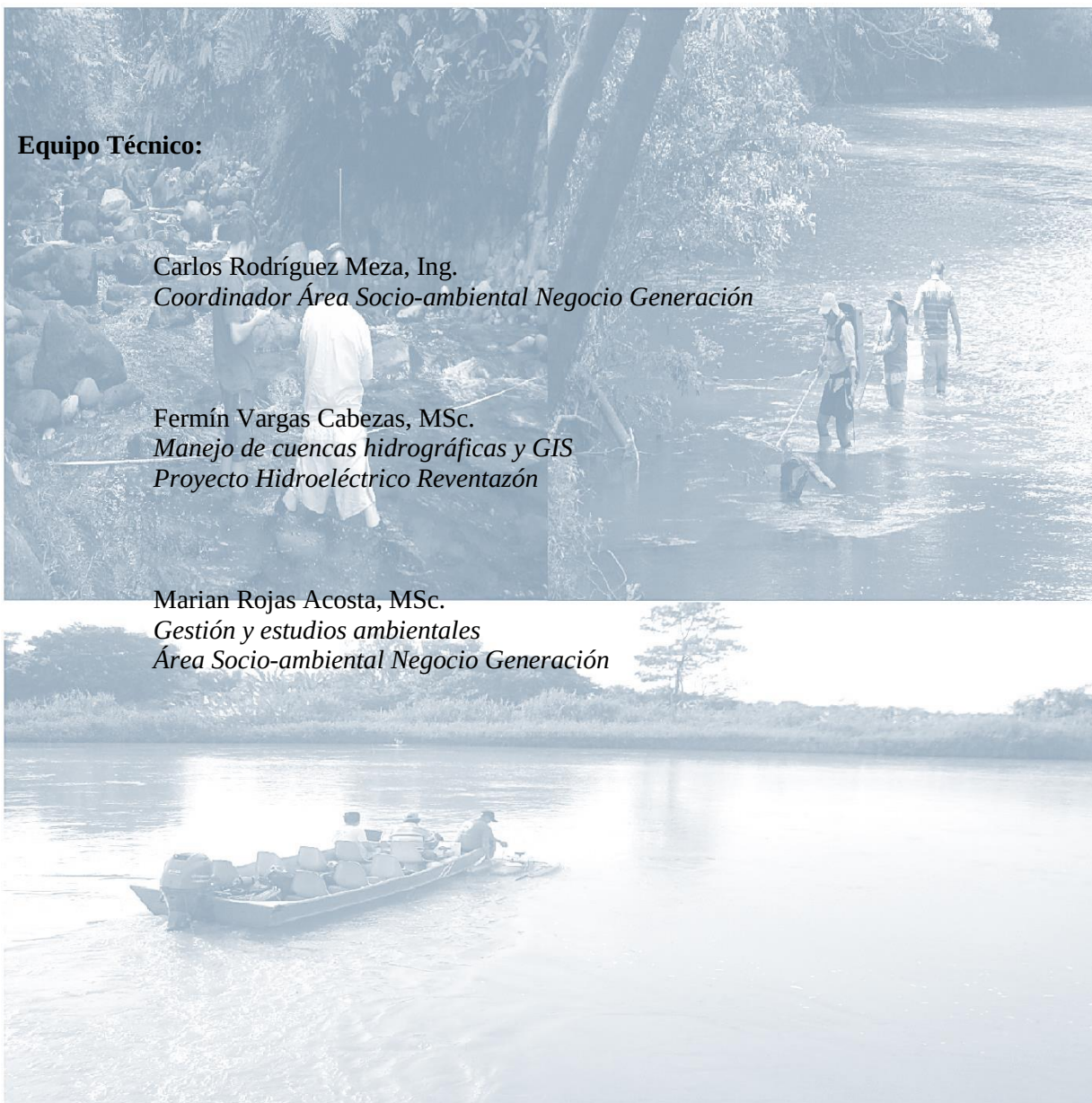
Plan de Manejo Adaptativo de Sedimentos y Calidad de Agua del Sistema Hidrobiológico Reventazón – Parismina – Tortuguero

Equipo Técnico:

Carlos Rodríguez Meza, Ing.
Coordinador Área Socio-ambiental Negocio Generación

Fermín Vargas Cabezas, MSc.
Manejo de cuencas hidrográficas y GIS
Proyecto Hidroeléctrico Reventazón

Marian Rojas Acosta, MSc.
Gestión y estudios ambientales
Área Socio-ambiental Negocio Generación



	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 4 de 42	

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	7
1.1	MARCO DE REFERENCIA.....	7
1.2	JUSTIFICACIÓN	7
1.3	OBJETIVO DEL PLAN	8
1.3.1	<i>Objetivo general.....</i>	8
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	8
2	UBICACIÓN	8
3	ANÁLISIS DE ESCENARIOS POR TRAMOS	10
3.1	INDICADORES DE LA CALIDAD FUNCIONAL DEL SISTEMA FLUVIAL (ICFSF).....	10
3.2	EVALUACIÓN DEL ICFSF	10
3.3	TRAMO 1 (TRAMO CRÍTICO Y SITIO DE RESTITUCIÓN).....	11
3.3.1	<i>Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse)</i>	12
3.3.2	<i>Escenario1_2 (condición futura –embalse)</i>	13
3.4	TRAMO 2.....	15
3.4.1	<i>Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse.....</i>	16
3.4.2	<i>Escenario1_2 (condición futura – con operación del embalse)</i>	17
3.5	TRAMO 3.....	19
3.5.1	<i>Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse)</i>	20
3.5.2	<i>Escenario1_2 (condición futura – con operación del embalse)</i>	22
3.6	TRAMO 4.....	24
3.6.1	<i>Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse)</i>	25
3.6.2	<i>Escenario1_2 (condición futura – con operación del embalse)</i>	26
3.7	TRAMO 5.....	28
3.7.1	<i>Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse)</i>	28
3.7.2	<i>Escenario1_2 (condición futura – con operación del embalse)</i>	29
4	PROPUESTA DE ACCIONES POR COMPONENTE PARA LOS ICFSF POR TRAMOS	31
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34
6	ANEXOS	35
6.1	TIPOS DE VALLES DE ACUERDO A ROSGEN	35
6.2	CLASIFICACIÓN DE RÍOS “METODOLOGÍA ROSGEN”	36
6.3	ACCIONES PROPUESTOS A NIVEL DE CUENCA	36

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 5 de 42	

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación del SHIRPT, zonificación, clasificación de tramos e identificación de sitios de monitoreo Hidromorfológico (HMF), calidad de agua y biológico.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2. Componentes del ICFSF.</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3. Tramo 1 sobrepuesta sobre imagen satelital de marzo de 2015.</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4. Tendencia de un río tipo “A” a un tipo “G”.</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5. Tramo 2 sobrepuesta sobre imagen satelital de marzo 2015.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6. Tendencia de un río tipo “D” a un tipo “G”.</i>	<i>18</i>
<i>Figura 7. Tramo 3 montada sobre imagen satelital de marzo 2015.</i>	<i>20</i>
<i>Figura 8. Canal artificial entre los centros poblados de Carmen y Cádiz, en la margen derecha del río Reventazón. Fuente: AITEC 2015.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 9. Canal artificial en la margen derecha del río Reventazón, localizado a unos 2,5 km aguas arriba de la confluencia de los río Reventazón y Parismina. Fuente: AITEC 2015.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 10. Tendencia de un río tipo “C” a un tipo “F”.</i>	<i>23</i>
<i>Figura 11. Tramo 4 y 5 sobrepuesta sobre imagen satelital de marzo 2015.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 12. Río de tipo “C”.</i>	<i>27</i>
<i>Figura 13. Río de tipo “C”.</i>	<i>30</i>

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Condición actual y futura del ICFSF por componente y tramo.....</i>	<i>31</i>
--	-----------

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 6 de 42	

ABREVIATURAS

ADC:	Asociaciones de Desarrollo Comunal
ASADAS:	Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados
AyA:	Acueductos y Alcantarillados
CANAPEP:	Cámara Nacional de Productores y Exportadores de Piña
CBL:	Caño Blanco
CNE:	Comisión Nacional de Emergencia
CORFOGA:	Corporación de Ganaderos
CORBANA:	Corporación Bananera Nacional
COMCURE:	Comisión de la Cuenca del río Reventazón
CPA:	Confluencia Parismina
CRP:	Confluencia Río Peje
DBO:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
EHH:	Estación Hidrológica Hamburgo
ICFSF:	Indicadores de Calidad Funcional del Sistema Fluvial
ICA:	Índice de Calidad del Agua
IMN:	Instituto Meteorológico Nacional
JAL:	Laguna Jaloba
JAPDEVA:	Junta de Administración Portuaria y Desarrollo Económica de la Vertiente Atlántica
LJU:	Las Juntas
LCH:	Los Chorros
MAG:	Ministerio de Agricultura
MCA:	Mirador La Castellana
MINAE:	Ministerio de Ambiente y Energía
mg/L:	Miligramo por litro
PAAS:	Plan de Acción Ambiental y Social
pH:	Potencial de iones de hidrógeno
PMA:	Plan de Manejo Adaptativo
ppm:	Parte por millón
RPH:	Antes de Restitución Casa Máquinas
SHIRPT:	Sistema Hidrobiológico Reventazón Parismina Tortuguero
SAL:	San Alberto

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 7 de 42	

Plan de Manejo Adaptativo de Sedimentos y Calidad de Agua del Sistema Hidrobiológico Reventazón – Parismina – Tortuguero (SHIRPT)

1 Introducción

El presente trabajo tiene por objetivo desarrollar un programa de monitoreo continuo de la calidad del agua y la sedimentación que permitan observar los cambios resultantes de la operación y mantenimiento del embalse en el cauce del río Reventazón, para establecer los criterios a partir de cuándo se deben realizar acciones para salvaguardar la funcionalidad del SHIRPT. Todo esto bajo los lineamientos del Plan de Acción Ambiental y Social (PAAS), que ejecuta el Proyecto Hidroeléctrico Reventazón - ICE

En el presente Plan de Manejo Adaptativo (PMA) se desarrollan escenarios con y sin operación del embalse. En estos escenarios, se analizan los tramos a través de Indicadores de la Calidad Funcional del Sistema Fluvial (ICFSF), que definen el nivel de calidad del tramo, mediante la evaluación de parámetros definidos para cada ICFSF. Posteriormente, se proponen acciones acorde a los cambios detectados.

1.1 Marco de referencia

La zona influenciada está conformada principalmente por comunidades rurales y empresas productoras de banano. La actividad económica predominante es la producción de banano y la ganadería vacuna. Estas actividades han generado una presión sobre el bosque, los suelos y el recurso hídrico superficial y subterráneo, principalmente en la tramo de transición y aluvial.

En esta zona existe un Plan de Manejo de Cuenca, recientemente elaborado por un equipo de profesionales y técnicos del Proyecto Hidroeléctrico Reventazón (PHR), así también se elabora un Plan de Prevención y Manejo de Desastres Naturales y Sistema de Alerta Temprana (PMDN – SAT). El presente trabajo es un aporte más siguiendo la línea que se planteó en el PAAS del PHR.

1.2 Justificación

Una vez lleno el embalse, el río se comportará de manera diferente en cuanto a su régimen de flujo, balance y transporte de sedimentos, especialmente durante los primeros 20 años de funcionamiento. Se prevé que el balance actual de sedimentos (previo al PH Reventazón) cambiará: será transportada una menor cantidad de sedimentos a los tramos más bajos y ocurrirá una menor deposición, resultando en una mayor erosión de los tramos inferiores del río, almacenamiento de sedimentos en el embalse (detrás de la presa) y el aumento de la profundidad del río aguas abajo de la presa (IE-ERM 2012).

A raíz de estas problemáticas y eventuales efectos negativos, se han venido elaborando y desarrollando una serie de documentos con medidas de prevención, mitigación y compensación ambiental en la cuenca baja del río Reventazón, entre ellos está el actual documento. Este plan cuenta con una línea base del estado de indicadores hidromorfológicos, sedimentológicos, franja ribereña, biológico y calidad de agua antes de entrar en operación el embalse; los cuales

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 8 de 42	

continuarán siendo monitoreados una vez opere el embalse. En caso de detectar cambios, a través de sistemas de alertas, el ICE utilizará técnicas adaptativas para mitigar o compensar los efectos adversos acumulativos de sus operaciones en el río.

1.3 Objetivo del Plan

1.3.1 Objetivo general

Apoyar con medidas de reducción, mitigación y adaptación de impactos y/o cambios, producto de la operación del embalse y su relación con el manejo de sedimentos y calidad de agua, para lograr mantener o mejorar las condiciones ecológicas y socioeconómicas en el Sistema Hidrobiológico Reventazón – Parismina – Tortuguero basados en un programa de monitoreo continuo para un horizonte de 5 años en una primera etapa.

1.3.2 Objetivos específicos

- Mantener un programa de monitoreo continuo de los indicadores que conforman el ICFSF.
- Proponer acciones que mejoren la condición de los ICFSF tomando como punto de referencia la condición anterior al llenado del embalse, una vez opere la Planta Hidroeléctrica Reventazón y acorde con el marco lógico de las problemáticas identificadas en el documento “Línea Base PMA”.
- Apoyar con medidas de adaptación en las zonas que pudieran ser afectadas, debido a cambios en el SHIRPT.
- Mantener la condición de la calidad del agua similar al llegar al embalse y luego de ser restituida en casa de máquinas.

2 Ubicación

El SHIRPT es un territorio que se encuentra ubicado en la Vertiente del Caribe, parte media y baja de la cuenca del río Reventazón, de relieve casi plano, con variaciones de elevación desde 0 a 265 msnm. Este sistema tiene como componente principal de estudio al río Reventazón, con una longitud de 72,00 km aguas abajo de sitio presa.

Acorde con la clasificación hidrogeomorfológica se segmentó el SHIRPT en 3 zonas, que según la metodología de Rosgen identifica 5 tipos de valle, los cuales para el presente estudio se denominan tramos (figura 1).

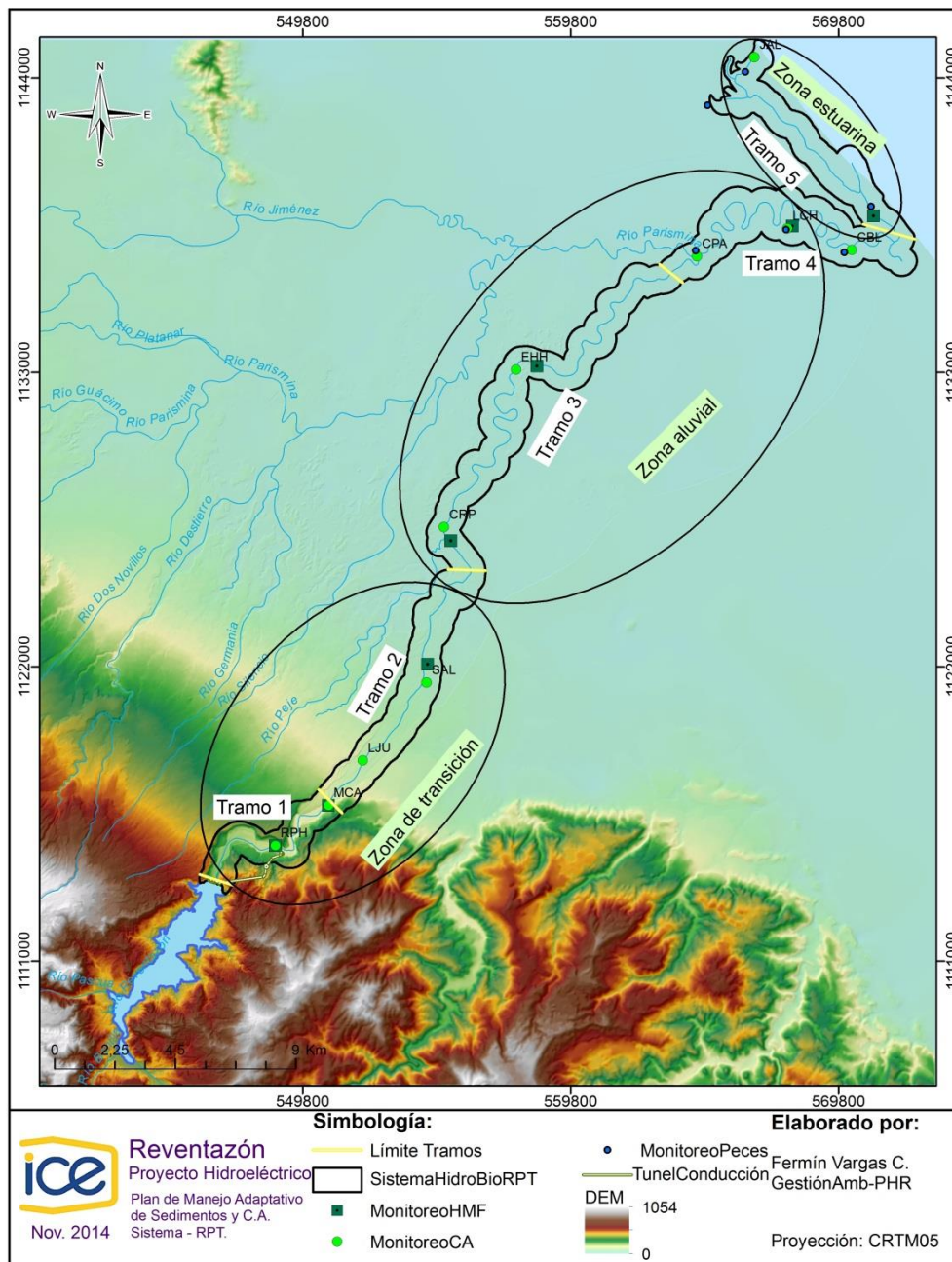


Figura 1. Ubicación del SHIRPT, zonificación, clasificación de tramos e identificación de sitios de monitoreo Hidromorfológico (HMF), calidad de agua y biológico.

3 Análisis de escenarios por tramos

3.1 Indicadores de la Calidad Funcional del Sistema Fluvial (ICFSF)

El análisis de escenarios se realiza con base a los ICFSF. Éstos, están integrados en 5 componentes que evalúan la calidad del sistema fluvial por tramos, los mismos son: calidad funcional hidrológico, calidad funcional del ecosistema acuático, calidad funcional del cauce, calidad funcional de las riberas y calidad funcional para uso social (figura 2).

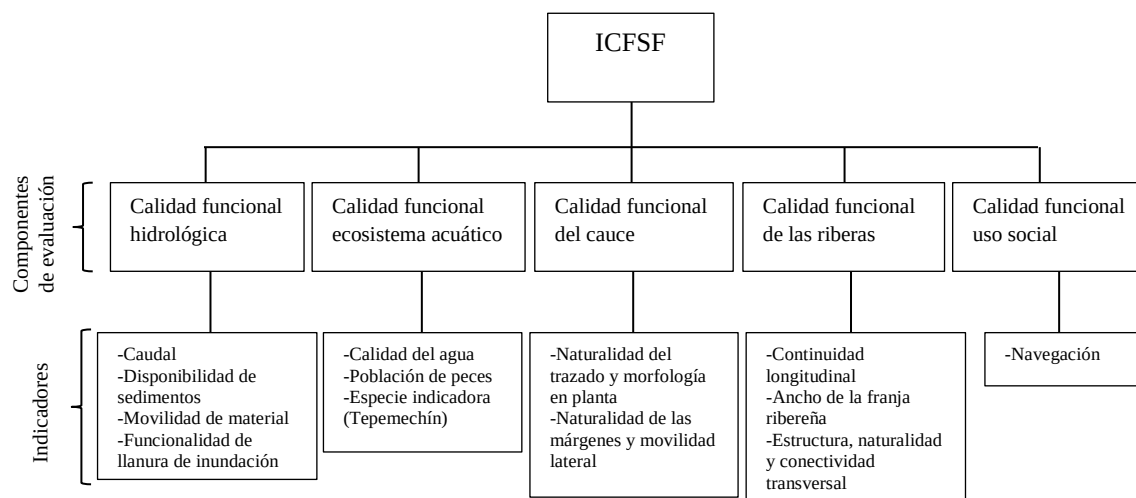


Figura 2. Componentes del ICFSF.

Parte de estos componentes de evaluación e indicadores se adaptaron utilizando la metodología de Ollero et al. “*Índice para la evaluación de la calidad hidromorfológica de sistemas fluviales (IHMF)*”. Este autor, incluye una serie de indicadores que definen la calidad del cauce con referencia a una condición natural del río (no intervenido), tomando en cuenta principios hidromorfológicos de restauración fluvial.

A diferencia de la metodología de Ollero, la evaluación de los ICFSF se basa considerando al río como una condición cambiante (sucesión) y adaptable en el tiempo, basa la evaluación en elementos e indicadores puntuales que disparan una condición a partir de un punto de inflexión, indican la condición de calidad y propone niveles de intervención.

3.2 Evaluación del ICFSF

Se ha diseñado una plantilla de valoración ICFSF con 5 componentes y una serie de indicadores (ver plantilla adjunta), donde algunos se valoran mensual y otros anualmente. La valoración se puede realizar para cada componente y de forma global.

La valoración por componente está directamente relacionada con el peso del componente y el grado de calidad de cada variable:

$$VC(\text{Peso}) = \sum(V1 + \dots V_n)$$

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 11 de 42	

La valoración global del ICFSF es la sumatoria de cada componente resultado del peso de cada variable:

$$\text{ICFSF} = \text{CFH} + \text{CFEA} + \text{CFC} + \text{CFR} + \text{CFS}$$

Dónde:

CFH: componente funcional hidrológico

CFEA: componente funcional acuático

CFC: componente funcional del cauce

CFR: componente funcional de la ribera

CFS: componente funcional social

Estos indicadores están establecidos por umbrales para una condición natural actual del río Reventazón y de cómo éstos podrían ir cambiando con el transcurso de los años, estableciendo una nueva condición de equilibrio. Cualquier cambio a ocurrir en estos indicadores una vez opere el embalse, la calidad ICFSF variará, porque el río estaría cambiando su condición natural; este cambio podría ser positivo o negativo, previa valoración de los demás componentes de calidad.

La valoración global se la realiza de acuerdo a la puntuación que se va obteniendo para cada componente, con base a los siguientes rangos:

Nivel de calidad del ICFSF	Color
80 a 100 calidad muy buena	Azul
60 a 79 calidad buena	Verde
40 a 59 calidad moderada	Amarillo
20 a 39 calidad deficiente	Naranja
0 a 19 calidad mala	Rojo

La valoración por componente está dada por el peso de los mismos, de acuerdo a la puntuación que se va obteniendo para cada variable de evaluación.

Cuando se detecten calidades funcionales en naranja, o rojo, se deben de realizar acciones para solventar la condición y procurar llevarla a condiciones sostenibles en el tiempo (color amarillo, verde y azul).

Para el análisis de los escenarios con base a los ICFSF, se proponen dos escenarios, uno para una condición antes de operación del embalse y otra para la operación. Estos escenarios se analizan para cada tramo del río.

3.3 Tramo 1 (tramo crítico y sitio de restitución)

Se encuentra en la zona medio-transicional, presenta una longitud de 6,9 km sobre el cauce que comprende desde la presa de la Planta Hidroeléctrica Reventazón hasta el sector denominado “Mirador La Castellana”, de éstos, 3,5km corresponden al tramo crítico. De topografía empinada, sección transversal del cauce o valle en forma de V, correspondiendo de acuerdo a la clasificación de Rosgen a un valle tipo I, laderas laterales rejuvenecidas, de más de 5 % de pendiente, alto aporte

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 12 de 42	

de sedimentos, material con presencia predominante de canto rodado. De acuerdo a la clasificación de Rosgen, está asociado a ríos de tipo “A” y “G”, específicamente para este estudio, la clasificación corresponde a un tramo de tipo A3a+.

En este valle, se tienen 2 sitios de monitoreo; antes de Restitución Proyecto Reventazón (RPH) y Mirador La Castellana (MCA):

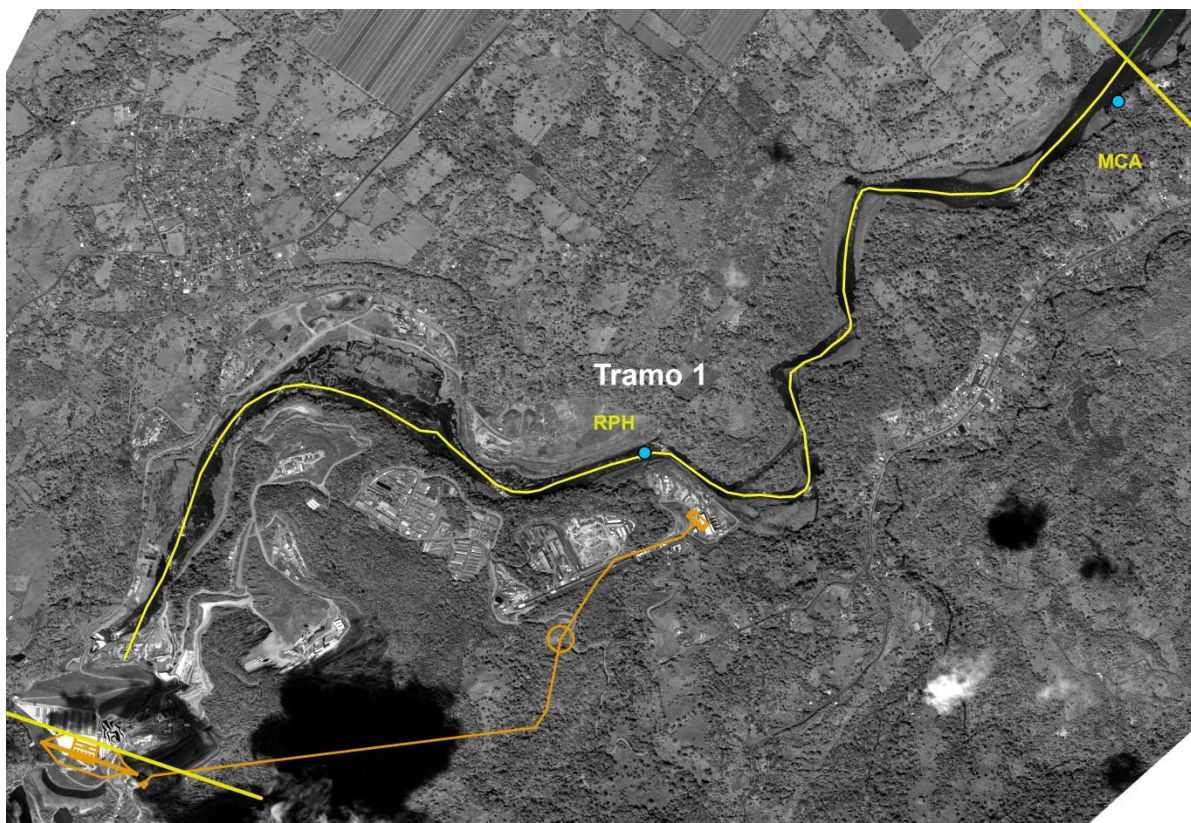


Figura 3. Tramo 1 sobrepuesta sobre imagen satelital de marzo de 2015.

3.3.1 Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse)

3.3.1.1 Calidad funcional hidrológica

El sitio RPH valora sólo el caudal ambiental, obteniéndose una calificación de condición azul (calidad muy buena). Para esta valoración se consideró los datos de caudales promedios históricos, la misma no ha tenido variación con la construcción de la presa.

Para el caso del sitio MCA, la condición es verde (calidad buena). Cabe resaltar que en este componente de evaluación, además del caudal se consideran indicadores como movilidad de material y funcionalidad de la llanura de inundación; para los cuáles se asumen que los datos obtenidos en la línea base, corresponden a una condición azul o ideal.

Las variables disparadoras para este componente son: caudal, material en canal, profundidad banco lleno y relación ancho/profundidad.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 13 de 42	

3.3.1.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

Para este tramo, la calidad del ecosistema acuático está basada en indicadores fisicoquímicos y biológicos, dando como resultado para ambos sitios una condición verde, interpretada como condición buena.

La variable disparadora en este elemento es el ICA.

3.3.1.3 Calidad funcional del cauce

Aplicable para el sitio MCA y el tramo, donde la condición del ICFSF es azul. Por lo que se puede considerar como un tramo que conserva su condición natural, al no presentar barreras en las márgenes que impidan el flujo normal del río y por estar asociadas a condiciones morfológicas que se pueden considerar adecuadas, debido a que aún mantiene su dinámica natural.

3.3.1.4 Calidad funcional de las riberas

Aplicable para el tramo, donde la condición del ICFSF es Naranja (calidad deficiente). Esto debido a que la franja ribereña¹ está influenciada por la longitud, que en este caso representa el 57% en el margen izquierdo, y el 78% en la margen derecha, considerándose la primera como condición naranja y la segunda amarilla. Para esta valoración, se considera azul cuando la longitud de la franja ribereña alcanza el 100%, y para una condición roja se considera a una longitud <50%. Otro de los factores que han contribuido a la calificación son: la discontinuidad de las márgenes, ancho, infraestructuras y la presión agropecuaria (ver plantilla de valoración ICFSF).

3.3.2 Escenario1_2 (condición futura –embalse)

3.3.2.1 Calidad funcional hidrológica

El caudal predominante para el sitio RPH se verá disminuido a 15 m³/s (considerado como caudal ambiental), de ahí que se toma este valor como el umbral mínimo para que el ICE pueda suministrar dicho caudal mientras dure la operación del embalse. Este sitio es considerado como el tramo crítico, por lo que los cambios a ocurrir serán muy evidentes en cuanto a caudal, disponibilidad de sedimentos, movilidad lateral y funcionalidad natural de la llanura de inundación.

Por el contrario en el sitio MCA, el caudal se disminuiría hasta 45 m³/s (caudal de una turbina operando al 50% + caudal ambiental), por debajo del caudal promedio para una época seca que según registros es de aproximadamente de 109,5 m³/s, pero dependerá del modo y época de operación, pues la potencia de diseño de la planta es de 240 m³/s. Este valor de 45 m³/s será el

¹ Para el presente trabajo, se denomina franja ribereña a las coberturas representadas por y presentes aguas abajo del embalse Reventazón: Bosque, Bosque de Yolillo, Herbazal acuático, Herbazal arbolado, Herbazal arbolado pantanoso, Herbazal pantanoso, Matorral, Matorral arbolado y Matorral arbolado de frutales.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 14 de 42	

umbral mínimo que el ICE debe garantizar aguas abajo del sitio de restitución, producto de la operación de la planta.

La alteración del flujo natural del caudal en este sector, más la retención de sedimentos en el embalse, provocará que el río tienda a profundizar el cauce (erosión del lecho), pasando a ser un cauce más encajonado y disminución de la relación ancho profundidad, para este caso la relación actual arroja un valor de 48, lo que significa que el ancho a banco lleno es 48 veces a la profundidad media a banco lleno, éste último puede verse afectado dependiendo del nivel de degradación del cauce.

De acuerdo a la clasificación de Rosgen, este tramo se clasifica como A3a+, pudiendo evolucionar a un tipo G (figura 2), de acuerdo a los cambios hidromorfológicos que podrían ocurrir.

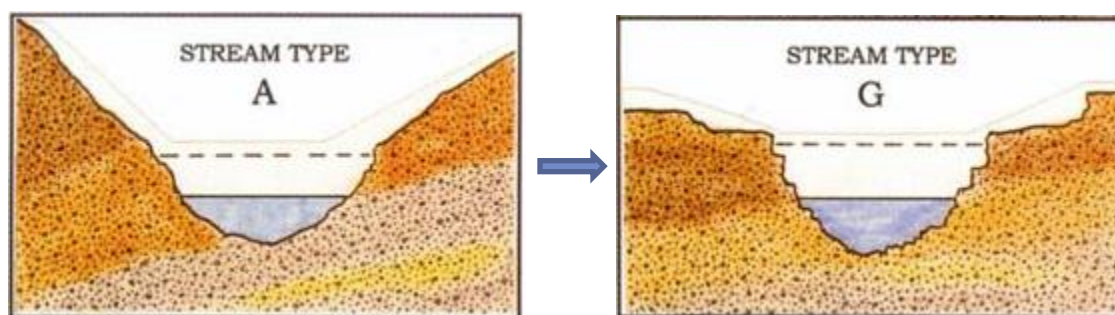


Figura 4. Tendencia de un río tipo “A” a un tipo “G”.

3.3.2.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

A continuación se realiza un análisis de tendencia de las principales variables que componen el ICA, que se identificada como elemento disparador para esta Calidad Funcional:

Con la operación del embalse se prevé que en este tramo los sólidos suspendidos y disueltos disminuyan por la retención de sedimentos y materia orgánica en el fondo del embalse, lo cual favorecería a la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas. En cuanto al oxígeno disuelto, si bien la temperatura del agua disminuiría por la profundización del cauce, ocasionando mayor disolución del oxígeno, pero al regularse el paso de materia orgánica y la actividad micro-orgánica, mantendría o incrementaría el nivel de oxígeno disuelto, lo cual favorece al equilibrio de la comunidad acuática. En cuanto al PH se espera que se mantenga en el rango de 6 a 9, siempre y cuando las acciones a nivel de cuencas continúen y mejoren el tratamiento de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial. En relación a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se espera que disminuya, debido de igual forma a la disminución de materia orgánica y por ende de los micro-organismos descomponedores que consumen oxígeno, generando una condición adecuada para la conservación de la comunidad acuática. De igual forma que el PH, con base a las acciones de cuencas, se espera que el Nitrato (NO₃-) se mantenga por debajo de los 10 mg/l registrados hasta ahora, para conservar la vida acuática.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 15 de 42	

En cuanto al índice Holandés, se espera que se mantenga en los niveles encontrados hasta ahora, siempre y cuando se continúen y mejoren el manejo de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial.

Se prevé que la condición biológica mejore en este tramo de acuerdo a lo expuesto en anterior párrafo.

3.3.2.3 Calidad funcional del cauce

Aplicable para el sitio MCA y el tramo, y donde la condición del ICFSF puede verse alterado debido al aumento de la pendiente por efecto de la profundización del cauce, y la implementación de obras o canales artificiales que podrían modificar el flujo natural del río.

3.3.2.4 Calidad funcional de las riberas

La condición de las franjas ribereñas, en lo que se refiere a longitud, continuidad y ancho, se espera que puedan ser favorecidas debido a que el río al profundizarse, propiciaría la regeneración de las especies arbóreas presentes en las márgenes del cauce, y debido a la condición geológica del tramo, caso contrario a cuando el río reclamaba el ancho a banco lleno o el ancho propenso a la inundación. Con el apoyo del ICE, productores y otras instituciones, se espera que la condición actual (naranja) pase a una condición verde.

3.4 Tramo 2

Comprende del sector MCA hasta la confluencia con el río peje, con una longitud sobre el cauce de 11 km. Amplio, canal trenzado, pendientes moderadas a suaves, asociadas con depósitos de material grueso y tipo de río D (anastomosado). Zona muy susceptible al desbordamiento en la margen derecha, este segmento se denomina como zona de transición o deposición (figura 5). De acuerdo a la clasificación de Rosgen corresponde a un tipo de valle IX.

Tramo con presencia de actividad pecuaria con poca o ninguna protección arbórea en la ribera del cauce. Tramo susceptible al aporte de desechos de las zonas urbanas circundantes.

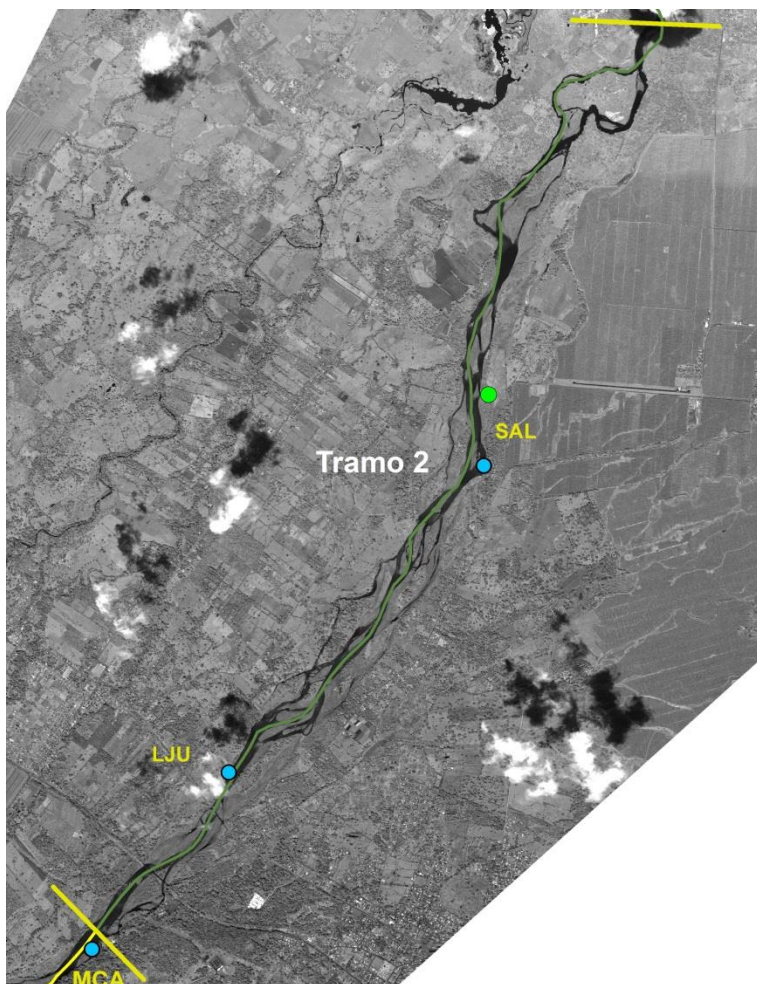


Figura 5. Tramo 2 sobrepuesta sobre imagen satelital de marzo 2015.

3.4.1 Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse)

3.4.1.1 Calidad funcional hidrológica

Debido a la condición anastomosada o trenzada del cauce, en este sitio no se ha podido realizar mediciones de caudal, por tal motivo se considera el caudal como equivalente al caudal del tramo MCA, siempre y cuando se encuentren por debajo del nivel a banco lleno.

La calidad funcional para este tramo es verde, debido a que los indicadores y variables se consideran buenos en una condición natural. Tal es el caso de la relación ancho profundidad, donde el valor encontrado es típico de ríos trenzados, indicando una alta relación.

Las variables disparadoras para este componente son: caudal, material en canal, y relación ancho/profundidad.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 17 de 42	

3.4.1.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

La calidad del ecosistema acuático de acuerdo a los indicadores fisicoquímicos y biológicos y de acuerdo a los registros de los últimos meses es amarilla (condición de calidad moderada) para el sitio denominado La Junta (LJU) y verde para el sitio San Alberto (SAL), interpretada como condición buena.

La variable disparadora en este elemento es el ICA.

3.4.1.3 Calidad funcional del cauce

Aplicable para el sitio SAL y el valle, y donde la condición del ICFSF es verde. Por lo que se puede considerar como un tramo que conserva su condición natural, aun presentando barreras en la margen derecha que podría impedir el flujo normal del río y por estar asociadas a condiciones morfológicas que se pueden considerar adecuadas, debido a que aún mantiene su dinámica natural de tramo deposicional de material grueso.

3.4.1.4 Calidad funcional de las riberas

Aplicable para el tramo, donde la condición del ICFSF es Naranja (calidad deficiente). Esto debido a que la franja ribereña está influenciada por la longitud y la presión agropecuaria-social como variables disparadoras. En el primer caso, representa el 76% en el margen izquierdo, y el 64% en la margen derecha, considerándose la primera como condición amarilla y la segunda naranja; para el segundo caso, la presión agropecuaria y social es del 69% y 73% para la margen izquierda y derecha respectivamente, considerándose ambos como condición naranja. Otros factores que han contribuido a la calificación son: la discontinuidad de las márgenes, ancho de la franja ribereña e infraestructuras.

3.4.2 Escenario1_2 (condición futura – con operación del embalse)

3.4.2.1 Calidad funcional hidrológica

El caudal para este tramo se puede indicar que sería similar al sitio MCA, el río tendrá la capacidad de conservar su caudal debido a la profundización del cauce por la degradación del lecho. El umbral mínimo para este sitio será $>45 \text{ m}^3/\text{s}$. Este sitio es considerado como el tramo transicional o deposicional de material grueso, de ahí que mantiene su forma anastomosada, producto de la disminución de la pendiente y por consiguiente la pérdida de su energía; se espera que el río recobre su energía producto de la disminución de sedimentos, aumento de la velocidad y su fuerza abrasiva, y cambios en la pendiente. El material de fondo y canal puede verse reducido por efecto de la degradación.

La alteración del flujo natural del caudal en este sector, más la retención de sedimentos en el embalse, provocará que el río tienda a profundizar el cauce (erosión del lecho), pasando a ser un cauce más encajonado y disminución de la relación ancho profundidad, para este caso la relación es de 99, lo que significa que el ancho a banco lleno es 99 veces a la profundidad media a banco lleno,

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 18 de 42	

éste último puede verse afectado dependiendo del nivel de degradación del cauce. También se prevé la disminución de la sinuosidad.

De acuerdo a la clasificación de Rosgen, este tramo se clasifica como D3b, pudiendo evolucionar a un tipo C o G (figura 4), de acuerdo a los cambios hidromorfológicos y sedimentológicos a ocurrir.

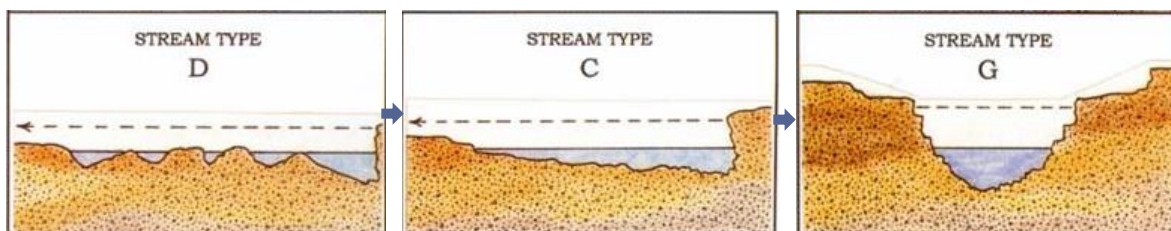


Figura 6. Tendencia de un río tipo “D” a un tipo “G”.

3.4.2.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

De acuerdo a las principales variables que componen el ICA como elemento disparador, se puede indicar lo siguiente:

Con la operación del embalse se prevé que en este tramo los sólidos suspendidos y disueltos disminuyan por la retención de sedimentos y materia orgánica en el fondo del embalse, lo cual favorecería a la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas. En cuanto al oxígeno disuelto, si bien la temperatura del agua disminuiría por la profundización del cauce, ocasionando mayor disolución del oxígeno, pero al regularse el paso de materia orgánica y la actividad micro-orgánica, mantendría o incrementaría el nivel de oxígeno disuelto, lo cual favorece al equilibrio de la comunidad acuática. En cuanto al PH se espera que se mantenga en el rango de 6 a 9, siempre y cuando las acciones a nivel de cuencas continúen y mejoren el tratamiento de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial. En relación a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), se espera que disminuya, debido de igual forma a la disminución de materia orgánica y por ende de los micro-organismos descomponedores que consumen oxígeno, generando una condición adecuada para la conservación de la comunidad acuática. De igual forma que el PH, con base a las acciones de cuencas, se espera que el Nitrato (NO_3^-) se mantenga por debajo de los 10 mg/l registrados hasta ahora, para conservar la vida acuática.

En cuanto al índice Holandés, se espera que se mantenga en los niveles encontrados hasta ahora, siempre y cuando se continúen y mejoren el manejo de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial.

Se prevé que la condición biológica mejore en este tramo de acuerdo a lo expuesto en anterior párrafo.

3.4.2.3 Calidad funcional del cauce

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 19 de 42	

Aplicable para el sitio SAL y el tramo, y donde la condición del ICFSF puede verse alterado debido al aumento de la pendiente por efecto de la profundización del cauce, y la implementación de obras (diques de contención) o canales artificiales que podrían modificar el flujo natural del río. También se prevé la disminución de la sinuosidad, por lo anteriormente mencionado, actualmente categorizado como sinuoso ($> 1,1$).

3.4.2.4 Calidad funcional de las riberas

La condición de las franjas ribereñas, en lo que se refiere a longitud, continuidad y ancho, se espera que puedan ser favorecidas debido a que el río al profundizarse y disminuir la relación ancho/profundidad, propiciaría la regeneración de las especies arbóreas presentes en las márgenes del cauce, caso contrario a cuando el río reclamaba el ancho a banco lleno o el ancho propenso a la inundación. Con el apoyo del ICE, productores y otras instituciones, se espera que la condición actual (naranja) pase a una condición verde.

3.5 Tramo 3

Corresponde a un Valle tipo IV, que comprende desde Confluencia río Peje hasta el sector Dos Bocas, con una longitud sobre el cauce de 21,84 km. Cañones de suave pendiente, canales en forma de garganta, valles aluviales y confinados con sustrato de fondo controlado. Presencia de material de tipo grava y arena, zona muy susceptible al desbordamiento en el margen derecho.

Presencia de actividades ganaderas y agrícolas como: bananeras, piñeras (microcuenca río Peje) y palmiteras. Muchas de estas actividades no cuentan con una zona de protección arbórea en la ribera del cauce. Además se observan acequias y algunos canales que conducen sus aguas al río Reventazón.

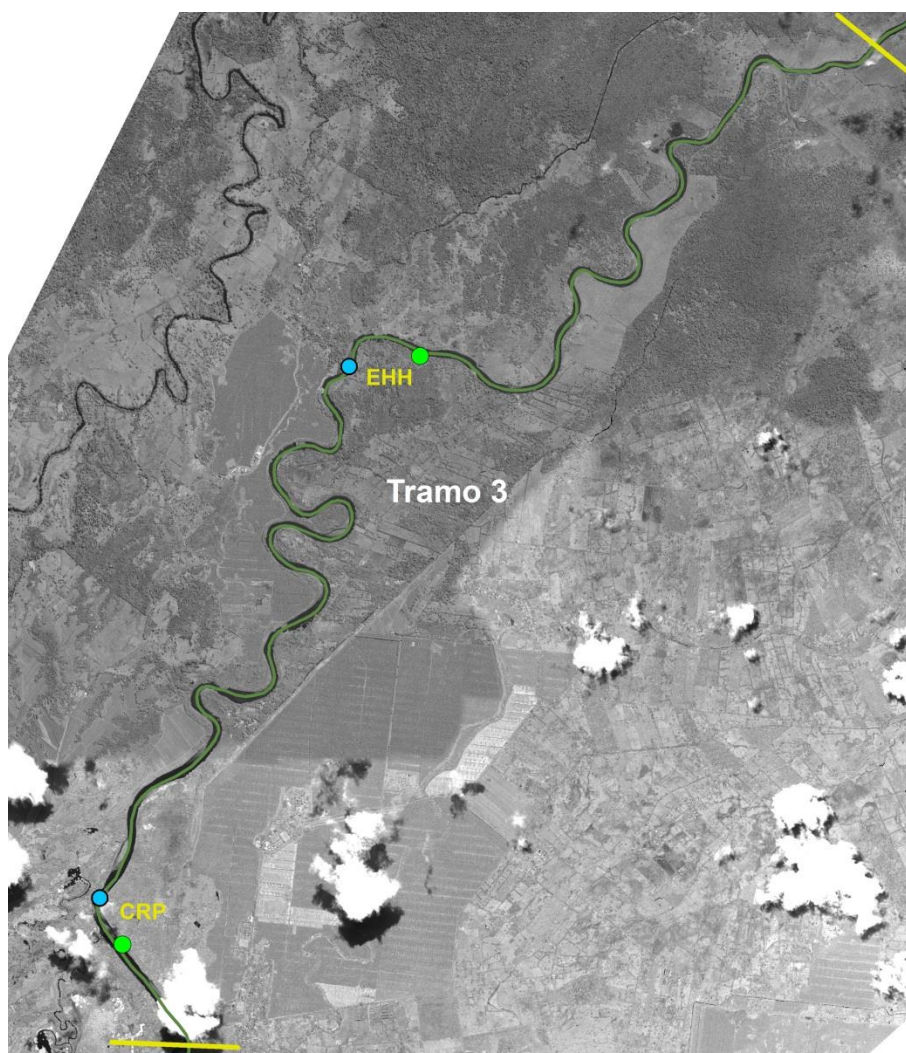


Figura 7. Tramo 3 montada sobre imagen satelital de marzo 2015.

3.5.1 Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse)

3.5.1.1 Calidad funcional hidrológica

La calidad funcional para este tramo es verde, debido a que los indicadores y variables se consideran buenos en una condición natural actual. Tal es el caso del caudal, sedimento suspendido, material en el canal y la relación ancho profundidad, donde los valores encontrados son típicos de llanuras aluviales, mismos considerados también como variables disparadoras.

3.5.1.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 21 de 42	

De acuerdo a los registros de los últimos meses de los indicadores fisicoquímicos y biológicos, la calidad del ecosistema acuático para este tramo es verde (condición de calidad buena), para los sitios denominados Confluencia río Peje (CRP) y Hamburgo (EHH).

La variable disparadora en este elemento es el ICA.

3.5.1.3 Calidad funcional del cauce

Aplicable para el sitio EHH y el tramo, donde la condición del ICFSF es amarilla. Este tramo presenta diques y canales artificiales, lo que desequilibra su condición natural; aspectos que se deben considerar al momento de implementar acciones de este tipo en las márgenes del río. Lo ideal sería no implementar ningún tipo de estructuras en las márgenes, pero por otro lado sino se realizan estas medidas, pone en riesgo a la población y toda la zona agro-productiva por el desborde del río Reventazón. Se debe buscar implementar estructuras amigables con el medio ambiente, de manera que favorezca tanto a la dinámica del río como a la población y zonas productoras.

Los canales artificiales en su mayoría han sido construidos para mejorar las condiciones de humedad de algunos sectores agrícolas y direccionar el flujo de agua del río Reventazón y sus tributarios hacia posiciones bajas del relieve para su aprovechamiento (figura 8, 9).

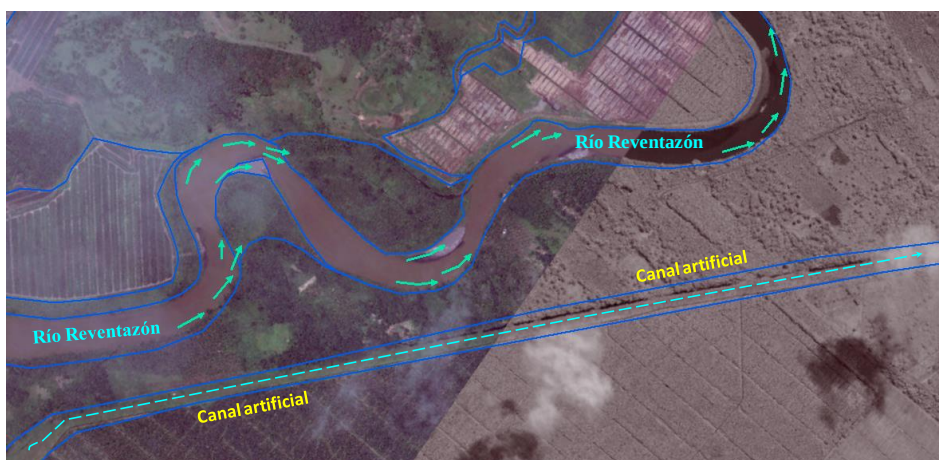


Figura 8. Canal artificial entre los centros poblados de Carmen y Cádiz, en la margen derecha del río Reventazón. Fuente: AITEC 2015.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 22 de 42	

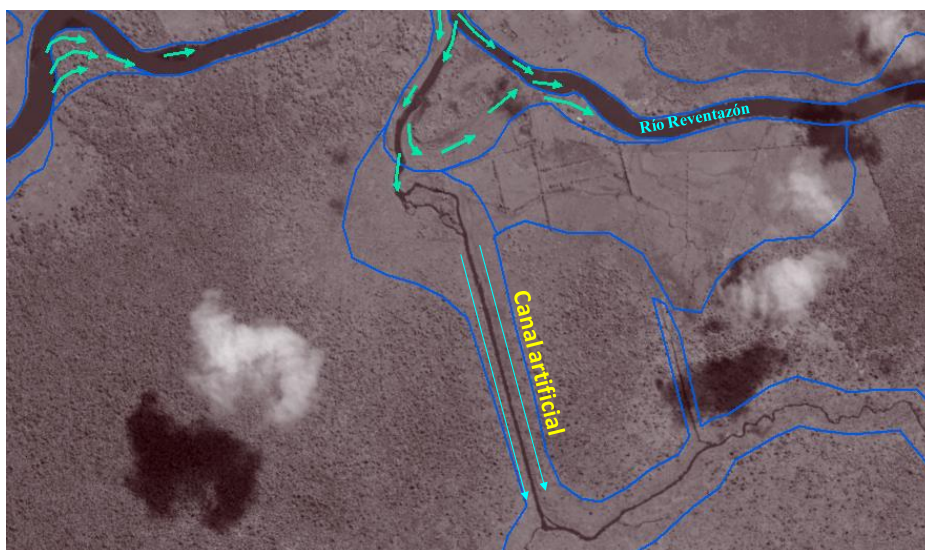


Figura 9. Canal artificial en la margen derecha del río Reventazón, localizado a unos 2,5 km aguas arriba de la confluencia de los río Reventazón y Parismina. Fuente: AITEC 2015.

3.5.1.4 Calidad funcional de las riberas

Aplicable para el tramo, donde la condición del ICFSF es Naranja (calidad deficiente). Esto debido a que la franja ribereña está influenciada principalmente por carreteras, lo que fragmenta la longitud de la franja ribereña, además de la presión agropecuaria y social; siendo estas dos últimas como las variables disparadoras. En el primer caso (longitud), representa el 55,7% en el margen izquierdo, y el 56% en la margen derecha, considerándose ambas como condición naranja; para el segundo caso (presión agropecuaria), es del 44,8% y 44,2% para la margen izquierda y derecha respectivamente, considerándose ambas como condición amarilla.

3.5.1.5 Calidad funcional para uso social

Con base a datos batimétricos y sondeo con los comunarios, se determinó que a partir del tramo CRP, el río ya es navegable para lanchas pequeñas. Por lo que se puede concluir que el río en este valle es navegable en un 96% de su longitud y a una profundidad mínima de 0,6m, lo que la califica como condición azul (calidad muy buena).

3.5.2 Escenario1_2 (condición futura – con operación del embalse)

3.5.2.1 Calidad funcional hidrológica

El caudal en este tramo mejoraría con el aporte del río Peje, lo cual contribuiría a recuperar parte del equilibrio natural del río Reventazón, no solo en el aspecto de caudal, sino también en todo lo que concierne a su capacidad de movilización de material, deposición y el equilibrio en la concentración de sedimento de fondo y suspendido. Como parte de este proceso, en su búsqueda de equilibrio el río seguirá degradando el lecho y las márgenes, principalmente en los primeros km del

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 23 de 42	

tramo, para posteriormente depositar este material aguas abajo del sitio CRP. Este tramo pasará de aluvial a transicional o deposicional de material grueso y fino, producto de la disminución de la energía del río.

Con base a registros, el caudal mínimo en este sitio fue de 18 m³/s, lo cual se considera como umbral mínimo para fines de seguimiento y valoración.

De acuerdo a la clasificación de Rosgen, este tramo se clasifica como C5b, pudiendo evolucionar a un río de tipo F (figura 10), de acuerdo a los cambios hidromorfológicos y sedimentológicos a ocurrir.

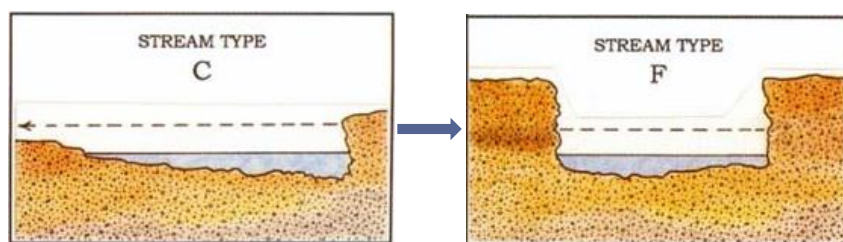


Figura 10. Tendencia de un río tipo “C” a un tipo “F”.

Al degradarse las márgenes, el río aumentará su ancho a banco lleno y su relación con la profundidad, en los primeros km del tramo, para posteriormente recuperar su equilibrio natural.

3.5.2.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

De acuerdo a las principales variables que componen el ICA como elemento disparador, se puede indicar lo siguiente:

En cuanto a la calidad del ecosistema acuático, producto de los procesos a ocurrir en el elemento hidrológico, los sólidos suspendidos y disueltos, y materia orgánica recuperarían su equilibrio natural, lo cual si estas concentraciones se encuentran por debajo de los límites adecuados, favorecería a la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas. En cuanto al oxígeno disuelto, se vería favorecido con el aumento de la temperatura producto del incremento en la relación ancho/profundidad, lo cual favorecería al equilibrio de la comunidad acuática. En cuanto al PH se espera que se mantenga en el rango de 6 a 9, siempre y cuando las acciones a nivel de cuencas continúen y mejoren el tratamiento de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial. En relación a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), éste se encontrará en un nivel de equilibrio, debido a la disminución de materia orgánica del río Reventazón y aporte del río Peje. De igual forma que el PH, con base a las acciones de cuencas, se espera que el Nitrato (NO₃-) se mantenga por debajo de los 10 mg/l registrados hasta ahora, para conservar la vida acuática.

En cuanto al índice Holandés, se espera que se mantenga en los niveles encontrados hasta ahora, siempre y cuando se continúen y mejoren el manejo de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 24 de 42	

3.5.2.3 Calidad funcional del cauce

Aplicable para el sitio CRP, EHH y el tramo, y donde la condición del ICFSF para el primero puede verse alterado debido al aumento de la pendiente por efecto de la profundización del cauce, para el sitio EHH la pendiente podría disminuir debido a la acumulación de material (agradación), lo cual podría también incrementar la sinuosidad. La implementación de obras (diques de contención) o canales artificiales podrían modificar el flujo natural del río. La sinuosidad puede aumentar debido a que el río buscará disipar su energía, sobre esto es importante indicar que la sinuosidad a lo largo de los años (principalmente de 1960 a 1992) ha ido disminuyendo.

3.5.2.4 Calidad funcional de las riberas

La condición de las franjas ribereñas, en lo que se refiere al ancho, puede verse afectado debido a la erosión de las márgenes del cauce y al aumento de la relación ancho/profundidad. En este tramo, la presión antrópica hacia las márgenes del río es fuerte, debido a la actividad agropecuaria, por tanto con el apoyo del ICE, CORBANA, productores y otras instituciones se espera que la condición actual (naranja) pase a una condición verde, a través de la implementación de acciones que permitan recuperar la cobertura arbórea de las riberas del cauce.

3.5.2.5 Calidad funcional para uso social

Se espera que la condición de navegación en este tramo se mantenga, por lo menos para lanchas pequeñas.

3.6 Tramo 4

Comprende desde Dos Bocas hasta el sector de Caño Blanco, con una longitud de 20,6 km. Llanuras aluviales costeras, valle tipo X, muy amplio y suave pendiente, indicadas por los pantanos y otros humedales. Presencia de material de tipo arena. De acuerdo a Vargas (2005) este segmento corresponde al tramo aluvial, asociados a ríos de tipo C y E.

Presencia de actividad agropecuaria, con poca o ninguna vegetación ribereña. Este tramo recibe aporte de caudal del río Parismina y de una extensa llanura cubierta de vegetación y actividad agropecuaria en el margen derecho.

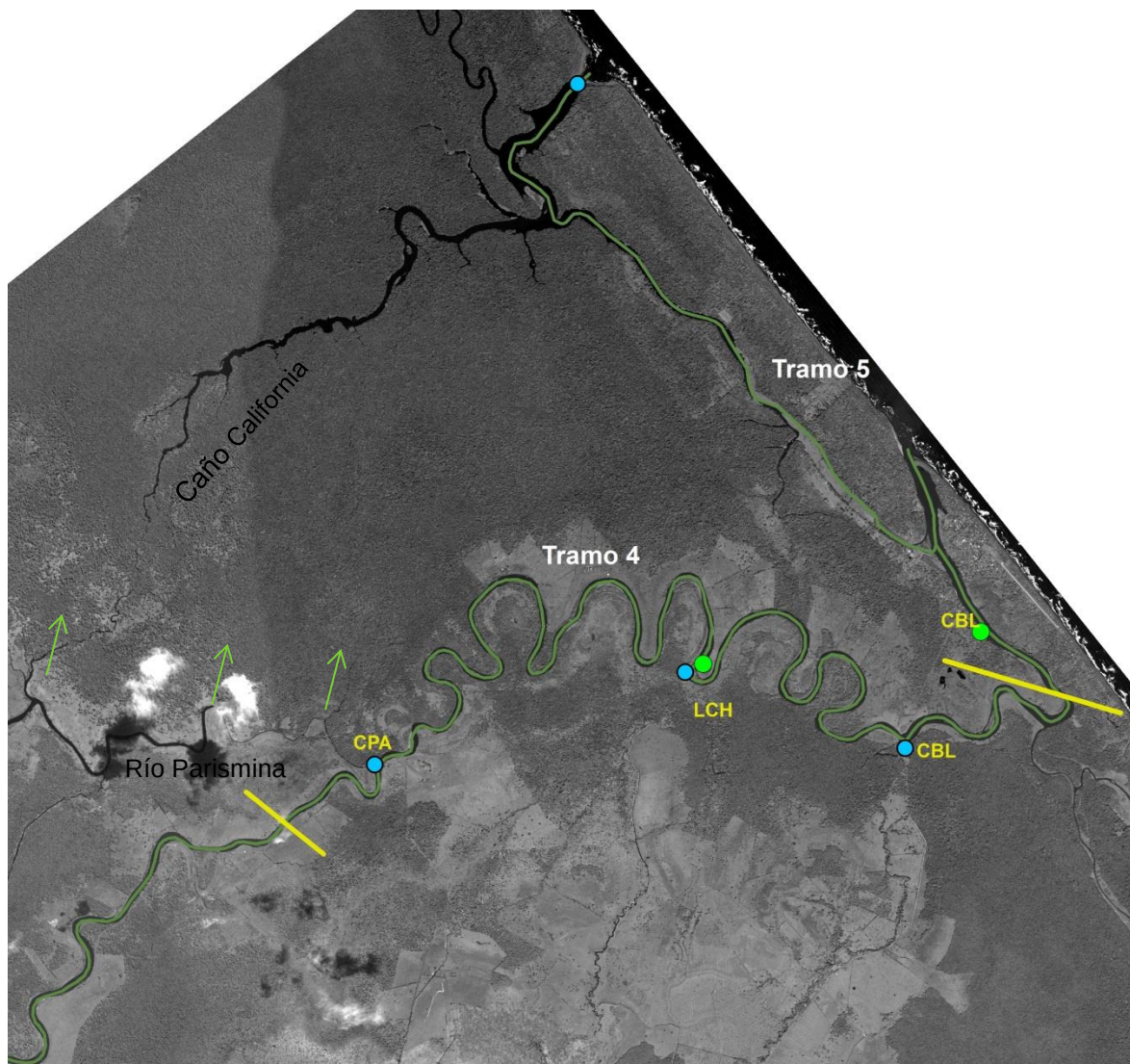


Figura 11. Tramo 4 y 5 sobrepuesta sobre imagen satelital de marzo 2015.

3.6.1 Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse)

3.6.1.1 Calidad funcional hidrológica

La calidad funcional en este tramo es azul, debido a que los indicadores y variables se consideran de calidad muy buena en una condición natural actual. Tal es el caso del caudal, sedimento suspendido, material en el canal, movilidad y distribución, ancho banco lleno y la relación ancho/profundidad, donde los valores encontrados son típicos de llanuras aluviales, mismos considerados también como variables disparadoras.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 26 de 42	

3.6.1.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

Con base a los registros de los últimos meses de los indicadores fisicoquímicos y biológicos, la calidad del ecosistema acuático para este tramo es amarilla (condición de calidad moderada), para los sitios denominados Confluencia Parismina (CPA) y Los Chorros (LCH).

La variable disparadora en este elemento es el ICA, la diversidad de peces y la presencia de la especie indicadora *Agonostomus monticola* (Tepemechín).

3.6.1.3 Calidad funcional del cauce

Aplicable para el sitio LCH y el valle, donde la condición del ICFSF es azul. Este tramo no presenta diques y canales artificiales, lo que mantiene al cauce en una condición de equilibrio natural. Las variables como pendiente y la sinuosidad se consideran de calidad muy buena debido a que se considera al tramo actual como condición natural no intervenido.

3.6.1.4 Calidad funcional de las riberas

Aplicable para el tramo, donde la condición del ICFSF es amarillo (calidad moderada). Esto debido a la discontinuidad de la franja ribereña, influenciada principalmente por la presión agropecuaria y social; siendo esta última como variable disparadora. La longitud ribereña representa el 62% en el margen izquierdo, y el 75% en la margen derecha, considerándose la primera como condición roja y la segunda como amarilla. Para el caso de la presión agropecuaria, es del 38% y 23% para la margen izquierda y derecha respectivamente, considerándose la primera como condición amarilla y la segunda verde.

3.6.1.5 Calidad funcional para uso social

Con base a datos batimétricos y sondeo con los comunarios, se determinó que este tramo es navegable en su longitud total del cauce, y para tal fin requiere una profundidad mínima de 1m, condición que se cumple a lo largo del río, mejorando aún más aguas abajo del muelle Caño Blanco, lo que la califica como condición azul (calidad muy buena).

3.6.2 Escenario1_2 (condición futura – con operación del embalse)

3.6.2.1 Calidad funcional hidrológica

De acuerdo a registros, el caudal en este tramo se ha presentado de 40 a 185m³/s (caudal a banco lleno), mismo que podría verse disminuido debido al aporte de caudal del río Reventazón hacia el río Parismina, que es cada vez más unidireccional (Reventazón → Parismina) y constante en el tiempo. Esto está sucediendo por efecto de la acumulación de material en el fondo para este sector del Reventazón (CPA), disminución de la pendiente, pérdida de energía del río Parismina debido a que gran parte de su caudal es descargada por las quebradas hacia el sector denominado como Caño California (figura 11). En los primeros 3km del tramo, la velocidad del río disminuiría debido a la

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 27 de 42	

reducción de la pendiente, la acumulación de sedimentos y el incremento de la relación ancho/profundidad; con lo cual se reducirá la capacidad de transporte de sedimentos.

De acuerdo a la clasificación de Rosgen, este tramo se clasifica como C5b, pudiendo permanecer en el mismo tipo de río (figura 12), de acuerdo a los cambios hidromorfológicos y sedimentológicos a ocurrir.

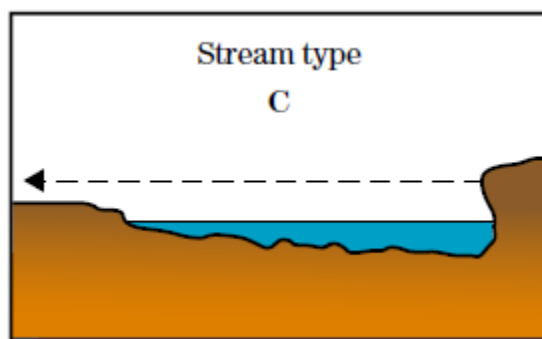


Figura 12. Río de tipo “C”.

En este tramo el cauce iniciará a agradarse, buscando un nuevo equilibrio. Estos cambios se pueden ver reflejados durante los primeros 5 años de operación del embalse, aunque dependerá del modo de operación del embalse y la dinámica natural del río, que es muy cambiante. De acuerdo a Rosgen, un canal estable mantendrá su patrón morfológico, perfil y dimensión, con erosión y deposición por debajo de niveles excesivos de degradación y agradación.

3.6.2.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

Con base a las principales variables que componen el ICA como elemento disparador, se puede indicar lo siguiente:

En cuanto a la calidad del ecosistema acuático, producto de los procesos a ocurrir en el elemento hidrológico, los sólidos suspendidos y disueltos, y materia orgánica se incrementarían debido a la erosión de los bancos, por lo tanto si estas concentraciones se encuentran por encima de los límites adecuados, no favorecería a la conservación del equilibrio natural de las comunidades acuáticas. En cuanto al oxígeno disuelto, éste se incrementaría producto de la sedimentación y disminución de la temperatura. En cuanto al PH se espera que se mantenga en el rango de 7 a 8, siempre y cuando las acciones a nivel de cuencas continúen y mejoren el tratamiento de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial. En relación a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), éste se mantendría igual a los registros recopilados hasta la fecha. Con base a las acciones de cuencas, se espera que el Nitrato (NO_3^-) se mantenga por debajo de los 10 mg/l registrados hasta ahora, para conservar la vida acuática.

En cuanto al índice Holandés, se espera que se mantenga en los niveles encontrados hasta ahora, siempre y cuando se continúen y mejoren el manejo de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 28 de 42	

3.6.2.3 Calidad funcional del cauce

Aplicable para el sitio LCH y el tramo, donde la condición del ICFSF puede verse alterado debido a la disminución de la pendiente por efecto de la acumulación de sedimentos en el cauce. La implementación de obras (diques de contención) o apertura de canales artificiales podrían modificar el flujo natural del río.

La sinuosidad puede aumentar debido a que el río buscará disipar su energía, sobre esto es importante indicar que la sinuosidad a lo largo de los años (principalmente de 1960 a 1992) ha ido disminuyendo, donde en algunos casos se han perdido meandros.

3.6.2.4 Calidad funcional de las riberas

La condición de las franjas ribereñas, en lo que se refiere al ancho, puede verse afectado debido a la erosión de las márgenes del cauce y al aumento de la relación ancho/profundidad. En este valle, la presión antrópica hacia las márgenes del río es fuerte, debido a la actividad agropecuaria, por tanto con el apoyo del ICE, CORBANA, productores y otros actores directos, se espera que la condición actual (amarillo) pase a una condición verde, a través de la implementación de acciones que permitan recuperar la cobertura arbórea de las riberas del cauce.

3.6.2.5 Calidad funcional para uso social

Se espera que la condición de navegación en este tramo se mantenga, por lo menos para lanchas pequeñas y medianas.

3.7 Tramo 5

Comprende desde el sector Caño Blanco (CBL) hasta el sector de Laguna Jaloba (JAL), de aproximadamente 9,23km. Llanuras aluviales costeras, valle tipo XI, muy amplio y suave pendiente, indicadas por los pantanos y otros humedales. Presencia de material de tipo arena. De acuerdo a Vargas (2005) este segmento corresponde al tramo aluvial, asociados a ríos de tipo C y E.

En este tramo, debido a la influencia marina y actividad portuaria, se adiciona el monitoreo de algunas variables como: salinidad, grasas y aceites respectivamente. Aguas abajo de este sitio, la actividad económica predominante viene siendo la turística (tours en canales, pesca deportiva, parque Tortuguero).

3.7.1 Escenario1_1 (condición actual – sin operación del embalse)

3.7.1.1 Calidad funcional hidrológica

La calidad funcional en este tramo es azul, debido a que los indicadores y variables se consideran de calidad muy buena en una condición natural actual. Tal es el caso del caudal, sedimento suspendido, material en el canal, movilidad y distribución, ancho banco lleno y la relación ancho/profundidad, donde los valores encontrados son típicos de zonas meándricas, mismos considerados también como variables disparadoras.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 29 de 42	

3.7.1.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

Con base a los registros de los últimos meses de los indicadores fisicoquímicos y biológicos, la calidad del ecosistema acuático en el sitio CBL es amarilla (condición de calidad moderada), y para el sitio JAL es verde.

La variable disparadora en este elemento es el ICA, la diversidad de peces y la presencia de la especie indicadora *Agonostomus monticola* (Tepemechín). En cuanto a éste último, la presencia es de calidad muy buena, ya que se han encontrado gran cantidad de individuos en los últimos monitoreos, y no así en el sitio JAL, donde la calidad es naranja.

3.7.1.3 Calidad funcional del cauce

Aplicable para el sitio CBL y el tramo, donde la condición del ICFSF es azul. Este tramo no presenta diques y canales artificiales, lo que mantiene al cauce en una condición de equilibrio natural. Las variables como pendiente y la sinuosidad se consideran de calidad muy buena debido a que se considera al tramo actual como condición natural no intervenido.

3.7.1.4 Calidad funcional de las riberas

Aplicable para el tramo, donde la condición del ICFSF es amarillo (calidad moderada). Esto debido a la discontinuidad de la franja ribereña, influenciada principalmente por la presión agropecuaria y social; siendo esta última como variable disparadora. La longitud ribereña representa el 82% y el 54% en la margen izquierda y derecha respectivamente, considerándose la primera como condición amarilla y la segunda como naranja. Para el caso de la presión agropecuaria, es del 19% y 13,6% para la margen izquierda y derecha respectivamente, considerándose ambas como condición verde.

3.7.1.5 Calidad funcional para uso social

Con base a datos batimétricos y sondeo con los comunarios, se determinó que este valle es navegable en su longitud total del cauce, aunque en periodos de nivel bajo, en el tramo inicial del Canal Parismina se torna difícil realizar esta operación. Se han encontrado profundidades >1m, al menos desde el sitio de monitoreo CBL hasta Boca Parismina, lo que la califica como condición azul (calidad muy buena).

3.7.2 Escenario1_2 (condición futura – con operación del embalse)

3.7.2.1 Calidad funcional hidrológica

De acuerdo a registros, el caudal promedio en este tramo se ha presentado de 36 a 194m³/s, muy por encima del caudal a banco lleno (140m³/s) estimado para antes del evento hidrometeorológico suscitado a fines de junio del 2015. Situación que podría haber cambiado la sección en dicho sitio. Con operación del embalse, el caudal oscilaría entre los 36 y 140m³/s, ya que en este tramo siempre va existir aporte del canal Moín, misma alimentada por el río Pacuare y otros afluentes en la margen

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 30 de 42	

derecha. La acumulación de sedimentos disminuiría en el sector de Boca Parismina, lo cual favorecería a la navegación.

De acuerdo a la clasificación de Rosgen, este tramo se clasifica como C5c-, debido a la pendiente muy baja que tiene, $<0,001\text{m/m}$, entre otras condiciones morfológicas y sedimentológicas característicos en este tipo de tramos. La clasificación Rosgen puede permanecer en el mismo tipo de río (figura 13), de acuerdo a los cambios hidromorfológicos y sedimentológicos a ocurrir.

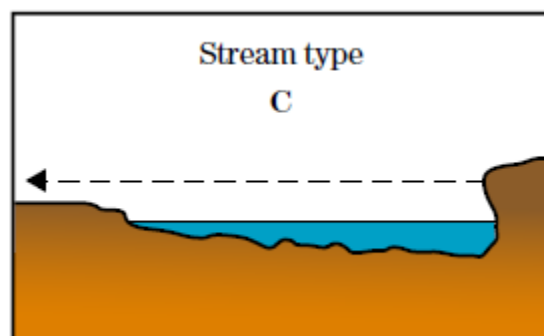


Figura 13. Río de tipo “C”.

3.7.2.2 Calidad funcional del ecosistema acuático

De acuerdo a las principales variables que componen el ICA, se puede indicar lo siguiente:

En cuanto a la calidad del ecosistema acuático, los sólidos suspendidos y disueltos, y materia orgánica se equilibrarían debido a la afluencia del Canal Moín y Canal California. En cuanto al oxígeno disuelto, PH, DBO y Nitrato (NO_3^-), se mantendrían iguales a los registros recopilados hasta la fecha ($<10\text{mg/l}$); siempre y cuando se implementen acciones a nivel de cuencas que mejoren el tratamiento de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial, para conservar la vida acuática.

En cuanto al índice Holandés, se espera que se mantenga en los niveles encontrados hasta ahora (<2), siempre y cuando se implemente acciones a nivel de cuencas que mejoren el manejo de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial. En cuanto a la población de peces, se espera que se mantengan siempre y cuando se consideren las variables como el ICA y el Holandés como indicadores claves en los programas de cuencas.

3.7.2.3 Calidad funcional del cauce

Aplicable para el sitio CBL y el valle, donde la condición del ICFSF podría no verse afectado, ya que en este valle el río estaría recuperando su equilibrio natural. La implementación de obras (diques de contención) o apertura de canales artificiales podrían modificar el flujo natural del río.

3.7.2.4 Calidad funcional de las riberas

La condición de las franjas ribereñas, en lo que se refiere al ancho, puede verse afectado debido a la erosión de las márgenes del cauce, así mismo también la continuidad de la franja ribereña puede

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 31 de 42	

verse afectada debido a la presión agropecuaria que es del 19% y 14% en el margen izquierdo y derecho respectivamente. No obstante, a través de acciones de reforestación en las márgenes se puede recuperar de una condición amarilla (actual) a una condición verde.

3.7.2.5 Calidad funcional para uso social

Se espera que la condición de navegabilidad se mantenga igual o mejor en este tramo, debido a la disminución de sedimentos provenientes de la cuenca río Reventazón, situación que en algunos periodos del año ha dificultado realizar esta operación.

4 Propuesta de acciones por componente para los ICFSF por tramos

A continuación (cuadro 1) se resume las principales tendencias o cambios a ocurrir en cada uno de los tramos por componente de evaluación, así mismo también las acciones a realizar que estén al alcance de la intervención antrópica en caso de presentarse cambios aguas abajo de la Presa Reventazón. Las acciones no sólo se basarán en la evaluación de cada componente, sino también se revisará cada indicador (principalmente el disparador), y se analizará con base a la condición de alerta; por ejemplo si la condición es naranja o roja se deben realizar acciones de mitigaciones previa valoración del indicador, si la condición es amarilla, significa advertencia, y si la condición es verde o azul, simplemente se continua dando seguimiento (monitoreo) a los indicadores en cada tramo de río.

Cuadro 1. Condición actual y futura del ICFSF por componente y tramo.

Tramo	Componente ICFSF	Condición actual	Tendencia (condición futura)	Proyectos/Acciones de mitigación
1	Calidad funcional hidrológico	Calidad buena	Calidad Moderada	-Asegurar que el caudal restituído en CM sea siempre > al umbral mínimo (45m ³ /s). -Realizar desembalses parciales una vez al año (principalmente cuando se presenten las mayores concentraciones de caudal, que según a datos históricos corresponde al mes de Setiembre).
	Calidad funcional del ecosistema acuático	Calidad buena	Calidad buena	-Monitoreo continuo -Aplicar la normativa interna del ICE en cuanto al manejo y tratamiento de residuos ordinarios, peligrosos, especiales y valorizables en la Planta. -Implementar acciones a nivel de cuencas que mejoren el manejo de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial.
	Calidad funcional del cauce	Calidad muy buena	Calidad muy buena	-Monitoreo continuo -Evitar implementar obras de contención lateral, en caso de realizarse, se deben realizar con técnicas bioingenieriles o biotecnológicas. -Evitar la apertura de canales artificiales
	Calidad funcional de las riberas	Calidad deficiente	Calidad buena	-Implementar acciones de reforestación y/o cualquier otro sistema de producción que contemple el componente arbóreo en las márgenes del río. -Implementar programas de educación ambiental sobre normativas y la importancia de conservar las franjas ribereñas.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 32 de 42	

Tramo	Componente ICFSE	Condición actual	Tendencia (condición futura)	Proyectos/Acciones de mitigación
	Calidad funcional para uso social (navegación)	NA	NA	NA
2	Calidad funcional hidrológico	Calidad buena	Calidad deficiente	-Monitoreo y seguimiento de las variables y sucesión del cauce. -Reducir la presión social y agropecuaria en las márgenes debido a la disminución del ancho a banco lleno.
	Calidad funcional del ecosistema acuático	Calidad buena	Calidad buena	-Monitoreo continuo -Implementar acciones a nivel de cuencas que mejoren el manejo de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial.
	Calidad funcional del cauce	Calidad buena	Calidad moderada	-Evitar implementar obras de contención lateral, en caso de realizarse, se deben realizar con técnicas bioingenieriles o biotecnológicas. -Evitar la apertura de canales artificiales
	Calidad funcional de las riberas	Calidad deficiente	Calidad buena	-Implementar acciones de reforestación y/o cualquier otro sistema de producción que contemple el componente arbóreo en las márgenes del río, aprovechando la disminución del ancho a banco lleno. -Implementar programas de educación ambiental sobre normativas y la importancia de conservar las franjas ribereñas.
	Calidad funcional para uso social (navegación)	NA	NA	NA
3	Calidad funcional hidrológico	Calidad buena	Calidad deficiente	-Monitoreo y seguimiento de las variables y sucesión del cauce. -Implementar proyectos de reforestación para disminuir la erosión de los bancos.
	Calidad funcional del ecosistema acuático	Calidad buena	Calidad moderada	-Implementar acciones a nivel de cuencas que mejoren el manejo de contaminantes producto de la actividad agropecuaria, doméstica e industrial. -Reforestación en las márgenes del río
	Calidad funcional del cauce	Calidad moderada	Calidad deficiente	-Evitar implementar obras de contención lateral, en caso de realizarse, se deben realizar con técnicas bio-ingenieriles. -Evitar la apertura de canales artificiales
	Calidad funcional de las riberas	Calidad deficiente	Calidad buena	-Implementar acciones de reforestación y/o cualquier otro sistema de producción que contemple el componente arbóreo en las márgenes del río. -Implementar programas de educación ambiental sobre normativas y la importancia de conservar las franjas ribereñas.
	Calidad funcional para uso social (navegación)	Calidad muy buena	Calidad buena	-Programa de monitoreo -Implementar medidas de adaptación, como la mejora de vías de comunicación terrestre.
	Calidad funcional hidrológico	Calidad buena	Calidad deficiente	-Monitoreo y seguimiento de las variables y sucesión del cauce. -Implementar proyectos de reforestación para disminuir la erosión de los bancos.
	Calidad funcional del	Calidad buena	Calidad moderada	-Implementar acciones a nivel de cuencas que mejoren el manejo de contaminantes producto de

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 33 de 42	

Tramo	Componente ICFSF	Condición actual	Tendencia (condición futura)	Proyectos/Acciones de mitigación
4	ecosistema acuático			la actividad agropecuaria, doméstica e industrial. -Reforestación en las márgenes del río
	Calidad funcional del cauce	Calidad muy buena	Calidad buena	-Programa de monitoreo -Evitar implementar obras de contención lateral, en caso de realizarse, se deben realizar con técnicas bioingenieriles o biotecnológicas. -Evitar la apertura de canales artificiales
	Calidad funcional de las riberas	Calidad moderada	Calidad buena	-Implementar acciones de reforestación y/o cualquier otro sistema de producción que contemple el componente arbóreo en las márgenes del río. -Implementar programas de educación ambiental sobre normativas y la importancia de conservar las franjas ribereñas.
	Calidad funcional para uso social (navegación)	Calidad muy buena	-Monitoreo y seguimiento de las variables	-Monitoreo y seguimiento de las variables
5	Calidad funcional hidrológico	Calidad muy buena	Calidad muy buena	-Monitoreo y seguimiento de las variables
	Calidad funcional del ecosistema acuático	Calidad moderada	Calidad moderada	-Monitoreo y seguimiento de las variables
	Calidad funcional del cauce	Calidad muy buena	-Monitoreo y seguimiento de las variables	-Monitoreo y seguimiento de las variables
	Calidad funcional de las riberas	Calidad moderada	Calidad moderada	-Monitoreo y seguimiento de las variables -Reforestación en las márgenes del río (primeros 2km del valle)
	Calidad funcional para uso social (navegación)	Calidad muy buena	Calidad buena	-Programa de monitoreo

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 34 de 42	

5 Referencias bibliográficas

AITEC. 2015. Plan de Prevención y Manejo de Desastres Naturales: Estudios Básicos. Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), San José, CR. 148p.

Integrated Environments, Environmental Resources Management. 2012. Proyecto Hidroeléctrico Reventazón “Estudios Ambientales Estratégicos – Fase 2”. San José, CR. 174p.

NEH. 2007a. Stream Restoration Design: Chapter 11 “Rosgen Geomorphic Channel Design”. Natural Resources Conservation Service, United States Department of Agriculture, US. 76p.

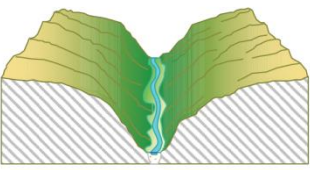
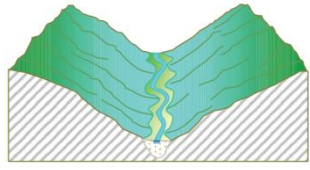
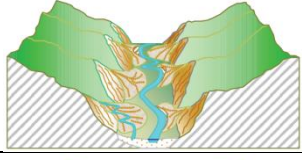
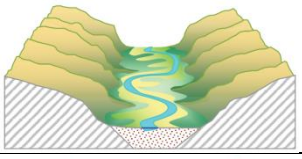
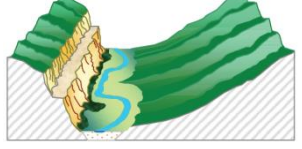
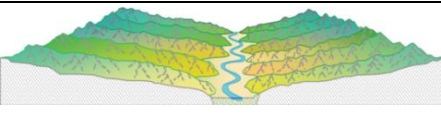
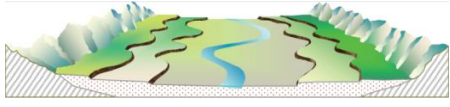
Rosgen, D. 2009. Watershed Assesment of River Stability and Sediment Supply (WARSSS). 2 ed. Wildland Hydrology Fort Collins, Colorado, US.

Vargas, O. 2005. Diagnóstico del río Reventazón: Análisis hidráulico. Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), San José, CR. 37p.

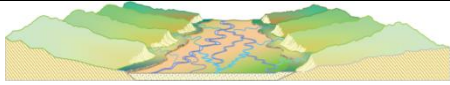
	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 35 de 42	

6 Anexos

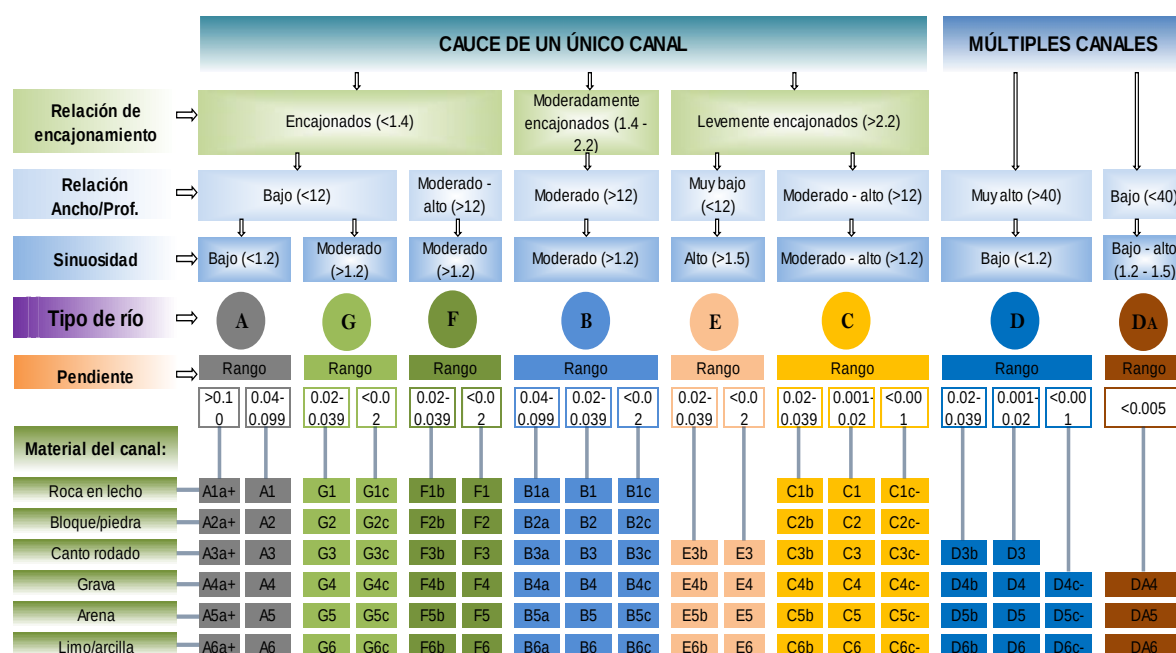
6.1 Tipos de valles de acuerdo a Rosgen

Tipo de Valle	Descripción	Tipos de ríos	Esquema
I	Empinadas, confinados, cañones en forma de muescas-V, laderas laterales rejuvenecidas de más de 2% de pendiente, a menudo con alto aporte de sedimentos.	Aa+, A, G	
II	Moderadamente escarpado, con laderas de pendiente suave, con frecuencia en valles coluviales, pendiente de aproximadamente 4%.	B, G	
III	Abanicos aluviales y conos de deyección, pendiente mayor a 2%.	A, B, F, G, D	
IV	Cañones de suave pendiente, gargantas, valles aluviales y confinadas con sustrato de fondo controladas.	C, F	
V	Moderadamente empinadas, en forma de U valles glacial-parabólicos, pendiente menor 4%.	C, D, F, G	
VI	Moderadamente empinada, fallas, unidos a una roca madre (estructura), debido a cambios en el material geológico, pendiente inferior al 4%, y el aporte de sedimentos por lo general es baja.	Aa+, A, B, C, F, G	
VII	Empinados, terreno de forma escarpada, fluviales disecados, de alta densidad de drenaje de laderas aluviales, con alto aporte de sedimentos.	Aa+, A, G	
VIII	Amplia ladera, valle de pendiente suave, con llanura de inundación bien desarrollada, adyacente al río y/o terrazas glaciales.	C, D, E, F, G	

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 36 de 42	

IX	Amplio, pendientes moderadas a suaves, asociados con glaciales de transición y/o dunas de arena eólicos.	C, D, F	
X	Se encuentra en las llanuras aluviales costeras y llanuras aluviales, valle muy amplio y suave pendiente, asociadas con glaciares y no glaciares-depósitos lacustres, indicados por los pantanos y otros humedales.	C, DA, D, E, F, G	
XI	Se encuentra en deltas (desembocaduras) fluviales y zonas intermareales. Pendientes muy bajas, con sedimentos cohesivos y diques naturales. Áreas caracterizadas como alargada, lobulada, ondas y mareas dominantes.	C, D, DA, E	

6.2 Clasificación de ríos “Metodología Rosgen”



6.3 Acciones propuestas a nivel de cuenca

Se proponen las siguientes acciones para que sean considerados en la implementación de los programas de cuencas:

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 37 de 42	

Monitoreo:

		Proyecto Hidroeléctrico Reventazón	INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD Plan de Manejo Adaptativo	
Código:	1	PMA	Título Plan de Manejo Adaptativo de Sedimentos y Calidad de agua (PMAS-PMCA)	
Elaborado por: Equipo PMA.			Enfoque: Manejo Adaptativo.	
ASPECTOS GENERALES				
Área de influencia: SHIRPT, Microcuenca río Peje			Involucrados directos: ICE, COMCURE	
Nombre del Programa: Monitoreo hidromorfológico, sedimentológico y calidad de agua				
Palabras clave: Monitoreo, Manejo adaptativo de sedimentos, Calidad de agua, Sistema Hidrobiológico, hidromorfología.				
Institución líder del proceso: ICE.				
Colaboradores: COMCURE, CORBANA, CANAPEP, CORFOGA, MINAE, MAG, AyA, JAPDEVA, Municipalidad de Siquirres, ASADAS, ADC, RÍOS TROPICALES, EXPLORADORES OUTDOORS, Dueños de fincas, productores.				
ENFOQUE DEL PROYECTO				
Descripción del proyecto: Una vez entre en operación el PH-Reventazón, se prevé afectaciones en el tramo de transición, aluvial y estuarina, como: balance actual de sedimentos, erosión (degradación) de los tramos inferiores del río, almacenamiento de sedimentos en el embalse (agradación) y el aumento de la profundidad del río aguas abajo de la presa (IE-ERM 2012), cambios morfológicos y calidad de agua, alteración del flujo del río, pérdida de hábitat, reducción de la biodiversidad acuática, pérdida de conectividad estructural, funcional y desequilibrio en la dinámica natural del río. A raíz de estas situaciones, se planifica la realización de un monitoreo continuo de las condiciones hidromorfológicas, sedimentológicas y de calidad de agua, para evaluar los cambios y/o afectaciones.				
Problema o necesidad a resolver: Afectaciones biofísicas (hidromorfológicas, sedimentológicas y biológicas) en el cauce del río Reventazón y zona estuarina, posibles afectaciones socioeconómicas en las comunidades aguas abajo del PH-Reventazón, producto de la operación del embalse.				
Objetivo del proyecto: Desarrollar un programa de monitoreo continuo para comprender y evaluar los cambios relacionados con la calidad del agua y la sedimentación resultantes de la operación y mantenimiento del embalse, en el cauce del río Reventazón, con el fin de proponer medidas de mitigación y adaptación en la zona denominada “Sistema Hidrobiológico Reventazón – Parismina – Tortuguero” en coordinación directa con la COMCURE y otras instituciones, para un horizonte de 5 años.				
Acciones estratégicas: -Desarrollo de una línea base antes de operación del embalse -Monitoreo continuo en sitios estratégicos de variables hidromorfológicas y calidad de agua -Desarrollo de escenarios -Valoración mensual y anual de indicadores relacionadas con el ICFSF -Involucramiento de las instituciones y comunidades en el PMA -Lograr la participación interinstitucional para la atención a afectaciones biofísicas en el cauce y comunidades				
Resultados esperados: -Condición referencial (Línea Base) de la hidromorfología, sedimentología y calidad de agua				

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 38 de 42	

-Desarrollo de escenarios
-Implementación de acciones puntuales
-Calidad ICFSF de moderada a buena, de acuerdo a los elementos funcionales del río Reventazón

ABORDAJE DEL PROYECTO

Supuestos:

- Se cuenta con una línea base del PMA
- Se cuenta con programas y personal para la modelación, en caso de no conseguir los programas especializados
- Se cuenta con el apoyo del CG-RIOCAT
- Se cuenta con el apoyo de la COMCURE
- Se cuenta con el apoyo de instituciones privadas y públicas de la zona (CORBANA, JAPDEVA, AyA)

Restricciones o limitaciones:

- Falta de logística y presupuesto para los monitoreos y acciones a implementar
- Legislación del país que podrían restringir la implementación de algunas acciones
- Falta de colaboración de instituciones públicas consideradas claves para la implementación de acciones
- Los proyectos o acciones a implementar se rigen con procedimientos y normativas de la institución

Indicadores del Proyecto:

- Calidad funcional hidrológica
- Calidad funcional del ecosistema acuático
- Calidad funcional del cauce
- Calidad funcional de las riberas
- Calidad funcional para uso social

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

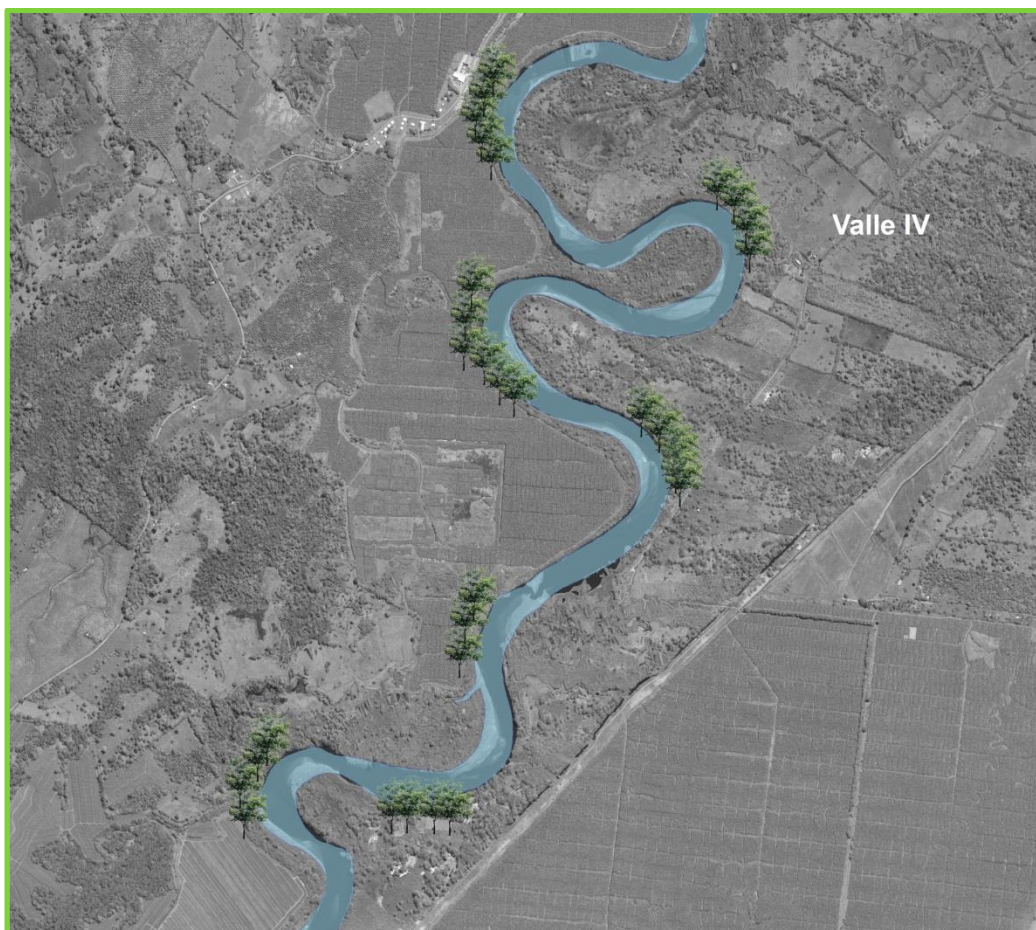
El Presupuesto por año por los monitoreos hidrológicos y calidad de agua (físico-químico) es de ₡ 80.197.628,00. Para los siguientes años, a éste se le agrega un 10% por la inflación.

Reforestación en zonas críticas a la erosión e inundación

Debido a que el proceso de reforestación requiere movilización de grandes recursos, se propone la reforestación en áreas críticas del río, es decir en tramos meándricos, donde la onda del mismo tiende a recostarse hacia las márgenes provocando mayor erosión, tal como se muestra en la figura 14. Otra prioridad es la reforestación en tramos críticos al desbordamiento del río. Por las condiciones hidráulicas (caudal velocidad), en los valles I y IX se pueden implementar técnicas biotecnológicas (componente arbóreo + estructuras civiles) y en los valles donde la pendiente y la velocidad del río disminuyen (valles IV, X, y XI) se pueden implementar técnicas bioingenieriles (sólo componente arbóreo).

Para la reforestación, se pueden utilizar especies de raíces pivotantes para los valles I y IX y radiales para el resto de los valles, o combinadas en el mejor de los casos. Sobre las especies forestales, se pueden utilizar especies autóctonas, más combinación con el *Zygia longifolia* (Sotacaballo); especie muy utilizada en Costa Rica para la fijación de las márgenes de los ríos.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 39 de 42	



		Proyecto Hidroeléctrico Reventazón		INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD Plan de Manejo Adaptativo	
Código:		2 PMA		Título Plan de Manejo Adaptativo de Sedimentos y Calidad de agua (PMAS-PMCA)	
Elaborado por: Equipo PMA.				Enfoque: Manejo Adaptativo.	
ASPECTOS GENERALES					
Área de influencia: SHIRPT				Involucrados directos: ICE, COMCURE	
Nombre del Programa: Programa de reforestación en zonas críticas a la erosión e inundación					
Palabras clave: Reforestación, erosión, inundación, SHIRPT.					
Institución líder del proceso: ICE.					
Colaboradores: COMCURE, CORBANA, CORFOGA, MINAE, MAG, AyA, JAPDEVA, Municipalidad de Siquirres, ASADAS, ADC, Dueños de fincas, productores.					
ENFOQUE DEL PROYECTO					
Descripción del proyecto: El proyecto se enfoca principalmente en la reforestación de áreas críticas a la erosión de márgenes y tramos susceptibles a la inundación. Por las condiciones hidráulicas (caudal velocidad), en los valles I y IX se pueden implementar técnicas biotecnológicas (componente arbóreo +					

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 40 de 42	

estructuras civiles) y en los valles donde la pendiente y la velocidad del río disminuyen (valles IV, X, y XI) se pueden implementar técnicas bioingenieriles (sólo componente arbóreo).

Para la reforestación, se pueden utilizar especies de raíces pivotantes para los valles I y IX y radiales para el resto de los valles, o combinadas en el mejor de los casos. Sobre las especies forestales, se pueden utilizar especies autóctonas, más combinación con el *Zygia longifolia* (Sotacaballo); especie muy utilizada en Costa Rica para la fijación de las márgenes de los ríos.

Problema o necesidad a resolver:

Erosión de las márgenes debido al desequilibrio sedimentológico a ocurrir aguas abajo de la presa.

Objetivo del proyecto:

Implementar un programa de reforestación en áreas críticas a la erosión aguas abajo del embalse Reventazón, durante los próximos 5 años.

Acciones estratégicas:

- Identificación de áreas críticas por valle
- Selección de especies y técnicas de reforestación
- Involucramiento de instituciones como CORBANA, CORFOGA, MINAE, AyA, MAG.
- Captación de recursos a nivel interinstitucional
- Monitoreo y seguimiento

Resultados esperados:

- Al menos un 15% de la longitud de cada margen reforestado por valle
- Disminución de la erosión de los bancos
- Reducción de los niveles de riesgo por inundaciones
- Mejora de la biodiversidad ribereña y acuática
- Calidad ICFSF buena, de acuerdo a los indicadores

ABORDAJE DEL PROYECTO

Supuestos:

- Se cuenta con una línea base del PMA
- Se cuenta con el apoyo de instituciones locales
- Se cuenta con un equipo de profesionales y técnicos para la implementación

Restricciones o limitaciones:

- Limitaciones presupuestarias
- Falta de apoyo institucional y otros actores consideradas claves para la implementación de este programa

Indicadores del Proyecto:

- Longitud de franja reforestada con técnicas bioingenieriles
- Longitud de franja ribereña implementada bajo técnicas biotecnológicas

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Se debe contemplar el presupuesto en los programas de cuencas del ICE y la COMCURE, con la colaboración de instituciones locales y nacionales.

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 41 de 42	

Educación ambiental sobre la importancia de conservar los bosques ribereños y sus normativas legales asociadas al mismo

Este programa tiene la intención de hacer conocer a los productores sobre el rol que cumplen los bosques ribereños para la regulación hidrológica, sedimentológica y morfológica del río; así mismo también su función para la conservación de la fauna terrestre y acuática a través de la conectividad y diversificación del bosque ribereño, entre otros. También hace conocer algunas normativas legales relacionadas a la conservación y protección del bosque ribereño.

 Proyecto Hidroeléctrico Reventazón		INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD Plan de Manejo Adaptativo	
Código: 3 PMA		Título Plan de Manejo Adaptativo de Sedimentos y Calidad de agua (PMAS-PMCA)	
Elaborado por: Equipo PMA.		Enfoque: Manejo Adaptativo.	
ASPECTOS GENERALES			
Área de influencia: SHIRPT		Involucrados directos: ICE, COMCURE	
Nombre del Programa: Educación ambiental sobre la importancia de conservar los bosques ribereños y sus normativas legales asociadas al mismo			
Palabras clave: Bosque ribereño, normativas legales			
Institución líder del proceso: ICE.			
Colaboradores: COMCURE, CORBANA, CORFOGA, MINAE, MAG, AyA, productores.			
ENFOQUE DEL PROYECTO			
Descripción del proyecto: El proyecto hace referencia a la educación ambiental sobre la importancia de conservar los bosques ribereños en el ciclo hidrológico, y sus beneficios positivos para la conservación de la fauna terrestre y acuática. Con la colaboración de la COMCURE, MINAE y otros actores, se realizarán charlas sobre estos temas y el marco legal asociado, como lo son la Ley forestal N° 7575 de 1996, Ley de la biodiversidad N° 7788 de 1998, Ley de aguas N° 276 de 1942 y Reglamento del INVU N° 3391 de 1982.			
Problema o necesidad a resolver: Presión agropecuaria hacia las márgenes del río Reventazón, deforestación, construcción de obras civiles, desconocimiento y desacato de normativas legales.			
Objetivo del proyecto: Desarrollar un programa de charlas o capacitación sobre la función de los bosques ribereños en la regulación hidrológica, control de sedimentos, calidad de agua y biodiversidad, misma acompañada del marco legal, en coordinación directa con la COMCURE, MINAE y otras instituciones.			
Acciones estratégicas: -Preparación de los temas de capacitación -Organización de los grupos a recibir la charla o capacitación -Involucramiento de instituciones como COMCURE, MINAE y AyA.			
Resultados esperados: -Al menos 5 actores, entre comunidades y productores han recibido la charla -Al menos 2 instituciones han acompañado durante la capacitación o charla			
ABORDAJE DEL PROYECTO			
Supuestos: Se cuenta con la participación de actores claves, como COMCURE, CORBANA, MINAE, AyA y productores			

	PLAN DE MANEJO ADAPTATIVO DE SEDIMENTOS Y CALIDAD DE AGUA DEL SISTEMA REVENTAZÓN - PARISMINA - TORTUGUERO.	Versión: 1 (14/08/2015)	Código: PAAS-3-3.2-1
		Página 42 de 42	

- Se cuenta con el personal profesional y técnico

Restricciones o limitaciones:

- Falta de logística y presupuesto para la organización de las charlas
- Falta de interés de los productores locales
- Falta de colaboración de instituciones públicas consideradas claves para la implementación de las charlas

Indicadores del Proyecto:

- No de comunidades y productores que recibieron la charla

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Se debe contemplar el presupuesto en los programas de cuencas del ICE y la COMCURE, con la colaboración de instituciones locales y nacionales.