

Capítulo 3

Plan de Reforestación para la zona de amortiguamiento del embalse del PH Reventazón

Elaborado por:

Ing. Marco Vinicio Ortega, M.Sc.

Índice

1. Introducción	2
2. Programa de reforestación.	3
2.1 Descripción de la zona amortiguamiento, Zonificación y objetivo de reforestación.	3
2.2 Criterios de selección de especies.	5
2.3 Selección de especies.	6
2.4 Costos de Reforestación.	8
2.5 Cronograma de implementación.	11
2.6 Aspectos silviculturales.	13
2.7 Indicadores para el Monitoreo.	14
3. Conclusiones.	17
4. Recomendaciones.	18
5. Anexos.	19

1. INTRODUCCION:

Como parte del un plan maestro para mitigar los potenciales efectos que el proyecto PH Reventazón tenga sobre la conectividad del Subcorredor Barbilla, se tiene el producto de desarrollar: *“un plan de reforestación con especies nativas en la zona de amortiguamiento del embalse con indicadores para el seguimiento”*

Los antecedentes para establecer de dicho plan de reforestación se origina a partir de lo indicado en el reporte: PROYECTO *HIDROELÉCTRICO REVENTAZÓN, ESTUDIOS AMBIENTALES ESTRATEGICOS FASE 2, elaborado por el equipo de consultores de INTEGRATED ENVIRONMENTS, (mayo 2012)*, en dicho informe reporte se indica/recomienda que se debe de restaurar la conectividad en el perímetro del embalse, pues esto *“facilitaría la creación de una zona de amortiguamiento en una franja reforestada de 50 metros como mínimo en el perímetro del embalse, principalmente hacia el margen derecho donde predominan los pastizales, cultivos y charrales-tacotales”*.

Los objetivos que se indican para dicha franja reforestada (área de amortiguamiento) son:

- i. la reducción de la erosión y sedimentación incrementando así la vida útil del embalse;*
- ii. evitar/reducir deslizamientos en zonas de alta pendiente alrededor del embalse;*
- iii. crear rutas de conectividad para la fauna y habitas para anfibios, reptiles, aves, insectos pequeños y medianos mamíferos entre otros.*

Finalmente el reporte indica que para la reforestación deben utilizarse árboles y arbustos de la flora local que ya están en el vivero cercano a la zona del campamento del proyecto.

Fundamentado en los lineamientos anteriores, se presenta el siguiente plan de reforestación con especies nativas en la zona de amortiguamiento del embalse con indicadores para el seguimiento.

2. PROGRAMA DE REFORESTACION:

2.1. Descripción de la zona amortiguamiento, Zonificación y objetivo de reforestación.

La superficie de la zona de amortiguamiento es de 230.6 has, la cual está conformada por los siguientes usos:

Cuadro 1. Uso actual en la zona de amortiguamiento.

Uso Actual	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Bosque Natural	122,9	53
Cultivo	8	3
Matorral	9,8	4
Pasto	34,1	15
Pasto con arboles	50,5	22
Terreno	5,4	2
Total	230,7	100

Fuente: Trabajo de campo 2012, Atlas de CR 2008, Fotografías aéreas 2005.

Del cuadro anterior se desprende que solamente en un 47% (107,8 has) de la superficie de la zona de amortiguamiento se realizara alguna actividad de reforestación y/o regeneración natural.

A partir de los estratos determinados en el uso actual, complementado con los factores de vulnerabilidad ante deslizamientos y porcentaje de pendiente se realizó la siguiente zonificación para el área de amortiguamiento:

- Zona Protección: áreas con diferentes grados de susceptibilidad a deslizamientos y con cobertura boscosa.
- Zona Reforestación áreas que no se encuentran actualmente bajo susceptibilidad de deslizamientos y con cobertura de pastizal, cultivos, matorrales, etc.
- Zona Regeneración natural / Rehabilitación áreas con cobertura no forestal y que son susceptibles a deslizamientos con pendiente >65%.

En siguiente cuadro se detallan las superficies por cada tipo de zonificación identificada en el área de amortiguamiento:

Cuadro 2. Zonificación del área de amortiguamiento según uso actual.				
ZONIFICACION	DESCRIPCION	USO ACTUAL	Total por Uso Actual	
			HA <65%	HA >65%
Zona Proteccion (122.8has)	Protección con baja susceptibilidad a deslizamiento (49.9 has)	Bosque Natural	41,9	8,0
	Protección con media y alta susceptibilidad a deslizamiento (73 has)	Bosque Natural	62,0	11,1
Zona Reforestación (96,5 has)	Reforestación con vegetación (93,8 has)	Cultivo	7,8	
		Matorral	8,6	
		Pasto	29,7	
		Pasto con arboles	43,0	
	Reforestación con vegetación mixta (2,7 has)	Terreno	4,6	
		Cultivo	0,1	
		Matorral	0,7	
		Pasto	0,7	
Zona Regeneración (11.2 has)	Regeneración natural (10,6 has)	Pasto con arboles	1,2	
		Matorral		0,2
		Pasto		3,7
		Pasto con arboles		5,9
	Rehabilitación con vegetación mixta (0,6 has)	Terreno		0,8
		Matorral		0,2
		Pasto con arboles		0,4
Total 230,6 has			200.3	30.2

De las 107,8 has disponibles para plantar, se tiene que 96,5 has son áreas disponibles para reforestación con vegetación de porte bajo y medio, mientras tanto el 11,2 has restantes la alternativa es la regeneración natural, esto por razones de pendiente mayor a 65%.

En función de la zonificación del área de amortiguamiento (cuadro 2) se procedió a determinar el objetivo de la reforestación según zonificación, quedando de la siguiente forma:

Cuadro 3. Objetivo de reforestación según zonificación del área de amortiguamiento.			
ZONIFICACION	ZONIFICACION	OBJETIVO PRINCIPAL	OBJETIVO SECUNDARIO
Zona Protección (122.8has)	Protección con baja susceptibilidad a deslizamiento (49,9 has)	Reducción de la erosión y sedimentación (49,9 has)	Evitar / reducir deslizamientos
	Protección con media y alta susceptibilidad a deslizamiento (73 has)	Evitar / reducir deslizamientos (73,1 has)	Reducción de la erosión y sedimentación
Zona Reforestación (96,5 has)	Reforestación con vegetación (93,8 has)	Rutas de conectividad y hábitat para fauna (96,5 has)	Reducción de la erosión y sedimentación
	Reforestación con vegetación mixta (2,7 has)		
Zona Regeneración (11.2 has)	Regeneración natural (10,6 has)	Evitar / reducir deslizamientos (11,2 has)	Reducción de la erosión y sedimentación
	Rehabilitación con vegetación mixta (0,6 has)		
Total 230.6 has			

El cuadro 3 nos indica que de los tres objetivos previsto para la reforestación del área de amortiguamiento del embalse, el que mayor superficie dispone para ser cumplido es el crear rutas de conectividad y hábitat para fauna en un 96,5, has, esto por ser área no susceptibles a deslizamientos, sin embargo cabe aclarar que dicha reforestación también cumplirá con reducir la erosión y sedimentación, sobre todo para aquellas áreas con pendiente entre 45% a 65% de pendiente.

2.2. Criterios de selección de especies.

Considerando que el documento elaborado por el equipo de consultores de *INTEGRATED ENVIRONMENTS*, (mayo 2012), señala que **para la reforestación deben utilizarse árboles y arbustos de la flora local**, se estableció como **criterio principal** que las especies a utilizar para el repoblamiento del área de amortiguamiento son aquellas que han sido identificadas creciendo en forma natural en el área de influencia del proyecto (por lo tanto presentan necesidades edáficas y climáticas son muy similares)

Como complemento al criterio anterior y se seleccionaron los siguientes criterios, según objetivo de la reforestación:

- **Criterios para especies a utilizar en la reducción de la erosión y sedimentación:**
Baja Densidad (menor a 400 kg/m³r)
Raíces laterales y radiales.
Porte arbustivo y arbóreo
Rápido crecimiento

Gremio ecológico heliófita

Follaje permanente o semideciduo.

Disponibilidad de plántulas en vivero y/o bosques remanentes.

- ***Criterios para especies para evitar/reducir deslizamientos en zonas de alta pendiente:***

Baja Densidad (menor a 400 kg/m³r)

Raíces laterales y radiales.

Porte arbustivo.

Rápido crecimiento.

Gremio ecológico heliófita.

Follaje permanente o semideciduo.

Disponibilidad plántulas en viveros y/o bosques remanentes.

- ***Criterios para especies a utilizar en la creación de rutas de conectividad y hábitas:***

Alta producción de frutos.

Raíces laterales y radiales.

Porte arbustivo y arbóreo.

Rápido crecimiento.

Gremio ecológico heliófita.

Follaje denso /permanente o semideciduo.

Disponibilidad plántulas en viveros y/o bosques remanentes

2.3. Especies seleccionadas

A partir de un listado de especies que han sido identificadas en diferentes estudios realizados en la zona de influencia del PH Reventazón se evaluó con los criterios identificados en el punto 2.2 y se seleccionaron entre 25-40 especies según objetivo de reforestación. Lo anterior permite deber verse como un ***listado no exhaustivo***, pues durante el proceso de implementación pueden agregarse otras especies que cumplan siempre que cumplan los **criterios de selección**. Dicha cantidad constituye una canasta de especies donde se permite tener un ***número flexibles*** de especies para probar su funcionalidad y crecimiento; aunque existen más especies también se consideró el tema operatividad del proceso de producción y establecimiento de las plántulas.

Así por lo tanto para las especies

- ***Especies a utilizar en la reducción de la erosión y sedimentación:***

<i>Albizia carbonaria</i>	<i>Inga densiflora</i>
<i>Apeiba membranacea</i>	<i>Inga leiocalycina</i>
<i>Bursera simaruba</i>	<i>Inga marginata</i>
<i>Byrsonima artropoda</i>	<i>Inga oerstediana</i>
<i>Casearia arborea</i>	<i>Inga sapindoides</i>
<i>Casearia sylvestris</i>	<i>Inga umbellifera</i>
<i>Castilla elastica</i>	<i>Isertia laevis</i>
<i>Cecropia insignis</i>	<i>Miconia argentea</i>
<i>Cecropia obtusifolia</i>	<i>Ochroma pyramidale</i>
<i>Cestrum racemosum</i>	<i>Rollinia pittieri</i>
<i>Clethra hondurensis</i>	<i>Sapium glandulosum</i>
<i>Cordia cymosa</i>	<i>Senna papilosa</i>
<i>Croton schiedeanus</i>	<i>Simarouba amara</i>
<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>Spondias mombin</i>
<i>Ficus insipida</i>	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>
<i>Ficus maxima</i>	<i>Trema intergerrima</i>
<i>Ficus tonduzii</i>	<i>Vismia ferruginea</i>
<i>Goethalsia meiantha</i>	<i>Vochysia ferruginea</i>
<i>Hampea appendiculatus</i>	<i>Vochysia guatemalensis</i>
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	<i>Xylopia bocatoreña</i>

Las especies anteriores (42) son generalmente de los primeros estadios bosques secundarios, son intolerantes a la sombra y de crecimiento rápido.

- **Especies seleccionadas para evitar/reducir deslizamientos en zonas de alta pendiente alrededor del embalse**

<i>Casearia arborea</i>	<i>Miconia sp</i>
<i>Casearia sylvestris</i>	<i>Miconia argentea</i>
<i>Cecropia insignis</i>	<i>Myriocarpa longipes</i>
<i>Cecropia obtusifolia</i>	<i>Ochroma pyramidale</i>
<i>Cestrum racemosum</i>	<i>Palicourea guianensis</i>
<i>Clethra hondurensis</i>	<i>Simarouba amara</i>
<i>Croton schiedeanus</i>	<i>Trema intergerrima</i>
<i>Cupania dentata</i>	<i>Vernonia patens</i>
<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>Hamelia patens</i>
<i>Ficus insipida</i>	<i>Warszewiczia coccinea</i>
<i>Ficus maxima</i>	<i>Piper aduncum</i>
<i>Ficus tonduzii</i>	<i>Calathea lutea</i>
<i>Goethalsia meiantha</i>	<i>Heliconias sp</i>
<i>Hampea appendiculatus</i>	<i>Justicia aurea</i>

<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	<i>Muntigia calabura</i>
<i>Iseria laevis</i>	<i>Guazuma ulmifolia</i>
<i>Jacarathia spinosa</i>	<i>Pouruma bicolor</i>
<i>Senna reticulata</i>	<i>Senna papilosa</i>

Las especies anteriores (36) son generalmente de los primeros estadios bosques secundarios, , son intolerantes a la sombra, de crecimiento rápido, madera livianas y alturas entre 5 a 10 m.

- **Especies seleccionadas para la creación de rutas de conectividad y habitat**

<i>Albizia carbonaria</i>	<i>Inga oerstediana</i>
<i>Apeiba membranacea</i>	<i>Inga punctata</i>
<i>Brosimum alicastrum</i>	<i>Inga ruiziana</i>
<i>Carapa guianensis</i>	<i>Inga samanensis</i>
<i>Casearia arborea</i>	<i>Inga sapindoides</i>
<i>Castilla elastica</i>	<i>Inga sp</i>
<i>Cecropia insignis</i>	<i>Lonchocarpus ferrugineus</i>
<i>Cecropia obtusifolia</i>	<i>Miconia argentea</i>
<i>Ceiba pentandra</i>	<i>Minuartia guianensis</i>
<i>Cestrum racemosum</i>	<i>Ochroma pyramidale</i>
<i>Chimarrhis parviflora</i>	<i>Ocotea holdridgiana</i>
<i>Cordia alliodora</i>	<i>Pouruma bicolor</i>
<i>Cordia bicolor</i>	<i>Psychotria grandis</i>
<i>Cordia cymosa</i>	<i>Rollinia pittieri</i>
<i>Dendropanax arboreus</i>	<i>Sapium glandulosum</i>
<i>Ficus insipida</i>	<i>Simarouba amara</i>
<i>Ficus maxima</i>	<i>Sloanea guapilensis</i>
<i>Ficus tonduzii</i>	<i>Spondias mombin</i>
<i>Goethalsia meiantha</i>	<i>Stemmadenia donnell-smithii</i>
<i>Heliocarpus appendiculatus</i>	<i>Tapirira myriantha</i>
<i>Hernandia didymantha</i>	<i>Tetragastris panamensis</i>
<i>Hura crepitans</i>	<i>Trema intergerrima</i>
<i>Hyeronima alchorneoides</i>	<i>Virola koschnyii</i>
<i>Inga leiocalycina</i>	<i>Virola sebifera</i>
<i>Inga marginata</i>	<i>Zanthoxylum sp</i>

Las especies anteriores (52) son generalmente de los primeros estadios bosques secundarios, son intolerantes a la sombra, de crecimiento rápido, maderas livianas y alturas hasta 25 m aproximadamente.

2.4. Costos de Reforestación.

A continuación se presentan dos escenarios de costos por hectárea según densidad inicial de siembra.

Cuadro 4. Costo de establecimiento y mantenimiento por ha. Densidad 816 arboles/ha

AÑO	FASE	ACTIVIDAD	JORNALES /ha	MATERIALES \$US	MANO OBRA \$US
1	Siembra	Chapea inicial	5		100
		Trazado marcacion	2		40
		Rodajea quimica	1	12	20
		Hoyado	1,5		30
		Distribucion de material	0,5		10
		Fertilizante	0,5	220	10
		Plantación	2		40
		Arboles		330	
		Resiembra	1		20
		Arboles resiembra		12	
	Mantenimiento	Chapea manual	4		80
		Rodaje química	1	12	20
		Deshija	0,5		10
		Desbejuca	1		20
Contol de plagas		0,5	12	10	
2	Mantenimiento	Chapea manual	4		80
		Rodaje química	1	12	20
		Poda y desbejuca	3		60
		Contol de plagas	0,5	12	10
		Fertilización	0,5	220	10
3	Mantenimiento	Chapea manual	3		60
		Rodaje química	1	12	20
		Poda y desbejuca	3		60
		Contol de plagas	0,5	12	10
		Fertilización	0,5	220	10
4	Mantenimiento	Chapea manual	3		60
		Rodaje química	1	12	20
		Poda y desbejuca	3		60
		Contol de plagas	0,5	12	10
		Fertilización	0,5	220	10
5	Mantenimiento	Chapea manual	1		20
		Rodaje química	1	12	20
		Poda y desbejuca	3		60
		Contol de plagas	0,5	12	10
	Subtotal			1354	1020
			Total	2374	

Cuadro 5. Costo de establecimiento y mantenimiento por ha. Densidad 1111 arboles/ha

AÑO	FASE	ACTIVIDAD	JORNALES /ha	MATERIALES \$US	MANO OBRA \$US
1	Siembra	Chapea inicial	6,6		132
		Trazado marcacion	2,5		50
		Rodajea quimica	1,3	15	26
		Hoyado	2		40
		Distribucion de material	1		20
		Fertilización	0,8	250	16
		Plantación	2,5		50
		Arboles		444	
		Resiembra	1,3		26
		Arboles resiembra		50	
	Mantenimiento	Chapea manual	5		100
		Rodaje química	1,3	15	26
		Deshija	0,8		16
		Desbejuca	1		20
		Contol de plagas	0,7	15	14
2	Mantenimiento	Chapea manual	5		100
		Rodaje química	1,3	15	26
		Poda y desbejuca	4		80
		Contol de plagas	0,7	15	14
		Fertilización	1	250	20
3	Mantenimiento	Chapea manual	4		80
		Rodaje química	1,3	15	26
		Poda y desbejuca	4		80
		Contol de plagas	0,8	15	16
		Fertilización	0,7	250	14
4	Mantenimiento	Chapea manual	4		80
		Rodaje química	1,3	15	26
		Poda y desbejuca	4		80
		Contol de plagas	0,8	15	16
		Fertilización	0,7	250	14
5	Mantenimiento	Chapea manual	2		40
		Rodaje química	1,5	15	30
		Poda y desbejuca	3		60
		Contol de plagas	0,8	15	16
	Subtotal			1659	1354
				Total	3013

Los escenarios anteriores de costos, son proyecciones bajo un escenario de costos altos, estos varían en función de la densidad inicial (árboles sembrados), del programa de mantenimiento que se le brinde a la plantación y finalmente de la eficiencia de la organización. Por ejemplo para una densidad de 816 árboles y 5 años de mantenimiento, el costo es \$us 2374/ha, entre tanto para una densidad inicial de 1111 árboles y 5 años de mantenimiento el costo es de \$us 3013 /ha. Los costos anteriores no incluyen costos de asistencia técnica, administración y vigilancia.

Es conveniente comparar los costos anteriores con el monto de Pago de servicios ambientales que da el FONAFIFO para la actividad de reforestación el cual es de \$us 980/ha. Asimismo se puede comparar con el dato indicado en el reporte del equipo de consultores de *INTEGRATED ENVIRONMENTS*, (mayo 2012), el cual señala un costo de \$us 4000/ha mas \$us 1.5/árbol, lo cual muy alto.

2.5. Cronograma de implementación.

La superficie disponible dentro del área de amortiguamiento para la actividad de reforestación es de 96.5 has, esta superficie puede ser plantada en una sola temporada (es factible desde el punto de vista operativo), sin embargo considerando el punto de vista técnico donde se van a plantar especies forestales las cuales no se conoce bien su paquete silvicultural, se recomienda hacerlo en dos años : 2013 (50 has) y 2014 (46.5 has), lo anterior porque facilitaría la retroalimentación de las actividades realizadas en el 2013 para las que se ejecutaran en el 2014. Asimismo hay que considerar que **no todas las superficies** del área de amortiguamiento son propiedad del ICE, pues algunas están en proceso de adquisición.

Considerando lo anterior se propone el siguiente cronograma:

Cuadro 6. Cronograma preliminar para la implementación del plan de reforestación.

Fase 1 . Reforestacion de 50 has												
Fase 1 . Reforestacion de 50 has												
Año 2013												
Actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Produccion /adquisicion de plantulas		x	x	x	x	x						
Preparacion de sitios						x	x					
Trazado						x	x					
Hoyado y fertilización						x	x					
Siembra						x	x					
Resiembra								x	x			
Mantemimiento							x	x	x	x	x	x
Fase 1 . Reforestacion de 50 has												
Año 2014 al 2017												
Actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Chapea manual			x					x				
Rodaje química				x					x			
Deshija		x										
Desbejuca		x				x				x		
Contol de plagas	x	x			x	x			x	x		
Fertilziacion						x						

Fase 2 . Reforestacion de 46.4 has												
Fase 2 . Reforestacion de 46.4 has												
Año 2014												
Actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Produccion /adquisicion de plantulas		x	x	x	x	x						
Preparacion de sitios						x	x					
Trazado						x	x					
Hoyado y fertilización						x	x					
Siembra						x	x					
Resiembra								x	x			
Mantemimiento							x	x	x	x	x	x
Fase 2 . Reforestacion de 46.4 has												
Año 2015 al 2018												
Actividad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Chapea manual			x					x				
Rodaje química				x					x			
Deshija		x										
Desbejuca		x				x				x		
Contol de plagas	x	x			x	x			x	x		
Fertilziacion						x						

2.6. Aspectos silviculturales.

Generalmente las reforestaciones que se hacen con objetivos de conservación (hábitat, alimento, evitar erosión, etc.) y últimamente las reforestaciones de fijación de carbono se enfatiza la acción de siembra de árbol y se deja que este vaya creciendo solo con todas las adversidades que eso implica, no se les da actividades de mantenimiento; lo anterior se hace por razones económicas o desconocimiento técnico. Con los años el árbol va creciendo a un ritmo muy lento o en muchos casos no sobrevive.

Por lo tanto, para este proyecto de reforestación el enfoque será similar a aquellos proyectos cuyo objetivo es la producción de madera o biomasa, en donde se realizan una serie de prácticas de mantenimiento con el fin de aumentar la productividad. Para el caso del PH Reventazón entre mayor sea el crecimiento (raíces, fuste, copa) y desarrollo del árbol aumenta las posibilidades de conseguir los objetivos de disminuir la erosión, evitar deslizamiento y crear rutas de conectividad y hábitat para la fauna.

Basado en lo anterior es que se justifica una serie de buenas prácticas culturales desde la etapa de viveros, preparación de terreno, establecimiento y mantenimiento, a continuación se señalan algunas de estas buenas prácticas:

Fase de Vivero: Los arbolitos para llevar a plantar deben de cumplir con una serie de características como: tallos endurecidos, rectos, sanos, sin daños estructurales, sin raíces expuestas. Respecto al sistema de producción se aconseja usar Jiffy para aquellos casos en que se tenga una adecuada planificación entre del momento de producción en vivero y la siembra definitiva.

Fase de preparación de sitio: considerando que los terrenos son con pendiente y además con alta pedregosidad en algunos sectores del área de amortiguamiento, se debe de tratar de eliminar las malezas, bejucos, etc., que causaran competencia a los arboles una vez plantados. Lo que se recomienda en aquellos casos donde sea posible poder mejorar las condiciones del suelo mediante enmiendas materia orgánica, aserrín, burucha, residuos de carbón, etc; las cuales producirán un efecto de mejoramiento del sustrato de donde crecerán los árboles. En aquellos sitios con pendientes entre 50% - 65% se recomienda realizar el terraceo (ancho 0,5 m) el cual será muy útil en el momento de plantar los árboles.

Fase de Establecimiento: en la siembra utilizar densidades de siembra entre 800 a 1200 árboles por hectárea, utilizar el sistema de tresbolillo (pata de gallo), durante la actividad de plantar el árbol verificar que no se entierre el tallo, hacer un hoyo con una profundidad mínima de 40 centímetros con el fin de que las raíces tengan un buen espacio para iniciar el crecimiento. Preferible que el hoyo finalice en pequeño montículo y no en una hondonada (evitar excesos de humedad). Finalmente se recomienda aplicar fertilizantes en el momento de la siembra y durante los tres primeros años, con el fin de promover raíces y estimular el crecimiento vertical del fuste. Para aquellas especies que son fuente de alimento para la fauna se recomienda utilizar fertilizantes que promuevan la floración y fructificación.

El diseño de siembra se recomienda establecer 2-3 hileras de una misma especie, por lo tanto estimando el uso de 20- 30 especies/cada hectárea reforestada , se estaría repitiendo puede repetir cada 50-75 hileras la misma especie; (este diseño puede ver como una versión de plantación mixta) lo que favorece es la formación de pequeños lotes creciendo en forma uniforme y con cierto grado de heterogeneidad; además reduce los costos operativos durante el establecimiento y mantenimiento de la reforestación.

Finalmente en algunos sitios a plantar se caracterizan por presentar mucha rocas/piedras expuestas en la superficie, lo cual no permitirá mantener las hileras de siembra ni tampoco la densidad de árboles por hectárea, pues en el momento de hacer el hoyo puede estar una roca /piedra ya sea expuesta o enterrada que serán obstáculos

Fase de Mantenimiento: el tema de rodajeas, limpieza de bejucos o lianas es conveniente porque le permite al árbol desarrollarse en mejores condiciones de competencia, por lo que permite mayor desarrollo de raíces, fuste y copa. Asimismo como se indicó en el punto de establecimiento es conveniente utilizar fertilizantes para promover la fructificación.

2.7. Indicadores para el Monitoreo.

Para iniciar un monitoreo primeramente se debe de montar una línea base en el área de amortiguamiento de acuerdo al objetivo principal de la reforestación esto para irlo comparando si los resultados obtenidos de la reforestación están cumpliendo los objetivos planteados.

Indicador del Objetivo de reducción de la erosión y sedimentación.

Que medir: pérdida de suelo (erosión), en toneladas/ha en periodo de tiempo “x”

Donde medir: se medirán en aquellas superficies reforestadas y no reforestadas, agrupadas por categoría de pendiente.

Cuando: se puede medir cada 6-12 meses

Quien mide: equipo técnico del PH- Reventazón o Consultor independiente.

Como: se utilizara la metodología de clavos de erosión para la evaluación cuantitativa de la erosión hídrica superficial. Las parcelas pueden tener las siguientes dimensiones de 10m de largo por 1.2 m de ancho. Se recomienda 4 repeticiones por estrato (categorías de pendientes). Los clavos se distancian cada 30 cm lo largo y 40 cm a lo ancho. Asimismo se recomienda mantener dos testigos (sitio sin árboles plantados).

Indicador: En aquellos sitios plantados con árboles la erosión es menor en un 10 % durante los primeros 3 años de plantado, comparado al sitio sin árboles.

Indicador del Objetivo evitar/reducir en zonas de alta pendiente

El resultado de este objetivo se puede ver en que la incorporación de árboles minimizara los deslizamientos, pero en aquellos sitios del área de amortiguamiento que son susceptibles por tener alta pendiente, suelos inestables, fallamiento local y se han dado movimientos de tierra bruscos, su efecto será mínimo.

Por otra parte para el estudio y monitoreo de deslizamientos existen muchos métodos e instrumentación algunos muy tecnificados, tales como: fotografías aéreas, imágenes de satélite, clinómetro de burbuja, extensómetro, inclinómetro, perforación para toma de muestras etc.; para el caso del área de amortiguamiento del embalse donde se reforestara, el monitoreo que se propone es sencillo:

Que medir: superficie (m²) y volumen (m³) deslizada en m² y en metro lineal, dimensiones de las fracturas y/o grietas.

Donde medir: se establecerán parcelas de muestreo en superficies reforestadas y no reforestadas, agrupadas por categoría de pendiente y susceptibilidad.

Cuando: se puede medir cada 3 meses y después de periodos de precipitación altos (según parámetro de lluvia de la zona) o de algún movimiento sísmico.

Quien mide: equipo técnico del PH- Reventazón o Consultor Independiente.

Como: para este sitio se podrá seleccionar parcelas de un tamaño mínimo de 0.5 has (100m x 50 m) tanto plantadas con árboles y no plantadas. Dentro de la parcela se ubicaran puntos de control cada 10 metros tanto a lo ancho como a lo largo.

Indicador: Como se dijo al principio si la superficie es susceptible o propensa el impacto es mínimo. Pero aun así se propone como indicador que en aquellos sitios plantados con árboles el desplazamiento es menor en un 5 % durante los primeros 3 años de plantado, comparado al sitio sin árboles.

Observación: en los sitios de reforestación donde se pretende cumplir este objetivo aunado a la siembra de árboles se recomienda realizar obras de conservación de suelos tales como evacuación de aguas, terrazas, diques, etc.

Indicador del objetivo crear rutas de conectividad para la fauna y habitas.

El alcance de este objetivo es el facilitar el desplazamiento de la fauna silvestre a lo largo de la faja de 50 m de ancho (conectando áreas de bosques y áreas reforestadas), asimismo el permitir el desplazamiento de la fauna silvestre desde la zona de amortiguamiento a otras áreas boscosas fuera de dicha zona, mejorando así la conectividad.

Para el caso de la superficie reforestada dentro del área de amortiguamiento, el monitoreo e indicador propuesto es:

Que medir: cobertura vegetal, identificación de fauna (aves, mamíferos, anfibios, reptiles, insectos) presentes en forma permanente y/o temporal en la superficie reforestada, determinación.

Donde medir: se medirá en toda la zona de amortiguamiento con fin de determinar el incremento de cobertura vegetal. Para la fauna se seleccionaran sitios dentro de las superficies reforestadas.

Cuando: para la cobertura una vez al año mediante el mapa de cobertura de la zona de amortiguamiento se verá en el campo de la sobrevivencia y crecimiento de las superficies reforestadas. Para el caso de la fauna se realizaran observaciones semestrales y/o anuales, según el comportamiento particular de cada especie de fauna.

Quien mide: equipo técnico del PH- Reventazón o Consultor Independiente.

Como: para la cobertura se verificara en campo el crecimiento de la cobertura de las superficies reforestadas y se determinara el grado de incremento según mapa de cobertura del 2013. Para el caso de la fauna se realizaran las observaciones (inventarios) mediante caminatas o transeptos. Para las aves entre 6:00 a 8:30 am y de 3:00 a 5:30 pm, mientras tanto para mamíferos, anfibios y reptiles a 7:00 a 12:00 md y de 7:00 pm a 12:00 am

Indicador: en cobertura en el año 3 - 4 ya se cuenta con una conexión estructural entre los estratos de bosques primarios/secundarios con las áreas reforestadas. Para el tema de la fauna identificada anualmente aumenta en un 5% las especies de fauna silvestre en las áreas reforestadas.

Observación: El inventario de especies de fauna está orientado a la determinación de especies y no tanto al conteo individuos por cada especie, pues para esto último se requiere otras metodologías más específicas según grupo de fauna.

En resumen los indicadores propuestos por objetivo son:

OBJETIVO	INDICADOR
Objetivo de reducción de la erosión y sedimentación.	En aquellos sitios plantados con árboles la erosión es menor en un 10 % durante los primeros 3 años de plantado, comparado al sitio sin árboles.
Objetivo evitar/reducir en zonas de alta pendiente	En aquellos sitios plantados con árboles el desplazamiento es menor en un 5 % durante los primeros 3 años de plantado, comparado al sitio sin árboles.
Objetivo crear rutas de conectividad para la fauna y habitas.	En Cobertura en el año 3 - 4 ya se cuenta con una conexión estructural (70% cobertura copas) entre los estratos de bosques primarios/secundarios con las áreas reforestadas. En Fauna anualmente aumenta en un 5% las especies de fauna silvestre en las áreas reforestadas.

3. Conclusiones

La superficie del área de amortiguamiento se encuentra fragmentada, componiéndose de un 53% (123 ha) de bosque natural y un 47 % (107 ha) de otros usos, dentro de la cual la superficie disponible para reforestación es 96 has.

Respectos a los criterios de selección de especies, los criterios de mayor peso para los objetivos de reducción de erosión y evitar deslizamientos fueron la densidad de la madera menor 400 kg/m³ y perteneciesen al grupo ecológico de las heliófitas. Por su parte los criterios de mayor peso para el objetivo de crear rutas de conectividad y habitas para fauna fue que las especies produzcan alimento y a la vez de rápido crecimiento. Finalmente dichos criterios son parte del criterio principal que estuviese creciendo en forma natural en la zona del PH Reventazón.

Las especies seleccionadas son generalmente arboles de tamaño medio (alturas 10-20 m) , asimismo se seleccionaron especies de tipo arbustivo (altura 3- 8 m) y por plantas de porte pequeño (1-3 m).

Los costos de reforestación para una densidad de 815 a 1111 árboles por hectárea fueron \$us 2374 - \$us 3013 para un periodo de 5 años, el cual comprende el costo de los árboles, el establecimiento y el respectivo mantenimiento. Un factor que incide en el costo es la

actividad de fertilización la cual se recomienda para mejorar el crecimiento radical y también la floración/fructificación.

El cronograma de llevar a cabo la reforestación se considera que se puede hacer en dos años (2013 y 2014) va a estar en función de las si las tierras son adquiridas por el ICE y por la disponibilidad de plántulas para reforestación. Lo conveniente es que para el momento de llenado del embalse previsto para el 2016, los árboles plantados ya tengan una edad mínima de dos años de establecida.

Respecto a los aspectos silviculturales (producción de vivero, preparación de terreno, establecimiento y mantenimiento por 5 años) debe hacerse bajo un enfoque intensivo donde la se desee mejorar la productividad de las raíces, follaje y frutos; los cuales se asocian a los objetivos de la reforestación.

Para el monitoreo se establecieron indicadores para corroborar el cumplimiento de los objetivos, cabe indicar que se debe establecer una línea base con el cual se pueda comparar los resultados de la reforestación en la zona de amortiguamiento. El fin del monitoreo es tener métricas sencillas.

4. Recomendaciones.

Dentro del área del Proyecto Reventazón se han identificado una serie de especies endémicas y otras con algún grado de vulnerabilidad/amenaza según diferentes fuentes (UICN, CITES, SINAC, etc.) por lo que se recomienda su producción en vivero y su respectiva reforestación ya sea dentro o fuera del área de amortiguamiento. Se debe considerar su temperamento ecológico para ser ubicada ya sea en terrenos abiertos o terrenos de bosque secundario. Dichas especies identificadas en el estudio de Danilo Torres 2012, son las siguientes:

Astrocaryum alatum
Cecropia obtusifolia
Ceiba pentandra
Hernandia didymantha
Hernandia stenura
Ilex skutchii
Lacunaria panamensis
Maranthes panamensis
Minquartia guian
Otoba acuminata
Sacoglottis trichogyna
Stemmadenia donnell-smithii
Vitex cooperi
Sterculia allenii
Croton megistocarpus
Sloanea guapilensis

En aquellos casos donde existan árboles en pastizales se recomienda dejarlos en pie y escoger las especies más apropiadas según temperamento ecológico para plantar alrededor de los mismos. El objetivo es mantener las funciones ecológicas que ya están desempeñando.

Por otra parte se recomienda que aquellos árboles huecos en pie que se encuentren dentro y fuera del área de amortiguamiento se mantengan, pues cumplen una función importante para anidamiento de aves, por otra parte los árboles huecos caídos que se encuentran fuera del área de amortiguamiento se mantengan pues cumplen funciones de refugio para ciertos mamíferos y también fuente de alimento para insectos como son los coleópteros.

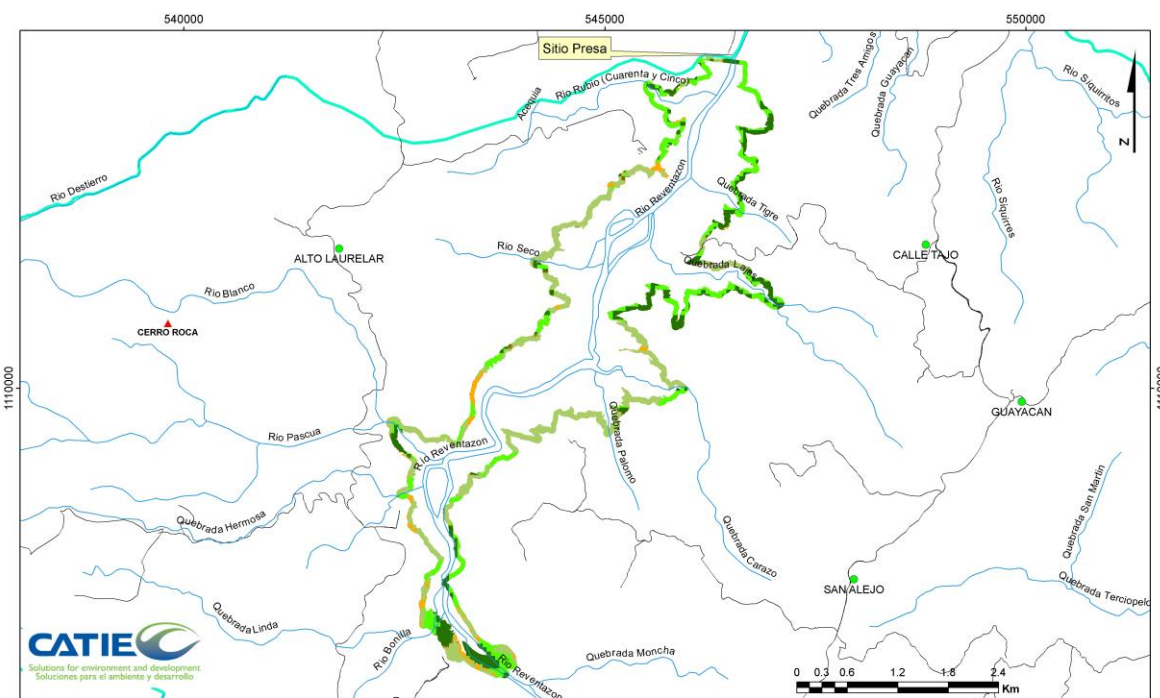
Se recomienda incorporar los denominados árboles frutales tales como papaya, guanábanas, guayaba, mamón chino, jocote, plantas de banano y plátano; las cuales son muy apetecidas por la fauna tal como aves. Dicha incorporación puede darse en ciertos sectores del área de amortiguamiento. Otras especies que se recomiendan incorporar son *Asclepias*, *Stachytarpheta*, *Palicourea*, *Malvaviscus*, *Miconia*, etc; las cuales son relevantes para insectos tales como mariposas.

Se recomienda incorporar los residuos del aserradero del ICE en diferentes zonas del área de amortiguamiento con tal de mejorar el sustrato donde crecerán los árboles plantados.

Finalmente respecto al monitoreo e indicadores se recomienda sea llevado por equipo externo al proyecto o al grupo ICE y a la vez que los resultados sean divulgados a los diferentes actores civiles.

Anexo 1

Mapa de zonificación del área de amortiguamiento.



Zonificación del Área de Protección (50 metros) embalse del proyecto Reventazón. Sub Corredor Barbilla - Destierro

Simbología

- Poblado
- ▲ Cerros
- Red vial
- ~ Red hídrica
- Delimitación Sub Corredor Barbilla

Zonif

- Protección con baja susceptibilidad a deslizamiento
- Protección con media y alta susceptibilidad a deslizamiento
- Reforestación con vegetación baja
- Reforestación con vegetación mixta
- Rehabilitación con vegetación mixta
- Regeneración natural

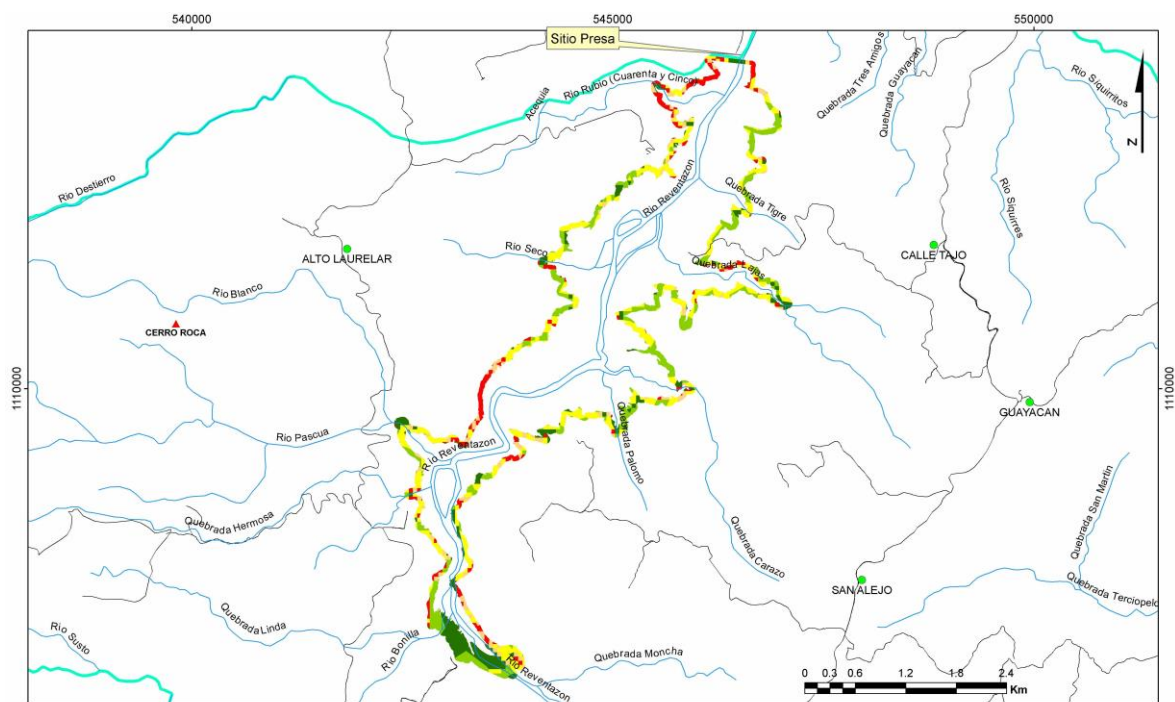
Proyección CRTM05
Datum WGS84

Fuente:
Atlas de CR 2008, ITCR 2009
SINAC 2006

Elaborado por: Geólg. Oscar Chacón Ch
2012

Anexo 2

Mapa de Pendientes del área de amortiguamiento.



Pendiente del Área de Protección (50 metros) embalse del proyecto Reventazón

Simbología

Proyección CRTM05

 Poblado
 Cerros
 Red vial
 Red hídrica
 Delimitación Sub Corredor Barbilla

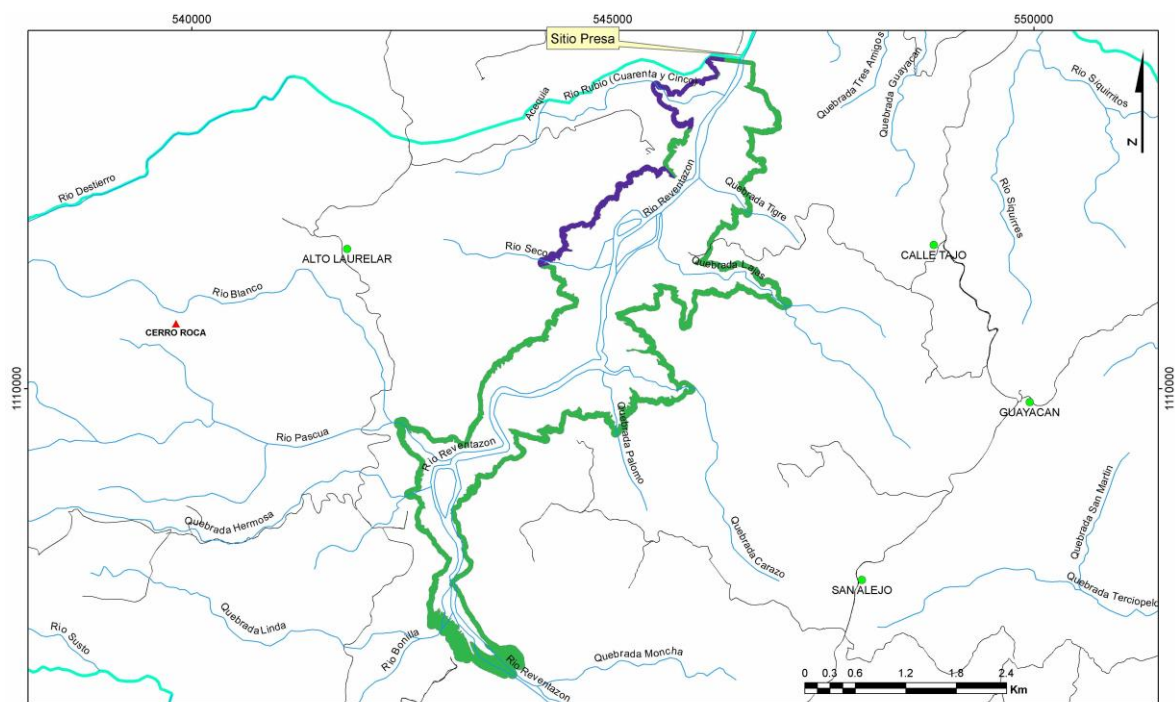
Pendiente

0 - 9.08	18.86 - 29.34
9.08 - 18.86	29.34 - 42.96
	42.96 - 89.07

Fuente:
Atlas de CR 2008, ITCR 2009
Fotografías aéreas 2005
Trabajo de campo, 2012

Anexo 3

Mapa de Suelos del área de amortiguamiento.



Tipo de suelo del Área de Protección (50 metros) embalse del proyecto Reventazón

Simbología

- Poblado
- ▲ Cerros
- Red vial
- Red hídrica
- Delimitación Sub Corredor Barbilla

Orden de Suelo

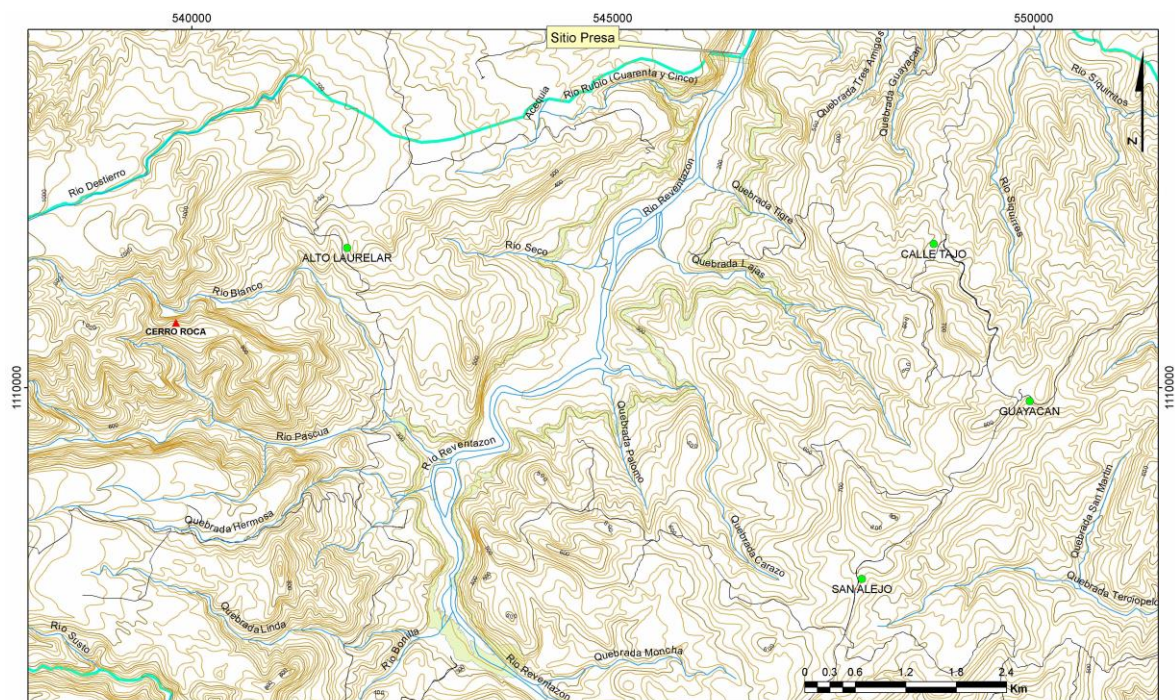
- Inceptisoles
- Ultisoles

Proyección CRTM05

Fuente:
Atlas de CR 2008, ITCR 2009
Fotografías aéreas 2005
Trabajo de campo, 2012

Anexo 4

Mapa Topográfico del área de amortiguamiento.



Pendiente del Área de Protección (50 metros) embalse del proyecto Reventazón

Simbología

-  Poblado
 Cerros
 Red vial
 Red hídrica
 Delimitación Sub Corredor Barbilla
 Área de Protección

Proyección CRTM05

Fuente:
Atlas de CR 2008, ITCR 2009
Fotografías aéreas 2005
Trabajo de campo, 2012