



ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO

Medellín, Agosto de 2015

LISTA DE DISTRIBUCIÓN

DESTINATARIO	No. DE COPIAS
Ingeniero Iván Darío Sierra Vásquez	1 copia

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE DE REVISIÓN	CAPÍTULO MODIFICADO	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
0			Documento original

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

TÍTULO DEL DOCUMENTO:		ANÁLISIS COSTO BENEFICIO– PROYECTO HIDROELÉCTRICO ITUANGO				
DOCUMENTO No.:		D-PHI-ACB -C000				
APROBACIÓN	NÚMERO DE LA REVISIÓN		0	0	1	2
	RESPONSABLE DE LA ELABORACIÓN	Nombre:	T. Meneses C.	S. Castro		
		Firma:				
		Fecha:	30- 09 - 2015	30- 09 - 2015		
	RESPONSABLE POR REVISIÓN Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD	Nombre:	B. Hernández. A	B. Hernández. A		
		Firma:				
		Fecha:	05 - 10 - 2015	05 - 10 - 2015		
	Vo. Bo. DIRECTOR DEL PROYECTO	Nombre:	J. Luis Cadavid.	J. Luis Cadavid.		
		Firma:				
		Fecha:	05 - 10 - 2015	05 - 10 - 2015		

TABLA DE CONTENIDO

1	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO	1.5
1.1	INTRODUCCIÓN	1.5
1.2	METODOLOGÍA	1.6
1.2.1	Definición del megaproyecto a evaluar.....	1.7
1.2.2	Identificación de los impactos del Proyecto	1.8
1.2.3	Identificación de los impactos más relevantes.....	1.10
1.2.4	Planes de manejo ambiental para los impactos ambientales más relevantes	1.12
1.2.5	Cuantificación física de los impactos más relevantes.....	1.16
1.2.6	Valoración monetaria de los impactos relevantes	1.20
1.2.6.1	Valoración económica de impactos del medio físico	1.23
1.2.6.1.1	Modificación del paisaje	1.23
1.2.6.1.2	Modificación del suelo.....	1.26
1.2.6.1.3	Cambios en la calidad de las aguas del embalse.....	1.31
1.2.6.2	Valoración de los impactos del medio biótico	1.32
1.2.6.2.1	Cambio en la cobertura vegetal	1.32
1.2.6.2.2	Transformación de ambientes lóticos a lénticos; Cambio en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces en la cuenca del río Cauca y Cambios en la estructura del biotopo y en las comunidades bénticas	1.38
1.2.6.3	Valoración económica de los impactos del medio social	1.40
1.2.6.3.1	Metodología de valoración	1.40
1.2.7	Descontar el flujo de beneficios y costos.....	1.59
1.2.8	Obtención de los principales criterios de decisión	1.60
1.2.9	Análisis de sensibilidad	1.64
1.2.10	Conclusiones	1.64
1.3	bibliografía	1.65

TABLA DE TABLAS

Tabla 1.1	Matriz de evaluación	1.10
Tabla 1.2	Planes de manejo ambiental para los impactos ambientales más relevantes	1.13
Tabla 1.3	Cuantificación de medida física.....	1.17
Tabla 1.4	Población en el corredor visual del proyecto	1.25
Tabla 1.5	Cálculo del carbono fijado por el suelo y transferido a la atmósfera	1.30
Tabla 1.6	Valor económico del impacto Modificación de la calidad del suelo.....	1.31
Tabla 1.7	Carbono almacenado, dióxido de carbono transferido a la atmósfera por tipo de cobertura vegetal a remover.....	1.37
Tabla 1.8	Valor económico del impacto modificación de la cobertura vegetal.....	1.38
Tabla 1.9	Impuestos y transferencias generadas por el Proyecto Hidroeléctrico Ituango (COP\$MM)	1.43
Tabla 1.10	Viviendas a restituir por el Proyecto	1.46
Tabla 1.11	Valor total Producción agrícola.....	1.48
Tabla 1.12	Valor total de la producción pecuaria (pastos) afectada por año.....	1.48
Tabla 1.13	Producción minera. Barequeros	1.49
Tabla 1.14	Producción minera. Pequeña minería	1.49
Tabla 1.15	Producción minera. Empresas	1.50
Tabla 1.16	Empleos generados	1.51
Tabla 1.17	Salarios.....	1.51
Tabla 1.18	Diferencial salarial.....	1.52
Tabla 1.19	Proveedores con más demanda en los municipios del occidente.....	1.52
Tabla 1.20	Proveedores con más demanda en los municipios del norte.....	1.53

TABLA DE FIGURAS

Figura 1.1	Etapas del análisis costo beneficio	1.6
Figura 1.2	Localización del Proyecto	1.8
Figura 1.3	Esquema del Valor Económico Total (VET)	1.21
Figura 1.4	Metodologías de valoración	1.22
Figura 1.4	Estructura de beneficios y costos en el ACBA	1.60

TABLA DE ECUACIONES

Ecuación 1.1	Cálculo del tamaño muestral	1.24
Ecuación 1.2	Cálculo del carbono acumulado en el suelo	1.28
Ecuación 1.3	Carbono total almacenado	1.28
Ecuación 1.4	Dióxido de carbono transferido a la atmósfera	1.29
Ecuación 1.5	Valor Económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del suelo.....	1.29
Ecuación 1.6	Factor de Expansión de la biomasa.....	1.33
Ecuación 1.7	Carbono almacenado	1.34
Ecuación 1.8	Dióxido de carbono transferido a la atmósfera	1.34
Ecuación 1.9	Valor Económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono de la cobertura vegetal.....	1.35

LISTA DE ANEXOS

Anexo_1.1	Encuestas y cálculos valoración económica de la modificación del paisaje
Anexo_1.2	Análisis costo beneficio y memorias de cálculo

1 ANÁLISIS COSTO BENEFICIO

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente documento tiene como objetivo dar respuesta a la solicitud realizada por Empresas Públicas de Medellín, para el análisis costo beneficio del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, para el cual se hace necesario la valoración económica de impactos ambientales como insumo para los flujos de fondo del Proyecto.

La información de línea base utilizada es la contenida en el documento denominado Actualización del Estudio de Impacto Ambiental de octubre de 2011, el cual recopila el estudio de impacto ambiental con que se licenció el Proyecto Hidroeléctrico Pescadero Ituango mediante Resolución 0155 de 30 de enero de 2009 y las diferentes solicitudes de modificación de Licencia Ambiental que han sido aprobadas mediante las Resoluciones 1034 de 04 de mayo de 2009, 1891 de 01 de octubre de 2009, 1980 de 12 de octubre de 2010, 0155 de 05 de diciembre de 2011, 0764 de 13 de septiembre de 2012, 1041 de 7 de diciembre de 2012. Igualmente se consideró la informa contenido en los documentos de solicitud de modificación de Licencia Ambiental aprobados mediante las Resoluciones 0838 de 22 de agosto de 2013, 0107 de 7 febrero de 2014, 0132 de 13 de febrero de 2014, 0620 de 12 de junio de 2014, 1052 de 9 de septiembre de 2014.

Para el desarrollo del ejercicio se tuvo como referencia la metodología propuesta en el Manual Técnico para la Evaluación Económica de Impactos Ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Universidad de los Andes, 2010), en el cual se define el proceso de valoración económica de impactos ambientales como una estimación del valor económico de los beneficios y costos ambientales potenciales que son considerados relevantes, sobre los flujos de bienes y servicios en la zona de influencia del Proyecto, en el escenario de línea base y desde una perspectiva ex ante; permitiendo el desarrollo del análisis costo beneficio ambiental, de tal forma que se pueda evaluar la eficiencia, eficacia y equidad de la puesta en marcha del Proyecto Hidroeléctrico Ituango.

Lo fundamental en el análisis costo-beneficio (ACB) es incorporar la valoración de impactos ambientales a partir de las afectaciones en el flujo de bienes y servicios ambientales impactados, dentro de la evaluación económica, sin considerar el análisis financiero.

El análisis costo beneficio corresponde únicamente al balance de los beneficios y costos generados por el megaproyecto a la sociedad. En este sentido los beneficios equivalen al valor de las acciones de prevención, corrección, mitigación y compensación para corregir los impactos negativos generados por el Proyecto, el empleo generado y los recursos de transferencias. Los costos corresponden al valor de

los impactos negativos generados por el Proyecto, obtenido a partir de la utilización de metodologías que se citarán más adelante.

De este modo, el presente documento busca realizar el análisis costo beneficio del Proyecto Hidroeléctrico Ituango como una herramienta de evaluación para estimar el beneficio neto del megaproyecto, medido desde el punto de vista de las pérdidas y ganancias generadas sobre el bienestar social.

1.2 METODOLOGÍA

En la Figura 1.1, se presentan los pasos del análisis costo beneficio, tomando como punto de partida el Manual Técnico elaborado por el MAVDT, contextualizado al Proyecto Hidroeléctrico Ituango, los cuales se desarrollan a continuación.

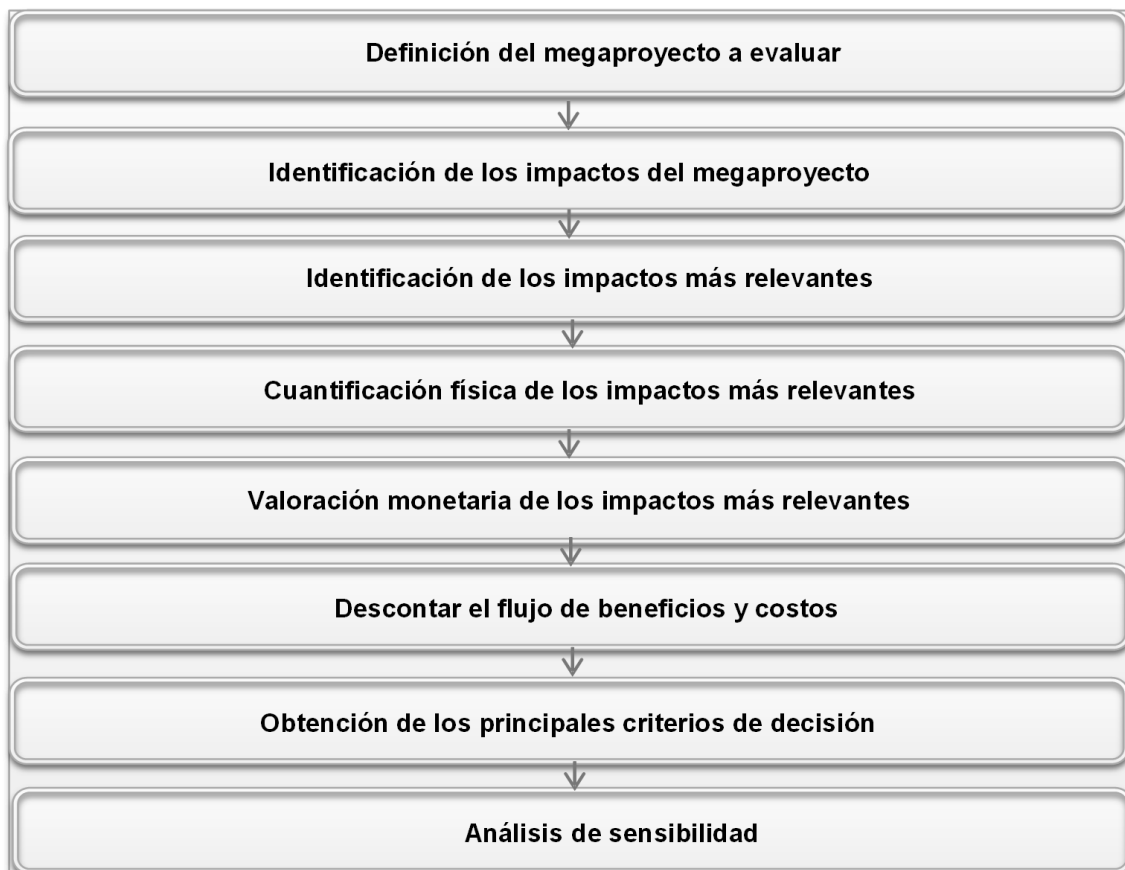


Figura 1.1 Etapas del análisis costo beneficio

Fuente: Tomado del Manual Técnico de Evaluación económica de los impactos – MAVDT

1.2.1 Definición del megaproyecto a evaluar

El Proyecto Hidroeléctrico Ituango, hace parte de la cadena de proyectos identificados para aprovechar el potencial hidroeléctrico del río Cauca en su tramo medio, conocido como Cañón del Cauca; en este tramo, en un recorrido de aproximadamente 425 km, el río desciende unos 800 m.

El proyecto aprovecha un caudal de unos 1.000 m³/s, alcanzado por el río Cauca luego de un recorrido de unos 900 km a lo largo de los cuales drena un área aproximada de 37.820 km².

Las obras principales del proyecto están localizadas en ambas márgenes del río Cauca entre las desembocaduras del río San Andrés y el río Ituango, ubicada al norte del Departamento de Antioquia, a 170 Km por carretera de Medellín, unos 8 km abajo del denominado Puente de Pescadero, sobre el río Cauca, en donde cruza la carretera que comunica la capital con el Municipio de Ituango

El Proyecto Hidroeléctrico de Ituango, comprende fundamentalmente una presa de enrocado con núcleo de tierra, localizada unos 600 m arriba de la desembocadura del río Ituango al río Cauca; cuenta con obras para descargas de fondo e intermedia y un vertedero en canal abierto para evacuación de crecientes, obras ubicadas sobre la margen derecha del río. Próximas a la presa, y también sobre la margen derecha, se localizan las obras para generación que comprenden ocho captaciones sumergidas conectadas a las conducciones a presión que alimentan los ocho grupos turbina – generador de eje vertical, que se alojan en la caverna de casa de máquinas, conectados por galerías de barras a ocho bancos de transformadores monofásicos situados en la caverna de transformadores. El agua turbinada llega a dos cavernas independientes que actúan como almenaras de aguas abajo, de donde se desprenden cuatro túneles de descarga mediante los cuales el caudal es devuelto al río Cauca. La central contará con una capacidad instalada de 2.400 MW y una energía media anual de 17.460 GWh.

Geográficamente, las obras del proyecto se ubican en los siguientes municipios:

- El embalse se encuentra localizado en jurisdicción de los municipios de Santa Fé de Antioquia, Buriticá, Peque e Ituango, por la margen izquierda del río Cauca; y de Liborina, Sabanalarga, Toledo y Briceño por la margen derecha.
- Las obras principales (Presa y Casa de máquinas) en los municipios de Ituango y Briceño.

El acceso a los sitios de obras se logra a través de dos vías principales. La primera comprende las vías El Valle - Presa - Ituango, que sirven de sustitución al tramo de la vía intermunicipal existente entre los municipios de San Andrés de Cuerquia e Ituango que se verá inundado por el embalse; incluye también la variante vial para rodear el municipio de San Andrés de Cuerquia, la variante vial para el corregimiento El Valle, el túnel del Chirí y la rectificación de la vía San Andrés de Cuerquia – El Valle (municipio de Toledo). La segunda, comprende la construcción de la vía de acceso desde el corregimiento de Puerto Valdivia, en el municipio de Valdivia, hasta el sitio de Presa.

Esta vía se desarrollará en la margen izquierda y derecha del río Cauca, entre los municipios de Valdivia, Ituango y Briceño.

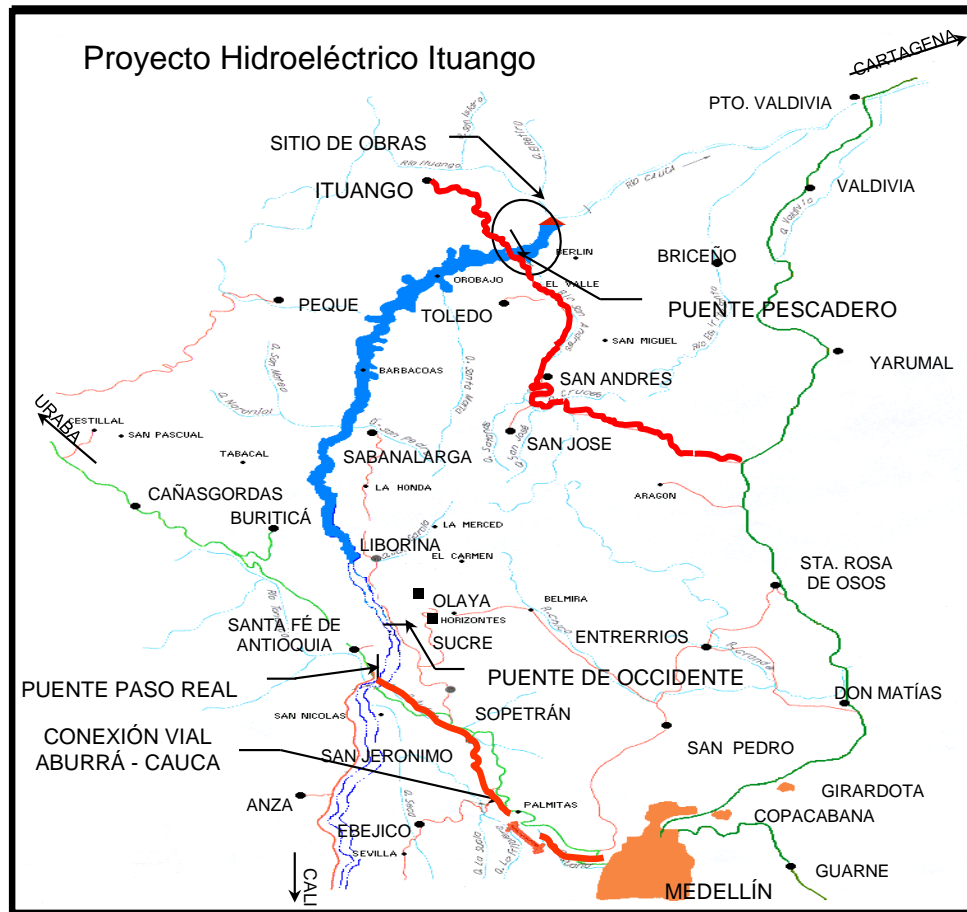


Figura 1.2 Localización del Proyecto

1.2.2 Identificación de los impactos del Proyecto

Con base en el ejercicio de la evaluación ambiental realizada en la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental para el año 2011 para el Proyecto Hidroeléctrico Ituango, se identificaron los siguientes impactos para cada uno de los medios¹:

¹ Los impactos identificados para los medios físico, biótico y social fueron tomados del documento D-PHI-EAM-EIA-CAP05-C0006, Actualización Estudio de Impacto Ambiental -Evaluación ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, 04/10/2011

Medio físico:

- Modificación de la calidad del suelo
- Contaminación de corrientes superficiales y subterráneas
- Afectación a la disponibilidad del recurso hídrico superficial y subterráneo
- Cambios en la calidad de las aguas del embalse
- Modificación de la dinámica fluvial de aguas superficiales y navegabilidad del río Cauca
- Contaminación del aire
- Modificación del paisaje

Medio biótico:

- Cambio en la cobertura vegetal
- Pérdida o fragmentación del hábitat
- Aumento de la presión por los recursos naturales
- Muerte y desplazamiento de especies faunísticas
- Cambio en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces en la cuenca del río Cauca
- Cambios en la estructura del biotopo y en las comunidades bénticas
- Proliferación de vectores de enfermedades
- Transformación de ambientes lóticos a lénticos

Medio social:

- Afectación sobre los yacimientos arqueológicos identificados
- Transformación de los sistemas culturales de la población afectada directa o indirectamente
- Desplazamiento involuntario de población: Centros poblados de Orobajo y Barbacoas, corredores viales (San Andrés de Cuerquia – El Valle, Puerto Valdivia Presa) y viviendas dispersas
- Generación de expectativas
- Afectación de la prestación de servicios públicos y sociales, incluyendo su infraestructura
- Efectos de presión migratoria ocasionados por la presencia del proyecto
- Surgimiento de organizaciones de base y fortalecimiento de organizaciones comunitarias

- Generación de conflictos motivados por la presencia del proyecto
- Cambio en las actividades económicas
- Generación de empleo e incremento de los ingresos de la población
- Modificación de las finanzas de los municipios y de las autoridades ambientales
- Incremento de enfermedades ocasionadas por la presencia del proyecto
- Interrupción o afectación de la infraestructura de transporte y conectividad
- Cambio en la tenencia de la tierra

1.2.3 Identificación de los impactos más relevantes

Una vez determinados los efectos ambientales del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, se tomaron los impactos identificados como significativos y muy significativos luego de aplicar la metodología propuesta por las Empresas Públicas de Medellín contenida en el documento "Una propuesta para la identificación y evaluación de impactos ambientales"². Este ejercicio supone que los demás impactos pueden controlarse y generan beneficios/costos residuales.

De acuerdo a la jerarquización de los impactos, los más relevantes son aquellos cuya clasificación es significativa y muy significativa, correspondiente a 17 impactos, tal como se ilustra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1 Matriz de evaluación

	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Magnitud	Incidencia no cuantificable del impacto	Nivel de vulnerabilidad	Duración del impacto	Calificación	Clasificación
1	Modificación de las finanzas de los municipios y las autoridades ambientales	1	0,9	0,05	1	1	9,7	Muy significativa
2	Transformación de los sistemas culturales de la población afectada directa o indirectamente	1	0,8	0,1	0,9	0,9	8,4	Muy significativa
3	Desplazamiento involuntario de población: Centros poblados de Oroabajo y Barbacoas, corredores viales (San Andrés de Cuerquia – El Valle, Puerto Valdivia Presa) y viviendas dispersas	1	0,5	0,2	1	1	7,9	Muy significativa

² ARBOLEDA G., Jorge Alonso. Una propuesta para la identificación y evaluación de impactos ambientales Bogotá, Ministerio del Medio Ambiente; CORPAMAG; GTZ, 1997

	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Magnitud	Incidencia no cuantificable del impacto	Nivel de vulnerabilidad	Duración del impacto	Calificación	Clasificación
4	Efectos de presión migratoria ocasionados por la presencia del proyecto	0,9	0,5	0,4	1	0,8	7,8	Muy significativa
5	Cambio en las actividades económicas	1	0,4	0,5	1	0,5	7,8	Muy significativa
6	Cambio en la cobertura vegetal	1	0,7	0,2	0,7	1	7,4	Significativa
7	Incremento de enfermedades ocasionadas por la presencia del proyecto	0,8	0,5	0,5	0,9	0,9	7,2	Significativa
8	Cambios en la estructura del biotopo y en las comunidades bénticas	1	0,5	0,3	0,7	1	6,9	Significativa
9	Generación de empleo e incremento de los ingresos de la población	1	0,5	0,5	0,7	0,6	6,7	Significativa
10	Pérdida o fragmentación del hábitat	1	0,5	0,2	0,7	1	6,4	Significativa
11	Modificación del paisaje	1	0,5	0,4	0,5	1	6,2	Significativa
12	Cambios en la calidad de las aguas del embalse	1	0,6	0,3	0,5	1	6,2	Significativa
13	Transformación de ambientes lóticos a lénticos	1	0,4	0,01	1	1	5,9	Significativa
14	Afectación sobre los yacimientos arqueológicos identificados	1	0,4	0,01	1	1	5,9	Significativa
15	Modificación de la calidad del suelo	1	0,3	0,2	0,8	1	5,8	Significativa
16	Cambio en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces en la cuenca del río Cauca	1	0,2	0,2	1	1	5,8	Significativa
17	Cambio en la tenencia de la tierra	1	0,3	0,3	0,5	1	5,1	Significativa
18	Generación de expectativas	1	0,5	0,5	0,5	0,5	5	Moderadamente significativa
19	Contaminación de corrientes superficiales y subterráneas	0,9	0,5	0,8	0,8	0,05	4,9	Moderadamente significativa
20	Muerte y desplazamiento de especies faunísticas	0,8	0,5	0,4	0,7	0,5	4,7	Moderadamente significativa
21	Modificación de la dinámica fluvial de aguas superficiales y navegabilidad del río Cauca	1	0,5	0,3	0,3	1	4,7	Moderadamente significativa
22	Afectación de la prestación de servicios públicos y sociales, incluyendo su infraestructura	0,8	0,3	0,5	0,6	0,6	4,1	Moderadamente significativa
23	Proliferación de vectores de enfermedades	0,7	0,2	0,5	0,2	1	2,8	Moderadamente significativa
24	Contaminación del aire	1	0,2	0,2	0,4	0,55	2,8	Moderadamente significativa
25	Surgimiento de organizaciones de base y fortalecimiento de organizaciones comunitarias	0,9	0,2	0,1	0,3	0,8	2,7	Moderadamente significativa
26	Afectación a la disponibilidad del recurso hídrico superficial y subterráneo	0,6	0,1	0,5	0,6	0,5	2,4	Poco significativa

	Impacto	Probabilidad de ocurrencia	Magnitud	Incidencia no cuantificable del impacto	Nivel de vulnerabilidad	Duración del impacto	Calificación	Clasificación
27	Generación de conflictos motivados por la presencia del proyecto	0,5	0,8	0,1	0,5	0,5	2,3	Poco significativa
28	Interrupción o afectación de la infraestructura de transporte y conectividad	0,6	0,4	0,1	0,3	0,6	1,7	Poco significativa

Fuente: Actualización del Estudio de Impacto Ambiental. Octubre 2011

1.2.4 Planes de manejo ambiental para los impactos ambientales más relevantes

Los 17 impactos identificados, evaluados y presentado en la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental 2011 como muy significativos y significativos han sido atendidos a través de Programas de Manejo para la prevención, corrección, mitigación y compensación de los impactos generados, según se esquematiza en la Tabla 1.2.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Tabla 1.2 Planes de manejo ambiental para los impactos ambientales más relevantes

PROGRAMA DE MANEJO \ MEDIO	MEDIO ABIÓTICO			MEDIO BIÓTICO					MEDIO SOCIOECONÓMICO								
	Modificación del paisaje	Modificación de la calidad del suelo	Cambios en la calidad de las aguas del embalse	Cambio en la cobertura vegetal	Pérdida o fragmentación del hábitat	Transformación de ambientes lóticos a lénticos	Cambio en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces en la cuenca del río Cauca	Cambios en la estructura del biotopo y en las comunidades bénticas	Modificación de las finanzas de los municipios y las autoridades ambientales	Desplazamiento involuntario de población	Cambio en las actividades económicas	Generación de empleo e incremento de los ingresos de la población	Cambio en la tenencia de la tierra	Efectos de presión migratoria ocasionados por la presencia del proyecto	Afectación sobre los yacimientos arqueológicos identificados	Incremento de enfermedades ocasionadas por la presencia del proyecto	Transformación de los sistemas culturales de la población afectada directa o indirectamente
Programa de manejo integral de residuos																	
Programa de manejo de fuentes de materiales de construcción																	
Programa de manejo de inestabilidad y erosión																	
Programa de llenado del embalse y desviación del río Cauca																	
Programa de manejo del embalse																	
Programa de manejo de materiales de excavación																	
Programa de manejo de aguas residuales domésticas e industriales																	
Programa de integración proyecto-región																	
Proyecto educación ambiental																	
Proyecto de generación de empleo																	
Proyecto de articulación de los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) y Planes de Desarrollo																	

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

MEDIO PROGRAMA DE MANEJO	MEDIO ABIÓTICO			MEDIO BIÓTICO				MEDIO SOCIOECONÓMICO									
	Modificación del paisaje	Modificación de la calidad del suelo	Cambios en la calidad de las aguas del embalse	Cambio en la cobertura vegetal	Pérdida o fragmentación del hábitat	Transformación de ambientes lóticos a lénticos	Cambio en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces en la cuenca del río Cauca	Cambios en la estructura del biotopo y en las comunidades bénticas	Modificación de las finanzas de los municipios y las autoridades ambientales	Desplazamiento involuntario de población	Cambio en las actividades económicas	Generación de empleo e incremento de los ingresos de la población	Cambio en la tenencia de la tierra	Efectos de presión migratoria ocasionados por la presencia del proyecto	Afectación sobre los yacimientos arqueológicos identificados	Incremento de enfermedades ocasionadas por la presencia del proyecto	Transformación de los sistemas culturales de la población afectada directa o indirectamente
Municipal																	
Proyecto vinculación al desarrollo regional																	
Proyecto seguimiento y manejo de impactos por presión migratoria																	
Programa de manejo y conservación de la vegetación																	
Subprograma de remoción de biomasa y de aprovechamiento forestal																	
Subprograma de compensación por afectación de la cobertura vegetal																	
Programa de manejo de hábitats y organismos																	
Subprograma de manejo y protección del recurso íctico y pesquero en las cuencas media y baja del río Cauca																	
Programa de monitoreo al área de influencia del proyecto																	
Proyecto observatorio del entorno sociopolítico																	
Programa de restitución de condiciones de vida																	

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

MEDIO PROGRAMA DE MANEJO	MEDIO ABIÓTICO			MEDIO BIÓTICO					MEDIO SOCIOECONÓMICO								
	Modificación del paisaje	Modificación de la calidad del suelo	Cambios en la calidad de las aguas del embalse	Cambio en la cobertura vegetal	Pérdida o fragmentación del hábitat	Transformación de ambientes lóticos a lénticos	Cambio en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces en la cuenca del río Cauca	Cambios en la estructura del biotopo y en las comunidades bénticas	Modificación de las finanzas de los municipios y las autoridades ambientales	Desplazamiento involuntario de población	Cambio en las actividades económicas	Generación de empleo e incremento de los ingresos de la población	Cambio en la tenencia de la tierra	Efectos de presión migratoria ocasionados por la presencia del proyecto	Afectación sobre los yacimientos arqueológicos identificados	Incremento de enfermedades ocasionadas por la presencia del proyecto	Transformación de los sistemas culturales de la población afectada directa o indirectamente
Proyecto de restitución integral de condiciones de vida																	
Programa de comunicación y participación comunitaria																	
Proyecto información y comunicación																	
Proyecto comunicación para la participación																	
Programa de arqueología preventiva																	

Fuente: Actualización del Estudio de Impacto Ambiental. Octubre 2011

1.2.5 Cuantificación física de los impactos más relevantes

En este punto, se busca calcular en unidades físicas los flujos de costos y beneficios asociados con el megaproyecto, además de su identificación en espacio y tiempo. Para esto, se cuantifica el impacto según la unidad física en la que sea medible el factor, es decir, calcular la magnitud de las variables que posteriormente permita la monetización del impacto.

En la Tabla 1.3 se presentan los impactos del Proyecto Hidroeléctrico Ituango valorados como muy significativos y significativos que serán objeto de una cuantificación física, indicando la medida aplicable en cada caso.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Tabla 1.3 Cuantificación de medida física

Medio	Impacto	Medida de cuantificación física	
Físico	Modificación del paisaje	Disposición a pagar de los individuos encuestados, por mantener inalteradas las condiciones actuales del paisaje y los sitios de interés paisajístico	Ordenación de las preferencias de los individuos encuestados, por mantener inalteradas las condiciones actuales del paisaje y los sitios de interés paisajístico
	Modificación de la calidad del suelo	Pérdida de la capacidad de fijación de carbono del suelo	Áreas de intervención Asociación Concordia (CN): 1.626,6 ha Asociación El Cinco (EC): 56,1 ha Asociación Ituango (IT): 746,5 ha Asociación Margarita (GM): 10,3 ha Asociación Raudal (Rv): 1.143,1 ha Asociación Tuntuná (TG): 7,4 ha Complejo Tarazá (TR): 292,9 ha Consociación Calderas (CL): 504,6 ha Asociación Santa Barbara (SB): 147,9 ha Cuerpo de agua: 517,5 ha (No aplica para el análisis) Otras áreas (arenales, mosaicos rocosos): 2,8 ha (No aplica para el análisis)
	Cambios en la calidad de las aguas del embalse	No será objeto de valoración económica toda vez que el embalse no tendrá un uso diferente a la generación, por lo tanto no tendrá incidencia en el bienestar social	
Biótico	Cambio en la cobertura vegetal	Pérdida de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono de la cobertura vegetal	Hectáreas a intervenir: Bosque roble: 0,71 Bosque secundario: 1.072,96 Cultivos: 17,71 Cultivos de café: 0,07 Pasto manejado: 25,89 Pastos arbolados: 32,51 Pastos enmalezados: 134,95 Pastos naturales: 733,63 Plantación forestal: 0,28 Rastrojo alto: 2.117,91 Rastrojo bajo: 698,89 Construcciones: 1,02
	Pérdida o fragmentación del hábitat		

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Medio	Impacto	Medida de cuantificación física	
			Cuerpo de agua: 717,36 Suelo desnudo: 37,75 Barras de arena: 36,34
	Transformación de ambientes lóticos a lénticos	Este impacto incluye variables como, los predios afectados por las dinámicas del embalse, lo cual se encuentra valorado en el cambio en la tenencia de la tierra y cambio en las actividades económicas. De acuerdo a eso, este impacto no será objeto de valoración.	
	Cambio en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces en la cuenca del río Cauca	En el área de influencia directa del Proyecto el desarrollo de la actividad pesquera no es representativa, por lo cual, aunque se presente un cambio en la abundancia de las especies de peces para esta área, este impacto no será objeto de valoración monetaria, en tanto no se constituye como un recurso que incida en el bienestar social.	
	Cambios en la estructura del biotopo y en las comunidades bénticas		
Social	Modificación de las finanzas de los municipios y las autoridades ambientales	Valor de las transferencias a generar durante la operación	Valor de transferencias anuales a generar: <ul style="list-style-type: none"> Municipios con jurisdicción en la cuenca: \$12.140.000.000 Municipios con jurisdicción en el embalse: \$12.140.000.000 Corporaciones Autónomas Regionales: \$24.279.000.000
	Desplazamiento involuntario de población: Centros poblados de Orobajo y Barbacoas, corredores viales (San Andrés de Cuerquia – El Valle, Puerto Valdivia Presa) y viviendas dispersas	Costo incurridos en el establecimiento de la vivienda de la población a desplazar	Viviendas a restituir: <ul style="list-style-type: none"> Orobajo (Sabanalarga): 25 Barbacoas (Peque): 32 Viviendas dispersas: 30 Vías (San Andrés de Cuerquia, Toledo, Ituango y Valdivia) <ul style="list-style-type: none"> San Andrés – El Valle: 61 Puerto Valdivia – Presa: 34
	Cambio en las actividades económicas	Valor perdido de la producción actual agrícola, pecuaria y minera	Actividad agrícola: 39,9 hectáreas (café, caña, cacao, plátano, maíz, frijol, arroz) Actividad pecuaria: 159,08 hectáreas de pasto (mejorado,

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Medio	Impacto	Medida de cuantificación física	
			de corte y natural). Minería – barequeros: 1.530.630 reales. 1.228 personas Minería – pequeña minería: 376.012 reales. 29 personas Minería – empresas: 291.200 reales. 5 empresas.
	Generación de empleo e incremento de los ingresos de la población	Valor de la mano de obra contratada / a contratar	Mano de obra a contratar durante construcción: No calificada: 25.777 Semi calificada: 11.423
	Cambio en la tenencia de la tierra	Hectáreas a adquirir y valor de la hectárea	Hectáreas a adquirir: 20.547 Valor promedio por hectárea: \$2.983.049
	Efectos de presión migratoria ocasionados por la presencia del proyecto	Si bien estos impactos fueron valorados con una importancia ambiental significativa y pueden modificar el bienestar de la sociedad, no generan cambios en la calidad o suministro de algún bien o servicio ambiental, ni se derivan de ellos; por tanto, no se consideran objeto de valoración económica, de acuerdo a los receptores de la valoración del impacto propuestos por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Universidad de los Andes, 2010.	
	Afectación sobre los yacimientos arqueológicos identificados		
	Incremento de enfermedades ocasionadas por la presencia del proyecto		
	Transformación de los sistemas culturales de la población afectada directa o indirectamente		

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015

De acuerdo a lo anterior, los impactos a valorar son 8. Para el medio físico (2): modificación del paisaje y modificación de la calidad del suelo; para el medio biótico (1): cambio en la cobertura vegetal; para el medio social (5): modificación de las finanzas de los municipios y las autoridades ambientales, desplazamiento involuntario de población, cambio en las actividades económicas, generación de empleo e incremento de los ingresos de la población y cambio en la tenencia de la tierra.

1.2.6 Valoración monetaria de los impactos relevantes

El Manual Técnico recomienda desarrollar la estrategia de valoración de impactos teniendo en cuenta la definición de impacto ambiental internalizable y no internalizable. Los impactos ambientales internalizables son todos aquellos impactos que se pueden corregir y/o mitigar y se pueden llevar a un estado muy cercano al que se tenía antes de la ejecución del proyecto; mientras que los impactos no internalizables, no se pueden revertir totalmente en términos de la afectación generada

El proceso de valoración económica de impactos, se aborda bajo la definición de valor económico total (VET), el cual se define como la suma de los diferentes valores que conforman un sistema ambiente – recursos. Estos valores hacen alusión al uso y al no uso del bien ambiental o servicio ecosistémico impactado, en la medida en que cualquier tipo de recurso, bien o servicio se caracteriza por tener además de los usos derivados por los beneficios que generan, otros valores diferentes, los cuales deberán calcularse para no subestimar los verdaderos beneficios y/o costos ambientales (Riera *et al.*, 2005).

En tal sentido, el valor de uso corresponde a los beneficios que las personas obtienen del bien o servicio que sufre impacto sobre su calidad o cantidad. Este valor de uso, se divide en:

- Valor de uso directo, relacionado con los productos de consumo o servicios directos que provee el bien.
- Valor de uso indirecto, relacionado con los beneficios funcionales del bien.
- Valor de opción, el cual hace referencia al uso directo o indirecto futuro.

Por su parte, el valor de no uso parte del hecho de que las personas pueden asignar valores monetarios a los recursos naturales independientemente de que estén haciendo uso de ellos en el presente, estos se clasifican en:

- Valor de herencia, relacionado con la importancia de la preservación del bien para las futuras generaciones
- Valor de existencia, relacionado con la disponibilidad a pagar por evitar que se extinga el recurso.

La Figura 1.3 muestra el esquema de los componentes del valor económico total.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

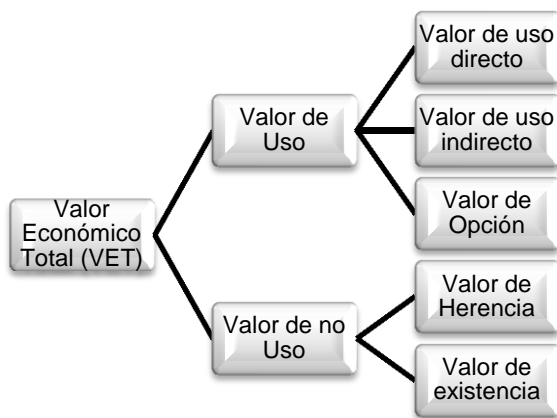


Figura 1.3 Esquema del Valor Económico Total (VET)

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Universidad de los Andes (2010)

Con miras a determinar el VET, la economía ambiental ha propuesto diversas metodologías que permiten aproximar el valor de un impacto a un precio de mercado. La Figura 1.4, presenta los diferentes enfoques de valoración económica. La selección y aplicación de cada uno de ellos depende del grado de complejidad del bien, recurso o servicio ecosistémico que resulte impactado, así como de los recursos en términos financieros, de tiempo e información con los cuales se cuenta.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango



Figura 1.4 Metodologías de valoración

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Universidad de los Andes (2010)

Las metodologías de precios de mercado y gastos potenciales y actuales utilizan precios de mercado ya existentes para monetizar el valor de un impacto ambiental sobre un bien, recurso o servicio ecosistémico, calculando la contribución de este en la producción, para lo cual crean una función de producción, donde el capital natural es un insumo dentro del proceso.

Las metodologías de preferencias reveladas, por su parte, se basan en las relaciones que se establecen entre los bienes y servicios ambientales impactados, objeto de valoración y los bienes o servicios que cuentan con un precio de mercado y por tanto se comercializan en él, por ello, su aplicación se reduce a la estimación de valores de uso (Azqueta et al., 2007). Dentro de estos métodos se encuentran el costo de viaje y los precios hedónicos.

Los métodos de preferencias declaradas, se basan en la construcción de mercados hipotéticos para los bienes, recursos o servicios ecosistémicos impactados, a través de encuestas, cuyas preguntas permiten estimar cómo el bienestar de las personas se ve afectado por el aumento o disminución de la cantidad o calidad de un bien o servicio ecosistémico. Estos métodos estiman valores de no uso, valores de uso indirecto y valores de opción para el bien o servicio impactado. Los más representativos son la valoración contingente y el análisis conjoint. Su aplicación se realiza a través de encuestas, que permiten obtener la máxima Disponibilidad a Pagar (DAP) individual por tener una mejora en la calidad ambiental o por evitar el deterioro de la misma o bien estiman la mínima Disposición a Aceptar (DAA) por tolerar dicho deterioro. En

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

este sentido, tanto la DAP como la DAA se convierten en medidas genéricas del valor económico de cualquier bien o servicio ecosistémico que sufre alteraciones en su cantidad o calidad ambiental (Mendieta, 1999, 2000).

Finalmente, la metodología de transferencia de beneficios utiliza la información disponible de estudios realizados anteriormente en otra zona y contexto, para valorar impactos ambientales, adaptándola a la zona a evaluar. Esta técnica es empleada cuando se dispone de pocos recursos en términos monetarios y de tiempo para realizar un estudio primario de evaluación.

El proceso de valoración económica para los impactos que resultan no internalizables, con base en la evaluación ambiental realizada para el Proyecto Hidroeléctrico Ituango, tendrá en cuenta las metodologías de precios de mercado, gastos potenciales y actuales y valoración contingente, las cuales permitirán obtener una aproximación al valor de uso (directo o indirecto) o valor de no uso de los impactos.

A continuación se presentan las metodologías específicas para la valoración de los impactos no internalizables del Proyecto. Es importante anotar que las valoraciones realizadas a través de metodologías de precios de mercado y gastos actuales y potenciales parten del supuesto de que los bienes son transados en un mercado perfectamente competitivo, sin fallas de mercado y tienen un precio libre de distorsiones, por lo tanto, este precio refleja el real beneficio marginal de la sociedad. Sin la adopción de este supuesto, se consideraría que los mercados se encuentran sujetos a imperfecciones, y se deberán hacer correcciones de precios a través de los precios de eficiencia o precios sombra, los cuales hacen alusión a los precios de referencia que tendría un bien en condiciones de competencia perfecta. No obstante, para Colombia se cuenta con una estimación de precios cuenta del Banco Interamericano de Desarrollo (1990) que no cubre la totalidad de bienes producidos y utilizados para las valoraciones de impacto.

1.2.6.1 Valoración económica de impactos del medio físico

1.2.6.1.1 Modificación del paisaje

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se define el impacto modificación del paisaje así:

La construcción de las obras para el Proyecto Hidroeléctrico Ituango generan cambios en: las geoformas y características del suelo, por la necesidad de realizar excavaciones y la construcción de depósitos; en las coberturas vegetales, por la necesidad de removerlas para poder construir las obras; Sobre la red hídrica puede causar alteraciones debido a la necesidad de desviar, canalizar o captar caudales para poder construir las obras o satisfacer las necesidades del Proyecto.

Adicionalmente, los cambios mencionados también generan modificaciones en la calidad visual del paisaje, ya que la percepción de la población sobre la zona cambia, con la aparición de nuevos elementos en el entorno.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Las medidas de manejo planteadas en los programas de manejo de este impacto, están encaminadas a integrar estos nuevos elementos al paisaje, de tal manera que su impacto visual armonice con el entorno, y a compensar el impacto sobre la cobertura vegetal. Sin embargo, la alteración permanente de la calidad visual, debe considerarse como impacto remanente del proyecto.

A. Metodología de valoración

Una vez estimada la probabilidad promedio de conservación, se deberá determinar la disponibilidad a pagar (DAP) por la conservación del bien objeto de valoración, y con ello la medida de bienestar que permite valorar el impacto. Por tanto, las preferencias de los encuestados, en términos de probabilidades promedias de conservación, en conjunto con las inversiones propuestas en el PMA, valoradas como inversiones que permiten prevenir, mitigar y/o compensar los impactos generados sobre el bien ambiental, son la base para estimar una medida de bienestar de la población respecto a la conservación, esto es, inferir en términos monetarios cuanto está dispuesto a pagar cada habitante por mantener el bien ambiental en su estado actual. Considerando que la intervención del proyecto genera afectaciones sobre los bienes ambientales evaluados, esta estimación se convierte en una proxy del valor económico total del impacto.

El tamaño muestral requerido para la aplicación de los instrumentos de recolección de información, se calcula a partir de la siguiente expresión, utilizada para estimar la proporción de una población cuando se conoce el tamaño poblacional (Véase la Ecuación 1.1).

$$n = \frac{NZ_{\alpha/2}^2 P(1-P)}{N-1 e^2 + Z_{\alpha/2}^2 P(1-P)}$$

Ecuación 1.1 Cálculo del tamaño muestral

Donde:

n: Tamaño de la muestra (proporción poblacional)

N: Tamaño poblacional

$Z_{\alpha/2}^2$: 1,96. Corresponde a un nivel de confianza del 95%

P: Proporción poblacional. Al ser desconocida se estima en el 50% dado que proporciona el mayor tamaño de muestra posible

e: Nivel de error máximo permitido o nivel de precisión.

El tamaño muestral se estima con base en la población ubicada en el corredor visual del proyecto, el cual comprende las veredas presentadas en la Tabla 1.4.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Tabla 1.4 Población en el corredor visual del proyecto

Municipio	Vereda/corregimiento	Población (habitantes)*	Número de encuestas a realizar
Briceño	Alto del Chiri	162	2
	Orejón	111	2
	La Calera	171	2
	Gurimán	269	4
	Palestina	200	3
Buriticá	La Angelina	167	3
	Buenavista	64	1
	La Fragua	285	4
	Mogotes	115	2
	Carauquia	111	2
Ituango	Los Galgos-El Mote	232	4
	Organí	84	1
Liborina	La Sucia (La Honda)	407	6
Peque	Nueva Llanada	198	3
	Renegado-Valle	227	4
Sabanalarga	El Junco	696	10
Toledo	El Valle	167	3
Valdivia	Santa Bárbara	252	4
	Pensilvania	180	3
	Astilleros	280	4
	Puerto Valdivia	1.279	20
Olaya	El Pencal	489	8
Total		6.146	95

Fuente: Consorcio Generación Ituango (Estudio de Impacto Ambiental, actualización 2011)

*Información tomada de los anexos D-PHI-EAM-EIA-CAP03D-ANX-U, D-PHI-EAM-EIA-CAP03D-ANX-V del EIA actualización 2011

Una vez aplicada la ecuación para el cálculo del tamaño muestral, para un nivel de confianza del 95% y un error máximo permitido del 10%, y teniendo en cuenta el número de población en el corredor visual del Proyecto, se estimó el número de encuestas a realizar a las personas residentes en las unidades territoriales enunciadas en la Tabla 1.4, correspondiente a 95 encuestas en total

B. Resultados de la valoración

La aplicación de la encuesta permite encontrar la mejor estimación de la probabilidad de conservación del paisaje, esto es, la preferencia de los individuos por mantener el paisaje y sus elementos constitutivos (relieve, vegetación, hidrología, usos del suelo y fauna silvestre) en las condiciones actuales, así como la máxima Disposición a Pagar por evitar el deterioro del mismo. En el Anexo_1.1 se encuentran las encuestas realizadas telefónicamente a las personas que residen en el corredor visual del Proyecto.

Una vez realizadas las 95 encuestas se consolidó la información en una sábana de datos con el fin de calcular los valores promedio de la Disponibilidad a Pagar de cada uno de los componentes del paisaje, dichos resultados se encuentran indicados en la

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Tabla 1.5 en la columna denominada *DAP encuestados*. Posteriormente, para hallar la *DAP promedio individual* se dividió el resultado del *DAP promedio de los encuestados* entre el total de los encuestados (95). Lo anterior con el fin de hallar finalmente la *DAP promedio del total de la población*, pues el resultado individual se multiplica por el total de la población que corresponde a 6.146 habitantes.

Tabla 1.5 Valor económico del impacto sobre el paisaje

Componente del paisaje	DAP encuestados	DAP promedio individual	DAP promedio del total de la población
1. Relieve	\$ 36.454.400	\$387.813	\$2.383.497.260
2. Vegetación	\$ 36.492.000	\$388.213	\$2.385.955.660
3. Hidrología	\$ 38.776.000	\$412.511	\$2.535.290.383
4. Usos del suelo	\$ 34.000.400	\$361.706	\$2.223.047.430
5. Fauna	\$ 36.752.800	\$390.987	\$2.403.007.540
Total Paisaje	\$ 182.475.600	\$1.941.230	\$11.930.798.272

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015

Finalmente la valoración económica por la alteración del paisaje corresponde a la sumatoria de las *DAP promedio total de la población* de cada uno de los componentes del paisaje, cuyo valor es de \$11.930.798.282.

Es importante tener en cuenta que la Disponibilidad a Pagar depende de diferentes variables como las preferencias y el nivel de ingresos, en este sentido es necesario indicar el nivel de ingresos promedio de la población encuestada, que corresponde a \$10.443.574 anual. Teniendo en cuenta que la DAP promedio individual del paisaje es de \$1.941.230, se puede inferir que la población está dispuesta a dar el 18,6% de sus ingresos evitar la afectación al paisaje.

Por otra parte los resultados de la encuesta arrojan que a medida que la población tiene un mejor nivel educativo, su disponibilidad de pago es mayor, tal como se muestra en la Tabla 1.6 a continuación:

Tabla 1.6 DAP según nivel educativo de los encuestados

Rótulos de fila	Promedio de DPA año
1. Ninguno	\$343.767,7
2. Primaria	\$335.400,0
3. Secundaria	\$366.000,0
4. Media	\$454.400,0
6. Técnica/Tecnología	\$634.960,0
7. Profesional	\$680.000,0

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015

1.2.6.1.2 Modificación del suelo

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se define el impacto modificación de la calidad del suelo así:

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Los movimientos de tierra requeridos para realizar el descapote, las excavaciones superficiales y la disposición de sobrantes de excavación, afectan la estabilidad estructural del suelo y lo exponen a una degradación de su estructura disminuyendo el tamaño de los agregados. El transporte y acarreo y la pavimentación compactan y sellan el suelo por disminución del espacio poroso, disminuyen la capacidad de infiltración, flujo de aire y agua y aumento en la densidad aparente por el continuo paso de vehículos y la adecuación de las vías para ser pavimentadas. Esta misma situación se presenta con la construcción de plazoletas para las diferentes instalaciones, temporales o permanentes del proyecto.

Con la remoción de vegetación, y dadas las condiciones de precipitación, se presentará lavado de nutrientes y pueden extremarse los rangos de pH afectando las propiedades químicas y biológicas y por ende la productividad.

Durante la disposición de los sobrantes de excavación se produce mezcla de horizontes. Con ella pueden quedar hacia la superficie los horizontes con pH menores en los que se evidenciaron, de acuerdo con los resultados de laboratorio, contenidos de aluminio que pueden presentar toxicidad para las especies vegetales, especialmente en la zona de presa y obras anexas.

Durante el almacenamiento y manipulación de combustibles, lubricantes, materiales para las plantas de asfalto y concreto, pueden generarse derrames de sustancias que afectarán las características químicas y biológicas del suelo.

En áreas afectadas directamente, se pueden producir inundaciones, deterioro de la calidad del agua, corrientes, pérdida de capacidad de almacenamiento de agua y pérdida de la capacidad productiva debida a la reducción de fertilidad y cambio del pH de suelo, al igual que la pérdida parcial de la capa de suelo orgánica o su mezcla con otras capas.

El establecimiento de los rellenos sanitarios, produce lixiviados que pueden afectar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Campos de infiltración para plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) igualmente pueden afectar las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Depósitos o sitios de acumulación de macrófitas extraídas de la zona de embalse, donde como producto de su descomposición se pueden presentar alteraciones en las condiciones químicas y biológicas (disminución de pH).

A. Metodología de valoración

Actualmente se reconoce que el incremento en la concentración de dióxido de carbono (CO₂) en la atmósfera influye en el cambio climático (Conservation Strategy Fund, 2007), razón por la cual es posible mitigar el efecto del CO₂ almacenándolo en el suelo a través de la acumulación de materia orgánica, tal y como lo plantea Ávila *et al.* (2001).

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Esta situación hace posible la valoración del impacto modificación de la calidad del suelo a través de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento de carbono, siendo uno de los servicios principales que ofrece el suelo. Esto se desarrolla a través del método de precios de mercado, tomando como referencia los trabajos de Ávila, *et al.*, (2001), Cotler, *et al.*, (2011) y La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2000), los cuales abordan la valoración económica en suelos de diferentes ecosistemas ubicados en Costa Rica, México y Guatemala respectivamente. Así mismo, trabajos como los de Zambrano, *et al.*, (2004) y Martínez, *et al.*, (2008) donde se realiza una revisión y análisis de la dinámica del carbono en el suelo.

La finalidad del ejercicio es cuantificar y valorar el carbono (C) fijado y almacenado en el horizonte orgánico de las diferentes unidades cartográficas de suelo, el cual va a ser impactado con la remoción del mismo. Para ello, el C almacenado en el suelo (CA_s) en toneladas/hectárea, se estimó a partir del porcentaje de C en el suelo (%CS), la densidad aparente (DA) y la profundidad de muestreo (P) del mismo (Ávila *et al.*, 2001) a partir de la Ecuación 1.2.

$$CA_s = \%CS * DA * P$$

Ecuación 1.2 Cálculo del carbono acumulado en el suelo

Fuente: Ávila *et al.*, 2001

Donde:

CA_s : Carbono acumulado en el suelo

%CS: Porcentaje de Carbono en el suelo utilizando el método de Walkley y Black

DA: Densidad aparente del suelo

P: Profundidad del horizonte orgánico

Para la conversión de materia orgánica a C, se usó el factor 1,724 (Jaramillo, 2002) y para el cálculo del carbono total, se utilizó el área de cada unidad cartográfica en el área puntual de intervención, como se muestra en la Ecuación 1.3.

$$C_i = AU_i * CU_i$$

Ecuación 1.3 Carbono total almacenado

Fuente: Ávila, *et al.*, (2001), Cotler, *et al.*, (2011)

Donde:

C_i : Carbono total almacenado en el suelo por tipo de unidad cartográfica (i: 1, 2, 3 ...9). Las nueve unidades cartográficas identificadas son: Asociación Concordia (CN), Asociación El Cinco (EC), Asociación Santa Bárbara (SB), Asociación Ituango (IT), Asociación Margarita (GM), Asociación Raudal (Rv), Asociación Tuntuná (TG), Complejo Tarazá (TR), Consociación Calderas (CL).

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

AU_i: Área total de la unidad cartográfica

CU_i: Carbono almacenado en la unidad cartográfica medido en toneladas/hectáreas

El comportamiento de la materia orgánica en el suelo es un proceso complejo y, por tanto, no es posible afirmar con precisión qué cantidad del carbono de esta materia corresponde a C almacenado y qué cantidad a C respirado en el metabolismo de los microorganismos del suelo. Sin embargo, se parte del supuesto de que la destrucción del suelo enviará todo el C a la atmósfera como CO₂. De esta manera, el dióxido de carbono transferido por el suelo, a través de la acumulación de materia orgánica se calcula mediante la Ecuación 1.4.

$$DC_t = \sum_{i=1}^2 C_i * PM$$

Ecuación 1.4 Dióxido de carbono transferido a la atmósfera

Fuente: Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala (1999), Conservation Strategy Fund (2006, 2007) y CONAP (1999)

Donde:

DC_t: Dióxido de carbono transferido a la atmósfera, medido en toneladas de CO₂ para las unidades cartográficas del área puntual de intervención.

PM: Proporción molecular para pasar de carbono (C) a dióxido de carbono (CO₂). Este factor corresponde a (44/12)³, según CONAP (1999) y el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (2015, [en línea]).

Finalmente, para determinar el valor económico del dióxido de carbono transferido a la atmósfera, se hace uso de la Ecuación 1.5.

$$VEIS = DC_t * P_c$$

Ecuación 1.5 Valor Económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del suelo

Fuente: Conservation Strategy Fund (2006, 2007) y CONAP (1999)

Donde:

VEIS: Valor económico de la pérdida de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono en el suelo o valor económico del impacto.

DC_t: Dióxido de carbono transferido, medido en toneladas de CO₂

P_c: Precio en el mercado del carbono, dado por US\$/tonCO₂

³Factor de conversión cuyo numerador corresponde al peso molecular del CO₂ y el denominador al peso atómico del C.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Debido a que no se cuenta con una estimación de precios cuenta o precios de eficiencia para este bien, se parte del supuesto de que el valor económico estimado opera en un mercado perfectamente competitivo, por tanto, libre de distorsiones, dicho valor refleja el real beneficio marginal de la sociedad y puede ser utilizado para valorar el impacto sobre la calidad del suelo.

B. Resultados de la valoración

Este impacto se presenta por la remoción de vegetación y descapote, las excavaciones superficiales, la disposición de sobrantes de excavación, pavimentación, transportes y acarreos, construcción y operación de campamentos y talleres, los cuales conllevan a cambios de los suelos por la compactación, traslocación y contaminación, alterando su composición química, física y biológica.

Su valoración económica se desarrolla mediante el método de precios de mercado, utilizando como instrumento la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento/fijación de carbono. Por tanto, la finalidad del ejercicio de valoración es cuantificar y valorar el carbono (C) fijado y almacenado en el horizonte orgánico de las diferentes unidades cartográficas de suelo del área de intervención del proyecto, el cual va a ser impactado con la remoción del mismo y transferido a la atmósfera como dióxido de carbono.

La Tabla 1.7 presenta el cálculo del carbono total almacenado por la capa orgánica y del dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera por unidad cartográfica una vez sea removido el horizonte de suelo, de acuerdo con la metodología propuesta y haciendo uso de las ecuaciones de carbono acumulado en el suelo, carbono total almacenado y dióxido de carbono transferido a la atmósfera, por cada una de las dos unidades cartográficas presentes en el área puntual de intervención.

Tabla 1.7 Cálculo del carbono fijado por el suelo y transferido a la atmósfera

Unidad cartográfica	Profundidad (cm)	MO %	C %	Peso suelos (Kg/ha)	Carbono almacenado (Kg/ha)	Carbono almacenado (Ton/ha)	Área (ha)	Carbono total (Ton)	CO ₂ transferido (Ton CO ₂)
Asociación Concordia	10	6,5	3,8	1.300.000	49.013,92	49,01	1.626,57	79.724,60	292.323,54
Asociación El Cinco	60	6,5	3,8	7.800.000	294.083,53	294,08	56,11	16.501,73	60.506,34
Asociación Santa Bárbara	34	3,5	2,0	4.420.000	89.733,18	89,73	147,94	13.275,01	48.675,04
Asociación Ituango	59	5,2	3,0	7.670.000	231.345,71	231,35	746,46	172.689,97	633.196,57
Asociación Margarita	80	2,6	1,5	10.400.000	160.464,04	160,46	10,34	1.659,95	6.086,48
Asociación Raudal	69	3,1	1,8	8.970.000	161.293,50	161,29	1.143,08	184.370,65	676.025,70
Asociación Tuntuná	53	1,1	0,6	6.890.000	43.961,72	43,96	7,35	323,33	1.185,56
Complejo Tarazá	30	5,9	3,4	3.900.000	133.468,68	133,47	292,89	39.091,02	143.333,73
Consociación Calderas	43	8,1	4,7	5.590.000	262.639,21	262,64	504,57	132.520,18	485.907,31

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Unidad cartográfica	Profundidad (cm)	MO %	C %	Peso suelos (Kg/ha)	Carbono almacenado (Kg/ha)	Carbono almacenado (Ton/ha)	Área (ha)	Carbono total (Ton)	CO ₂ transferido (Ton CO ₂)
Total							4.535,31	640.156,44	2.347.240,27

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015

Los resultados de la Tabla 1.7 evidencian que en las 4.535,31 hectáreas distribuidas en nueve unidades cartográficas de suelo, se almacenan 640.156,44 toneladas de carbono, (en promedio, 141,15 ton C/ha), las cuales equivalen a 2.347.240,27 toneladas de dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera debido a la pérdida del horizonte de suelo.

Dichas toneladas son valoradas teniendo en cuenta el precio promedio del 2014 reportado por el mercado del carbono, el cual corresponde a US\$3,80/ton CO₂, según lo presenta Ecosystem Market place y Forest Trends en el informe State of the Voluntary Carbon Markets 2015, para el mercado de los OTC (The average credit Price on the OTC). Con este valor y a través de la ecuación de valor económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono del suelo, se determina un valor por hectárea para el impacto que asciende a US\$ 1.917/ha o \$ 4.916.703 utilizando una tasa representativa del mercado (TRM) promedio de \$2.500/US\$.

Lo anterior representa un valor total del impacto equivalente a US\$ 8.919.513 considerando las 4.535,31 ha a intervenir. Lo que es igual \$22.298.782.552 bajo la TRM asumida, tal y como lo muestra la Tabla 1.8. El análisis costo beneficio ambiental presenta el resultado del impacto considerando el valor presente neto de las medidas en la etapa de construcción y la tasa de descuento planteada para Colombia por el DNP en 2014 y vigente para el 2015

Tabla 1.8 Valor económico del impacto Modificación de la calidad del suelo

Unidad cartográfica	Carbono almacenado (Ton)	CO ₂ transferido (Ton)	Valor del CO ₂ transferido US\$ (3,8 US/Ton)	Valor del CO ₂ transferido \$ (1 US= \$2.500)
Asociación Concordia	79.725	292.324	1.110.829	2.777.073.611
Asociación El Cinco	16.502	60.506	229.924	574.810.214
Asociación Santa Bárbara	13.275	48.675	184.965	462.412.881
Asociación Ituango	172.690	633.197	2.406.147	6.015.367.407
Asociación Margarita	1.660	6.086	23.129	57.821.547
Asociación Raudal	184.371	676.026	2.568.898	6.422.244.172
Asociación Tuntuná	323	1.186	4.505	11.262.792
Complejo Tarazá	39.091	143.334	544.668	1.361.670.470
Consociación Calderas	132.520	485.907	1.846.448	4.616.119.458
Total	640.156	2.347.240	8.919.513	22.298.782.552

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015

1.2.6.1.3 Cambios en la calidad de las aguas del embalse

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se define el impacto así:

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

La construcción de una presa sobre una corriente de agua, que origina la formación de un embalse, produce cambios en la calidad del agua del río. En el embalse comienzan a darse procesos de descomposición de la materia orgánica disponible en las aguas del río Cauca, que por las condiciones de velocidad y profundidad, modificarán la calidad de las aguas del mismo.

La calidad del agua el embalse no se valora dentro de este ejercicio, teniendo en cuenta que en la actualidad se están realizando los estudios para definir los usos del embalse y considerando que de acuerdo con la calidad del agua actual del río Cauca, se presentan incertidumbre en cuanto al multiuso que se pueda generar en éste.

1.2.6.2 Valoración de los impactos del medio biótico

1.2.6.2.1 Cambio en la cobertura vegetal

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se define el impacto cambio en la cobertura vegetal así:

Por la ejecución de obras principales y el llenado del embalse se intervendrán las coberturas vegetales del Área de Influencia Directa del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, las coberturas más afectadas son los bosques secundarios, los rastrojos altos y una pequeña área de robledal.

Con este impacto se generará cambios en la estructura y composición de las coberturas vegetales, habrá disminución en el tamaño de los parches y se alterarán las poblaciones de las especies vegetales.

De otro lado los servicios ambientales que presenta estas coberturas vegetales en la región se verán afectados: se alterará la dinámica de los drenajes, algunos de cuales sirven como fuentes abastecedoras de agua, habrá erosión y pérdida de los suelos y se perderán áreas que funcionan como sumideros de CO₂.

A. Metodología de valoración

Dado que actualmente se reconoce que el incremento en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera influye en el cambio climático, la liberación de éste, como consecuencia de la eliminación de cobertura vegetal, es considerado un costo ambiental global (Conservation Strategy Fund, 2007), razón por la cual, la valoración económica toma sentido. Esta metodología ha sido empleada para valoraciones económicas en estudios de impacto ambiental tanto por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala (1999) como por Conservation Strategy Fund (2006, 2007).

Dicho proceso de valoración económica, se desarrolla a través de un método basado en precios de mercado, derivado del *cambio en la productividad*, el cual utiliza como elemento, la capacidad de secuestro de carbono de la cobertura y del suelo del área puntual de intervención y con ello la reducción en el dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera. Esta metodología ha sido empleada en valoraciones

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

económicas realizadas para diferentes ecosistemas de Centro y Suramérica tal y como lo referencian el Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala (1999), Adger *et al.* (1994), Conservation Strategy Fund (2006, 2007), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (2000), la Unión Europea, *et al.* (SF) y Bezaury-Creel (2009).

El desarrollo del método, requiere establecer la capacidad de carbono almacenado y posteriormente la transferencia potencial de dióxido de carbono a la atmósfera. Para su cálculo, se requiere información sobre biomasa, capacidad de secuestro de carbono y el precio reportado en el mercado del carbono.

Los valores de biomasa fueron tomados de la caracterización para los ecosistemas terrestres en el área de influencia directa del Proyecto para las coberturas con aprovechamiento forestal y complementados con valores reportados en la literatura para una zona de vida similar para las demás coberturas vegetales registradas. en el área de influencia del Proyecto.

Para las coberturas bosque roble, bosque secundario, plantación forestal, rastrojo alto y la fracción arbórea de la cobertura pastos arbolados, se utiliza un factor de expansión de biomasa (FEB), esto es, un factor de multiplicación que aumenta la madera en pie o el volumen comercial, el cual considera como componentes de biomasa no medidos, las ramas, follajes y árboles no comerciales (IPCC, 2003), citado por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1998), Andrade, Ibrahim (2003) y CATIE (2008).

La Ecuación 1.6 presenta el FEB utilizado en este análisis, definido por Brown (1997), citado por La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (1998), Andrade, Ibrahim (2003) y Catie (2008).

$$FEB = \exp^{3.213 - 0.506 * \ln(B)}$$

Ecuación 1.6 Factor de Expansión de la biomasa

Fuente: Brown (1997)

Donde:

FEB: Factor de expansión de la biomasa

B: biomasa

Por su parte, los valores de biomasa reportados, tienen su equivalencia en carbono. Si bien estudios como los de Orrego *et al.*, (2003) presentan cifras porcentuales que oscilan entre el 44,75% y el 51,2% de carbono contenido en la biomasa, según el tipo de cobertura para diferentes regiones de Antioquia, no existen estimaciones específicas para la zona de estudio del proyecto; razón por la cual, el análisis utiliza como proporción del carbono contenido en la biomasa una cifra equivalente al 50%, cifra porcentual comúnmente utilizada para el cálculo del carbono y aceptada por *Intergovernmental Panel on Climate Change –IPCC-* como una regla práctica cuando

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

no existen datos locales, citado por Orrego y del Valle (2003). Este mismo porcentaje fue utilizado en las estimaciones el Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala (1999), Conservation Strategy Fund (2006, 2007) y CONAP (1999). En este sentido, el cálculo del carbono almacenado en la biomasa por tipo de cobertura vegetal está dado por la Ecuación 1.7.

$$C_i = AT_i * CC_i$$

Ecuación 1.7 Carbono almacenado

Fuente: Orrego y del Valle (2003)

Donde:

C_i : Carbono estimado almacenado en la biomasa por tipo de cobertura ($i:1,2...14$). Los 14 tipos de coberturas vegetales en el área que comprende el Proyecto Hidroeléctrico Ituango son: bosque roble, bosque secundario, cultivos, cultivos de café, pasto manejado, pastos arbolados, pastos enmalezados, pastos naturales, plantación foresta, rastrojo alto, rastrojo bajo, construcciones, cuerpo de agua y suelo desnudo.

AT_i : Área total cubierta por cada tipo de cobertura vegetal en hectáreas

CC_i : Carbono contenido en la biomasa medido en toneladas/hectáreas

Así mismo y debido a la ausencia de ecuaciones específicas para la transferencia evitada de dióxido de carbono a la atmósfera, o dióxido de carbono fijado en la zona de estudio, se utiliza la expresión dada por la Ecuación 1.8, reportada por los estudios del Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala (1999), Conservation Strategy Fund (2006, 2007) y CONAP (1999).

$$DC_t = \sum_{i=1}^6 C_i * PM$$

Ecuación 1.8 Dióxido de carbono transferido a la atmósfera

Fuente: Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala (1999), Conservation Strategy Fund (2006, 2007) y CONAP (1999)

Donde:

DC_t : Dióxido de carbono transferido a la atmósfera, medido en toneladas de CO_2 para las 14 coberturas vegetales presentes en el área puntual de intervención.

PM : Proporción molecular para pasar de carbono (C) a dióxido de carbono (CO_2). Este factor corresponde a $(44/12)^4$, según CONAP (1999) y el Ministerio de Agricultura Alimentación y Medio Ambiente (2015, [en línea]).

Finalmente, a través de la Ecuación 1.9 se calcula el valor económico del dióxido de carbono transferido a la atmósfera por la cobertura vegetal.

⁴Factor de conversión cuyo numerador corresponde al peso molecular del CO_2 y el denominador al peso atómico del C.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

$$VEIC = DC_t * P_c$$

Ecuación 1.9 Valor Económico de la pérdida potencial de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono de la cobertura vegetal

Fuente: Conservation Strategy Fund (2006, 2007) y CONAP (1999)

Donde:

VEIC: Valor Económico indirecto de la pérdida de la capacidad de almacenamiento y fijación de carbono de la cobertura vegetal o valor económico del impacto

DC_t: Dióxido de carbono transferido, medido en toneladas de CO₂

PC: Precio en el mercado del carbono, dado por US\$/tonCO₂

B. Resultado de la valoración

Este impacto se refiere a la eliminación de las coberturas vegetales existentes en las zonas asociadas al Proyecto Hidroeléctrico Ituango como consecuencia de la remoción de vegetación y descapote, lo cual implica la afectación de los atributos ecológicos de la cobertura vegetal, tales como la pérdida o disminución de la diversidad florística y cambios en las características de las comunidades como número y abundancia de especies y taxones indicadores

Teniendo en cuenta el proceso metodológico planteado, y su valoración a partir del cambio en la productividad, más específicamente enfocado en la pérdida de la capacidad de secuestro de carbono de la cobertura, se estima el carbono almacenado en la biomasa por tipo de cobertura vegetal, así como el dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera una vez se lleve a cabo la remoción de la misma, medido en toneladas de CO₂.

Para establecer la capacidad de carbono almacenado se requiere información sobre la biomasa de la cobertura vegetal, dichos valores para las coberturas bosque secundario, rastrojo alto y bosque roble, son tomados de la caracterización de línea base⁵ para los ecosistemas terrestres en el área de influencia del Proyecto, en cada una de las zonas de vida. Para las demás coberturas los valores de biomasa fueron tomados de los *valores por defecto empleados para la estimación tipo tier 1 para Colombia* reportados por el IDEAM⁶. La cobertura pastos arbolados, según la clasificación de Corine Land Cover, adaptada para Colombia por el IDEAM (2010), presenta un 70% de pastos y un 30% de árboles. Así, la biomasa para esta cobertura fue determinada a partir del valor de biomasa para rastrojo alto, considerando un porcentaje de 30% de individuos arbóreos y el valor de biomasa para pastos manejados, considerando un porcentaje del 70%.

⁵ Información tomada del documento: Estudio de impacto ambiental Proyecto Hidroeléctrico Ituango. Actualización 2011.

⁶ http://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Bosques/Tablas/24052011_Tabla10_carbono_Tier1_Col.pdf

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

En este sentido, la Tabla 1.9, muestra para cada tipo de cobertura vegetal a remover la estimación del carbono total almacenado, partiendo de los datos relativos a biomasa y de una estimación del carbono contenido en la biomasa igual al 50% de la misma, tal y como lo referencian el Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala (1999), Conservation Strategy Fund (2007) y CONAP (1999) para diferentes coberturas.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Tabla 1.9 Carbono almacenado, dióxido de carbono transferido a la atmósfera por tipo de cobertura vegetal a remover

Cobertura vegetal	Área (ha)		Biomasa sin FEB (ton/ha)		Factor de expansión de la Biomasa (FEB)		Biomasa total (Ton/ha)		Carbono (ton/ha)		Carbono almacenado por zona de vida (Ton C)		Carbono Almacenado (Ton C)	Dióxido de carbono fijado (Ton CO ₂)
	bh-T	bs-T	bh-T	bs-T	bh-T	bs-T	bh-T	bs-T	bh-T	bs-T	bh-T	bs-T		
Bosque roble	0,71	0,00	211,19	0,00	1,66	0,00	212,85	0,00	106,42	0,00	75,18	0,00	75,18	275,67
Bosque secundario	603,22	469,74	211,19	217,71	1,66	1,63	212,85	219,34	106,42	108,86	64.196,66	51.133,94	115.330,60	422.878,87
Cultivos	17,53	0,19	6,85	6,85	0,00	0,00	6,85	6,85	3,43	3,43	60,03	0,65	60,67	222,47
Cultivos de café	0,07	0,00	6,85	0,00	0,00	0,00	6,85	0,00	3,43	0,00	0,23	0,00	0,23	0,84
Pasto manejado	25,89	0,00	2,20	0,00	0,00	0,00	2,20	0,00	1,10	0,00	28,48	0,00	28,48	104,43
Pastos arbolados	32,51	0,00	64,90	0,00	3,06	0,00	67,96	0,00	33,98	0,00	1.104,76	0,00	1.104,76	4.050,80
Pastos enmalezados	101,54	33,41	5,50	5,50	0,00	0,00	5,50	5,50	2,75	2,75	279,24	91,87	371,11	1.360,75
Pastos naturales	361,72	371,91	4,41	4,41	0,00	0,00	4,41	4,41	2,21	2,21	797,59	820,07	1.617,66	5.931,41
Plantación forestal	0,28	0,00	221,99	0,00	1,62	0,00	223,61	0,00	111,81	0,00	31,11	0,00	31,11	114,08
Rastrojo alto	1.014,93	1.102,98	101,20	115,16	0,00	0,00	101,20	115,16	50,60	57,58	51.355,51	63.509,40	114.864,91	421.171,32
Rastrojo bajo	140,12	558,77	42,05	42,05	0,00	0,00	42,05	42,05	21,03	21,03	2.945,99	11.748,16	14.694,15	53.878,57
Total general	2.298,52	2.537,00									120.874,79	127.304,09	248.178,88	909.989,21

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Esto indica que las 4.835,52 ha de coberturas vegetales presentes en el área de intervención del proyecto, almacenan 248.178,88 toneladas de carbono y haciendo uso de la ecuación de dióxido de carbono transferido a la atmósfera, se estiman 909.989,21 toneladas de dióxido de carbono potencialmente transferido a la atmósfera por efecto de la remoción.

Dichas toneladas son valoradas teniendo en cuenta el precio promedio del 2014 reportado por el mercado del carbono, el cual corresponde a US\$3,80/ton CO₂, según lo presenta Ecosystem Market place y Forest Trends en el informe State of the Voluntary Carbon Markets 2015, para el mercado de los OTC (The average credit Price on the OTC). Por tanto, el valor económico del impacto asciende a US\$715,56/ha, esto es, un valor total del impacto de US\$3.457.959, que utilizando una tasa representativa del mercado promedio (TRM) de \$2.500/US\$, representan \$8.644.897.495.

Tabla 1.10 Valor económico del impacto modificación de la cobertura vegetal

Cobertura	Carbono Almacenado (Ton C)	Dióxido de carbono fijado (Ton CO ₂)	Valor del CO ₂ US\$/Ton CO ₂	Valor del CO ₂ \$/Ton CO ₂
Bosque roble	75,18	275,67	1.048	2.618.865
Bosque secundario	115.330,60	422.878,87	1.606.940	4.017.349.265
Cultivos	60,67	222,47	845	2.113.465
Cultivos de café	0,23	0,84	3	7.980
Pasto manejado	28,48	104,43	397	992.085
Pastos arbolados	1.104,76	4.050,80	15.393	38.482.600
Pastos enmalezados	371,11	1.360,75	5.171	12.927.125
Pastos naturales	1.617,66	5.931,41	22.539	56.348.395
Plantación forestal	31,11	114,08	434	1.083.760
Rastrojo alto	114.864,91	421.171,32	1.600.451	4.001.127.540
Rastrojo bajo	14.694,15	53.878,57	204.739	511.846.415
Total general	248.178,88	909.989,21	3.457.959	8.644.897.495

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015

1.2.6.2.2 Transformación de ambientes lóticos a lénticos; Cambio en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces en la cuenca del río Cauca y Cambios en la estructura del biotopo y en las comunidades bénticas

La evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) define los impactos así:

Transformación de ambientes lóticos a lénticos:

La construcción del embalse, implica un cambio en el último tramo de las corrientes y del río Cauca, al pasar de un ecosistema lótico a uno léntico. Esto significa una modificación en el régimen de las corrientes y de las condiciones ecológicas generales y por lo tanto, un cambio en la composición cualitativa y cuantitativa de las comunidades bénticas e ícticas asociadas.

Cambio en la abundancia de las especies que conforman la comunidad de peces en la cuenca del río Cauca:

Algunos individuos quedarán atrapados en pozas residuales, en la zona donde se levantará la presa luego de la desviación del río hacia los túneles, lo que causará su muerte.

Individuos de las especies migratorias como el bocachico (*Prochilodus magdalenae*), la dorada (*Brycon moorei*), la picuda (*Salminus affinis*), el bagre tigre o rayado (*Pseudoplatystoma magdaleniatum*), que aún pueden subir por el río Cauca, y que serían los responsables de la similitud genética existente entre las poblaciones de los tres sectores de la cuenca, que son diferentes fenotípicamente, se aglomerarán a la salida de los túneles durante las temporadas de subienda y mitaca.

La pérdida de conexión en el eje longitudinal de la cuenca debido a la construcción de la presa elimina, por un lado, la posibilidad de ingreso de nuevos individuos de especies migratorias que vienen desde la cuenca baja a las asociaciones de especies que se encuentran en las cuencas alta y media y, por otro, reduce el reclutamiento de la prole proveniente de desoves que estas especies realizan en la cuenca alta y media, dado que el embalse no presentará condiciones apropiadas para su crianza.

El estudio Ictiológico, indicó que las migraciones se presentan por sectores: la población presente en el Bajo Cauca no pasa los límites del corregimiento de Puerto Valdivia.

En el sector Medio, se interrumpe la migración en el municipio de Santa Fé de Antioquia y se da río arriba hasta La Virginia y en el sector alto se observan tres subnúcleos migratorios.

La fragmentación del continuo llevará a la ruptura del flujo genético, que parece existir actualmente en las poblaciones de especies migratorias. La presa impedirá el paso de individuos desovantes hacia la cuenca media y alta, lo que evitará la mezcla de parentales de diferentes áreas de la cuenca.

Cambios en la estructura del biotopo y en las comunidades bénticas:

Los movimientos de tierra, la remoción de vegetación y la construcción de obras generan residuos vegetales y de suelo que pueden llegar a las corrientes de agua. Estos factores, unidos a los vertimientos de aguas residuales pueden deteriorar, aún más, las precarias condiciones actuales de calidad fisicoquímica de las corrientes y ocasionar cambios en la distribución temporal y espacial de las comunidades acuáticas.

En todos los casos, los cambios en la estructura del sustrato, ya sea por aumento o por disminución de la sedimentación, ocasionarán cambios en la granulometría de fondo y por lo tanto, modificarán la composición de las comunidades de bentos.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Otro cambio previsible es la posible fragmentación de las asociaciones entre las comunidades bénticas, por cuanto la presa interrumpirá o disminuirá severamente el aporte de organismos por deriva desde la parte alta del río.

Adicionalmente, el llenado del embalse implica una fuerte disminución de caudal en el lecho del río Cauca y la desecación temporal de las orillas, lo cual producirá la muerte de organismos bentónicos en estas franjas.

Ahora bien, en general, los impactos identificados y descritos para el año 2011, corresponden a la información que se tiene sobre el comportamiento de los ecosistemas acuáticos y las comunidades hidrobiológicas ante de la diferentes actividades del Proyecto Hidroeléctrico. Así mismo, las medidas de prevención, mitigación, corrección y compensación para cada uno de ellos, se ajustan a los requerimientos para la atención de cada impacto. Por lo tanto, la no inclusión de estos impactos dentro de la valoración económica obedece a que se espera que con los planes de manejo propuestos se minimicen dichos impactos; adicionalmente se realizarán estudios que permitan identificar eventualmente la magnitud de los perjuicios derivados de la afectación de los ecosistemas acuáticos, así como de sus efectos, no solo sobre la diversidad de especies sino también sobre las actividades económicas que dependen de ellos. Con base en lo anterior, estos impactos no serán objeto de valoración.

1.2.6.3 Valoración económica de los impactos del medio social

1.2.6.3.1 Metodología de valoración

La valoración económica de los impactos del medio social se abordará a través de metodologías de precios de mercado.

El impacto asociado al desplazamiento involuntario de la población: Centros poblados de Oroabajo y Barbacoas, corredores viales (San Andrés de Cuerquia – El Valle, Puerto Valdivia Presa) y viviendas dispersas, se presenta por la adquisición de predios localizados dentro de las áreas requeridas por el proyecto, e involucra las familias que se encuentran a lo largo del área de influencia directa puntual del proyecto. Para su monetización se sigue la metodología planteada por Conservation Strategy Fund (2007), la cual considera como instrumento de valoración el valor de los gastos incurridos por hogar ante un futuro desplazamiento, específicamente los gastos de alquiler de vivienda. Para ello se tienen en cuenta el número total de bienes muebles afectados, reportados en los estudios previos del Proyecto Hidroeléctrico Ituango y el valor de mercado de la propiedad en alquiler en el área de influencia del proyecto.

Ligado a lo anterior, está el impacto cambio en la tenencia de la tierra que se da como consecuencia de la adquisición de predios, mejoras y constitución de servidumbres. Para su monetización se tendrá en cuenta el valor de las hectáreas a adquirir por municipio y el valor de mercado que cada hectárea en promedio tiene.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Por su parte, el impacto sobre las actividades productivas, considera el cambio de actividad económica de la población, debido a que el predio en el cual se desarrolla la actividad será adquirido para fines operativos del proyecto; asimismo, las personas que desarrollan la actividad minera aluvial sobre el río Cauca, en los tramos que comprende en área de influencia directa del Proyecto. Para monetizar dicho impacto, se utilizó como instrumento de valoración el valor perdido de la producción agropecuaria actual en cada una de las zonas intervenidas por el proyecto, así como el valor perdido de la producción promedio de reales para quienes desarrollan la minería.

Para ello, se considera el número de hectáreas en producción a afectar, reportadas en los estudios previos del Proyecto, el volumen de producción y rendimiento de la misma reportado por el censo socioeconómico elaborado por el Consorcio Generación Ituango entre el 2008-2010 y el precio de mercado de cada producto a intervenir. Por su parte, para la población minera se tendrá en cuenta la producción anual en reales y el promedio de venta reportado en las fichas económicas aplicadas durante los estudios previos. A través de dicha valoración se estima el cambio en el ingreso promedio de la población, como medida del cambio en su bienestar.

La modificación en las finanzas municipales y de las autoridades ambientales, como impacto positivo, se aborda a partir del valor de las transferencias a generar durante la operación del Proyecto. Finalmente, la generación de empleo e incremento de los ingresos de la población, también considerado impacto positivo, se aborda a través de los precios de mercado, basados en el valor de la mano de obra a contratar por el proyecto en sus diferentes etapas.

A. Resultados de la valoración

A continuación se presenta para cada uno de los impactos sociales objeto de la valoración, la monetización de los mismos, teniendo en cuenta la cuantificación física anteriormente definida

1) Modificación de las finanzas de los municipios y las autoridades ambientales

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se define este impacto así:

En términos generales, con la construcción del Proyecto Hidroeléctrico Ituango se presenta un impacto positivo en el mejoramiento de las finanzas municipales y de la Autoridad Ambiental, determinado por el ingreso de fondos adicionales al presupuesto de los municipios y de las Corporaciones Autónomas Regionales con jurisdicción en el área donde se encuentra localizada la cuenca hidrográfica y el embalse, resultado de las transferencias y pagos de impuestos y compensaciones que debe hacer el propietario del proyecto, de acuerdo con lo establecido en la Ley 56 de 1981 y la Ley 99 de 1993.

Esto será pagado a las Corporaciones Autónomas Regionales con jurisdicción en el embalse (3%), a los municipios con jurisdicción en el embalse (1,5%) y a los municipios

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

con jurisdicción en la cuenca hidrográfica (1,5%). Se precisa que cada año de operación los valores de transferencias cambiarían dependiendo de la energía real generada por el Proyecto.

Con base en los modelos energéticos y económicos desarrollados durante el estudio de complementación de la factibilidad técnica, económica y ambiental del Proyecto, las transferencias anuales, con todas las unidades en funcionamiento se presentan en la Tabla 1.11. Así mismo se consideran los impuestos de industria y comercio, la Stampilla U de A y la cuota de auditaje, que se pagan durante la etapa de operación, mientras que el impuesto predial y el impuesto de renta considerado para las etapas de construcción y operación.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Tabla 1.11 Impuestos y transferencias generadas por el Proyecto Hidroeléctrico Ituango (COP\$MM)

Año	Ley 99			Impuesto Industria y Comercio (Ley 56-81)		Impuesto Predial (Ley 56-81)		Estampilla U de A		Costo Cuota de Auditaje CGM		Impuesto de renta		
	Municipios de la cuenca hidrográfica	Municipios Cuenca embalse	Corporaciones	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Impuesto de Renta (Corriente)	Impuesto de Renta Diferido (Ordinaria + CREE)	Impuesto de Renta CREE (Corriente)
2011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	701	-	-
2012	-	-	-	-	-	1.446	-	-	-	-	-	8.693	-	-
2013	-	-	-	-	-	853	-	-	-	-	-	(85.624)	(2.247)	-
2014	-	-	-	-	-	91	-	-	-	-	-	(171.483)	(972)	-
2015	-	-	-	-	-	320	-	-	-	-	-	(172.199)	328	-
2016	-	-	-	-	-	320	-	-	-	-	-	(176.029)	1.444	-
2017	-	-	-	-	-	320	-	-	-	-	-	(146.699)	2.543	-
2018	206	206	413	-	150	320	484	-	162	-	100	(209.822)	(33.335)	76.196
2019	7.658	7.658	15.317	-	617	-	490	-	267	-	3.684	(47.126)	5.026	79.552
2020	9.650	9.650	19.301	-	637	-	505	-	275	-	4.619	34.095	18.695	80.823
2021	10.402	10.402	20.803	-	820	-	520	-	358	-	5.395	90.047	32.696	82.092
2022	15.387	15.387	30.774	-	1.353	-	537	-	475	-	8.277	254.797	84.478	82.974
2023	16.345	16.345	32.689	-	1.395	-	553	-	758	-	8.857	327.935	105.012	83.005
2024	16.851	16.851	33.702	-	1.439	-	570	-	786	-	9.366	391.511	125.346	83.037
2025	17.374	17.374	34.747	-	1.483	-	588	-	810	-	9.786	435.915	139.557	83.070
2026	17.912	17.912	35.824	-	1.529	-	606	-	835	-	10.230	483.655	154.837	83.105
2027	19.011	19.011	38.021	-	1.577	-	625	-	861	-	10.930	543.686	174.049	83.141
2028	19.600	19.600	39.200	-	1.625	-	644	-	888	-	11.432	628.169	201.014	45.362
2029	19.630	19.630	39.260	-	1.676	-	664	-	915	-	11.631	675.283	216.090	41.982
2030	20.834	20.834	41.668	-	1.728	-	685	-	944	-	12.324	738.925	236.479	40.870
2031	21.480	21.480	42.960	-	1.781	-	706	-	973	-	12.682	792.634	253.643	39.844
2032	22.146	22.146	44.291	-	1.837	-	728	-	1.003	-	13.059	850.279	272.101	39.373

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Año	Ley 99			Impuesto Industria y Comercio (Ley 56-81)		Impuesto Predial (Ley 56-81)		Estampilla U de A		Costo Cuota de Auditaje CGM		Impuesto de renta		
	Municipios de la cuenca hidrográfica	Municipios Cuenca embalse	Corporaciones	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Impuesto de Renta (Corriente)	Impuesto de Renta Diferido (Ordinaria + CREE)	Impuesto de Renta CREE (Corriente)
2033	22.832	22.832	45.664	-	1.894	-	751	-	1.034	-	13.409	908.773	290.924	39.312
2034	23.540	23.540	47.080	-	1.952	-	774	-	1.066	-	13.824	972.273	311.127	39.248
2035	24.270	24.270	48.539	-	2.013	-	798	-	1.099	-	14.253	1.038.702	332.385	39.181
2036	25.022	25.022	50.044	-	2.075	-	823	-	1.133	-	14.695	1.108.505	354.722	39.112
2037	25.798	25.798	51.596	-	2.139	-	848	-	1.168	-	15.150	1.181.874	378.200	39.040
2038	26.598	26.598	53.195	-	2.206	-	874	-	1.205	-	15.620	1.345.772	430.647	(56.701)
2039	27.422	27.422	54.844	-	2.274	-	902	-	1.242	-	16.104	1.429.320	457.383	(58.392)
2040	28.272	28.272	56.544	-	2.345	-	929	-	1.280	-	16.603	1.512.684	484.059	(59.289)
2041	29.149	29.149	58.297	-	2.417	-	958	-	1.320	-	17.118	1.601.152	512.369	(60.311)
2042	30.052	30.052	60.104	-	2.492	-	988	-	1.361	-	17.649	1.693.957	542.066	(61.445)
2043	30.984	30.984	61.968	-	2.570	-	1.019	-	1.403	-	18.196	1.790.269	572.886	(61.414)
2044	31.944	31.944	63.889	-	2.649	-	1.050	-	1.447	-	18.760	1.891.386	605.244	(61.382)
2045	32.935	32.935	65.869	-	2.731	-	1.083	-	1.492	-	19.342	1.997.570	639.223	(61.349)
2046	33.956	33.956	67.911	-	2.816	-	1.116	-	1.538	-	19.941	2.109.047	674.895	(61.314)
2047	35.008	35.008	70.016	-	2.903	-	1.151	-	1.585	-	20.559	2.226.064	712.340	(61.278)
2048	36.093	36.093	72.187	-	2.993	-	1.187	-	1.635	-	21.197	2.348.880	751.642	(61.243)
2049	37.212	37.212	74.425	-	3.086	-	1.223	-	1.685	-	21.854	2.477.768	792.886	(61.146)
2050	38.366	38.366	76.732	-	3.182	-	1.261	-	1.738	-	22.531	2.613.009	836.163	(61.101)
2051	39.555	39.555	79.110	-	3.280	-	1.300	-	1.791	-	23.230	2.754.901	881.568	(61.055)
2052	40.781	40.781	81.563	-	3.382	-	1.341	-	1.847	-	23.950	2.903.754	929.201	(60.966)
2053	42.046	42.046	84.091	-	3.487	-	1.382	-	1.904	-	24.692	3.059.890	979.165	(60.966)
2054	43.349	43.349	86.698	-	3.595	-	1.425	-	1.963	-	25.458	3.223.647	1.031.567	(60.966)
2055	44.693	44.693	89.386	-	3.707	-	1.469	-	2.024	-	26.247	3.395.379	1.086.521	(60.966)

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Año	Ley 99			Impuesto Industria y Comercio (Ley 56-81)		Impuesto Predial (Ley 56-81)		Estampilla U de A		Costo Cuota de Auditaje CGM		Impuesto de renta		
	Municipios de la cuenca hidrográfica	Municipios Cuenca embalse	Corporaciones	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Construcción	Operación	Impuesto de Renta (Corriente)	Impuesto de Renta Diferido (Ordinaria + CREE)	Impuesto de Renta CREE (Corriente)
2056	46.078	46.078	92.157	-	3.821	-	1.515	-	2.087	-	27.061	3.575.456	1.144.146	(60.966)
2057	47.507	47.507	95.014	-	3.940	-	1.562	-	2.152	-	27.900	3.764.262	1.204.564	(60.966)
2058	48.980	48.980	97.959	-	4.062	-	1.610	-	2.218	-	28.764	3.962.202	1.267.905	(3.677)
2059	50.498	50.498	100.996	-	4.188	-	1.660	-	2.287	-	29.656	4.169.695	1.334.302	(2.060)
2060	52.063	52.063	104.127	-	4.318	-	1.712	-	2.358	-	30.575	4.387.182	1.403.898	(1.367)
2061	53.677	53.677	107.355	-	4.452	-	1.765	-	2.431	-	31.523	4.615.123	1.476.839	-
Total	1.283.164	1.283.164	2.566.329	-	106.619	3.669	43.383	-	57.802	-	748.234	75.305.841	24.405.621	0

Fuente: Consorcio Generación Ituango 2015

(*) El impuesto predial a partir de 2020, se calcula a partir de impuesto del año anterior y se indexa con el IPC proyectado de 3,1%

(**) No se incluye en el informe el impuesto al patrimonio ni el GMF

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

De acuerdo a lo anterior, el valor de las transferencias (COP\$MM) 5.132.657 y por concepto de los demás rubros que se ilustran en la Tabla 1.11 el valor asciende a (COP\$MM) 100.671.169. Por lo tanto el valor, el valor económico del impacto modificación de las finanzas municipales y las autoridades ambientales es de \$105.803.826.000.000.

- 2) Desplazamiento involuntario de población: Centros poblados de Orobajo y Barbacoas, corredores viales (San Andrés de Cuerquia - El Valle, Puerto Valdivia Presa) y viviendas dispersas

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se define este impacto así:

Con la actividad de adquisición de los predios se generará el desplazamiento involuntario de la población de los centros poblados de Orobajo del municipio de Sabanalarga y Barbacoas del municipio de Peque, localizados dentro del vaso de embalse, al igual que la población que habita a lo largo de los corredores de acceso a obras principales San Andrés de Cuerquia- corregimiento del Valle y Puerto Valdivia, - presa, cuyas viviendas resultarán comprometidas en diverso grado con la construcción de la vía con sus variantes, así como de las familias que habitan viviendas ubicadas a lo largo del futuro embalse.

Para su valoración se utiliza la metodología de gastos actuales y potenciales, en particular el método de costo de sustitución, y como instrumento de valoración el costo incurrido en el establecimiento de la vivienda de la población a desplazar. Tal y como lo plantea Conservation Strategy Fund (2007) este costo representa únicamente un cálculo para efectos de la valoración económica y no es equivalente a la compensación necesaria por traslado, ya que no incluye otras pérdidas distintas al valor de la vivienda, como los salarios dejados de percibir por la población que tiene actividades económicas que no dependen directamente de la tierra que será afectada, así como el costo de disposición de otros recursos como agua, tierra, madera, leña, etc. No obstante, el costo correspondiente a la pérdida de la actividad productiva que debe ser incluido dentro de los costos del traslado, fue valorado con la monetización del impacto cambio en las actividades productivas.

El valor de gastos no incurridos por hogar se calculó con base en los gastos de alquiler que un hogar promedio tendría que pagar en caso que fuera trasladado; para ello se tomó como base la información de hogares reportados en la Actualización del Estudios Ambiental realizado por el Consorcio Generación Ituango (2011), así como la información de costo promedio de alquiler \$250.000.

Tabla 1.12 Viviendas a restituir por el Proyecto

Comunidad/municipio	Número de viviendas
Orobajo (Sabanalarga)	25
Barbacoas (Peque)	32
Viviendas dispersas	30

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Comunidad/municipio		Número de viviendas
Vías (San Andrés de Cuerquia, Toledo, Ituango y Valdivia)	San Andrés – El Valle	61
	Puerto Valdivia - Presa	34
Total		182

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015, con información de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental – 2011

Por su parte, la línea base desarrollada para la presión migratoria, en el marco del Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico Ituango, evidenció que en promedio una vivienda ubicada en los corregimientos y cabeceras del área de influencia del proyecto tiene un área de 60 m² y su valor de alquiler mensual asciende a \$250.000, lo cual refleja un costo promedio de \$4.167/m²/mes. Por tanto, teniendo en cuenta la afectación sobre 182 inmuebles, se establece un valor del impacto equivalente a \$45.500.000/mes, lo que representa un valor anual de \$546.000.000. El análisis costo beneficio presenta el resultado del impacto considerando la tasa de descuento planteada por el DNP para Colombia en 2014 y vigente para el 2015.

3) Cambios en las actividades económicas

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se define este impacto así:

La población que desarrolla actividades productivas en el sector primario dentro de los predios requeridos por el proyecto para las vías, obras y embalse, verá afectada su actividad económica y se verá obligada a cambiar su vocación productiva, toda vez que su predio será adquirido para fines del proyecto.

Existen además, personas que pese a no tener afectación predial, verán restringida su actividad económica total o parcialmente, tal es el caso de la población que tiene como actividad económica principal la minería aluvial en el río Cauca, específicamente en los municipios que hacen parte del área de influencia del Proyecto, población que suma en total 1.228 mineros artesanales y 172 pequeños mineros (143 pertenecientes a empresas de minería mecanizada y 29 mineros cuenta propia) que debido a la construcción y operación del embalse en sus sitios de trabajo, no podrán continuar ejerciendo dicha actividad.

Para monetizar este impacto, se utilizó el método de precios de mercado, en especial el cambio en la productividad, cuyo instrumento de valoración fue el valor perdido de la producción actual agrícola y pecuaria, en cada una de las zonas intervenidas por el proyecto y con ello el cambio en el ingreso de los productores como medida de la pérdida de bienestar por efecto del proyecto. Cabe anotar que este impacto guarda estrecha relación con el desplazamiento involuntario de la población y por ende con su valor económico.

La monetización del valor perdido de la producción agrícola-pecuaria utilizó la información del Censo socioeconómico realizado por el Consorcio Generación Ituango,

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

así mismo fue considerada información del anuario estadístico del sector agropecuario en el Departamento de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2011).

La información reportada en la Tabla 1.13 evidencia una pérdida anual total equivalente a \$ 83.760.000.

Tabla 1.13 Valor total Producción agrícola

Producto	Hectáreas	Volumen de producción anual	Valor por unidad de medida	Valor total producción anual
Café	8,5	70 cargas	670.000	46.900.000
Caña	17,2	26,5 cargas	90.000	2.385.000
Cacao*	0,5	1 carga	450.000	450.000
Plátano	4,2	7.350 unidades	300	2.205.000
Maíz	8,0	640 cargas	40.000	25.600.000
Frijol	1,0	16 cargas	270.000	4.320.000
Arroz*	0,5	1.000 kilogramos	1.900	1.900.000
Total	39,9			83.760.000

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015, con información de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental – 2011

*Volumen de producción y valor por unidad de medida estimado con base en información del Anuario Estadístico del sector agropecuario en el Departamento de Antioquia, 2011

De manera adicional en las áreas a intervenir, se presenta actividad pecuaria, por tanto, y utilizando la misma metodología de precios de mercado, la Tabla 1.14 muestra la pérdida económica anual referida a las áreas en pastos (potrero/pastizal) que serán ocupadas por el proyecto. Para su cálculo se consideró el costo total de establecimiento y mantenimiento de un potrero reportado por el anuario estadístico del sector agropecuario en el Departamento de Antioquia (Gobernación de Antioquia, 2010), así como la capacidad de carga de una hectárea de pasto establecida con base en la línea base del medio socioeconómico realizada por el Consorcio Generación Ituango para la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011), con el fin de obtener el costo/fojarre/año.

Tabla 1.14 Valor total de la producción pecuaria (pastos) afectada por año

Tipo de pasto	Área afectada por municipio						Costo anual de establecimiento del potrero	Costo anual de sostenimiento del potrero	Costo total anual establecimiento y sostenimiento	Capacidad de carga (animales/ha)	Costo/forraje/año	Valor total de la producción afectada (\$)
	Bricéño	Santa Fe de Antioquia	Buritica	Liborina	Sabanalarga	Total						
Pasto mejorado	5,025	0	25	0	43	73,03	177.600	463.413	641.013	1,5	961.520	70.214.961
Pasto de corte	0,055	0	0	1	0	1,06						1.014.403
Pasto natural	0	40	0	30	15	85,00						81.729.158
Total pasto	5,08	40	25	31	58	159,08						152.958.522

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015, con base en la información de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) y por información del anuario estadístico del sector agropecuario del año 2010.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Por tanto, considerando que el proyecto interviene 159,08 hectáreas en potreros/pastizales, se estima un valor total de la afectación sobre la producción pecuaria que asciende a \$152.958.522 /año.

Teniendo en cuenta la información anterior, y considerando que el instrumento de valoración para este impacto es el valor perdido de la producción actual (agrícola y pecuaria) en las zonas intervenidas por proyecto, se estima como valor económico para el impacto sobre las actividades productivas, un total \$236.718.522 anuales. Este valor corresponde al cambio en el ingreso promedio de la población, cuyos predios son afectados por las obras del proyecto, como medida del cambio en el bienestar.

Ahora bien, las localidades de Orobajo y Barbacoas basan su economía en la minería aluvial, con 60 y 64 personas respectivamente; por su parte, las personas ubicadas en las viviendas dispersas a lo largo del embalse que desarrollan esta actividad son 24. En este sentido, 148 personas que tienen afectación predial reportaron el ejercicio de la minería en el río Cauca. De otro lado, en la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se reportó una producción para 1.228 personas que pese a no tener una afectación predial, verán restringido el ejercicio de la actividad económica de minería artesanal en el río Cauca. La producción de estos dos grupos de población se ilustra en la Tabla 1.15

Tabla 1.15 Producción minera. Barequeros

Grupo de población	Producción anual (Reales)	Valor promedio de real	Valor de la producción anual (\$)
Orobajo	8.770	11.250	98.658.000
Barbacoas	6.044	10.000	60.440.000
Viviendas dispersas	8.814	14.500	127.808.800
Población sin afectación predial -Barequeros	1.507.002	12.978	19.557.866.765
Total	1.530.630		19.844.773.565

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015, con información de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental – 2011

Así mismo, existe un grupo de población que desarrolla la actividad minera a pequeña escala; estas personas utilizan y combinan maquinaria como dragas, mangueras, motobombas y elevadoras para realiza la extracción del oro. En total son 29 personas de los municipios de Buriticá, Ituango, Liborina y Sabanalarga con una producción que se presenta en la Tabla 1.16

Tabla 1.16 Producción minera. Pequeña minería

Municipio	Producción anual (Reales)	Valor promedio de real	Valor de la producción anual (\$)
Buriticá	8.996	13.050	117.397.800
Ituango	66.924	13.354	893.703.096
Liborina	27.612	12.347	340.925.364
Sabanalarga	272.480	11.867	3.233.520.160
Total	376.012		4.585.546.420

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015, con información de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental – 2011

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Finalmente se presenta registro de cinco minas que hacen parte de empresas de pequeña minería que utilizan y combinan maquinaria de mediana tecnología como las retroexcavadoras, motores, clasificadoras, dragas, mangueras y motobombas. Estas empresas agrupan a 143 personas y reportan la producción consignada en la Tabla 1.17

Tabla 1.17 Producción minera. Empresas

Nombre de la mina	Producción anual (Reales)	Valor promedio de real	Valor de la producción anual (\$)
Génova	520.000	15.525	8.073.000.000
Dragas	124.800	14.583	1.819.958.400
Cerros	72.800	15.000	1.092.000.000
Krohomer	239.200	16.100	3.851.120.000
Manantial	499.200	12.500	6.240.000.000
Total	291.200		21.076.078.400

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015, con información de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental – 2011

Finalmente, el valor anual de la producción minera es de \$45.506.398.385, considerando las diferentes técnicas para el ejercicio de la actividad minera en el río Cauca y las 1.548 que dependen de esta.

El valor total del impacto *Cambio en las actividades económicas*, que considera el valor de la producción agrícola, pecuaria y minera, es de \$ 45.743.116.907 al año. El análisis costo beneficio presenta el resultado del impacto considerando la tasa de descuento planteada por el DNP para Colombia en 2014 y vigente para el 2015.

4) Generación de empleo e incremento de los ingresos de la población

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se define este impacto así:

Como consecuencia de la contratación de mano de obra calificada y no calificada y de la contratación de bienes y servicios para el desarrollo de las actividades del Proyecto, se amplían las posibilidades laborales para la población ubicada en el área de influencia del Proyecto lo que conlleva a un incremento en el nivel de sus ingresos y por ende de la región en general, toda vez que la dinámica económica de la región se acelera, ofreciendo estabilidad durante el tiempo de construcción del Proyecto.

Hay otro tipo de empleo que se genera y es el que resulta por la necesidad de cubrir las demandas de bienes y servicios del Proyecto (abastecimiento de víveres, transporte de personal, entre otros), los cuales pueden ser cubiertos con producción que se genera dentro de la misma zona donde se encuentra el Proyecto Hidroeléctrico.

Este impacto considerado positivo, hace referencia a la contratación de mano de obra calificada y no calificada por el Proyecto. Su efecto se evidencia en un incremento de las posibilidades laborales para la población ubicada en el área de influencia indirecta y en otros municipios del departamento de Antioquia; lo anterior conlleva a un mayor nivel de ingresos para la población.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Para su valoración se utilizó el método de precios de mercado y en particular los valores de remuneración de la mano de obra contratada y a contratar por el Proyecto. En este sentido la muestra la mano de obra calificada, semicalificada y no calificada, para cada uno de los años de construcción, siendo esta la única etapa considerada debido a que es en ésta donde se prevé el pico máximo de contratación.

Tabla 1.18 Empleos generados

Año	Calificado	Semicalificado	No Calificado
2011	385	749	370
2012	698	1.924	563
2013	719	3.463	1.295
2014	742	4.061	1.595
2015	662	4.580	2.100
2016	640	4.600	2.200
2017	400	3.900	2.200
2018	350	2.500	1.100
Total Construcción	4.596	25.777	11.423

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015, con base en información del Consorcio Ingetec – Sedic

Ahora bien, para calcular el beneficio de la contratación de mano de obra por parte del proyecto sobre la dinamización de la economía local, se considera la contratación de personal semicalificado/no calificado; la mano de obra calificada se excluye considerando que en su gran mayoría provendrá de otros municipios diferentes al AII.

El salario de la actividad derivado del proyecto considera el promedio del valor de la mano de obra no calificada y semicalificada, más el factor prestacional. Ver Tabla 1.19

Tabla 1.19 Salarios

Año	Mano de obra semicalificada			Mano de obra no calificada		
	# empleos	Salario promedio mensual (\$)	Total por año (\$)	# empleos	Salario promedio mensual (\$)	Total por año (\$)
2011	749	2.062.796	8.540.407.952	370	886.045	3.934.040.589
2012	1.924	2.226.138	51.397.073.659	563	956.266	6.460.532.874
2013	3.463	2.315.629	96.228.267.328	1.295	994.739	15.458.249.443
2014	4.061	2.419.832	117.923.253.922	1.595	1.039.456	19.895.191.910
2015	4.580	2.531.144	139.111.690.248	2.100	1.087.295	27.399.829.526
2016	4.600	2.652.639	146.425.684.792	2.200	1.139.485	30.082.403.312
2017	3.900	2.779.966	130.102.404.105	2.200	1.194.180	31.526.358.671
2018	2.500	2.913.404	87.402.127.886	1.100	1.251.501	16.519.811.943
Total Construcción	25.777		787.130.909.892	11.423		151.276.418.268

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015, con base en información del Consorcio Ingetec – Sedic

Para el cálculo del salario promedio local se tienen en cuenta las remuneraciones derivadas de la minería (barequeros), considerando que es una actividad económica significativa en las veredas y corregimientos del área de influencia directa; así como el promedio de ingresos mensuales de las personas que trabajan en actividades diferentes a ésta en las localidades del AID, reportado en la caracterización socioeconómica.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

En este orden de ideas, para la minería se estima un promedio de ingresos mensuales equivalente a \$ 1.346.687, lo cual resulta de un dividir el total de producción minera entre el número de barequeros identificados durante la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental para el año 2011. Por su parte el promedio de ingresos mensuales para las personas que trabajan en actividades diferentes a la minería en las localidades del AID, reportado en la caracterización a partir de las fichas socioeconómicas aplicadas en este mismo estudio, corresponde a \$ 535.600, esto es, un salario mínimo legal vigente para el año 2011

Considerando lo anterior se tiene un promedio de salario local de \$941.143 y un diferencial salarial equivalente a \$1.170.857 tal y como se presenta en la Tabla 1.20

Tabla 1.20 Diferencial salarial

Remuneración promedio del proyecto para mano de obra Semicalificado/no calificado*	Salario local promedio por barequeo	Salario local promedio para personas que trabajan reportado en la caracterización socioeconómica	Diferencial salarial (Salario actividad del proyecto Vs Salario local)
\$2.112.000	\$1.346.687	\$535.600	\$1.170.857

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015,

*Esta remuneración incluye el factor prestacional y se realizó promedio ponderado entre la mano de obra semicalificada y no calificada.

Ahora bien, teniendo en cuenta que durante todo el periodo de construcción se generarán 25.77 empleos semicalificados y 11.423 no calificados, el beneficio derivado de la contratación de mano de obra asciende a \$43.555.869.458. Es importante anotar que esta valoración consideró el supuesto relativo a la presunción de que los bienes son transados en un mercado perfectamente competitivo, sin fallas de mercado y por tanto representan un precio libre de distorsiones, el cual refleja el real beneficio marginal de la sociedad.

Por otro lado, se presenta en la Tabla 1.21 y Tabla 1.22 lo relacionado con los bienes y servicios que se han adquirido en los diferentes municipios del área de influencia del Proyecto, que, acorde con la descripción del impacto contribuyen con el incremento en el nivel de ingresos de la población. El total corresponde a lo generado desde el inicio de la etapa de construcción hasta junio de 2015; para efectos del análisis costo beneficio se supone una distribución homogénea para cada año, que continúa hasta el último año de la etapa.

Tabla 1.21 Proveedores con más demanda en los municipios del occidente

Prestador_Servicio	Bien_Servicio	Municipio	Valor
Luis Alfonso Giraldo David	Transporte Mular	Peque	113.519.051,00
Enoilia Graciano David	Arrendamiento Oficina	Peque	7.734.792,00
Girleza Valderrama - Restaurante Las 3k	Alojamiento y Alimentación	Peque	3.566.500,00
Carlos Mario Chanci Sucerquia	Transporte Mular	Sabanalarga	130.212.000,00
Juan Fernando Jaramillo	Arrendamiento Of. de Sabanalarga	Sabanalarga	37.128.666,00

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Andres José Taborda Jaramillo	Arrendamiento Vivienda	Sabanalarga	116.240.745,00
Leon Jairo Giraldo Velez	Alimentación E Hidratación	Sabanalarga	41.328.420,00
Jac Vereda Orobajo	Mano de Obra Orobajo	Sabanalarga	45.558.040,00
Finca Hotel San Ángel	Alojamiento y Alimentación	Santa Fe De Antioquia	42.776.571,00
Admón. De Bienes De La Arquidiócesis De Santa Fe De Antioquia.	Arrendamiento Oficina	Santa Fe De Antioquia	6.759.561,00
Horacio Vargas y Cia. S En C	Alimentación (Huevos)	Santa Fe De Antioquia	633.859.900,00
Yei Alexandra Vanegas Robles	Arrendamiento Oficina	Liborina	4.940.740,00
Guido Alberto Correa Pineda - Hostería Miraflores	Hospedaje y Alimentación	Liborina	11.868.750,00
Total			1.195.493.736

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015,

Tabla 1.22 Proveedores con más demanda en los municipios del norte

Prestador_Servicio	Bien_Servicio	Municipio	Valor
Jhon Alexander Echeverry	Construcción de camino veredal , alimentación y transporte mular	Briceño	34.700.851
Cootranscam	Transporte	Briceño	237.789.000
Estación y Cooperativa de Transportadores de Briceño	Combustibles, aceite	Briceño	37.385.981
Luz Enit Londoño Gomez	Alimentación	Briceño	13.821.000
Sanchez Alirio	Alimentación	Briceño	40.221.000
Parias Posso Javier De Jesús	Alimentación	Ituango	606.341.842
Atención Integral Ituango S.A.S	Servicio médico, exámenes médicos, medicamentos	Ituango	168.100.530
Ecoambientamos S.A.S.	Mano obra y suministro de grama	Ituango	1.844.852.602
Sabor Ituango S.A.S	Alimentación y transporte	Ituango	2.529.566.363
Empresas Publicas De San Andres De Cuerquia S.A E.S.P	Acueducto, alcantarillado y disposición de residuos	San Andrés de Cuerquia	153.622.228
Adriana Maria Giraldo Barrientos - Restaurante Mirador Del Parque	Alimentación	San Andrés de Cuerquia	258.761.336
Herrera Quintero Martin De Jesús - Manantiales De Cacahual	Cafetería y restaurante e hidratación	San Andrés de Cuerquia	958.505.569
Penagos Arias Javier De Jesús	Transporte, alojamiento	San Andrés de Cuerquia A	125.551.600
Torres Muñoz Víctor Alfonso	Transporte material	San Andrés de Cuerquia	147.676.304
Asocomunal San Andres De Cuerquia	Alimentación	San Andrés de Cuerquia	258.171.800
Agudelo Bustamante Julieta Maria	Alojamiento, alquiler de lote y alimentación	El Valle	1.119.609.973
Grupo Pescadero S.A.S.	Transporte de materiales, alojamiento y alimentación	El Valle	3.646.058.101
Servitoleo Ltda	Transporte	El Valle	1.356.951.853
Estación De Servicio Los Tahamies S.A.S.	Combustible y lubricantes	El Valle	1.544.816.818
Ferroagro El Campesino	Suministro elementos ferretería	Puerto Valdivia	92.904.914
Transfluvial El Puerto S.A.S.	Transporte fluvial	Puerto Valdivia	180.353.300
Biopetrol	Suministro de combustible, aceite	Valdivia	284.814.165
Carlos Andres Muñoz Muñoz	Servicio de alimentación	Puerto Valdivia	89.859.600
Ramiro Andres Valencia Giraldo	Alquiler de vehículo	Yarumal	79.049.851
Melquiades Antonio Cardeño Builes	Alquiler vehículo	Yarumal	78.844.566
Mario De Jesús Cardeño Valencia	Alquiler de vehículo	Yarumal	63.661.598

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Ferretería y Papelería Servifer	Suministro de materiales, insumos para adecuación de campamentos y papelería	Yarumal	65.724.938
Arnulfo Emilio Mazo Cañas	Transporte de agua	Yarumal	48.000.000
Total			16.065.717.685

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015,

Por lo tanto, el costo anual de la adquisición de bienes y servicios es de \$3.835.824.760

El análisis costo beneficio presenta el valor final del impacto considerando el tiempo de duración de cada etapa del proyecto, la tasa de inflación y la tasa de tasa de descuento planteada por el DNP para Colombia en 2014 y vigente para el 2015.

5) Cambio en la tenencia de la tierra

Los requerimientos de tierras para el desarrollo de las actividades y construcción de las obras del proyecto significarán un cambio obligado en la tenencia de la tierra, desde el momento mismo de su adquisición, con lo cual se afectará igualmente toda su infraestructura y mejoras. Eventualmente puede ocurrir que por el incremento de valorización de los predios se dilate el valor del impuesto predial, obligando esto a algunos propietarios a vender sus tierras.

Para el Proyecto Hidroeléctrico Ituango, de acuerdo con el presupuesto para el año 2010 se tenía prevista la adquisición de 20.547 hectáreas a un costo unitario de US\$ 1.030, para un total de US\$21.163.410, los cuales utilizando el IPC representan en el año 2015 US\$ 24.517.086. Por lo tanto, el valor del impacto cambio en la tenencia de la tierra con una TRM promedio de \$2.500 equivale a \$61.292.716.011

6) Efectos de presión migratoria ocasionados por la presencia del Proyecto

El inicio de la construcción de obras principales del proyecto inducirá el desplazamiento de población de otras localidades del área de influencia, u otras regiones del departamento y del país a la zona del proyecto en búsqueda oportunidades como empleos directos del proyecto o mediante la vinculación a algún tipo de actividad económica concomitante, o bien por expectativas de indemnización. La afluencia de población foránea se presentará en especial hacia las cabeceras municipales de Ituango, San Andrés de Cuerquia y Toledo y al centro poblado del corregimiento El Valle, así como el centro poblado del corregimiento Puerto Valdivia del municipio de Valdivia, por su cercanía a los sitios de obras principales y vías industriales.

Las expectativas hacia el proyecto y su oferta de empleo, inducirán la afluencia de población foránea y estimulará la movilidad de habitantes de la zona. Estos flujos migratorios tendrán una alta incidencia en la dinámica poblacional local y regional, que se reflejará en el aumento de la natalidad, mortalidad y migraciones, así como en la alteración del entorno socioeconómico y cultural y en el aumento de la presión sobre los recursos y los servicios, siendo importante considerar que el migrante en búsqueda de oportunidades puede trasladarse e instalarse definitivamente con otros miembros de su familia.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Teniendo en cuenta que la presión migratoria es un fenómeno en el que influyen diferentes variables relacionadas con el flujo de población, es también un fenómeno difícil de dimensionar, más si se piensa que existen diversos factores que inciden en este aspecto demográfico de base. Así, puede decirse que se presenta un aumento en la demanda de vivienda y de servicios públicos, pero no se dispone de herramientas cuantificables que permitan determinar la proporción del crecimiento de la población y de la demanda de vivienda y servicios públicos que puedan ser atribuibles a la demanda de mano de obra y servicios del Proyecto, y es aún más incierta la medición del incremento poblacional como consecuencia de la llegada de población motivada por las expectativas de algún tipo de beneficio por parte del proyecto

7) Incremento de enfermedades ocasionadas por la presencia del Proyecto

Actividades como la contratación de mano de obra y la contratación de bienes y servicios propician la llegada de población foránea, que con las expectativas de empleo o de oportunidades que ofrece el proyecto buscan permanecer en la zona, generando relaciones con los pobladores. Esta población esencialmente masculina, modifica la dinámica social existente en el territorio, lo que incrementa el número de casos de enfermedades, como las de transmisión sexual.

Así mismo la llegada de población foránea incrementa la prostitución, el alcoholismo y el consumo de sustancias psicoactivas, conllevando a incrementar los problemas de salud pública existentes en los municipios.

De otro lado las actividades asociadas a la adecuación y/o construcción de vías de acceso al proyecto (remoción de vegetación, desmonte y descapote y excavaciones superficiales, disposición del material sobrante de excavaciones, transporte de vehículos con material sobrante, y operación de maquinaria), conllevan al incremento de material particulado en el ambiente, causando enfermedades del sistema respiratorio e infecciosas y parasitarias, especialmente en la población infantil, toda vez que se pueden contaminar las fuentes de agua que son utilizadas para consumo humano, riego u otras actividades domésticas que interactúen con los habitantes de las localidades.

Con el llenado del embalse, pueden presentarse cambios en las características propias del agua, ocasionando el incremento de insectos, entre ellos los mosquitos, vectores de enfermedades como la malaria y el dengue. Los embalses constituyen también el hábitat ideal para una familia de caracoles que son el vector de la esquistosomiasis, una enfermedad hídrica que afecta a las personas que están en contacto directo con el agua en zonas de represas. El grupo más afectado suele ser el de los pescadores y los niños.

Sin embargo, vale la pena señalar que las condiciones de salud de una población responden a factores ambientales (dejando de lado aquellos que no son respuesta al entorno) que pueden ser modificadas por una variedad de agentes. Lo anterior implica que aunque pueda evidenciarse un aumento en las tasas de morbilidad, no se conocen

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

métodos cuantitativos para determinar qué factores están incidiendo en dicho aumento y qué proporción es atribuible a las diferentes actividades del Proyecto.

8) Transformación de los sistemas culturales de la población afectada directa o indirectamente y Afectación de los yacimientos arqueológicos identificados

Dentro de la componente cultural los impactos ambientales se sintetizan en la crisis adaptativa que resulta de la afectación del sistema de relaciones que las poblaciones establecen con su medio físico, biótico y social, es decir, de la alteración de los mecanismos de orden tecnoeconómico, simbólico y social, que las gentes desarrollan a través del tiempo para adaptarse de forma dinámica a su entorno.

Desde esta perspectiva, los efectos se centran directamente en la transformación de los elementos que definen el sentido de pertenencia e identidad del grupo social:

- Condición cultural de pobladores con prácticas tradicionales, estrategias adaptativas, mecanismos de subsistencia, producción y reproducción del grupo social, que definen diferentes grados de dependencia económica del entorno y en particular de la minería artesanal.
- Adscripción a territorios de ocupación que en algunos casos podrían remontarse a la época prehispánica.
- Las formas de organización social y política (relaciones sociales, estructura familiar, relaciones de parentesco y vecindad).

Los referentes culturales de orden simbólico con los que dan significado a su territorio.

De acuerdo a la evaluación ambiental realizada en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental (2011) se define el impacto Afectación de yacimientos arqueológicos identificados, así:

Algunos sitios arqueológicos existentes serán afectados o destruidos por la construcción de diferentes actividades del proyecto, o por el llenado del embalse.

Los resultados obtenidos durante la fase de prospección arqueológica, permitieron identificar un total de 55 sitios arqueológicos, 24 de los cuales no serán afectados por las obras del proyecto, 5 serán afectados parcialmente, mientras que los 26 restantes se verán afectados de manera significativa, en la mayoría de los casos, por la inundación de la zona del embalse.

La evaluación de los sitios afectados, se hizo teniendo en cuenta criterios de:

- Número de ocupaciones (según estratigrafía).
- Densidad de material cultural.
- Contextos arqueológicos.
- Calidad de las evidencias.
- Estado de conservación.
- Tipo de Unidad de Muestreo Arqueológico (UMA).

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Por su importancia arqueológica y como resultado del proceso de evaluación, se determinó que 11 de los sitios descritos en la caracterización, tendrán que ser intervenidos en la etapa de rescate: Icura, Pescadero, El Pedrero, Sardinias, Ceibito, Llano de la Mina, Boca de Niquía, Llano de Niquía, Angelinas, Bajos del Ciruelar y Boca de Honda.

Con el ajuste del diseño de vías de acceso a obras principales, del total de 26 yacimientos que serían afectados directamente, 3 de ellos que se habían propuesto para monitoreo (Palestina, Caparrosa y Bosque de Neguerí), debieron incluirse también para rescate, dado que ahora se verían directamente comprometidos con los trabajos de apertura de estos corredores.

Ahora bien, ninguna ley en Colombia define o delimita cuál es nuestro patrimonio cultural. La Ley 1185 de 2008 –ley de Patrimonio cultural– aborda una ejemplificación de los Bienes materiales muebles o inmuebles (bienes), y de las expresiones inmateriales de la cultura (manifestaciones), que hacen parte de lo que sería el patrimonio cultural de la Nación.

Un bien o una manifestación cultural pueden considerarse patrimonio cultural de la Nación, cuando los individuos o las comunidades los reconocen como parte de su identidad, atribuyéndole valores no económicos de tipo histórico, artístico, científico, estético o simbólico.

Bajo esta connotación, entre otros elementos integrantes del patrimonio cultural de la Nación se encuentran también bienes muebles como los objetos prehispánicos, y manifestaciones culturales como las cerca de 65 lenguas que se hablan en el país; costumbres, ritmos musicales, las fiestas, tradiciones, creencias, leyendas, lugares entre otros, y todo aquello que las personas, grupos, o instituciones con competencias atribuidas legítimamente mediante un proceso razonable, reflexivo, transparente, incluso público, les confieren valores o atribuciones de identidad.

Transformación de los sistemas culturales de la población afectada directa o indirectamente

En relación con el impacto “Transformación de los sistemas culturales de la población afectada directa o indirectamente”, puede decirse que parte de la identidad de los grupos de población involucrados, se enmarca dentro de un acumulado de creencias, prácticas tradicionales, estrategias adaptativas y mecanismos de subsistencia particulares, como manifestaciones culturales que identifican y diferencian al grupo social, aunque no considerados como un BIC de la nación, sí con importancia patrimonial, con un valor no económico de tipo histórico y simbólico.

Bajo esta perspectiva, aunque efectivamente puede hacerse una valoración económica de algunas afectaciones, relacionadas por ejemplo con el modelo tradicional de economía de subsistencia, o con la infraestructura comunitaria y de uso doméstico, que igual pueden ser referentes de identidad para el grupo de población en cuestión, otros aspectos que igualmente hacen parte integral del sistema cultural en su conjunto, de

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

ninguna manera podrían ser cuantificados, razón por la cual, de manera tradicional las medidas de manejo frente a estas situaciones tendrían que ser como compensaciones concertadas, intentando mitigar la magnitud de la afectación.

Afectación de los yacimientos arqueológicos identificados

Dentro de este contexto se inscribe entonces el patrimonio arqueológico, propiedad exclusiva de la Nación, declarado directamente por la ley como Bien de interés cultural – BIC, con un régimen regulatorio reglamentado por la Ley de Patrimonio y los Decretos 763 de 2009 y 833 de 2000, que otorga al Instituto Colombiano de Antropología e Historia ICANH la competencia para declarar la existencia de áreas arqueológicas protegidas en cualquier parte del territorio nacional.

En este escenario, cualquier intervención sobre este bien, está sujeta a la ejecución de un Plan de Manejo Arqueológico que tiene que ser aprobado previamente por el ICANH, como medida de manejo frente a las afectaciones que podría producir la construcción u operación de obras, proyectos de construcción de redes de transporte de hidrocarburos, minería, embalses, infraestructura vial, así como en los demás proyectos y obras que requieran licencia ambiental.

Como otros bienes de interés cultural, el patrimonio arqueológico es inalienable (están fuera del comercio), imprescriptible (no es de adquisición por la posesión en el tiempo, y su titular, la entidad estatal o la Nación, pueden reclamarlos o reivindicarlos sin límite de tiempo frente a quien los tenga en su poder), e inembargable (no puede ser prenda de garantía comercial)⁷.

Como parte de la responsabilidad de Hidroituango en cuanto a la protección del patrimonio arqueológico afectado por la construcción del proyecto, se ha adelantado el Plan de Arqueología preventiva correspondiente aprobado en sus diferentes fases por el ICANH, permitiendo no solo la recuperación del registro arqueológico mediante actividades de recate y monitoreo arqueológico, en todos y cada uno de los sitios intervenidos, sino también dar sentido a la recuperación de su valor histórico y cultural para las comunidades que habitan en el área de influencia del proyecto, con la claridad de que dicho patrimonio, representado en evidencias de cultura material, como elementos de cerámica y piedra junto con sus contextos de aparición, constituyen referentes de identidad que no pueden ser valorados económicamente, por su alto significado sociocultural, como herencia histórica de las comunidades que habitan la región

Cabe anotar sin embargo que por fuera de este contexto sí se sabe de propuestas en algunos países, que intentan calcular el valor económico de bienes de importancia patrimonial, pero esencialmente en el contexto de bienes muebles con una condición adicional de importancia histórica y arquitectónica, como “... fuente endógena para el

⁷ Constitución Política, artículos 63 y 72; Ley 1185 de 2008

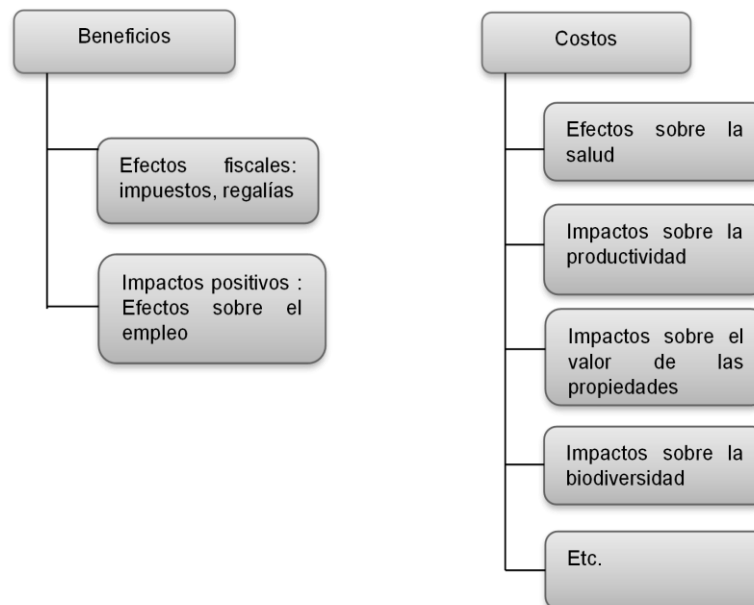
Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

desarrollo de una localidad, en especial, para las ciudades⁸, en el que se valoran las construcciones patrimoniales, sobre la base de la determinación de Valor del Terreno, de construcción del Inmueble, entre otros.⁸

1.2.7 Descontar el flujo de beneficios y costos

Una vez se logran obtener las equivalencias de los impactos en beneficios o costos, según su naturaleza, a través del proceso de valoración económica, es necesario trasladarlos al flujo del proyecto, para lo cual el análisis costo beneficio ambiental, opera como la herramienta eficiente para lograrlo, tal y como lo propone el Manual Técnico del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT, 2010).

El análisis costo beneficio ambiental, permite identificar los beneficios netos del proyecto y determina si la sociedad en su conjunto mejora con la puesta en marcha del mismo. Para ello, se reconocen como costos ambientales sociales los valores económicos de los impactos monetizados y como beneficios sociales, el valor de las medidas de prevención, corrección, mitigación y compensación propuestas en el PMA, así como los impactos positivos derivados del proyecto. Dichos costos y beneficios son trasladados al flujo del proyecto como insumos en el Análisis Costo Beneficio Ambiental. Ver Figura 1.5



⁸ Herrero, L. y Sanz, J. (2006). Valoración de bienes públicos relativos al patrimonio cultural. Aplicación comparada de métodos de estimación y análisis de segmentación de demanda. Revista de Economía Pública. <http://arpa.ucv.cl/texto/Aspectoseconomicospatrimoniocultural.pdf>

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Figura 1.5 Estructura de beneficios y costos en el ACBA

Fuente: Adaptado del manual técnico para la evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y Universidad de los Andes (2010)

Ahora bien, tal como lo solicita el Banco Interamericano de Desarrollo BID, se incluirá en el análisis costo beneficio los siguientes conceptos:

- Costos asociados a la reubicación física (tal como los costos de viviendas y adquisición de tierras) de la gente afectada, y Costos asociados para restablecer los medios de subsistencia y los niveles de vida de las personas reubicadas: Dichos costos están incluidos dentro del Programa de restitución de condiciones de vida a la población afectada, propuesto en el marco de la Actualización del Estudio de Impacto Ambiental 2011. Se incluye además el costo de la adquisición de predios que no se había considerado dentro de los planes de manejo. Es importante anotar que si bien se denominan costos para el proyecto, ingresan al análisis ACB como un beneficio en términos de la sociedad.
- Costos asociados al monitoreo y seguimiento de las personas afectadas por la reubicación;
- Costo del Plan de compensación requerido por parte del BID por la afectación del 72km del río.
- Costos asociados con el monitoreo de los impactos ambientales y socio-económicos aguas abajo

Adicionalmente se tendrá en cuenta el valor correspondiente a la adquisición de predios, debido a que éste no está incluido dentro de los planes de manejo ambiental propuestos.

1.2.8 Obtención de los principales criterios de decisión

Para el análisis se toma una tasa de inflación de largo plazo igual al 4%, según las expectativas pesimistas del Banco de la República y una tasa social de descuento del 12% referenciada por el Departamento Nacional de Planeación.

En el Anexo_1.2_Análisis costo beneficio y memorias de cálculo, se encuentra el detalle de la evaluación realizada

Tabla 1.23 Análisis costo beneficio ambiental

Análisis Costo Beneficio Ambiental	Valor total precios del año 2015	VPN
Beneficios ambientales/sociales		
<i>Valoración económica de la Modificación de las finanzas de los municipios y las autoridades ambientales</i>	105.803.824.000.000	2.829.957.447.017
<i>Valoración económica de la dinamización de la economía local</i>	85.510.861.753	58.109.679.561
<i>Costos PMA</i>		

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Análisis Costo Beneficio Ambiental	Valor total precios del	VPN
Programa de manejo de zonas de obras	79.789.217.829	24.672.305.239
Programa de manejo de la calidad del aire	40.170.129.577	
Programa de manejo de materiales de excavación* (Asociados a obras civiles)	0	
Programa de manejo de aguas superficiales	19.354.609.273	
Programa de manejo de aguas residuales* (Asociados a obras civiles)	0	
Programa de manejo integral de residuos	18.181.037.158	
Programa de manejo de impactos por tránsito vehicular	2.083.441.822	
Programa de manejo de fuentes de materiales de construcción* (Asociados a obras civiles)	0	
Programa de manejo de inestabilidad y erosión* (Asociados a obras civiles)	0	
Programa de manejo del embalse	11.390.446.132	3.100.758.541
Programa de llenado del embalse (Actividad rescate de peces)	81.677.621	
Programa de operación del embalse* (Asociados a obras civiles)	0	
Programa de manejo de macrófitas y residuos flotantes	11.308.768.511	
Programa de manejo de hábitats y organismos	0	
Proyecto de manejo y conservación de fauna silvestre	739.140.921	334.349.816
Ahuyentamiento, rescate y reubicación de la fauna terrestre a ser afectada por la inundación del proyecto	739.140.921	
Proyecto de manejo y protección del recurso íctico y pesquero en las cuencas baja y media del río Cauca	85.083.941.755	74.318.117.039
Optimización y recuperación de zonas de desove y hábitats para el desarrollo de peces	4.778.309.242	
Replamamiento con individuos de especies de peces migratorios en la cuenca media y baja del río Cauca	206.888.942	
Lineamientos para el estudio de factibilidad de construcción y operación de la estación piscícola	2.986.061.500	
Proyectos alternativos para los pescadores de la cuenca media y baja del río Cauca	77.112.682.071	
Programa de manejo y conservación de la vegetación	82.722.427.272	72.423.635.717
Proyecto de remoción de biomasa y aprovechamiento forestal	28.048.726.006	
Proyecto de restablecimiento de la cobertura boscosa	54.673.701.266	
Proyecto de compensación por afectación de la cobertura vegetal	0	
Programa de comunicación y participación comunitaria	4.852.598.373	3.380.876.363
Proyecto de información comunitaria	2.091.234.545	

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Análisis Costo Beneficio Ambiental	Valor total precios del	VPN
Proyecto de comunicación para la participación	372.793.100	
Programa de restitución de condiciones de vida a la población afectada	251.052.752.061	198.678.852.815
Restitución integral de las condiciones de vida	37.572.379.250	
Restitución y compensación de actividades económicas	139.791.798.056	
Subproyecto de reubicación de población afectada	3.200.181.730	
Subproyecto reposición de viviendas e infraestructura básica afectada	60.876.439.468	
Apoyo a la recomposición del tejido social	4.491.483.130	
Programa de integración proyecto región	18.954.349.573	
Proyecto para la generación de empleo	2.109.200.478	
Proyecto fortalecimiento institucional y comunitario	5.657.651.809	
Proyecto articulación del proyecto hidroeléctrico con los Esquemas de Ordenamiento Territorial (EOT) y Planes de Desarrollo Municipal (PDM).	5.389.779.756	
Proyecto seguimiento y mitigación de impacto por presión migratoria	806.670.370	
Proyecto vinculación al desarrollo regional	1.487.511.558	
Proyecto educación ambiental	3.239.885.542	
Programa de monitoreos al área de influencia del proyecto	799.483.997	556.016.790
Proyecto de observatorio de entorno sociopolítico	799.483.997	
Proyecto de arqueología preventiva	1.106.314.487	1.106.314.487
Obras principales	1.060.186.956	
Fase de rescate y monitoreo	836.106.492	
Fase de divulgación	224.080.464	
Puerto Valdivia	46.127.532	46.127.532
Monitoreo arqueológico	46.127.532	
<i>Costos de la adquisición de predios</i>	\$ 100.000.000.000.000	69.546.956.735.740
<i>Costos asociados al monitoreo y seguimiento de las personas afectadas por la reubicación</i>	66.199.375.869	25.526.482.794
<i>Costos del Plan de Compensación requerido por el BID por la afectación de los 72 km del río</i>	3.768.580.000	1.510.182.250
<i>Costos asociados al monitoreo de los impactos ambientales socioeconómicos aguas abajo</i>	3.949.147.240	751.008.350
Total beneficios ambientales	206.480.834.415.222	72.813.621.581.141
VPN beneficios ambientales	\$ 72.813.621.581.141	
Costos ambientales/sociales		
<i>Valoración económica de la modificación del paisaje</i>	1.906.228.583.328	163.217.193.397
<i>Valoración económica de la modificación del suelo</i>	445.345.010.022	38.131.818.642
<i>Valoración económica del cambio en la cobertura vegetal</i>	1.381.227.838.133	118.265.004.079
<i>Valoración económica del desplazamiento involuntario</i>	87.236.476.784	7.469.457.245

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

Análisis Costo Beneficio Ambiental	Valor total precios del	VPN
<i>de la población</i>		
<i>Valoración económica del cambio en las actividades económicas</i>	5.427.754.697.519	533.105.838.490
<i>Valoración económica del cambio en la tenencia de la tierra</i>	9.792.968.126.937	838.504.252.159
Total costos ambientales	19.040.760.732.723	1.698.693.564.012
VPN Costos ambientales	\$ 1.698.693.564.012	
Flujo de caja ambiental		\$ 71.114.928.017.129

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015

Tal y como se indica en el manual técnico para la evaluación económica de impactos ambientales en proyectos sujetos a licenciamiento ambiental del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) y el Centro de Estudios para el Desarrollo Económico (CEDE) de la Universidad de los Andes (2010); una vez realizado el ACBA se deberán calcular y analizar el test del VPN y la relación Beneficio/costo (RBC). En este sentido, el VPN del flujo de caja ambiental es positivo y corresponde a \$ 71.114.928.017.129 lo que indica que los beneficios del proyecto son mayores que los costos, por lo tanto se acepta el proyecto y se predice que este generará ganancias en bienestar social. Por su parte, la RBC arroja un resultado superior a 1, equivalente a 42.86; lo cual permite suponer que el proyecto generará bienestar social y por lo tanto se acepta su puesta en marcha. Por su parte la TIR corresponde a un valor infinito dado que la mayoría de los flujos son positivos en razón a que los beneficios son mayores que los costos.

Los resultados indican que el balance de capital natural generado por el proyecto es positivo, y se espera que los beneficios ambientales superen a los costos ambientales en el futuro. El valor de la RBC encontrada es una predicción que debe entenderse como la mejor aproximación sobre lo que ocurrirá en términos de bienestar social una vez que el proyecto entre en operación.

Finalmente, en la Tabla 1.24 los resultados evidencian un saldo neto positivo que indica que las medidas de manejo no solo logran corregir, prevenir, mitigar o compensar los impactos, sino que dejan efectos residuales positivos significativos para la sociedad, mejorando el bienestar social; así como eficiencia en términos de ecosistemas y capital natural intervenido.

Tabla 1.24 Análisis costo beneficio ambiental VPN

Análisis Costo Beneficio Ambiental		VPN
Beneficios Ambientales	Valoración económica de la Modificación de las finanzas de los municipios y las autoridades ambientales	2.829.957.447.016,60
	Valoración económica de la dinamización de la economía local	58.109.679.560,72
	Programa de manejo de zonas de obras	24.672.305.238,60
	Programa de manejo del embalse	3.100.758.540,55
	Proyecto de manejo y conservación de fauna silvestre	334.349.815,74
	Proyecto de manejo y protección del recurso íctico y pesquero en las cuencas baja y media del río Cauca	74.318.117.039,50
	Programa de manejo y conservación de la vegetación	72.423.635.717,16

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

	Programa de comunicación y participación comunitaria	3.380.876.363,31
	Programa de restitución de condiciones de vida a la población afectada	198.678.852.815,44
	Programa de monitoreos al área de influencia del proyecto	556.016.789,56
	Proyecto de arqueología preventiva	1.106.314.487,27
	Puerto Valdivia	46.127.531,74
	Costos de la adquisición de predios	69.546.956.735.740,20
	Costos asociados al monitoreo y seguimiento de las personas afectadas por la reubicación	25.526.482.794,05
	Costos del Plan de Compensación requerido por el BID por la afectación de los 72 km del río	1.510.182.249,54
	Costos asociados al monitoreo de los impactos ambientales socioeconómicos aguas abajo	751.008.349,93
	Total beneficios ambientales	72.813.621.581.141,30
Costos Ambientales	Valoración económica de la modificación del paisaje	163.217.193.397,21
	Valoración económica de la modificación del suelo	38.131.818.641,80
	Valoración económica del cambio en la cobertura vegetal	118.265.004.078,70
	Valoración económica del desplazamiento involuntario de la población	7.469.457.245,08
	Valoración económica del cambio en las actividades económicas	533.105.838.490,50
	Valoración económica del cambio en la tenencia de la tierra	838.504.252.158,93
	Total costos ambientales	1.698.693.564.012,21
	Flujo de caja ambiental	71.114.928.017.129,10

Fuente: Consorcio Generación Ituango, 2015

1.2.9 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad permite identificar que tan sensibles son los indicadores del proyecto (VPN y RBC) a variables tales como tasa de descuento, transferencias y tiempo de vida del proyecto. En este caso la sensibilidad se calcula con la modificación de la tasa de descuento y del nivel de transferencias del proyecto.

Como puede observarse en el Anexo_1.2_Análisis costo beneficio y memorias de cálculo, si se el nivel de transferencias (Ley 99) se redujera en un 10%, como resultado de disminución de generación de energía asociada a factores climáticos y ambientales, los impactos sobre los indicadores del proyecto serían relevantes, dado que modificaría la relación costo beneficio, pasando de un 42,86 a 36,82, así mismo afectaría la VPN pasando de \$71.114.928.017.129 a \$76.292.011.051.318.

Por su parte, una disminución de la tasa de descuento (del 12% al 10%) no provoca modificación en la RBC, pero si un incremento en el VPN el cual pasa de \$71.114.928.017.129 a \$ 73.330.069.802.248 Esta condición refleja la alta incidencia de los beneficios ambientales sobre el flujo del proyecto.

1.2.10 Conclusiones

Dado que la metodología utilizada para el análisis costo beneficio ambiental se realiza desde la perspectiva ex ante, y que al momento de la valoración el proyecto se encuentra en etapa de construcción, mas la adición de datos y cifras que no estaban contemplados en la línea base, solicitados por el Banco Interamericano de Desarrollo -

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

BID, los beneficios del proyecto se modifican y se potencializan, generando como resultado una relación costo beneficio positiva y considerablemente alta.

Sin embargo, al realizar el ejercicio sin tener en cuenta los costos solicitados por el BID la relación costo beneficio del proyecto es del 1,92, que reafirma que el proyecto genera bienestar.

Finalmente, en cuanto al método de preferencias declaradas para la valoración del paisaje, los recursos o servicios ecosistémicos impactados pueden estar subvalorados, pues las encuestas fueron realizadas en el año 2015, y la construcción del proyecto se inició en el 2011, tiempo en el cual el paisaje ya ha sufrido modificaciones

1.3 BIBLIOGRAFÍA

ADGER, Neil, et al. Towards estimating total economic value of forests in México. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University of East Anglia y University College London. 1994. CSERGE Working Paper GEC 94-21. ISSN 0967-8875

ALVARADO, Alfredo, Warren Forsythe. (2005). Variación de la densidad aparente en órdenes de suelos de Costa Rica. 86 pp. Consultado en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v29n01_085.pdf (06/04/2014)

ALVAREZ, Gustavo. Modelos alométricos para la estimación de biomasa aérea de dos especies nativas en plantaciones forestales del trópico de Cochabamba, Bolivia. Tesis de Magister Scientiae en Manejo y Conservación de Bosques Naturales y Biodiversidad. CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica, 2008. 89 pp.

ANDRADE, Hernán J.; IBRAHIM, Muhammad. ¿Cómo monitorear el secuestro de carbono en los sistemas silvopastoriles. EN: Agroforestería de las Américas. Vol 10. N°39-40. 2003. 8 pp.

ARBOLEDA G., Jorge Alonso. Una propuesta para la identificación y evaluación de impactos ambientales Bogotá, Ministerio del Medio Ambiente; CORPAMAG; GTZ, 1997

ÁVILA, Gabriela. JIMENEZ, Francisco. BEER, John. GOMEZ, Manuel. IBRAHIM, Muhammad. Almacenamiento, fijación de carbono y valoración de servicios ambientales en sistemas agroforestales en Costa Rica. EN: Agroforestería de las Américas. Vol 8. N°30. 2001. 4 pp.

BEZAURY-CREEL J. E. 2009. El Valor de los Bienes y Servicios que las Áreas Naturales Protegidas Proveen a los Mexicanos. The Nature Conservancy Programa México - Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México

ORREGO, S.A. & J.I. del VALLE. Ecuaciones de biomasa aérea para bosques primarios intervenidos y secundarios. En: Medición de la captura de carbono en

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

ecosistemas forestales tropicales de Colombia. Medellín. Moreno Editores. 2003. p. 87-120. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Departamento de ciencias Forestales. Centro andino para la economía en el medio ambiente

CONAP - CONSEJO NACIONAL DE ÁREAS PROTEGIDAS. Presidencia de la República. Guatemala 1999. Sistema Guatemalteco de áreas protegidas: una aproximación del valor económico de los bienes y servicios ambientales. 65 pp.

CONSERVATION STRATEGY FUND. AMEZCUA, Israel. CARREÓN, Gerardo. MARQUEZ, Javier. VIDAL, Rosa María. BURGUES, Irene. CORDERO, Sarah. REID, John. Tenosique: Análisis Económico Ambiental de un Proyecto Hidroeléctrico en el Río Usumacinta. Serie técnica N° 10. Arcata California. Junio, 2007. 61 pp.

CONSORCIO GENERACIÓN ITUANGO. Solicitud de Modificación Resolución 0155 de Enero 30 de 2009, Mediante la cual se otorgó Licencia Ambiental para el Proyecto Hidroeléctrico Pescadero Ituango. Cuarta solicitud de la modificación de la licencia ambiental. Expediente 2233. Junio de 2011.

CONSORCIO GENERACIÓN ITUANGO. Actualización del Estudio de Impacto Ambiental. Proyecto Hidroeléctrico Ituango. Octubre 2011

COTLER, Helena; LÓPEZ, Carlos Andrés y MARTÍNEZ-TRINIDAD, Sergio. ¿Cuánto nos cuesta la erosión de suelos? Aproximación a una valoración económica de la pérdida de suelos agrícolas en México. EN: Investigación ambiental 3 (2). 2011. Pp 31-43.

Ecosystem Marketplace y Bloomberg New Energy Finance. State of the Voluntary Carbon Markets. [En Línea]: <http://www.ecosystemmarketplace.com/>

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Evaluación de los recursos forestales mundiales 2000. Evaluación de los productos forestales no madereros en América Central. Programa de Evaluación de los Recursos Forestales Documento de Trabajo N°22. Roma, 2000

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Directrices para la evaluación en los países tropicales y subtropicales Noviembre 1998 Programa de Evaluación de los Documento de Trabajo 2 Recursos Forestales. [En Línea]. <http://www.fao.org/docrep/007/ae218s/ae218s00.htm>

https://www.siac.gov.co/documentos/DOC_Portal/DOC_Bosques/Tablas/24052011_Ta bla10_carbono_Tier1_Col.pdf.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA (IDEAM). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C. 2010. 58 pp.

Análisis Costo Beneficio – Proyecto Hidroeléctrico Ituango

JARAMILLO, Daniel. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, facultad de ciencias. 2002. 427 pp. [En Línea]: <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>.

MARTÍNEZ, Eduardo; FUENTES, Juan Pablo y ACEVEDO, Edmundo. Carbono orgánico y propiedades del suelo. EN: Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal Vol 8, N°1. 2008. Pp 68-96.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE. Sumideros de carbono. España. [En Línea]: http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/sumideros_tcm7-12476.pdf

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Manual Técnico, Evaluación Económica de Impactos Ambientales en Proyectos Sujetos a Licenciamiento Ambiental. Bogotá. 2010.

RIERA, Pere; GARCÍA, Dolores; KRISTROM, Bengt; BRANNLUND, Runar. Manual de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales. Madrid: Thomson Editores, 2005. 355p.

UNIÓN EUROPEA. Asociación COSV solidaridad Italiana en el mundo y UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA. MOTTO, Paolo. Proyecto gestión concertada para el control de la desertificación y la regeneración del bosque seco en los Cantones de Zapotillo y Macará. Valoración económica del bosque seco.

ZAMBRANO, Alexis; FRANQUIS Félix & INFANTE, Ángel. Emisión y captura de carbono en los suelos en ecosistemas forestales EN: Revista Forestal Latinoamericana. Universidad de los Andes. Mérida N° 35. 2004. Pp. 11-20.