



RE-383

***Evaluación Ex-post del Impacto de las
Medidas de Mitigación Ambiental en
el Proyecto Hidroeléctrico Porce II***

Oficina de Evaluación y Supervisión, OVE

Banco Interamericano de Desarrollo
Washington, D.C.
Diciembre 2010

Sólo Para Uso Oficial

TABLA DE CONTENIDO

ACRÓNIMOS

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	EVALUACIÓN AMBIENTAL DE OVE	3
A.	Alcances y Objetivo.....	3
B.	Metodología.....	5
	1. DEFINICIÓN DE LOS ASPECTOS AMBIENTALES	6
	2. CRITERIOS EVALUATIVOS	7
III.	RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	9
A.	Relevancia de las Medidas de Mitigación	9
	1. CALIDAD DEL AGUA	9
	2. VEGETACIÓN ACUÁTICA INVASIVA	10
	3. VEGETACIÓN TERRESTRE	11
	4. FAUNA TERRESTRE	12
	5. PAISAJE.....	13
B.	Análisis de la Efectividad de las Medidas de Mitigación y sus Resultados sobre la Calidad Ambiental	13
	1. CALIDAD DE AGUA	16
	2. VEGETACIÓN ACUÁTICA.....	19
	3. VEGETACIÓN TERRESTRE	21
	4. FAUNA TERRESTRE	24
	5. PAISAJE.....	27
C.	Eficiencia de las medidas de mitigación.....	30
D.	Sostenibilidad de las medidas de mitigación.....	32
	1. EVALUACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL DE EEPPM.....	32
	2. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE LAS AUTORIDADES AMBIENTALES ENCARGADAS DEL SEGUIMIENTO Y CONTROL DE LOS REQUERIMIENTOS LEGALES EN PORCE II.....	35
E.	Adicionalidad del BID	37
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	39
A.	Conclusiones.....	39
B.	Recomendaciones	40

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS: <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?DOCNUM=35572570>

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 1.	Aspectos ambientales e indicadores	7
Tabla 2.	Criterios evaluativos y su aplicación.....	8
Tabla 3.	Unidades de Importancia del Parámetro (UIP)	15
Tabla 4.	Efectividad de la medida de mitigación para mejorar la calidad del agua del río Porce.....	17
Tabla 5.	Índice de Calidad Ambiental del agua en el Río Porce.....	18
Tabla 6.	Efecto de las medidas de mitigación para el aspecto Calidad de Agua.....	18
Tabla 7.	Efectividad de la medida de mitigación para controlar malezas acuáticas en el embalse Porce II	20
Tabla 8.	ICA cobertura relativa de acuerdo al espejo de agua (%) y el área cubierta (ha) para macrófitos	21
Tabla 9.	Efectos de las medidas de mitigación para el aspecto Vegetación Acuática Invasiva	21
Tabla 10.	Efectividad de la medida de mitigación para la Vegetación Terrestre	22
Tabla 11.	Efecto de las medidas de mitigación para el aspecto Vegetación Terrestre.....	24
Tabla 12.	Efecto de las medidas de mitigación para el aspecto Fauna Terrestre	26
Tabla 13.	Efectividad de la medida de mitigación para el aspecto Paisaje	28
Tabla 14.	ICA paisaje cobertura boscosa a partir del Índice de Vegetación Remanente ..	29
Tabla 15.	Efecto de las medidas de mitigación para el aspecto Paisaje	30
Tabla 16.	Eficiencia económica en la ejecución de las principales obras para la fase de construcción.....	31
Tabla 17.	Resumen de la evaluación del criterio Sostenibilidad.....	34
Figura 1.	Relevancia de las Medidas de Mitigación.....	9
Figura 2.	Efectividad de las Medidas de Mitigación	14
Figura 3.	Función de valor asociada al ICA para la macrófita <i>Eichhornia crassipes</i> en Porce II, en la Línea Base (LB) y en años de comportamiento extremo.....	21
Figura 4.	Curva de Función de valor asociada al ICA para # de especies arbóreas	23
Figura 5.	Curva de Función de valor asociada al ICA para diversidad de especies de vegetación arbórea.....	23
Figura 6.	Riqueza de especies, número de especies endémicas y amenazadas en los monitoreos y programas ZID del proyecto Porce II.....	26
Figura 7.	Propuesta Función de valor ICA elaborada con la cantidad de mamíferos terrestres para fauna en el área de Porce II.....	26
Figura 8.	Función de valor asociada al ICA para cobertura boscosa de la cuenca, desde la Línea Base (LB) hasta el 2006	29
Figura 9.	Función de valor asociada al Índice de Calidad Visual del Paisaje (ICVP).....	29

ACRÓNIMOS

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CESI	Comité de Medio Ambiente
Cj	Índice de Similitud de Jaccard
CORANTIOQUIA	Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia
CT	Coliformes Totales
D	Índice de dominancia de Simpson
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DIA	Declaratoria de Impacto Ambiental
EEPPM	Empresas Públicas de Medellín
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
EMM	Efecto de las Medidas de Mitigación
ESP	Empresa de Servicios Públicos
H'	Índice de diversidad de Shannon
ICA	Índice de Calidad Ambiental
ICVP	Índice de Calidad Visual del Paisaje
IEA	Agencia Internacional de Energía
IFM	Instituciones de Financiamiento Multilateral
IVI	Índice de Valor de Importancia
MAVDT	Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
OD	Oxígeno Disuelto
OVE	Oficina de Evaluación y Seguimiento
PMA	Plan de Manejo Ambiental
PSC	Programa de Seguimiento y Control
PT	Fósforo Total
SST	Sólidos Suspendidos Totales
UIA	Unidades de Impacto Ambiental
UNEP	Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente
WDC	<i>World Dams Commission</i>
ZID	Zona de Influencia Directa del proyecto

I. INTRODUCCIÓN

- 1.1 **Los ecosistemas se caracterizan por una profunda complejidad** (Munda, 2003). La evaluación, delimitación, imputación y compensación de los impactos que los proyectos y actividades humanas generan en sus componentes han de considerar las limitaciones de la simplificación de esta realidad compleja¹. El estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) es uno de los instrumentos utilizados en el monitoreo de los impactos en el ecosistema y de la efectividad de las medidas de mitigación implementadas (Ortolano L. y May, C.L., en Morrison-Saunders A. et al, 2004; Feldmann, F., 1999).
- 1.2 La literatura resalta **la gran concentración de la experiencia en Evaluación Ambiental en el análisis de prefactibilidad de los proyectos, mientras que el seguimiento, una vez aprobado el proyecto, es el punto más débil del proceso** (Arts et al, 2001). En efecto, una revisión temática realizada por la *World Dams Commission* (WDC) en 2000 destacó el “sorprendente bajo número de evaluaciones ex-post de proyectos de represas completados [...] comparados con la gran cantidad de estudios que estiman los efectos potenciales de proyectos en el diseño”. Asimismo, el análisis está más centrado en la predicción de impactos de proyectos bajo construcción que en los impactos a largo plazo de proyectos finalizados². Por tanto, existe un vacío en los procesos de EIA que dificulta el vínculo entre las predicciones ex-ante y el desempeño ambiental real de los proyectos ex-post (Dunsire, 1978 en Arts *et al*, 2001).
- 1.3 Asimismo, diferentes estudios revisaron la práctica en EIA de las principales Instituciones de Financiamiento Multilateral (IFM) y resaltaron también la necesidad de superar el enfoque limitado de los procesos centrados en la etapa de preparación del proyecto³. Los estudios realizados por el Banco Mundial reafirman estas conclusiones. En efecto, la Revisión sobre Evaluación Ambiental realizada por el Departamento de Medio Ambiente del Banco Mundial en 1993 enfatizó la ausencia de análisis ex-post para valorar el grado de implementación de las recomendaciones de los análisis ambientales ex-ante. Otra revisión

¹ Los sistemas complejos no son simplemente complicados, sino que por su propia naturaleza implican profundas incertidumbres y una pluralidad de perspectivas legítimas. De ahí que, en este contexto, las metodologías de la ciencia experimental tradicional (aproximaciones reduccionistas de los ecosistemas) tengan una efectividad limitada (Del Moral *et al*, 2002)

² Por ejemplo, para los proyectos hidroeléctricos, Wescoat, J., 1999. Ex-Post Evaluation of Dams and Related Water Projects. WDC, Thematic Review IV.5: Operation, Monitoring and Decommissioning of Dams, enfatiza que para que las evaluaciones ex-post de proyectos de represas logren arrojar lecciones aprendidas útiles, los estudios deben ser *exhaustivos, integrados, adaptativos, a largo plazo, y considerar los impactos acumulativos*. Es decir, incluyendo tanto impactos ambientales, como sociales, económicos e institucionales; analizando las interacciones entre diferentes tipos de impactos; analizando y ajustando las decisiones en un contexto de condiciones ambientales y sociales cambiantes; considerando los impactos que puedan ocurrir varias décadas después de la construcción; y considerando los impactos de diferentes represas y otras obras en la misma cuenca.

³ Kennedy, W.V., 1999 se basa en la revisión de información disponible públicamente sobre EIA del Banco Mundial, Banco Africano de Desarrollo, el Banco Asiático de Desarrollo, el Banco Europeo para la Reconstrucción y el Desarrollo y el Banco Interamericano de Desarrollo, así como una revisión de la literatura general sobre la práctica en EIA.

realizada por este mismo Departamento en 1997 volvió a destacar las limitaciones de la supervisión del Banco para determinar el desempeño ambiental, así como para detectar y corregir los problemas ambientales a su debido tiempo. Por tanto, estos estudios concluyen que el conocimiento sobre los impactos ambientales reales y sobre el desempeño de las medidas de mitigación y de los planes de gestión y monitoreo es frecuentemente incompleto.

- 1.4 Por otra parte, **el estudio de evaluaciones ex-post de presas (Wescoat, 1999 *Op.Cit*) concluyó que no existen evaluaciones exhaustivas ex-post de proyectos de grandes represas o similares en América del Sur y Centroamérica**⁴. Por su parte, las revisiones de escritorio y los estudios de caso realizados por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) sobre proyectos de represas subrayan la necesidad de reportar sobre los impactos ambientales reales de los proyectos en los sistemas de monitoreo del Banco⁵. De la misma manera, otros estudios realizados en los países de la región en 2001 (Rodríguez M. *et al.*, 2001), resaltaron las debilidades de los reportes presentados ante la autoridad ambiental, especialmente en los Planes de Manejo Ambiental, donde se incluye el monitoreo de impactos.
- 1.5 **Este estudio presenta un ejercicio de evaluación ex-post realizado por la Oficina de Evaluación y Seguimiento (OVE) sobre el impacto de algunas de las medidas de mitigación del Proyecto Hidroeléctrico Porce II.** Se desarrolla una metodología innovadora de evaluación, con el objetivo de profundizar en los procesos de EIA para medir el impacto y la efectividad de las medidas de mitigación respecto a los objetivos de calidad ambiental planteados en los Planes de Manejo Ambiental de proyectos de infraestructura de gran envergadura. De esta manera, se pretende fortalecer los sistemas de seguimiento y evaluación tanto del Banco como de los prestatarios, estableciendo unas pautas metodológicas que permitan valorar de forma cuantitativa el impacto ambiental⁶ de las medidas de mitigación implementadas en el proyecto.

⁴ Sólo se mencionan algunos estudios parciales sobre impactos sociales realizados en la región, entre los que se podrían destacar: Lee, 1990 sobre el desempeño de la gestión de proyectos en Argentina, Colombia, Perú y Chile; MacDonald, 1989 sobre el río Uruguay; Ribeiro, 1988 y Ferradas, 1990 sobre el reasentamiento de Yacyretá; Goodland, 1974, Partridge, 1983 y Rose, 2005 sobre Chixoy en Guatemala y Arenal en Costa Rica; varios autores con estudios aislados de proyectos hidroeléctricos en la Amazonía brasileña y algunas tesis doctorales e información de ONGs en Internet.

⁵ GN-1724. Informe sobre la planeación y gestión ambiental de los proyectos de represas financiados por el Banco. BID, 1991. Todos los proyectos analizados en este estudio, menos uno, están relacionados con el sector energía.

⁶ El concepto de impacto ambiental se asocia en este estudio al impacto en el medio físico-biótico, siguiendo la nomenclatura utilizada en la bibliografía relacionada.

II. EVALUACIÓN AMBIENTAL DE OVE

A. Alcances y Objetivo

- 2.1 El objetivo de esta evaluación es ofrecer **lineamientos metodológicos para analizar los resultados del impacto de las medidas de mitigación** implementadas para prevenir, mitigar o compensar los impactos ambientales y sus consecuencias actuales sobre la calidad ambiental de proyectos de infraestructura de gran envergadura en el sector energético⁷.
- 2.2 Las alteraciones en el ecosistema asociadas a los proyectos de grandes represas son incontables⁸. La **complejidad de las relaciones intersistémicas y los grados de incertidumbre vinculados a los impactos ambientales** de estas obras de infraestructura dificultan la evaluación de la calidad ambiental global del ecosistema en relación a las medidas de mitigación implementadas en el proyecto. Sin embargo, es inevitable realizar un ejercicio de simplificación del sistema para poder priorizar ciertos impactos relevantes y tomar de decisiones de manejo al respecto.
- 2.3 Esta **simplificación se manifiesta en la elección de algunos indicadores** para evaluar determinados aspectos ambientales (como por ejemplo, aire, suelo, agua, vegetación acuática), que si bien no permiten llegar a conclusiones globales sobre el impacto de las medidas de mitigación ambiental en el ecosistema, permiten analizar la efectividad de dichas medidas respecto a los impactos sobre estos aspectos ambientales.
- 2.4 En este caso, OVE realizó un estudio de escritorio para seleccionar los proyectos que ofrecían mayor nivel de calidad de información ambiental en los reportes de validación de los EIA y los reportes de monitoreo para aplicar la metodología desarrollada por OVE en esta evaluación. Esta disponibilidad de información permitiría la comparación de la información ambiental de línea de base y de seguimiento para la evaluación ex-post. El proyecto Hidroeléctrico Porce II cumplía ampliamente con estos criterios⁹.

⁷ Según la literatura al respecto (Gómez Orea, 1999), se entiende como medidas preventivas o protectoras las que evitan los impactos negativos modificando los elementos de la actividad que los origina; medidas correctoras o de mitigación aquellas que anulan, atenúan, corrigen o modifican las acciones y efectos sobre procesos productivos y factores del medio; y medidas compensatorias aquellas que sólo compensan de alguna manera la alteración del factor ambiental afectado. Para efectos de esta evaluación, se utilizará el término “medidas de mitigación” para englobar las tres tipologías, realizando la distinción en caso que sea relevante para el análisis.

⁸ Entre los impactos ambientales (físico-bióticos) negativos asociados a las presas se destacan, entre otros, el impacto sobre la calidad y disponibilidad de los recursos de agua dulce, la fragmentación del ecosistema acuático, la destrucción de manglares, la pérdida de humedales, el cierre de desembocaduras, la pérdida de biodiversidad acuática y terrestre, el aumento de vulnerabilidad frente a cambios climáticos, la intrusión de sal, la emisión de gases efecto invernadero, la disminución de la amortiguación natural de los ríos, el aumento de la reproducción de vectores transmisores de enfermedades y parásitos, entre otros. (WCD, 2000)

⁹ OVE preparó un listado para revisar la información ambiental ex-ante validada por el Banco que consta de cinco secciones: Descripción del proyecto, Información de línea de base ambiental y social, Impactos ambientales y sociales, Alternativas y mitigación, y Temas de Monitoreo y Evaluación. Porce II obtuvo

- 2.5 El contrato entre Empresas Públicas de Medellín E.S.P.¹⁰ (EEPPM) y el Banco Interamericano de Desarrollo para la realización del proyecto Hidroeléctrico Porce II se aprobó en julio de 1994, por US\$ 328 millones, y finalizó en 2001 con la puesta en operación de la Planta Hidroeléctrica. Porce II está localizado en el departamento de Antioquia – Colombia y se compone de un embalse que inunda un área de 890 hectáreas y cuenta con una capacidad eléctrica instalada de 392 MW. Las autoridades ambientales colombianas concedieron la factibilidad ambiental al proyecto en junio de 1991 y la licencia ambiental en diciembre de 1994. Otros permisos adicionales para el aprovechamiento de los Recursos Naturales se obtuvieron en 1997¹¹. Estos retrasos y la ausencia de un marco legal ambiental consolidado en la época de aprobación del proyecto resultaron en el inicio de la construcción de las obras de infraestructura sin un Plan de Manejo Ambiental¹². Posteriormente, EEPPM consolidó los diferentes estudios ambientales de base en un Plan de Manejo Ambiental (PMA, 1994).
- 2.6 La evaluación ex-post del componente físico-biótico elaborada por EEPPM en 2005 en cumplimiento a la cláusula contractual del préstamo con el BID, revisó la pertinencia, eficiencia y eficacia de la gestión ambiental durante la construcción y operación del proyecto para el componente físico-biótico. La evaluación se centró en una comparación entre el estado antes y después de la construcción del proyecto, basado principalmente en la información administrativa del Programa de Seguimiento y Control (PSC) de EEPPM. Este Programa contemplaba inicialmente el monitoreo de **14 aspectos ambientales**¹³, en un ejercicio de simplificación y elección de los aspectos más relevantes según los análisis ambientales realizados por EEPPM y validados por la autoridad ambiental nacional. Posteriormente, por recomendación del BID, se incluyeron cinco aspectos más relacionados con el riesgo de destrucción de la presa, la calidad del agua del río Porce antes de entrar al embalse, la calidad del agua turbinada a la descarga, salud pública y salud y seguridad ocupacional.
- 2.7 La presente **evaluación del impacto de las medidas de mitigación** realizada por OVE es independiente y complementa la evaluación ex-post realizada por EEPPM, llevando las variables ambientales a medidas de calidad ambiental, y

resultados buenos o excelentes para las cinco secciones. Por tanto, la información sobre la viabilidad ambiental y social del proyecto revisada por el Banco se considera que tuvo sólo omisiones menores, pero que en líneas generales ofreció suficiente información de calidad sobre los aspectos ambientales. Los resultados cuantitativos para cada sección del listado de comprobación se situaron entre el 6 y el 38% por encima de la media de una muestra de 22 proyectos de energía desembolsados entre 2000 y 2005 (Ver Informe OVE 2008).

¹⁰ E. S. P.: Empresa de Servicios Públicos.

¹¹ Las demoras se debieron a la falta de recursos técnicos en la autoridad regional Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA), recién creada en el momento de inicio del proyecto Porce II.

¹² Por su parte, el BID contaba con una Política de Medio Ambiente (OP-703, aprobada en 1979), que incluía lineamientos muy generales sobre las áreas de acción del Banco en el sector, que no permitieron guiar de forma concreta el proceso de evaluación ambiental del proyecto.

¹³ Clima, hidrología, inundaciones aguas arriba del embalse, condiciones de navegabilidad aguas abajo, caudales de las quebradas en la zona del túnel de conducción, sedimentación, erosión, vegetación terrestre, vegetación acuática, fauna terrestre, fauna íctica, calidad del aire, calidad del agua en el embalse y paisaje

- haciendo el cálculo a partir de éstas del efecto de mitigación para cada aspecto ambiental priorizado por OVE. Para ello, la evaluación de impacto de las medidas de mitigación utiliza los datos de los diferentes monitoreos realizados por la empresa durante los últimos 10 años; es decir, no se realizan nuevas mediciones ex-post como si se tratara de un nuevo EIA, sino que se analizan las tendencias de calidad ambiental en base a la información de monitoreo generada por EEPPM¹⁴.
- 2.8 Asimismo, esta evaluación actualiza y recalcula los resultados para los criterios de **relevancia, sostenibilidad y eficiencia**, utilizando criterios más amplios a los usados en la evaluación realizada por EEPPM. Finalmente, siendo ésta una evaluación del rol del BID en el acompañamiento de los proyectos, esta evaluación analiza también la **adicionalidad del involucramiento del Banco** en la consecución de mejores resultados ambientales.
- 2.9 **Existen limitaciones en la serie temporal de datos de monitoreo, relacionadas con el estado del arte de la época y la falta de estándares de medición de cada aspecto ambiental**¹⁵, que impiden que los resultados del ejercicio realizado por OVE puedan ser considerados como concluyentes respecto a la calidad ambiental global en la zona del proyecto hidroeléctrico Porce II. Además, no se pudo contar con la información de dos de los aspectos ambientales considerados relevantes inicialmente (Salud Pública y Erosión). Sin embargo, se realizó el ejercicio de evaluación del impacto de las medidas de mitigación para los aspectos ambientales escogidos, como ejercicio y propuesta metodológica para futuros estudios de impacto ambiental ex post y de efectividad de las medidas de mitigación en proyectos de infraestructura.

B. Metodología

- 2.10 Esta evaluación utiliza como principal fuente de información los estudios ambientales ex-ante (1992, 1993, 1994)¹⁶, los requerimientos de las autoridades ambientales nacionales e instituciones multilaterales¹⁷, los planes, programas y actividades contemplados dentro del Plan de Manejo Ambiental del proyecto, y la información administrativa producida por el Programa de Seguimiento y Control Ambiental de EEPPM (Informes de Avance, Informes Anuales de Gestión Ambiental e Informes de Cumplimiento Ambiental). También se solicitó información a los funcionarios de EEPPM que participaron en la gestión ambiental del proyecto, así como a algunos representantes de las autoridades ambientales nacionales involucradas en el control y seguimiento ambiental del proyecto.
- 2.11 Considerando que las afectaciones ambientales producidas durante la fase de construcción cesaron y que el principal efecto ambiental se debe a la presencia y

¹⁴ Esta aproximación está respaldada por la literatura sobre evaluación de impacto ambiental ex-post (Arts et al, 2001; Angus Morrison-Saunders, 2003; Marshall et al, 2005).

¹⁵ Las limitaciones en los monitoreos para cada aspecto ambiental se explican con detalle en las siguientes secciones.

¹⁶ Estudio de Impacto Ambiental (EIA) 1992, Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA) 1993, Plan de Manejo Ambiental PMA 1994)

¹⁷ Resol. 0618 de 1994, Autos del Ministerio del Medio Ambiente, resoluciones de CORANTIOQUIA y Políticas Ambientales del BID de 1979 y 2003.

operación del embalse, esta evaluación se centra en las medidas vigentes para la etapa de operación, aunque el análisis de tendencias ambientales y calidad ambiental también detecta los impactos ambientales generados durante la construcción que causaron cambios en los indicadores ambientales.

1. Definición de los aspectos ambientales

- 2.12 Para la **definición de los aspectos ambientales** a considerar, esta evaluación sigue la recomendación de *Arts et al.* (2001) sobre la realización de un ejercicio de *screening* y *scoping*¹⁸. En este caso, el *screening* se realizó en base a la clasificación ambiental inicial¹⁹ de una muestra de proyectos del sector eléctrico financiados por el Banco terminados hace más de cuatro años. Como el objetivo de esta evaluación es desarrollar una metodología de evaluación ambiental ex-post, se seleccionaron aquellos proyectos con mayor información ambiental ex-ante para realizar este estudio en profundidad. A partir de este *screening*, se realizó una revisión bibliográfica²⁰ y se revisó la información contenida en los diferentes documentos de análisis ambiental ex-ante (EIA e informes de validación del Banco) y monitoreos ambientales, para seleccionar aquellos aspectos ambientales que se consideraron más relevantes²¹ para determinar el impacto ambiental ex-post de alguna de las medidas de mitigación del proyecto y de los cuales se disponía de suficiente información (*scoping*).
- 2.13 **De los 19 aspectos ambientales escogidos y monitoreados por EPPM, el ejercicio de *scoping* determinó que sólo 7 eran relevantes en cuanto a su generación de impactos ambientales significativos para la evaluación ambiental ex-post.** Posteriormente dos de estos siete aspectos fueron descartados por falta de información de suficiente calidad²². Por tanto, se consideraron las tendencias para cinco aspectos ambientales:

¹⁸ De acuerdo con las metodologías de *EIA Follow-up* (que engloba las acciones de monitoreo, auditoría, evaluación y los sistemas de gestión ambiental), se recomienda realizar el ejercicio de determinar primero la necesidad de realizar una evaluación ambiental ex-post para un proyecto concreto (*screening*) y, en el caso de ser necesaria, realizar una priorización de los temas que a ser estudiados en detalle (*scoping*). Este análisis inicial permite asegurar que se realicen evaluaciones ex-post de aquellos proyectos con temas ambientales adversos significativos.

¹⁹ Esta clasificación es realizada por los Ministerios de Medio Ambiente como parte del proceso de Evaluación de Impacto Ambiental, y es validada por el Comité de Medio Ambiente (CESI) del Banco para asegurar la viabilidad ambiental de los préstamos a aprobar. En este caso se consideraron los proyectos con la categorización más alta de impacto ambiental.

²⁰ Dee (1973), Conesa (1997), Ramírez y Viña (1998), CEPIS (2001), Thomaz et al (2004)

²¹ En este caso se consideran aspectos ambientales “relevantes” aquellos sobre los cuales se producen impactos ambientales significativos. Según la bibliografía de EIA internacionalmente aceptada, los impactos significativos son aquellos que impactan sobre la salud y seguridad pública, sobre zonas y ecosistemas considerados sensibles por su interés natural o cultural, o que producen algún efecto regulado por la legislación ambiental, entre otros (BID, 2001).

²² Estos aspectos fueron Erosión (vulnerabilidad erosiva de la cuenca y de las orillas del embalse, como aportes principales de sedimentación) y Salud Pública (aumento de incidencia de enfermedades tropicales transmitidas por vectores en las inmediaciones del embalse). Sin embargo en el Anexo 2 y Anexo 3, respectivamente, se presenta un resumen de la información recabada sobre estos aspectos ambientales.

- a. **calidad del agua**, que engloba la calidad de agua de río aguas arriba, en embalse y agua turbinada, aspecto en el que se esperaban los mayores impactos por la formación de un embalse eutrófico con aguas de regular calidad;
- b. **vegetación acuática invasiva**, por su potencial de crear hábitat para vectores de enfermedades tropicales, la disminución de calidad ambiental por la descomposición de las plantas y colmatación del vaso;
- c. **vegetación terrestre**, por la superficie de bosques de la zona que se perderían a causa de la formación del embalse y las obras conexas del proyecto;
- d. **fauna terrestre**, por el cambio de la población y diversidad faunística, especialmente de mamíferos silvestres a causa de la reducción de la cobertura boscosa ;
- e. **paisaje**, por su gran modificación al pasar de un paisaje lótico a léntico, es decir, de aguas corrientes a aguas estancadas.

2.14 Los aspectos ambientales considerados y los indicadores que se tomaron para cada uno de los cinco aspectos del *scoping* se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 1. Aspectos ambientales e indicadores

Aspectos ambientales		Indicadores Ambientales
1. Calidad del agua	Calidad del agua del río antes del embalse	DBO ₅ Coliformes Totales Fósforo Total Sólidos suspendidos totales
	Calidad del agua en el embalse	
	Calidad del agua turbinada a la descarga	
2. Vegetación Acuática		Cobertura de plantas macrófitas
3. Vegetación Terrestre		Diversidad (Índice de Shannon)
		Número de especies
4. Fauna Terrestre		Diversidad (Índice de Shannon)
		Número de especies
5. Paisaje		% Superficie cubierta
		Superficies por uso ponderadas

Fuente: OVE, en base al ejercicio de scoping aplicado a la información del Programa de Seguimiento y Control de EEPPM,

2. Criterios Evaluativos

2.15 Cada aspecto ambiental recibió una calificación de acuerdo a los siguientes **criterios evaluativos: relevancia, efectividad de las medidas de mitigación y resultados sobre la calidad ambiental, eficiencia, sostenibilidad, grado de cumplimiento de la normatividad ambiental y adicionalidad del Banco** en la obtención de mejores resultados de calidad ambiental.

- 2.16 Para los **criterios de evaluación de relevancia y efectividad** se definió una escala de 1 a 4, con modificaciones para cada aspecto ambiental. En general refiere: (1) Insatisfactorio; (2) Parcialmente Insatisfactorio; (3) Satisfactorio; y (4) Muy Satisfactorio. El resto de criterios evaluativos se analizaron de forma global (para todos los aspectos ambientales) y, en la medida de lo posible, se consideró la información de monitoreo disponible para cada aspecto para ofrecer lineamientos sobre las necesidades de información para mejorar su evaluación en futuros ejercicios. La siguiente tabla explica cada uno de estos criterios.

Tabla 2. Criterios evaluativos y su aplicación

Criterios de Evaluación	Aplicación de los criterios
Relevancia	La relevancia de las medidas de mitigación se realiza teniendo en cuenta la identificación de los posibles impactos del proyecto con relación a los reportados en la literatura para proyectos de similares características, así como de las medidas o acciones recomendadas en la literatura internacional para prevenir, mitigar o compensar esos impactos ²³ .
Efectividad	<p>La efectividad de las medidas de mitigación se mide a través de comparación de valores de tendencia de los indicadores ambientales desde la línea base (Vlb) hasta el valor del último informe de monitoreo (Vex-post) con valores de referencia de la normativa o valor deseado (Vref), previa consideración de los métodos de muestreo para asegurar la comparabilidad entre periodos de medición.</p> <p>La comparación de los resultados de las medidas de gestión ambiental entre la línea base y la situación ex-post se realiza a través de la transformación de los valores de los diferentes indicadores ambientales monitoreados en Índices de Calidad Ambiental (ICA).</p> <p>Además este ejercicio propone el cálculo del Efecto de las Medidas de Mitigación (EMM) a través de la comparación de los índices de calidad ambiental ponderados para cada aspecto ambiental con proyecto con medidas de mitigación (situación real ex-post) con el escenario si no se hubieran implementado dichas medidas de mitigación (con proyecto y sin mitigación).</p>
Eficiencia	La eficiencia en la implementación de las medidas de mitigación se mide a través de la comparación del tiempo y recursos económicos utilizados para implementarlas respecto a los previstos en la DIA.
Sostenibilidad	La sostenibilidad de las medidas de mitigación se mide a través de la evaluación de la capacidad institucional de EEPPM en cuanto a las diferentes fases que engloba su gestión ambiental (planeación; ejecución; evaluación y control; y coordinación y comunicación). Además, se realizó un análisis de la capacidad de monitoreo y control por parte de las autoridades ambientales: Ministerio del Medio Ambiente y la Corporación Autónoma Regional (CORANTIOQUIA).
Adicionalidad	La adicionalidad del Banco en la consecución de mejores resultados ambientales, tanto en la etapa de prefactibilidad de las condiciones ambientales en el momento en que el proyecto Porce II fue considerado como posible préstamo en el Banco, como durante el monitoreo del préstamo.

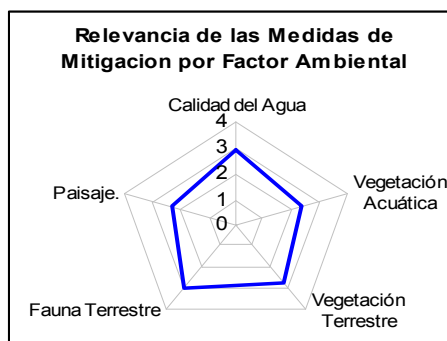
²³ La evaluación de la relevancia de las medidas de mitigación se realiza en base a las formulaciones realizadas en la Declaratoria de Impacto Ambiental DIA (EEPPM, 1993), al margen que el plan o programa de mitigación haya sido efectivo en su aplicación, tema que se evalúa a través del criterio de efectividad.

III. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN

A. Relevancia de las Medidas de Mitigación

- 3.1 **La relevancia de las medidas de mitigación se analiza en relación a las reportadas en la literatura para proyectos de similares características²⁴**, sin tener en cuenta la implementación de las mismas, ni la calidad de dicha implementación. Así, este criterio de evaluación se refiere al grado de conocimiento de EEPPM sobre los impactos que podría causar el proyecto y las acciones recomendadas para mitigarlos.
- 3.2 **En general, y a pesar de que el proyecto fue diseñado antes del desarrollo del marco legal de manejo ambiental de proyectos de infraestructura en Colombia, las medidas propuestas por EEPPM para mitigar los impactos ambientales fueron relevantes para los cinco aspectos ambientales considerados²⁵**, destacando que ni la implantación ni el seguimiento de las mismas es captada en la evaluación de este factor ambiental.

Figura 1. Relevancia de las Medidas de Mitigación



Fuente: elaboración propia

1. Calidad del Agua

- 3.3 El Río Porce, a su paso por el Valle de Aburrá y la ciudad de Medellín y antes de llegar al embalse de Porce II, recibe un gran aporte de contaminación. Por esta razón, ya en los primeros estudios ambientales se predecían una serie de impactos ambientales entre los que destacaba un fuerte deterioro de la calidad del agua del embalse, como impacto negativo de gran importancia ecológica (DIA, 1993). Asimismo, debido a la retención de contaminantes como consecuencia del represamiento del agua en el embalse, se predecía como un impacto positivo importante la mejora de la calidad de las aguas río abajo.

²⁴ Ver análisis en el Anexo 1. Análisis de los criterios ambientales.

²⁵ Escala:

0-1: Insatisfactorio. Ítem no considerado por EEPPM y considerado relevante en experiencias similares, pudiendo ocasionar deterioro de la calidad ambiental.

1-2: Parcialmente Insatisfactorio. Ítem considerado por EEPPM, pero no referido como relevante en experiencias similares o sin que a juicio de los expertos sea relevante en este caso.

2-3: Satisfactorio. Medida considerada por EEPPM y reconocida en experiencias similares.

4: Altamente satisfactorio. Ítem considerado y/o implementado por EEPPM, y muy importante para asegurar la calidad ambiental de la zona.

- 3.4 **Las medidas de mitigación propuestas para los potenciales impactos relacionados con este aspecto ambiental** fueron la construcción de dos plantas de tratamiento de aguas residuales aguas arriba, para evitar embalsar aguas muy contaminadas, y el control de erosión y sedimentación ocasionadas por el proyecto o procedentes de otras zonas de la cuenca. También se consideró un Plan de Manejo Integral de los residuos sólidos flotantes en el embalse, que son retirados, seleccionados y si es posible recuperados, a través del trabajo realizado por medio de contratos con asociaciones comunitarias de las zona de influencia del embalse de Porce II.
- 3.5 La **relevancia** de las medidas de mitigación propuestas por EEPPM para el proyecto Porce II se midió a través de la ponderación de cada uno de los impactos identificados y de las acciones propuestas para mitigarlos contenidos en la Declaratoria de Impacto Ambiental (DIA, 1993) en relación con los reportados en la literatura para proyectos de similares características. A partir de esta ponderación, utilizando una escala de 1 a 4, se obtuvo una calificación de **relevancia satisfactoria** (2,93) de las medidas de mitigación propuestas respecto a la calidad del agua (ver Tabla 1 en Anexo 1). Este hallazgo denota que, al momento de la definición del DIA, EEPPM contaba con un conocimiento adecuado y suficiente de los impactos que podrían ocasionarse y las acciones usualmente recomendadas para mitigarlos²⁶.
- 3.6 Sin embargo, cabe matizar que **la relevancia de las medidas no captura la efectiva implementación de las mismas**. De hecho, en la práctica, sólo se construyó, y con retraso, una de las dos plantas de tratamiento que se proponían en los estudios de la DIA (1993)²⁷. Además, las acciones que se suponía realizarían las autoridades regionales y gubernamentales encargadas del manejo de la cuenca para reducir la erosión y sedimentación no se implementaron como se preveía en la DIA (1993).

2. Vegetación Acuática Invasiva

- 3.7 En 1989 se realizaron los primeros muestreos en diferentes cuerpos de agua existentes en la zona del proyecto (lagunas, pantanos y márgenes del río Porce) y se identificaron 43 especies de vegetación macrófita semiacuática y 2 especies acuáticas. De acuerdo con los resultados de este estudio y las recomendaciones de la literatura existente, no se consideró ninguna de las especies encontradas como potencial invasora (EEPPM, 1993) por lo que este impacto se calificó de importancia ecológica media sobre la calidad del embalse. Con base a estos resultados y a la experiencia de EEPPM con otros embalses donde no se presentaron problemas de invasión, se propuso como medida de mitigación la

²⁶ Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), Agencia Internacional de Energía (IEA), CEPIS, 2001; EEPPM, 1992 y otras experiencias con hidroeléctricas del BID.

²⁷ Se esperaba que el saneamiento del río Medellín comenzara con una primera etapa (1994-1998) en la que se tratara un 20% de las aguas residuales de la ciudad en la Planta de San Fernando. Esta planta no entró en funcionamiento hasta el año 2000. La segunda planta esperada, Planta de Bello, que debería tratar el 80% restante está todavía en construcción en 2008, cuenta con los diseños pero EEPPM está todavía en negociaciones con el municipio para la compra del terreno donde estará ubicada.

extracción manual del material vegetal. El Ministerio del Medio Ambiente propuso, en su momento, la realización de un estudio sobre el posible control biológico de estas especies. Adicionalmente, se planteó el monitoreo y seguimiento de la proliferación de malezas no detectadas en la zona de estudio como *Eichornia crassipes* y *Lemna sp* consideradas altamente invasoras.

- 3.8 En 2001, se realizó el primer muestreo después del llenado del embalse y se detectó la presencia de dos especies invasoras. Esto dio comienzo a las actividades de remoción manual del material. Para esta evaluación, se consideró la línea base para ese año. En 2004, se empezaron a estudiar las tasas y curvas de crecimiento del *Eicchoria crassipes*²⁸, planta macrófita altamente invasora, reportando mayores biomásas en zonas poco profundas y cerca a las colas de embalse (Informe de Cumplimiento ambiental, EEPPM, 2005). A pesar de que las macrófitas son consideradas como una afectación del medio sobre el proyecto (DIA, 1993), la ubicación del embalse Porce II en clima tropical junto a la baja calidad del agua entrante (PMA, 1994 y EEPPM, 2002a), favorecen el desarrollo y proliferación de malezas acuáticas invasivas. La identificación temprana de este escenario hubiese permitido predecir el crecimiento masivo de macrófitos y recomendar la implementación de medidas de mitigación más severas en la DIA y en el Plan de Manejo Ambiental; dichas medidas posiblemente hubiesen podido regular las invasiones observadas en el 2002, 2006-2008.
- 3.9 En general, la evaluación de la **relevancia** de las medidas de mitigación respecto a las recomendadas por la literatura para vegetación acuática invasiva es **satisfactoria** (2,34) (Tabla 2 del Anexo 1). Analizando en detalle, la identificación de los impactos de este tipo de especies contenida en la DIA (1993) fue satisfactoria respecto a la mayor parte de efectos nocivos recogidos en la literatura. Sin embargo, en relación con la identificación de las acciones propuestas, se obtiene una calificación más baja, ya que algunas de las acciones recomendadas por la literatura no fueron consideradas. Por ejemplo, no se realizaron los estudios necesarios con la profundidad suficiente ni se buscó asesoría con otras entidades con experiencia en el tema hasta que la proliferación de macrófitos se extendió en 2007.

3. Vegetación Terrestre

- 3.10 Entre los principales impactos identificados en la DIA (1993), se menciona la pérdida de 160 ha de bosque y vegetación arbustiva y 2.148 ha de pastizales. El mismo documento predice que habrá un enriquecimiento florístico y un incremento del área forestal gracias a las medidas de mitigación contempladas en la DIA (1993). Estas medidas fueron el establecimiento y manejo de zonas de protección, el control y vigilancia de los recursos naturales y campañas educativas para prevenir el deterioro de los bosques de la zona del proyecto. Como medidas compensatorias se establecieron el fomento forestal y la conservación de zonas boscosas, así como un programa de reforestación en la cuenca y la conservación de las zonas boscosas existentes en los alrededores del proyecto.

²⁸ Nombre común: jacinto de agua.

- 3.11 La **relevancia** de las medidas de mitigación propuestas para el manejo de impactos sobre la vegetación terrestre ha sido **satisfactoria** (2,78) (Ver Tabla 3 del Anexo 1). Si bien se detectaron varios impactos considerados relevantes en la literatura que no fueron incluidos en la DIA, (i.e. la fragmentación de ecosistemas boscosos, cambios en la composición de la flora, pérdida de poblaciones ribereñas), los impactos identificados por EEPPM son aquellos considerados como más relevantes de acuerdo a la mayor parte de las fuentes especializadas²⁹. Asimismo, la identificación de las acciones concretas para mitigar impactos relacionados con este aspecto ambiental aparece más completa en la DIA, respecto a la literatura consultada.

4. Fauna Terrestre

- 3.12 El primer estudio de fauna terrestre (vertebrada) utilizado como línea base en el Estudio de Impacto Ambiental (EIA, 1992) sólo muestra datos de riqueza de especies sin discriminación taxonómica, y es claramente preliminar, pues los registros de especies probablemente derivaron sólo de observaciones en campo y entrevistas a pobladores³⁰. En 1994, el Plan de Seguimiento y Control (PSC) de EEPPM reconoce que el deterioro y la reducción de la cobertura boscosa pueden mermar significativamente la población y diversidad faunística de la zona, especialmente de mamíferos silvestres. Sin embargo, se prevé que la formación de un nuevo ecosistema y las medidas de mitigación previstas establecerán condiciones favorables para el enriquecimiento faunístico de la región. Entre estas medidas se incluyeron diferentes actividades de control y prevención de la afectación a fauna debido a actividades humanas (caza y pesca), así como temas de educación ambiental a la población en general, programas de salvamento de la fauna durante el llenado y la creación de zonas boscosas de protección alrededor del embalse para proveer hábitat a la fauna desplazada.
- 3.13 Esta evaluación considera la **relevancia** de las medidas de mitigación propuestas como **muy satisfactoria** (3,07) respecto a las recomendadas por la literatura³¹, ya que la mayoría de las acciones definidas apuntan al aseguramiento de las posibilidades de mantenimiento, repoblamiento y recolonización por parte de la fauna afectada (Ver Tabla 4 del Anexo 1). Sin embargo, hay que destacar que algunas de las acciones previstas para mitigar estos impactos no fueron implementadas adecuadamente ni monitoreadas con posterioridad. Por ejemplo, en el caso del seguimiento de la fauna reubicada, no se midió la efectividad de la señalización y los pasos de fauna por debajo de las vías para evitar atropellos de animales, ni se realizaron los estudios de la posible afectación a especies amenazadas o endémicas.

²⁹ Unidad de Planeación Minero Energética de Colombia (UPME), International Energy Agency (IEA).

³⁰ Sólo se determinaron 23 familias y 14 especies, contando con muy pocas especies de pequeños mamíferos voladores y no voladores, lo cual indica la no implementación de metodologías de captura (trampas y redes). Tampoco se indican los sitios de muestreo, la metodología ni los esfuerzos de muestreo empleados.

³¹ Referencias de entidades como UPME, EEPPM, IEA, WB, WCD.

- 3.14 Así, si bien las medidas de mitigación propuestas han sido relevantes, su implementación y seguimiento no han sido consistentes a lo largo del tiempo. Los estudios y monitoreos de fauna terrestre (vertebrada) realizados en 1996 y 1999 toman en cuenta algunos de los lineamientos de monitoreo del PSC (zonas y coberturas de muestreo e indicadores ambientales), pero no se realizan de forma estandarizada. Posteriormente, los monitoreos de 2001 y 2004 presentan cambios en la ubicación y categorización (tipo de cobertura) de algunas parcelas debido a problemas en el acceso a algunos sitios. Finalmente, en el monitoreo de 2006 se mantuvo la coherencia de denominación de coberturas con el de 2004, aunque se evaluaron menos parcelas³². En resumen, no se ha mantenido una continuidad en la aplicación de los métodos utilizados durante los monitoreos de fauna terrestre³³, condición indispensable para la validez y comparabilidad de los resultados.

5. Paisaje

- 3.15 La DIA (1993) establece como impacto principal esperado la degradación del paisaje en la zona de embalse y en los sitios de obra. Como principales medidas de mitigación se señalan obras de embellecimiento paisajístico (engramados, trampas de sedimentos en el embalse, establecimiento de vegetación arbórea y arbustiva) y tratamiento de sitios de depósito.
- 3.16 Esta evaluación encontró que las medidas relacionadas con la mitigación del impacto del desarrollo del proyecto sobre el paisaje han sido, en general, una **relevancia relevante** (2,3)³⁴. Sin embargo, cabe mencionar que las medidas de mitigación relacionadas con la reducción del aporte de sedimentos al embalse y la regulación hídrica del mismo han obtenido una calificación más satisfactoria (2,30) que las asociadas al mejoramiento de la calidad visual del paisaje (1,9). De hecho, si se centrara el análisis sobre la importancia paisajística, desde el punto de vista de la integración con ecosistemas estratégicos en el contexto regional, de su función social y económica (paisaje productivo) y de la totalidad de sus funciones ecológicas, se obtendría una calificación de relevancia sólo parcialmente satisfactoria (Ver Tabla 6 del Anexo 1).

B. Análisis de la Efectividad de las Medidas de Mitigación y sus Resultados sobre la Calidad Ambiental

- 3.17 Tal y como se ha discutido en el apartado de alcance y objetivos del estudio, las limitaciones en la calidad de algunos de los datos de monitoreo impiden concluir sobre la efectividad de las medidas de mitigación implementadas en el proyecto y

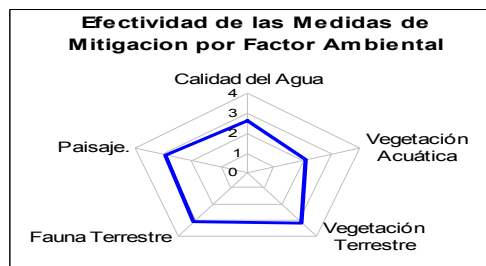
³² Ver Tabla 5 y Figuras 1, 2 y 3 con mapas de sitio de monitoreo en el Anexo 1.

³³ Los métodos de muestreo utilizados han sido de captura directa (trampas Sherman, Tomahawk y redes de niebla), registros visuales de campo y métodos indirectos (rastros, huellas, encuestas a cazadores). En cambio no se detallan o no son comparables el esfuerzo realizado en cada monitoreo (número de días de muestreo, número de trampas o redes/día, momento hidrológico).

³⁴ Para valorar la relevancia de las medidas de mitigación propuestas para el manejo de impactos sobre el Paisaje, esta evaluación no se centró sobre la totalidad de los impactos y acciones, sino que se limitó a un análisis respecto a las categorías generales para cada medida de mitigación y acciones mencionadas en la literatura.

- sus resultados sobre la calidad ambiental global del mismo³⁵. Sin embargo, se ha realizado el ejercicio de análisis de la efectividad para cada uno de los aspectos ambientales priorizados por OVE con el fin de ofrecer lineamientos para la aplicación futura de esta metodología cuando los datos lo permitan.
- 3.18 La metodología desarrollada por OVE propone medir **la efectividad de las medidas de mitigación** aplicadas a partir de la comparación de los valores de los indicadores reportados en los monitoreos con los *valores de referencia* para cada uno de los aspectos ambientales seleccionados. Para ello, se identifica el rango de variación posible de cada indicador y se generan una serie de curvas teóricas tipo Battelle³⁶ para transformar los valores de monitoreo en términos de calidad ambiental. Estas curvas permiten obtener un Índice de Calidad Ambiental (ICA), normalizado a una escala de 0 a 1 (0 para la peor calidad y 1 para la mejor calidad)³⁷.
- 3.19 Teniendo en cuenta las limitaciones en el análisis y considerando los datos disponibles, la **efectividad de las medidas de mitigación** obtiene una calificación **satisfactoria** para los casos de vegetación terrestre y fauna terrestre y **parcialmente insatisfactoria** para el resto de los aspectos considerados³⁸.

Figura 2. Efectividad de las Medidas de Mitigación



Fuente: elaboración propia.

³⁵ El análisis de la calidad ambiental global del proyecto requeriría realizar la ponderación de los indicadores ambientales analizados por aspecto ambiental. La sumatoria de los valores de ponderación se utiliza como el 100% para calcular el valor relativo de cada uno de los indicadores, llamados en la literatura Unidades de Importancia del Parámetro (UIP).

³⁶ CONESA FDEZ-VITORA V. 1997. Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. 3ra ed. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. Dee, N. *et al.* 1973. *An environmental evaluation system for water resource planning. Water Resources Research*, vol. 9, no. 3, pages 523–535.

³⁷ Para cada indicador se identificó el rango de variación y se generaron curvas de calidad ambiental tipo Battelle, extraídas o ajustadas de Conesa (1997) y Ramírez y Viña (1998) y/o de valores de referencia citados en CEPIS (2001), Ramírez y Viña (1998) y Thomaz et al (2004). Estas curvas permiten obtener un Índice de Calidad Ambiental (ICA), normalizado a una escala de 0 a 1 (0 para la peor calidad y 1 para la mejor calidad). Para las variables de diversidad de especies y riqueza de especies (fauna y vegetación terrestre) se adaptó una función Beta acumulada por su forma sigmoide (curva logística). Este tipo de curvas se emplean para poblaciones cuyo crecimiento puede estar limitado por la disponibilidad de recursos. Para las demás variables se buscaron las funciones de la calidad ambiental, usando tres tipos de funciones: 1. la logarítmica de la forma $K(x')=a+b*\ln(x')$ (DBO, coliformes totales y vegetación acuática), 2. la lineal (fósforo total y sólidos suspendidos totales) y 3. la cuadrática (paisaje).

³⁸ Se realizó sólo un análisis preliminar sobre la efectividad de las medidas de mitigación para los aspectos de Erosión y Salud Pública por falta de calidad de la información de monitoreo, cuyos resultados se muestran en el Anexo 2 y 3, respectivamente.

- 3.20 Este análisis de efectividad se complementó con la estimación del **Efecto de las Medidas de Mitigación (EMM)** implementadas a través de una metodología innovadora para la valoración de la calidad ambiental³⁹. Con este objetivo, se calcularon para cada uno de los indicadores ambientales las Unidades de Impacto Ambiental (UIA), a partir de los Índices de Calidad Ambiental (ICA) ponderados según las Unidades de Importancia del Parámetro (UIP) para cada uno de los indicadores ambientales⁴⁰:

Tabla 3. Unidades de Importancia del Parámetro (UIP)

Aspecto ambiental	Indicadores Ambientales	UIP
Calidad del agua	DBO ₅	0.061
	Coliformes Totales	0.037
	Fósforo Total	0.085
	Sólidos suspendidos totales	0.061
Vegetación Acuática	Cobertura de plantas macrófitas	0.146
Vegetación Terrestre	Diversidad (Índice de Shannon)	0.073
	Número de especies	0.110
Fauna Terrestre	Diversidad (Índice de Shannon)	0.073
	Número de especies	0.110
Paisaje	% Superficie cubierta	0.098
	Superficies por uso ponderadas	0.146
Total		1.000

Fuente: elaboración propia.

- 3.21 Asimismo, se construyeron 3 escenarios para comparar los valores de calidad ambiental (UIA) según la condición *con o sin proyecto*, y *con o sin medidas de mitigación*:
- Escenario de la situación “sin proyecto”**, que corresponde a la situación inicial calculada con los promedios de los valores de UIA para cada indicador antes de iniciarse las obras de construcción (1989 -1994)⁴¹.
 - Escenario de la situación “con proyecto y con medidas de mitigación”** que corresponde a la situación real ex-post calculada con los promedios de los valores de UIA para cada indicador registrados durante las fases de construcción y/o operación (1995-2007)⁴².

³⁹ Considerando el estado del arte en las prácticas de monitoreo ambiental al inicio del proyecto y las limitaciones metodológicas encontradas en los datos de monitoreo realizados por EEPMP (entre ellas la imposibilidad de establecer comparaciones a lo largo del tiempo por la falta de comparabilidad de las metodologías utilizadas), no se han podido extraer conclusiones de este análisis sobre el Efecto de Mitigación sobre cada aspecto ambiental.

⁴⁰ $UIA = ICA * UIP$

⁴¹ Para la calidad de agua se consideran los monitoreos de 1989 a 1994, para paisaje los estudios de línea base (1996); para vegetación terrestre (1996,1998); para fauna terrestre (1994, 1996, 1998), y para vegetación acuática (1998).

⁴² Para calidad de aguas son los promedios de la construcción y operación para todos los indicadores (1995-2007), para vegetación acuática se tomaron datos anuales (2001 a 2007); para fauna terrestre se tomaron datos de los monitoreos (2001, 2004, 2006); para vegetación terrestre (2004, 2006), y para paisaje datos de monitoreo (2001, 2005 y 2006).

- c. **Escenario de la situación “con proyecto y sin medidas de mitigación”** que corresponde a una situación hipotética de lo que hubiese ocurrido si no se hubiesen implementado las medidas de mitigación calculada a partir de la extrapolación semicuantitativa del escenario sin proyecto (1989-1994) hasta el año 2007⁴³.
- 3.22 La comparación entre los valores de las UIA en los diferentes escenarios permiten el cálculo del **cambio neto** y el **efecto de las medidas de mitigación**, definidos como:
- CAMBIO NETO**: diferencia entre el valor de las UIA en el escenario *con proyecto con medidas de mitigación* y el valor de las UIA para el escenario *sin proyecto*
 - EFFECTO DE LAS MEDIDAS DE MITIGACIÓN (EMM)**: diferencia entre el valor de las UIA en el escenario *con proyecto sin medidas de mitigación* y el valor de las UIA para el escenario *con proyecto con medidas de mitigación*.
- 3.23 A continuación se evalúan en detalle cada uno de estos aspectos ambientales y las limitaciones metodológicas encontradas en los datos de monitoreo.
- 1. Calidad de Agua**
- 3.24 Para el estudio de la calidad del agua se eligieron, inicialmente, **seis indicadores de calidad tomados en diferentes sitios de muestreo**⁴⁴. Los indicadores seleccionados fueron: **Oxígeno Disuelto (OD), Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Coliformes Totales (CT), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Fósforo Total (PT), y Estado Trófico**⁴⁵. Para cada uno de estos indicadores, se computaron los valores obtenidos durante los monitoreos realizados desde 1989 hasta 2006 (Tabla 7 del Anexo 1). Para determinar la efectividad de las medidas de mitigación sobre la calidad del agua, se compararon los valores de estos indicadores en la línea base y en operación, respecto a los valores de referencia⁴⁶ (Tabla 4).
- 3.25 Los resultados de este ejercicio muestran que los valores de los indicadores de calidad del agua son mejores **aguas abajo del embalse** respecto a la situación previa al proyecto, por lo que se considera que la efectividad de las medidas de mitigación es **altamente satisfactoria** (3,4) en este tramo, mientras los valores para estos mismos indicadores **aguas arriba y en el embalse** fueron parcialmente

⁴³ A partir de la gráfica de tendencias obtenida con los datos de la línea base, para los diferentes indicadores ambientales, se ajustaron las prospectivas presentadas por EEPPM (DIA, 1993) para las tendencias de la zona de influencia en ausencia de la implementación de las medidas de mitigación, como simulación contrafactual.

⁴⁴ Ver Figura 4 del Anexo 1 para el detalle de los diferentes sitios de muestreo.

⁴⁵ La evaluación de OVE detectó incongruencias en los datos de monitoreo de algunos indicadores de calidad del agua, por lo que para evaluar la calidad ambiental de este factor ambiental se utilizaron sólo 4 de los 6 indicadores considerados inicialmente; Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), coliformes totales (CT), sólidos suspendidos totales (SST) y fósforo total (PT).

⁴⁶ Se refiere a los valores deseables antes de la construcción del embalse y en el embalse después de la puesta en marcha de las plantas de tratamiento contempladas en el Plan de Manejo Ambiental.

aceptables, por lo que la efectividad de las medidas de mitigación se considera solo **satisfactoria** (2,2). Este resultado ratifica la predicción de la DIA de que el embalse se comportaría como una trampa de materia orgánica, coliformes, sólidos suspendidos y fósforo, por tanto, reduciendo la carga contaminante del agua en el río aguas abajo. Pese a los problemas metodológicos durante el monitoreo del estado trófico del embalse, también los datos de este aspecto parecen confirmar la predicción del Estudio Ambiental (1992) de que se contaría con un embalse eutrófico⁴⁷.

Tabla 4. Efectividad de la medida de mitigación para mejorar la calidad del agua del río Porce.

Medida de Mitigación	Indicador de monitoreo	Valor Línea Base			Valor de referencia			Valor en Fase de Operación			Calificación Efectividad ⁴⁸		
		A ar	Em	A ab	A ar	Em	A ab	A ar	Em	A ab	A ar	Em	A ab
1. Impulsar Programa de tratamiento de aguas residuales en el Valle de Aburrá.	DBO ₅ (mg/l)	5-108	2-15	2-7	<11	<11	<ag ar	5-90	2-26	2-10	2	2	4
	OD (mg/l)	3,3-8,5	0-12	1-2,1	>7,5	>4,0	>2	4,2-7	0-15	0,8-6,4	2	2	1
	Coliformes totales (NMP/100ml) *10 ⁴	≤240	≤1,2	≤0,5	≤240	≤1,2	<ag ar	≤240	≤2	≤160	3	2	4
2. Controlar la erosión y la sedimentación ocasionadas por el proyecto (EEPPM, 1994).	SST (mg/l)	≤1608	≤125	≤38	<150	≤125	<ag ar	≤1250	1-488	≤65	2	2,5	4
	Fósforo Total (mg/l)	≤2,1	≤0,7	≤0,6	<0,1	<0,005	<ag ar	≤1,49	≤1,73	≤0,7	2	2	4
	Estado Trófico (Biomasa algal, clorofila a) (mg/m ³)		41-239 (2003)			<31			6-239			2,5	
Calificación promedio											2,2	2,2	3,4

Nota: A ar: aguas arriba del embalse, Em: embalse, A ab: Aguas abajo de descarga. Efecto de mitigación, por comparación de valores (operación, tendencia y deseado o referencia).

Fuente: elaboración propia.

3.26 A pesar de que las medidas de mitigación para mejorar la calidad de agua del río Porce han sido, en general, efectivas, el cálculo del Índice de Calidad Ambiental (ICA) del agua⁴⁹ muestra que, en ningún caso, la calidad ambiental de los

⁴⁷ La evaluación del estado trófico del embalse con indicadores diferentes durante los diferentes monitoreos dificulta su comparación. Para 2001 y 2002 se utilizaron los valores de fósforo, para 2003 y 2004 los datos de clorofila a, para 2005 y 2006 se midió con los métodos LACAT e Índice del Estado trófico modificado por Toledo.

⁴⁸ Escala:

0-1 Insatisfactorio. Tendencia de calidad ambiental negativa, valores de indicadores peores a la línea de base, causado por el proyecto

1.1-2 Parcialmente Insatisfactorio. Tendencia de calidad ambiental negativa, valores de indicadores peores a la línea de base, no causados de forma directa por las actividades del proyecto.

2.1-3 Satisfactorio. Valores iguales a la línea de base.

3.1-4 Altamente satisfactorio. Valores mejores a los de la línea de base o que se ajustan a los de referencia.

⁴⁹ De la misma manera, los resultados de la evaluación de *calidad ambiental* a través del análisis de los indicadores ambientales seleccionados (DBO₅, los sólidos suspendidos y los coliformes en el río Porce antes del embalse y después de la descarga de aguas turbinadas) a lo largo del tiempo muestra picos importantes después de la entrada en operación del proyecto en 2001 (Figura 5, Anexo 1). Para calcular el Índice de Calidad Ambiental (ICA) de cada indicador, la evaluación de OVE construyó las funciones de

indicadores propuestos puede ser considerada como aceptable, pese a que la calidad del agua es mejor aguas abajo del embalse (ICA: 0,42) (Tabla 5).

Tabla 5. Índice de Calidad Ambiental del agua en el Río Porce

Medida de Mitigación	Indicador de monitoreo	Calidad Ambiental*		
		[0,0 - 1,0]		
		A ar-	Em	A ab
1. Impulsar Programa de tratamiento de aguas residuales en el Valle de Aburrá. 2. Controlar la erosión y la sedimentación ocasionadas por el proyecto (PSCF, 1994).	DBO ₅ (mg/l)	0,3	0,45	0,65
	OD (mg/l)	0,76	0,5	0,63
	Coliformes totales (NMP/100ml)	0	0,03	0
	SST (mg/l)	0	0,5	0,84
	Fósforo Total (mg/l)	0	0	0
	Biomasa algal (clorofila a) (mg/m ³)		0,4	
Calidad Ambiental (Promedio)		0,21	0,31	0,42

Nota: A ar: aguas arriba del embalse, Em: embalse, A ab: Aguas abajo de descarga.

**Agregación de indicadores de calidad ambiental por normalización de valores de indicadores ambientales a funciones de valor (0 peor calidad ambiental, 1 mejor calidad ambiental).*

Fuente: elaboración propia.

3.27 Respecto al **Efecto de las Medidas de Mitigación (EMM)** implementadas para el proyecto, se realizó el análisis de los tres escenarios (“sin proyecto”, “con proyecto y con medidas de mitigación” y “con proyecto sin medidas de mitigación”), con los siguientes resultados:

Tabla 6. Efecto de las medidas de mitigación para el aspecto Calidad de Agua

Aspecto ambiental	Indicador ambiental	(1) UIA Sin proyecto	(2) UIA Con proyecto con MM	Cambio Neto (2)-(1)	(3) UIA Con Proyecto Sin MM	EMM (3)-(2)
Calidad de Agua	DBO ₅	0,0162	0,0237	0,0075	0,0091	-0,0146
	Fósforo	0,0033	0,0060	0,0027	0,0000	-0,0060
	Sólidos suspendidos totales	0,0166	0,0338	0,0172	0,0122	-0,0216
	Coliformes Totales	0,0000	0,0080	0,0080	0,0000	-0,0080

Notas UIA. Unidades de Impacto Ambiental

Cambio neto: diferencia entre los valores con proyecto (1994-2007) y sin proyecto (1989-1994).

EMM: Efecto Medidas de Mitigación, diferencia entre los valores del proyecto con y sin medidas de mitigación

Fuente: elaboración propia.

valor logarítmico [$K(x')=a+b*\ln(x')$] para la DBO₅ y coliformes totales; lineal para el fósforo total y los sólidos suspendidos totales] que correlacionan estos indicadores con valores de calidad ambiental entre 0 y 1 según la literatura correspondiente (Ramírez y Viña, 1998 y CEPIS, 2001). La relación de valores resultantes y la representación gráfica de estas funciones se muestra en la Tabla 7 y en las Figuras 6, 7, 8 y 9 del Anexo 1. Posteriormente se realizó una evaluación de los valores de los monitoreos de cada indicador respecto a los valores ICA obteniendo resultados sobre el cambio de calidad ambiental desde la línea base a los valores en operación en el río antes de represararlo en el año 2000; aguas arriba, en el embalse y aguas abajo de la descarga hasta los últimos monitoreos de 2006.

- 3.28 De acuerdo con la DIA (1993), la situación esperada “sin proyecto” indicaba que las iniciativas tendientes a atender los problemas ambientales asociados con el río Medellín mostraban alguna mejoría desde el punto de vista de tratamiento de desechos y basuras, mientras que otros aspectos apuntaban hacia una continuación del deterioro ambiental observado, como la menor calidad del agua asociada con el avance de la minería, con la introducción de maquinaria pesada para el movimiento de material aluvial y con el incremento de la población.
- 3.29 Si bien los valores recogidos en la Tabla 6 indican un efecto positivo en el efecto de las medidas de mitigación, hay que tener en cuenta los problemas de monitoreo y la falta de implementación en alguna de las medidas de mitigación previstas⁵⁰, por lo que la ligera mejora de los indicadores en la calidad de agua no se puede atribuir a las medidas de mitigación del proyecto sino más bien al efecto natural del represamiento de aguas con alta carga contaminante. Tampoco se han observado cambios significativos desde la línea base hasta la actualidad que permitan concluir que el proyecto en sus ocho años de operación ha tenido un impacto positivo en la calidad del agua.

2. Vegetación Acuática

- 3.30 **La efectividad de las medidas de mitigación relacionadas con la vegetación acuática invasiva se realizó sobre la base de dos indicadores: porcentaje del área del embalse cubierta por macrófitas y toneladas de material extraído del embalse**⁵¹. El *valor de referencia* considerado, a partir de los datos existentes en los estudios de Porce II, fue el punto de equilibrio entre el área ocupada por material vegetal y la capacidad de extracción del mismo utilizando el método manual, valor fijado en 11 ha de cobertura de embalse y 6500 tn de macrófitos extraídas al año. Esto significa que, por encima de este valor de referencia, la medida de mitigación propuesta “remoción manual de material vegetal” deja de ser efectiva y se debe utilizar una remoción mecánica, no contemplada en las medidas de mitigación inicialmente propuestas.
- 3.31 La comparación de los valores de estos indicadores en la línea base y durante la operación respecto al valor de referencia (Tabla 7) muestran que la **efectividad** de las medidas de mitigación fue sólo **parcialmente satisfactoria** (2.0), ya que se tuvo que cambiar la medida de mitigación pasando de remoción manual a mecánica, así como elaborar un plan integral de remoción e incluso un “depósito técnicamente manejado” para disponer las macrófitos extraídas del embalse (EEPPM, 2002a y Rodríguez, 2007). La magnitud del impacto fue superior a la prevista por lo que la medida de mitigación fue insuficiente para evitar la

⁵⁰ Por ejemplo, se construyó sólo una de las dos plantas de tratamiento de aguas residuales propuestas y faltó colaboración por parte de las autoridades encargadas del manejo de la cuenca para implementar acciones para reducir la erosión y sedimentación.

⁵¹ El monitoreo de este indicador pretendía encontrar la correlación entre el peso de plantas extraídas con el área invadida para determinar la capacidad de remoción por métodos manuales (EEPPM, 2002). Los estudios realizados establecen que lo ideal es extraer las macrófitas en la primera fase de su desarrollo ya que las plantas maduras tienden a acumular sedimentos en las raíces, por lo que se hacen más pesadas y su remoción es más lenta (ver serie de datos de indicadores de vegetación acuática invasiva en la Tabla 8 del Anexo 1).

degradación de la calidad ambiental. Sin embargo, es importante mencionar la disposición de la empresa (EEPPM) para monitorear e intentar manejar este impacto, movilizand los fondos necesarios para aumentar la inversión en este aspecto ambiental.

Tabla 7. Efectividad de la medida de mitigación para controlar malezas acuáticas en el embalse Porce II

Medida de Mitigación	Indicador de monitoreo	Valor Línea Base	Valor de referencia	Valor en Monitoreo	Calificación
Prevención y control del desarrollo y proliferación de malezas acuáticas	Área cubierta (ha)	65.6	<11	20 -190	2.0
	Cantidad extraída (Tn/año)	38,580.2	<6500	11,719 -111,892	2.0

Fuente: elaboración propia.

3.32 Para calcular el **Índice de Calidad Ambiental (ICA)** se construyeron las funciones de valor según la literatura correspondiente, bajo el supuesto que “a mayor cobertura de macrófitos en el embalse, menor es la calidad ambiental” (Tabla 8 y Figura 3)⁵². Los datos de monitoreos de estos dos indicadores desde la construcción del embalse en 2001 hasta 2007 muestran que la tendencia de calidad de este aspecto mejora desde la línea de base (ICA: 0,43) hasta 2004 y 2005 (0,87 y 0,82), mientras que en los últimos dos años comienza a disminuir hasta un valor ICA de 0,26, por debajo de la línea de base (ver Fig. 10 y 11 en Anexo 1). Para inicios de 2008, la invasión de macrófitos todavía era un problema en el embalse de Porce II⁵³. A pesar de la extracción mecánica y las barreras de contención mantenidas en las colas, aún faltan acciones más efectivas que impidan la llegada de materia orgánica al embalse y un control riguroso de las macrófitas en el embalse. Entre estas acciones estarían el control químico de las macrófitas y acciones interinstitucionales entre EEPPM y las autoridades ambientales encargadas de la conservación y protección de la cuenca del río Porce.

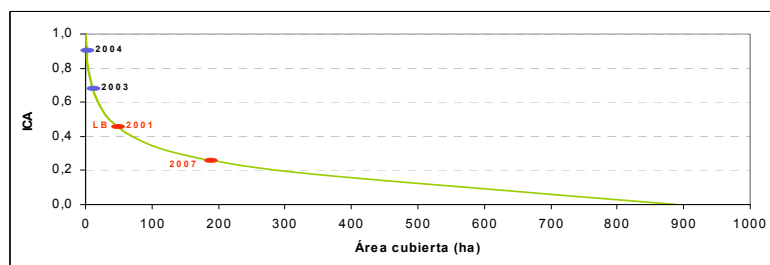
⁵² Thomaz et al., 2004. Modificado para Eichhornia crassipes Sin embargo, cabe destacar que según estudios realizados por funcionarios de EEPPM, el estado de calidad ambiental deseable no sería propiamente la remoción total de las macrófitas. Esto es debido al efecto depurador de estas plantas flotantes que actúan de filtro biológico en el embalse (estudios de INGETEC en 2007 determinaron que conseguían depurar más de un 80%.del fósforo, nitrógeno, carga orgánica y sólidos suspendidos que entraban al embalse) Además, el retiro total de las mismas desembocaría en una colonización de algas que impactarían negativamente en la disponibilidad de oxígeno en la columna de agua en la noche, Por tanto, el mayor valor de ICA no equivaldría a un área cubierta de 0 ha, sino un punto de equilibrio para potenciar los beneficios de esta vegetación acuática que EEPPM está estudiando actualmente.

⁵³ Ver fotografías 1-4 en Anexo 1.

Tabla 8. ICA cobertura relativa de acuerdo al espejo de agua (%) y el área cubierta (ha) para macrófitos

ICA	Cobertura (%)	Área cubierta (ha)
0,0	100	890
0,1	64	570
0,2	32	285
0,3	16	142
0,4	8	71
0,5	4	36
0,6	2	18
0,7	1	9
0,8	0,5	4
0,9	0,25	2
1,0	0	0

Figura 3. Función de valor asociada al ICA para la macrófita *Eichhornia crassipes* en Porce II, en la Línea Base (LB) y en años de comportamiento extremo.



Fuente: Elaboración de OVE en base a Thomaz et al. (2004)

Nota: el punto de mayor calidad ambiental se presume cero en este caso, sólo de forma teórica, en espera de las conclusiones de los estudios hidrológicos del embalse Porce II.

3.33 Respecto al **Efecto de las Medidas de Mitigación (EMM)** respecto al aspecto Vegetación Acuática, los resultados del análisis de los tres escenarios (“sin proyecto”, “con proyecto y con medidas de mitigación” y “con proyecto sin medidas de mitigación”), se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 9. Efectos de las medidas de mitigación para el aspecto Vegetación Acuática Invasiva

Aspecto ambiental	Indicador ambiental	(1) UIA Sin proyecto	(2) UIA Con proyecto con MM	Cambio Neto (2)-(1)	(3) UIA Con Proyecto Sin MM	EMM (3)-(2)
Vegetación Acuática Invasiva	Área cubierta	0,1470	0,0866	-0,0604	0,0050	-0,0816

Notas: UIA. Unidades de Impacto Ambiental

Cambio neto: diferencia entre los valores con proyecto (1994-2007) y sin proyecto (1989-1994).

EMM: Efecto Medidas de Mitigación, diferencia entre los valores del proyecto con y sin medidas de mitigación

Fuente: elaboración propia.

3.34 Si bien el cambio neto de las Unidades de Impacto Ambiental es negativo, el efecto de las medidas de mitigación indica un resultado positivo, puesto que el deterioro de la calidad de la zona en relación a este aspecto ambiental sería mayor (8,16%) si no se hubieran implementado las medidas de mitigación. Si bien no es un valor numérico concluyente, debido a los problemas metodológicos de muestreo, si refleja una situación prevista en la DIA (2003) realizada por EEPPM, así como en otros proyectos de similares características.

3. Vegetación terrestre

3.35 La construcción y llenado del embalse ha provocado la pérdida de 160 ha de bosque y vegetación arbustiva y 2,148 ha de pastizales, según el EIA. Las medidas de mitigación identificadas con este aspecto de acuerdo a la DIA (1993) fueron el establecimiento de zonas de protección y de fomento forestal y conservación de zonas boscosas, junto a un programa de reforestación de la cuenca. Para evaluar los cambios en las coberturas vegetales en el área de influencia directa del proyecto hidroeléctrico Porce II, el Plan de Manejo Ambiental de EEPPM planteó monitorear, cada dos años, los diferentes estadios

sucesionales de las especies vegetales en parcelas de muestreo de carácter permanente, considerando los siguientes cinco indicadores: Índice de diversidad de Shannon (H' , de especies arbóreas); Índice de dominancia de Simpson (D); Índice de Similitud de Jaccard (C_j), Índice de Valor de Importancia (IVI) y Riqueza de especies (como composición taxonómica).

- 3.36 A partir de los datos disponibles de los ejercicios de monitoreo realizados por EEPPM, la efectividad de las medidas de mitigación se midió a través de la comparación de los valores de estos indicadores en la línea base, con los datos de monitoreo entre 1998 y 2006. Esta evaluación considera que dado el estado de arte en relación a los métodos de medición de estos indicadores durante la línea de base y los avances realizados en años posteriores⁵⁴, así como problemas más de naturaleza técnica⁵⁵, los datos no son comparables en las diferentes fechas de monitoreos y dificultan la capacidad del indicador para medir un cambio de calidad ambiental real. Así, los datos resultantes, que evalúan la efectividad de las medidas de mitigación relacionadas con el aspecto vegetación terrestre como muy satisfactoria (3,14), no son significativos (Tabla 10).

Tabla 10. Efectividad de la medida de mitigación para la Vegetación Terrestre

Tabla 16. Efectividad de la medida de mitigación para la vegetación terrestre					
Medida de Mitigación	Indicador de monitoreo	Sitios Monit.	Valor en Línea Base	Valor en Monitoreo (1998-2006)	Calificación (1,0 - 4,0)
	Índice Shannon (H') especies arbóreas 1994	S4	2,54	1,13 - 3,34	1,0 – 3,1
		S5	2,65	3,28 - 3,99	3,1
		S6	2,73	3,97 - 4,38	3,5
		S7	3,83	4,24 - 4,30	3,1
Establecimiento de zonas de protección	Índice De Simpson (D) 1994	S4	0,87	0,41 - 0,95	1,0 – 3,1
		S5	0,76	0,92 - 0,97	3,1
		S6	0,90	0,96 - 0,98	3,1
		S7	0,97	0,97 - 0,98	3,0
Fomento forestal y conservación de zonas boscosas	Índice De Jaccard (Cj) 1994	S7-S6	0,03	0,12 - 0,22	3,1
		S7-S5	0,02	0,05 - 0,10	3,1
		S7- S4	0,00	0,01 - 0,03	3,1
		S6- S5	0,20	0,19 - 0,29	3,1
		S6- S4	0,08	0,09 - 0,16	3,1
		S5- S4	0,10	0,14 - 0,23	3,1
	Riqueza de especies 1994	S4	33	32 -67	3,5
		S5	32	85 - 151	4,0
		S6	34	123 - 204	4,0
		S7	109	184 - 192	3,6
		3.14 ⁵⁶			

Fuente: elaboración propia a partir de datos de muestreo.

⁵⁴ Por ejemplo, estos indicadores presentan un fuerte sesgo asociado al número de individuos registrados en la línea de base, no se utilizaron lineamientos claros respecto a los sitios de muestreo, los métodos empleados y esfuerzos para el desarrollo de monitoreos no fueron estandarizados, y existe una fuerte subjetividad de algunos métodos para valorar diferentes estructuras y configuraciones de poblaciones de diferentes estadios.

⁵⁵ Como la imposibilidad de controlar en algunos casos el acceso a las parcelas de monitoreo de animales rumiantes o los problemas de seguridad durante algunos años en la zona, que obligaron a abandonar algunas parcelas de monitoreo de la vegetación terrestre.

⁵⁶ Este valor se ha obtenido como el promedio de los valores únicos y los valores extremos de cada celda de la columna, de todos los indicadores disponibles para cada sitio calificado.

3.37 Las diferencias metodológicas antes mencionadas para tres de los indicadores propuestos impiden su comparación en el tiempo y no se han podido utilizar para valorar la *calidad ambiental* del aspecto de vegetación terrestre⁵⁷. Así, el ejercicio de valoración de la calidad ambiental sólo se pudo realizar parcialmente a través de una correlación entre el índice de diversidad de Shannon y la riqueza de especies⁵⁸. Para transformar en términos de calidad ambiental los datos de número de especies vegetales y diversidad de especies monitoreadas, se ajustaron funciones de valor en las que se localizaron los valores de los indicadores en los monitoreos realizados por EEPPM (Figura 4 y Figura 5). Si bien el Índice de Calidad Ambiental (ICA) refleja una mejora tanto para el número de especies arbóreas como para la diversidad de especies, debido a las limitaciones metodológicas y la falta de comparabilidad de los datos, este ejercicio no ha podido llegar a una afirmación concluyente sobre la mejora de la calidad ambiental respecto a la vegetación terrestre en la zona de influencia del proyecto. Por tanto, estos datos, pese a ser utilizados con fines metodológicos en esta evaluación, no pueden ser considerados como resultados finales.

Figura 4. Curva de Función de valor asociada al ICA para # de especies arbóreas

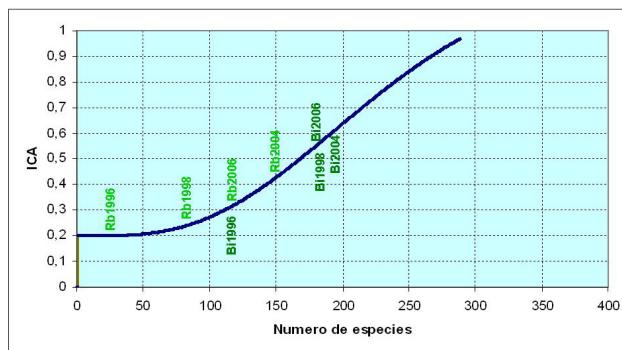
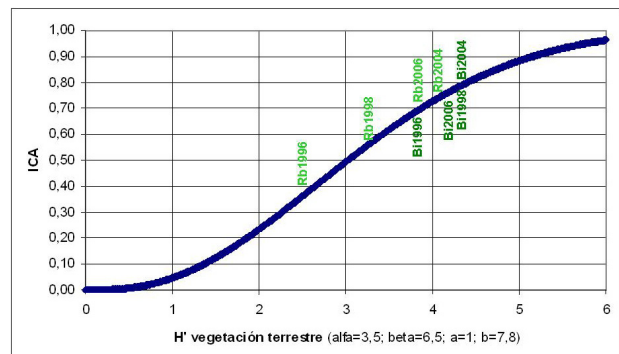


Figura 5. Curva de Función de valor asociada al ICA para diversidad de especies de vegetación arbórea



Note: Rb parcelas de Rastrojos bajos, Bi Parcelas de Bosque intervenidos

3.38 Respecto el efecto de las medidas de mitigación para la Vegetación Terrestre Invasiva, los resultados, si bien no son concluyentes por las limitaciones metodológicas, apuntarían a un efecto positivo en las medidas de mitigación. Si el proyecto no asumiera la mitigación de la invasión de vegetación terrestre, eventualmente el deterioro ambiental que se produciría podría llegar a afectar a la normal operación de la planta.

⁵⁷ Las inconsistencias metodológicas han resultado en que estos indicadores ambientales no expresan condiciones ecosistémicas en sentido estricto, sino atributos estadísticos de conjuntos de datos (en este caso de elementos naturales) no traducibles a valoración de calidad ambiental del entorno intervenido.

⁵⁸ Sin embargo, esta evaluación recomienda utilizar otro tipo de indicadores, como el “tiempo de complejización estructural” (aspecto específico para cada formación vegetal que considera variables poblacionales como distribución de clases diamétricas, hábitos de crecimiento, cantidad de estratos, riqueza y diversidad de especies y tiempo de sucesión) para que se puedan traducir los datos de los monitoreos en calidad ambiental y deja calculadas las líneas de base para realizarlo en un futuro. Ver Tabla 9 y Figura 12 en el Anexo 1.

Tabla 11. Efecto de las medidas de mitigación para el aspecto Vegetación Terrestre

Aspecto ambiental	Indicador ambiental	(1) UIA Sin proyecto	(2) UIA Con proyecto con MM	Cambio Neto (2)-(1)	(3) UIA Con Proyecto Sin MM	EMM (3)-(2)
Vegetación Terrestre	H' Vegetación Terrestre	0,0353	0,0521	0,0168	0,0200	-0,0321
	N° especies	0,0244	0,0410	0,0166	0,0150	-0,0260

Notas: UIA. Unidades de Impacto Ambiental

Cambio neto: diferencia entre los valores con proyecto (1994-2007) y sin proyecto (1989-1994).

EMM: Efecto Medidas de Mitigación, diferencia entre los valores del proyecto con y sin medidas de mitigación

Fuente: elaboración propia.

4. Fauna Terrestre

- 3.39 El proyecto identificó algunos impactos sobre el efecto del mismo en la fauna terrestre, tales como la reducción de la población faunística y su diversidad por la pérdida de hábitat. Para mitigar estos efectos, el Plan de Manejo propuso la realización de **programas de manejo de fauna terrestre, programas de rescate y programas de protección de especies amenazadas.**
- 3.40 En este caso también la evaluación encontró problemas de comparabilidad entre los monitoreos, debidos principalmente al estado del arte de las metodologías en el levantamiento de línea de base, lo que dificultó la evaluación de la efectividad de las medidas de mitigación asociadas al aspecto ambiental fauna terrestre y el cálculo del Índice de Calidad Ambiental con los indicadores propuestos en el Plan de Manejo Ambiental: índices de diversidad (alfa o riqueza de Margalef; Diversidad Shannon; beta o índice de Similitud de Jaccard); Número de especies (S); endemismos, rarezas y especies en vías de extinción⁵⁹; y Comparación de Gremios alimenticios en aves⁶⁰. En líneas generales, los índices utilizados en los monitoreos ayudan a resumir la información obtenida en un solo valor y permiten realizar comparaciones entre diferentes hábitats o sitios. Sin embargo, se requiere conocer los supuestos en los que están enmarcados para que la información generada a través de éstos pueda ser utilizada para interpretar correctamente el comportamiento de la biodiversidad (Villareal et al., 2006).
- 3.41 Por otro lado, debido a la variedad de hábitos de las especies de mamíferos, su monitoreo implica la implementación de diversas metodologías (captura directa, observación, rastreo) para obtener un buen estimativo de la riqueza en un área particular. Los índices de diversidad propuestos en la DIA y los implementados en posteriores monitoreos son fuertemente susceptibles a las diferencias en el número de individuos registrados en cada unidad de muestreo, lo que depende

⁵⁹ Esta evaluación considera que el número de especies endémicas y bajo categoría de amenaza pueden reflejar la importancia biótica de un área particular y ser guía para el establecimiento de planes de manejo y conservación, pero no son un indicador del enriquecimiento faunístico de una zona respecto al tiempo.

⁶⁰ También en este caso OVE considera que los análisis de gremios alimenticios como indicadores de enriquecimiento adquirirían mayor relevancia si fueran analizados conjuntamente con los datos de estructura y fenología de las coberturas vegetales; de lo contrario su uso como indicador es limitado y netamente descriptivo.

directamente de los métodos y el esfuerzo empleado. A modo de ejemplo, esta evaluación encontró que en los monitoreos de 1996, 1999 y 2001 no se estimó la abundancia de especies⁶¹ (fundamental para el cálculo de la mayor parte de estos índices). Asimismo, para los monitoreos de 2004 y 2006 se encontraron errores técnicos asociados al uso de diferentes metodologías específicas para cada grupo de mamíferos, que están fuertemente diferenciados en los hábitos de cada grupo (especies gregarias, nocturnas). Finalmente, no se encontró suficiente información sobre valores de línea base, ni se establecieron tendencias, ni se pudieron establecer valores de referencia para todos los indicadores identificados en el Plan de Manejo (Ver Tabla 10 en Anexo 1).

- 3.42 Como resultado del ejercicio metodológico de cálculo, sin valor concluyente, la información disponible sobre la base de los datos de monitoreo de 1989, 1996, 1999, 2001 y 2006, muestra un enriquecimiento en el número de especies (Figura 6), que otorgaría calificación altamente satisfactoria (3,07) para la efectividad de las medidas de mitigación⁶². Asimismo, el cálculo del índice de calidad ambiental del aspecto ambiental fauna terrestre⁶³ usando sólo el indicador de riqueza de especies (S) de mamíferos terrestres también calificaría satisfactoriamente logrando valores superiores a los de la línea base. Estos resultados serían aceptables sólo si se desconocen los errores de muestreo, principalmente la falta de comparabilidad de parcelas y los cambios metodológicos, que dificultan la comparación entre los monitoreos. De hecho, un aumento de esta magnitud no podría atribuirse a un enriquecimiento en los hábitats en los sitios muestreados⁶⁴. Si se obtuviesen datos confiables para el cálculo de la diversidad, se podría adaptar una función Beta (Rueda, 2007 con base a Conesa, 1997), para la transformación a valores ICA (Figura 7).

⁶¹ Número de individuos por especie.

⁶² Asimismo, esta evaluación alerta sobre el peligro de utilizar indicadores como el número de especies endémicas y amenazadas (Figura 4), que parecerían aumentar ligeramente según los monitoreos, pero que enmascaran problemas de comparabilidad de métodos y esfuerzos entre muestreos. Además, como se ha comentado anteriormente, estas medidas sólo reflejan la importancia biótica de un área particular y guía para el establecimiento de planes de manejo y conservación, pero no son indicadores del enriquecimiento faunístico de una zona. Su uso en futuros monitoreos debe continuar para respaldar la importancia de la Zona de Influencia Directa del proyecto, pero no ser tomado como un indicador ambiental de enriquecimiento.

⁶³ Según la función de valor planteada, en el contexto bio-geográfico de Porce II, podría esperarse un máximo de alrededor de 90 especies para mamíferos. Como otra aproximación posible para una función de valor para hallar valores de calidad ambiental de fauna terrestre, también podría contextualizarse el área del Proyecto Porce II con relación a la cantidad de mamíferos carnívoros en otras áreas geográficas similares al área de Porce (áreas de control como el Alto San Miguel y algunas reservas naturales). Sin embargo, los datos de monitoreo de EEPPM obtenidos hasta el momento para el área de influencia del proyecto Porce II no permiten evaluar el enriquecimiento en hábitats con coberturas.

⁶⁴ Una posible explicación es la implementación de métodos de captura para pequeños mamíferos no voladores (marsupiales didelfidos y roedores) y voladores (murciélagos) durante los monitoreos de 2004 y 2006, pues las mayores adiciones se presentan en estos grupos. Además, es probable que se esté realizando una sobreestimación en la riqueza de determinados mamíferos debido a las dificultades en la identificación de algunas especies por sus caracteres morfológicos, como resultado de no contar con métodos de colección de especímenes para revisar sus caracteres cráneo-dentales (Zurc, 2006).

Figura 6. Riqueza de especies, número de especies endémicas y amenazadas en los monitoreos y programas en la ZID (Zona de Influencia Directa) del proyecto Porce II

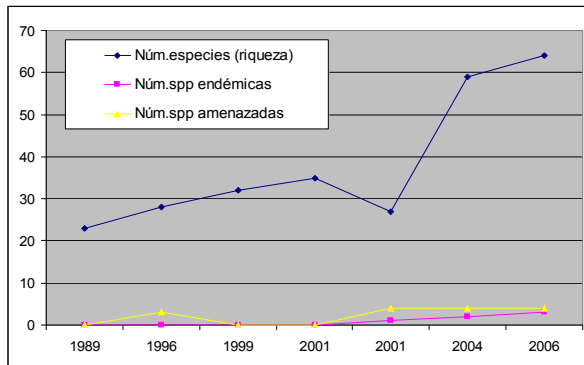
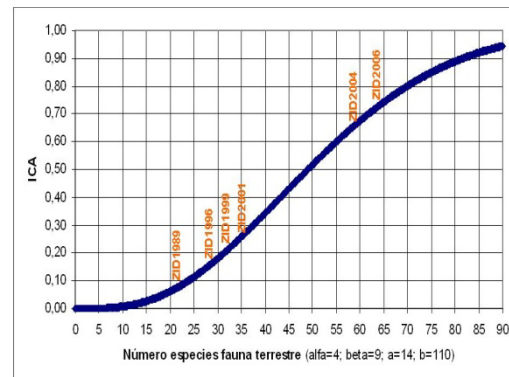


Figura 7. Propuesta Función de valor ICA elaborada con la cantidad de mamíferos terrestres para fauna en el área de Porce II



3.43 En síntesis, si bien el **uso de índices de diversidad** como indicadores ambientales es generalmente utilizado en proyectos de esta naturaleza, es necesario contar con métodos de muestreo estandarizados para evitar interpretaciones erróneas de los mismos. En efecto, evaluar el enriquecimiento faunístico de una zona, entendido como el incremento de la diversidad de las poblaciones debido al cambio en el uso de las coberturas vegetales, requiere una estrategia sumamente estandarizada, en términos metodológicos y temporales, y una implementación a escala muy amplia de tiempo para ensambles poblacionales de mamíferos⁶⁵.

3.44 Respecto a los **efectos de las medidas de mitigación** para este aspecto ambiental, también se realizó el cálculo de las Unidades de Impacto Ambiental, así como del Cambio Neto y de los Efectos de las Medidas de Mitigación. Si bien los resultados numéricos no son valorables por las limitaciones metodológicas anteriormente planteadas, es lógica la asunción de contemplar los efectos de las medidas de mitigación como positivos, frente a la realización del proyecto sin implementar ninguna medida de mitigación.

Tabla 12. Efecto de las medidas de mitigación para el aspecto Fauna Terrestre

Aspecto ambiental	Indicador ambiental	(1) UIA Sin Proy.	(2) UIA Con Proy. Con MM	Cambio Neto (2)-(1)	(3) UIA Con Proy. Sin MM	EMM (3)-(2)
Fauna Terrestre	H' Fauna terrestre	ND	0,0412	ND	0,0200	-0,0212
	N° especies	0,0134	0,0478	0,0344	0,0080	-0,0398

Notas: UIA. Unidades de Impacto Ambiental

Cambio neto: diferencia entre los valores con proyecto (1994-2007) y sin proyecto (1989-1994).

EMM: Efecto Medidas de Mitigación, diferencia entre los valores del proyecto con y sin medidas de mitigación

Fuente: elaboración propia.

⁶⁵ En los casos es que no se den estas condiciones, es preferible el uso de indicadores como la riqueza de especies, esfuerzos de muestreo y curvas de acumulación, como es sugerido por Villareal et al., 2006. Estos indicadores permiten estimar el número de especies esperadas o capturables potencialmente para un tamaño de muestra determinado. Este tipo de curvas ha sido utilizado en los monitoreos de EEPPM en 2004 y 2006, y permiten obtener una visión general del comportamiento del muestreo respecto al esfuerzo. Sin embargo estas deben ser interpretadas cuidadosamente pues diferencias en el muestreo, dinámica de la comunidad y factores temporales pueden alterar su comportamiento.

5. Paisaje

- 3.45 **Los principales impactos identificados fueron la degradación del paisaje en la zona del embalse y los sitios de obra. Para mitigar estos efectos, se propusieron obras de embellecimiento paisajístico y tratamiento de sitios de depósito, entre otras acciones de limpieza del embalse.** Los estudios que determinan la línea de base en 1996 establecen un objetivo amplio para el monitoreo de la evolución del paisaje que requeriría tanto del estudio de atributos visuales o estéticos del paisaje como del estudio de sus atributos intrínsecos, como son los procesos y funcionalidad ecológica⁶⁶. Sin embargo, la metodología planteada sólo evalúa la calidad visual relacionada con el aspecto estético del paisaje y se utiliza un método indirecto de valoración de los diferentes componentes del paisaje (topográfico, hídrico y vegetación). Para los componentes topográfico e hídrico, la escala de las imágenes satelitales tomadas afecta fuertemente su valoración⁶⁷. Además, éstos tienen una variación muy baja en el periodo de tiempo de la evaluación (11 años, 1996-2007), por lo que cobra mayor importancia el tercer componente de vegetación que tiene mayor posibilidad de cambio en la escala temporal del estudio.
- 3.46 Los datos de monitoreo realizados por la Universidad de Medellín (2001) y la Universidad Nacional (2006) para el componente de vegetación usan diferentes técnicas de clasificación visual de las imágenes satelitales utilizadas para monitorear el paisaje, imposibilitando la comparación de los resultados para evaluar la evolución del paisaje (ver Tabla 11 del Anexo 1). Asimismo, la comparación de valores de calidad visual, según los diferentes métodos utilizados en los monitoreos, también presentó otras inconsistencias metodológicas, como la valoración positiva de puntos de erosión respecto a la combinación de suelos, pese a su impacto visual⁶⁸.
- 3.47 La **efectividad** de las medidas de mitigación sobre la calidad del paisaje, se realizó en base a la cobertura vegetal como indicador de monitoreo (Tabla 13). En este caso, los resultados muestran una calificación Insatisfactoria (0,8) en la efectividad de las medidas para la recuperación de cobertura boscosa y altamente satisfactoria (3,5) en la efectividad para la recuperación de coberturas

⁶⁶ “El objetivo fundamental es monitorear la evolución del paisaje [...] e identificar unidades que permitan planear un ordenamiento basado en patrones de distribución de coberturas vegetales, que garanticen la estabilidad de los procesos ecológicos que sucederán con la introducción de un elemento artificial en dicha región.” Integral, 1996

⁶⁷ En este caso, el monitoreo efectuado en 2001 reconocía que los cambios percibidos se debían al uso de información cartográfica más completa que la utilizada en la línea de base, y no a cambios reales. Por tanto, para que pudieran ser comparables, se debería haber realizado un replanteamiento técnico de la valoración de los atributos para reconocer el mayor detalle de la cartografía utilizada en posteriores monitoreos.

⁶⁸ Además, los atributos de cobertura dominante y combinación de usos de suelo son contradictorios entre sí para considerar características intrínsecas del paisaje como la protección de suelos y la regulación hidrológica en una cuadrícula de la imagen satelital. Si bien para conseguir estos servicios ambientales se requiere aumentar la cobertura boscosa, es decir, aumentar la homogeneidad de cobertura en la cuadrícula, esta metodología valora positivamente la heterogeneidad de usos de suelo por cuadrícula (combinación de suelos). De la misma manera, una mayor combinación de suelos también puede afectar a la conectividad y por lo tanto a la sostenibilidad del paisaje en el tiempo y su resiliencia.

sucesionales tempranas y medias (Rastrojos bajos y altos)⁶⁹, y control local de la erosión (3,1). Sin embargo, es necesario considerar que la *sucesión natural de la vegetación* con o sin proyecto (pastos, rastrojos, bosque joven) podría enmascarar los efectos sobre la calidad del paisaje en el corto y mediano plazo. De esta manera, las medidas de mitigación para el establecimiento de bosques contribuirían a acelerar este proceso, aunque el patrón sería el mismo y es difícil atribuir el grado de avance a las medidas de mitigación del proyecto. Otro tipo de acciones, fomentadas desde las autoridades gubernamentales, como la estructura de incentivos para el sector primario en la zona, podrían ser mucho más importantes para prevenir, mitigar y compensar el impacto causado al paisaje a través de su afectación a la cobertura boscosa.

Tabla 13. Efectividad de la medida de mitigación para el aspecto Paisaje

Medida de Mitigación	Indicador de monitoreo	Valor Línea Base	Valor referencia ⁷⁰	Valor Monitoreo	Efec.
Establecimiento de zonas de protección (3.4 Tabla 21, DIA-1993)	Cobertura (PMA, 1994)	12,6 %Bs	36 % Bs	10,8 %Bs	0,8
		7,5 %Ra	ND %Ra	34,1 %Ra	3,5
		5,9 %Rb	ND %Rb	19,7 %Rb	3,5
		69,9 %Pa	ND %Pa	21,3 %Pa	3,5
Fomento forestal y conservación de zonas boscosas (3.6 Tabla 21, DIA-1993)	- Matriz (km ²) (EEPPM, 1994)	NE	NE	NE	
	- Fragmentos (forma, área, grado de aislamiento) (EEPPM, 1994)	NE	NE	NE	
	- Corredores (longitud, forma) (EEPPM, 1994)	NE	NE	NE	

Nota: (NE) No evaluado por EEPPM; (ND) No Disponible;.

(Bs) Bosque secundario; (Ra) Rastrojo alto; (Rb) Rastrojo bajo; (Pa) Pastos; Erosión: Superficies expuestas a erosión

Fuente: elaboración propia.

- 3.48 El **Índice de Calidad Ambiental (ICA)** utiliza el indicador de cobertura boscosa a partir del índice de vegetación remanente (bosque y rastrojo) para una cuenca de bosque húmedo tropical. Como referencia se utiliza la aportación de Márquez (2000) que considera que una cuenca necesitaría un 36% de cobertura de bosque para cumplir con estas funciones. Sin embargo, los datos generados por EEPPM sobre paisaje no permiten obtener conclusiones al respecto, y tampoco se tiene la certeza científica que este nivel de cobertura es el deseable para esta cuenca hidrográfica. (ver Tabla 14, Figura 8)⁷¹.

⁶⁹ La tendencia de calidad ambiental para bosques ha fluctuado entre valores de baja calidad ambiental (0,05 – 0,18), mientras que para rastrojos bajos y altos se obtiene valores desde baja a media (0,03 – 0,52).

⁷⁰ Postulados de Márquez (2000) con el Índice de Vegetación Remanente.

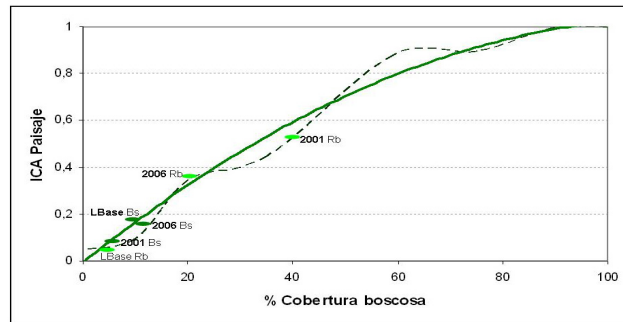
⁷¹ Márquez, G. 2000. Vegetación, Población y Huella Ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. *Gestión y Ambiente* (5):33-49. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.

Tabla 14. ICA paisaje cobertura boscosa a partir del Índice de Vegetación Remanente

%Cobertura (Bn-Bs)	ICA ⁷²
90-100	1,0
75-89	0,9
59-74	0,8
35-58	0,45
20-34	0,35
10-19	0,10
<10	0,05

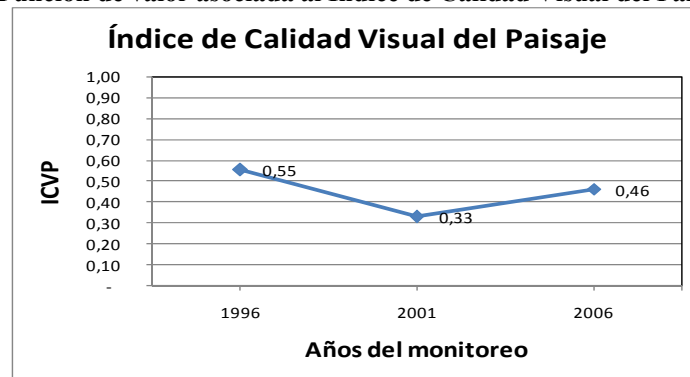
Bn: Bosque natural intervenido
Bs: Bosque secundario

Figura 8. Función de valor asociada al ICA para cobertura boscosa de la cuenca, desde la Línea Base (LB) hasta el 2006



3.49 Teniendo en cuenta las limitaciones e inexactitudes metodológicas comentadas anteriormente, a modo experimental, esta evaluación realizó el ejercicio de calcular el Índice de Calidad Visual del Paisaje (ICVP) utilizando los datos de los tres monitoreos (Integral, 1996; Universidad Nacional 2001 y 2006), analizando los datos como experimento, y no como valores concluyentes de la situación real del proyecto (ver Tablas 12 y 13, y Figura 13 en Anexo 1). Se observa en la Figura 9 una disminución de la calidad visual en la zona de influencia directa del proyecto desde la línea de base al monitoreo de 2001, aunque existe una mejora a partir de la puesta en operación en 2001 hasta el último monitoreo de 2006. Siguiendo esta tendencia, se podría esperar que la calidad visual del paisaje llegara a su estado preintervención en 3,5 años (ver Figura 14 en Anexo 1). Sin embargo, pese a que el indicador de calidad visual del paisaje y las metodologías utilizadas en los monitoreos son ampliamente utilizadas, los datos arrojados por el monitoreo de la calidad visual del paisaje en Porce II no parecen ser suficientes para valorarlo debido a las inconsistencias metodológicas (cambios en los criterios de valoración de cada atributo, diferente escala de información utilizada, etc.), así como el número de muestreos recogidos.

Figura 9. Función de valor asociada al Índice de Calidad Visual del Paisaje (ICVP)



Fuente: elaboración propia.

⁷² 1,0 situación deseable para una cuenca de bosque húmedo tropical (bh-T), correspondiente a la máxima cobertura boscosa (Bn_Bs: bosque natural intervenido o secundario)

- 3.50 Respecto al **Efecto de las Medidas de Mitigación**, se analizaron dos indicadores ambientales: % de cobertura boscosa y uso natural del suelo, bajo los supuestos metodológicos y las limitaciones anteriormente descritas. Los resultados de este ejercicio se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 15. Efecto de las medidas de mitigación para el aspecto Paisaje

Aspecto ambiental	Indicador ambiental	(1) UIA Sin Proy.	(2) UIA Con Proy. Con MM	Cambio Neto (2)-(1)	(3) UIA Con Proy. Sin MM	EMM (3)-(2)
Paisaje	% cobertura boscosa	0,0513	0,0615	0,0102	0,0150	-0,0465
	Uso natural del suelo	0,0665	0,0762	0,0097	0,0350	-0,0412

Notas: UIA. Unidades de Impacto Ambiental

Cambio neto: diferencia entre los valores con proyecto (1994-2007) y sin proyecto (1989-1994).

EMM: Efecto Medidas de Mitigación, diferencia entre los valores del proyecto con y sin medidas de mitigación

Fuente: elaboración propia.

- 3.51 La tendencia hacia la expansión de la frontera agrícola y pecuaria y la consiguiente transformación de coberturas protectoras por pastos, así como la erosión continuada asociada, entre otros, a los anteriores factores, pueden apuntar a una continuación del deterioro observado antes de la construcción de la presa (cambio neto positivo). Sin embargo, no se puede concluir que esta mejora en la calidad ambiental respecto a este aspecto se deba al proyecto en concreto. Los datos respecto al efecto de las medidas de mitigación son negativos, aunque no son concluyentes por la falta de datos comparables.

C. Eficiencia de las medidas de mitigación

- 3.52 El objetivo de esta sección era, inicialmente, **la comparación entre la eficiencia en el uso de los recursos económicos y el tiempo utilizados para implementar las medidas de mitigación respecto a los previstos en la DIA** (EEPPM, 1993) con el porcentaje de avance implementado de cada medida. Sin embargo, EEPPM no cuenta con datos desglosados del cronograma esperado y ejecutado para las diferentes medidas de mitigación ambiental del proyecto. Además, aunque la DIA presenta los costos proyectados a ejecutar anualmente, durante la construcción y operación no se detallaron las inversiones ejecutadas año a año, ni se detallaron los costos desglosados por cada medida de mitigación ambiental en los contratos de obras civiles.
- 3.53 En efecto, durante la operación, la ejecución de las medidas de mitigación se englobó dentro de la actividad “manejar impactos físico-bióticos-sociales” sin discriminar por medida. Por este motivo, esta evaluación propuso utilizar como *proxy* los datos del avance de las obras civiles en relación con las medidas de mitigación. La evaluación encontró serios retrasos en las obras de superficie y obras subterráneas (57 y 78 meses respectivamente entre las fechas programadas y las realmente ejecutadas por causas técnicas y administrativas). Sin embargo, esta aproximación no permite concluir si, pese a los retrasos en las obras civiles,

las medidas de mitigación se aplicaron de forma óptima temporalmente para mitigar los impactos ambientales.

- 3.54 Para medir la eficiencia económica se utilizaron como *proxy* la comparación de los presupuestos proyectados con los realmente ejecutados de las principales obras de la fase de construcción de Porce II. En este caso se obtiene una **baja eficiencia económica** para las obras subterráneas y los ítems indemnización, relocalización y medio ambiente, pero alta para las obras de la presa⁷³.

Tabla 16. Eficiencia económica en la ejecución de las principales obras para la fase de construcción

	Costo original	Costo Real	IEe	Calificación
	Ppp (US\$)	Ppe (US\$)		
Obras de presas	76,110	63,732	119,42	Alta
Obras subterráneas	127,980	165,589	77,29	Baja
Indemnización, relocalización y medio ambiente	20,470	23,904	85,63	Baja

Nota: IEe=Índice de Eficiencia Económica en la Ejecución de Proyecto: $IEe = (Ppp / Ppe) \times 100$, donde: Ppe = Presupuesto ejecutado; Ppp = Presupuesto proyectado o programado.
Fuente: Informe evaluación ex – post de Porce II de 2005.

- 3.55 Estos datos agregados fueron complementados con un análisis de la información disponible para los cinco aspectos ambientales seleccionados en el *scoping* sobre la eficiencia en el uso de los recursos. En líneas generales, se encontró por un lado, una gran variabilidad en la eficiencia económica para diferentes años en cada uno de los aspectos⁷⁴, y por el otro, una subestimación constante de los recursos necesarios para su implementación. Así por ejemplo, la eficiencia en la ejecución financiera del aspecto paisaje fue muy baja en todos los años de los que se dispuso información. Para la vegetación acuática, los estudios ex ante sólo consideraban una partida de 18 millones de pesos colombianos para el estudio sobre control biológico de macrófitas invasivas. Este estudio no se realizó y, además, como se mencionó anteriormente, se tuvieron que invertir muchos más recursos de los planificados dada la magnitud del impacto superando con creces la proyectada en la DIA⁷⁵. También, en el caso de vegetación terrestre, la inversión ejecutada ha superado aproximadamente en cuatro veces lo proyectado inicialmente (de 243.2 millones de pesos colombianos a precios de 1992, a 1.626.24 millones de pesos colombianos en 2006). Por lo que se podría concluir que se realizó una deficiente proyección de las actividades de mitigación necesarias, así como de sus costos. En el caso de erosión, la eficiencia económica

⁷³ Un reporte del BID preparado como insumo para de la evaluación ex-post de EEPPM (Lecaros, 2005), destaca que si bien EEPPM enfrentó problemas durante el desarrollo del proyecto que implicaron un cambio de contratista, igual se logró terminar las obras de la central por debajo del presupuesto inicial. Esto coincidió con precios bajos en el mercado, con lo cual se amortiguaron las consecuencias financieras.

⁷⁴ A modo de ejercicio metodológico, también se obtuvo el mismo resultado para otros aspectos fuera del *scoping*: inundaciones aguas arriba y aguas abajo del embalse, calidad de aire y fauna íctica.

⁷⁵ Según datos de funcionarios de EEPPM, se estima que se invertirán unos 770,7 millones de pesos sólo de 2007 a 2009, aunque no fue posible obtener un detalle de lo ejecutado ya que formó parte de monitoreos y acciones para otras medidas de mitigación.

es satisfactoria, se invirtieron sólo 4.628.9 de los 8.930 millones de pesos colombianos previstos, según información no publicada suministrada por funcionarios de EEPPM.

- 3.56 En síntesis, la información recogida en cumplimiento de lo estipulado en la DIA (EEPPM, 1993)⁷⁶ no se sistematizó durante la construcción y operación del proyecto, lo que dificultó el análisis de la eficiencia en la implementación de las medidas de mitigación. Además, esta carencia de información dificulta la correlación del grado de implementación físico y financiero de cada medida de mitigación con su efectividad para mitigar impactos ambientales⁷⁷. Debido a estas limitaciones de información, los análisis parciales del criterio eficiencia presentados en esta evaluación tienen como objetivo aportar a la mejora del sistema de evaluación y seguimiento de proyectos, y del sistema de gestión ambiental de EEPPM.

D. Sostenibilidad de las medidas de mitigación

- 3.57 Esta sección analiza la **sostenibilidad de las medidas de mitigación desde la perspectiva de los resultados de la evaluación de la gestión ambiental** de Empresas Públicas de Medellín (EEPPM). Por otro lado, también se analiza la **capacidad institucional de las autoridades ambientales** encargadas del seguimiento y control de los requerimientos ambientales del proyecto. Esta evaluación parte del supuesto de que tanto la adecuada gestión ambiental de la empresa como la capacidad institucional del organismo rector garantizan la sostenibilidad de las medidas de mitigación y la protección ambiental. Para este análisis se utilizó principalmente información secundaria como los informes de gestión de EEPPM de los años 2004, 2005 y 2006, así como entrevistas con funcionarios de EEPPM.

1. Evaluación de la gestión ambiental de EEPPM

- 3.58 EEPPM entiende la **gestión ambiental** como el **conjunto de acciones que se deben desarrollar para lograr una adecuada inserción de los proyectos, obras o actividades en el medio natural y social de sus áreas de influencia y que tienen como propósito garantizar su funcionamiento y el cumplimiento de la normatividad ambiental del país y las políticas de EEPPM**, todo ello dentro de un marco de actuación que permita su competitividad.
- 3.59 Los estudios ambientales de Porce II se presentaron en 1989, en un momento en el que había un vacío legislativo y técnico sobre los temas ambientales relacionados a proyectos de infraestructura en Colombia, por lo que el proceso de evaluación de impacto ambiental fue concebido por EEPPM como un proceso de aprendizaje (EEPPM, 2005). Durante el proceso de construcción de Porce II (1994-2001) se desarrollaron diferentes guías y procedimientos que se fueron

⁷⁶ Información sobre la proyección de los tiempos y costos anuales y totales para cada una de las medidas de mitigación propuestas.

⁷⁷ Esta información es importante ya que una alta eficiencia financiera o temporal puede enmascarar una implementación deficiente en cuanto a los objetivos de protección ambiental de los Planes de Manejo Ambiental de este tipo de proyectos.

integrando en el modelo de gestión ambiental empresarial⁷⁸. En 1997 EEPPM acometió un proceso de reestructuración interna que, entre otros aspectos, intentó resolver la desarticulación y segmentación de la gestión ambiental. Una de las estrategias fue conformar cinco Unidades Estratégicas de Negocios (UEN): generación de energía, distribución de energía, telecomunicaciones, aguas y comercial. Posteriormente, EEPPM promulgó su Política Ambiental Corporativa y conformó el Comité Ambiental cuyo propósito principal es el establecimiento de lineamientos para la gestión ambiental en los negocios. Paralelamente la UEN de Generación de Energía afianzó su estructura para atender la gestión ambiental de los proyectos de generación energía en cada fase de los proyectos (planeación, diseño y construcción, operación, comercialización). La gestión institucional de EEPPM se realiza a través de procesos *principales* y *de soporte* que conforman lo que se denomina la cadena de valor. En dicha cadena, la gestión ambiental, denominada Administración de Asuntos Ambientales es uno de los procesos *de soporte* en todas sus unidades estratégicas de negocio, entre ellas, la UEN de Generación de Energía, con funciones de gerencia, definición de políticas y control de su cumplimiento, y funciones de gestión de impactos ambientales de los proyectos⁷⁹ (ver Tabla 19 en Anexo 4).

- 3.60 A partir del 2000, como resultado de una evolución tanto de los requerimientos legales ambientales desde el gobierno colombiano, como de la banca multilateral (entre ellas el BID) y las tendencias internacionales sobre Responsabilidad Social Corporativa, EEPPM asume una **gestión ambiental sistémica**. La gestión sistémica consiste en el proceso cíclico de mejoramiento continuo en el que se va alcanzando gradualmente una mejor calidad ambiental a través de las fases de **planeación, ejecución, evaluación y control** (DNP, 1998). Los criterios utilizados por OVE para evaluar la gestión de EEPPM siguen estas fases, analizando también la capacidad de coordinación y comunicación de la empresa respecto a los temas ambientales.

⁷⁸ Lecaros, Fernando. Evaluación ex – post de Porce II. Febrero de 2005.

⁷⁹ EEPPM. Informe de ambiental 2006 y EEPPM. Informe de gestión 2007.

Tabla 17. Resumen de la evaluación del criterio Sostenibilidad

		EVALUACIÓN CUALITATIVA
SOSTENIBILIDAD DE LA GESTIÓN AMBIENTAL DE EEPPM	Capacidad de planeación	La consideración de la gestión ambiental en la gestión institucional de la empresa, así como su política ambiental, favorecen la transversalidad y sostenibilidad de la gestión ambiental en los diferentes proyectos a largo plazo. El Plan de Manejo Ambiental se constituye en una herramienta de gestión ambiental a largo plazo, que se va adaptando según las circunstancias durante la implementación del proyecto desde las funciones operativas de la subgerencia ambiental. Pese a existir una planificación estratégica a tres años, la subgerencia ambiental realiza una planeación de corto plazo (anual) que debería complementarse con una planeación a largo plazo para facilitar este propósito.
	Capacidad de ejecución	La información secundaria revisada apunta a que ha habido un buen nivel de ejecución a través del proceso de cumplimiento legal. Asimismo, se evidencia la existencia de una capacidad técnica suficiente, en base al número de personal asignado a la gestión ambiental y su nivel de formación. No obstante, aún falta avanzar en el desarrollo y aplicación de instrumentos para monitorear y hacer seguimiento a los impactos ambientales en la fase de operación de los proyectos de forma sistemática para todos los aspectos ambientales. De la misma manera, existe una cierta desconexión entre el departamento de construcción y el de operación, que puede haber causado algunas de las discontinuidades en la toma de datos en los monitoreos, y la centralización y uso estratégico de la información ambiental.
	Capacidad de evaluación y control	Se cuentan con metodologías de identificación y evaluación de impactos ambientales para las diferentes fases de los proyectos de EEPPM. La participación de EEPPM en proyectos ambientales regionales, en mesas de diálogo sobre el tema ambiental a nivel nacional y convenios internacionales es satisfactoria de acuerdo a la información revisada y a los premios recibidos por la entidad a nivel nacional e internacional. (consultor hemisférico en buenas prácticas ambientales). Los métodos de monitoreo se vuelven más consistentes y comparables a partir del año 2004. La gestión ambiental para la fase de operación de los proyectos de generación de energía cuenta con un Plan de Gestión Ambiental anual, un esquema de seguimiento y control de la gestión y con un Cuadro de Mando Integral. Este Cuadro de Mando (Balanced Scorecard) contempla una serie de indicadores sobre la gestión ambiental del proyecto, señalando áreas de alerta en caso que los indicadores ambientales presenten valores fuera de los esperados. Esto contribuye al mejoramiento continuo de la gestión.
	Capacidad de coordinación y comunicación	La empresa ha logrado desarrollar canales de coordinación y comunicación con la población e instituciones establecidas en las zonas donde se localizan los proyectos. Todo ello lo hace a través de los mecanismos de participación comunitaria (información, consulta, concertación, cogestión y autogestión) apoyados del proceso: "Participación en el desarrollo institucional y comunitario". Según la información revisada, el desempeño de EEPPM en cuanto a su capacidad de concertación y comunicación es positivo, lo que favorece la sostenibilidad de la gestión ambiental de la empresa.
CAPACIDAD DE AUTORIDADES AMBIENTALES	Varios estudios apuntan a que el seguimiento y monitoreo de las licencias ambientales es uno de los puntos débiles del sistema ambiental en Colombia. Las principales autoridades ambientales responsables del licenciamiento y monitoreo de la gestión ambiental de Porce II, MAVDT y CORANTIOQUIA, enfrentan limitaciones presupuestarias y técnicas que dificultan la consecución de los objetivos del proceso de licenciamiento y monitoreo ambiental más allá de la revisión administrativa de permisos y procedimientos.	

Fuente: elaboración propia

3.61 Pese a las limitaciones señaladas, la continuidad de la gestión ambiental de Porce II parece asegurada, tanto a nivel presupuestario como a nivel técnico, luego de concluido el proyecto con el Banco. Entre los factores que favorecen dicha sostenibilidad se encuentran⁸⁰:

- a. la **inclusión de la gestión ambiental** y, en particular del cumplimiento de los requerimientos del Plan de Manejo Ambiental y Plan de Seguimiento y Control de Porce II, en el modelo de gestión empresarial;
- b. la **Política Ambiental** de la empresa, y los procesos que la conforman, que aseguran la asignación futura de recursos técnicos y presupuestales;
- c. la **concepción de la gestión ambiental** más allá del cumplimiento de los requerimientos ambientales legales, contando con varios procedimientos discrecionales, que muestran la concepción de mejora continua por la que apuesta la empresa;
- d. la **gestión ambiental de la empresa que obedece a procesos, y no a proyectos específicos**. Si bien existe margen de mejora de los instrumentos de evaluación y control de algunos de los procesos de la gestión ambiental;
- e. la **capacidad de coordinación y comunicación de la empresa en sus procesos**.

2. Evaluación de la capacidad de las autoridades ambientales encargadas del seguimiento y control de los requerimientos legales en Porce II.

3.62 El **Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT)** se encarga de la **aprobación, seguimiento y control de las Licencias Ambientales** de los proyectos hidroeléctricos que excedan de 100 mil KW de capacidad instalada, como es el caso de Porce II. Por otra parte, la Corporación Autónoma Regional para el Centro de Antioquia – CORANTIOQUIA, otorga los permisos para el aprovechamiento de los recursos naturales que sean necesarios para la construcción y operación de proyectos en esta zona, como son las concesiones de agua, permisos de vertimientos y manejo de los residuos⁸¹. A continuación se presenta una valoración cualitativa a partir de información secundaria de las dos principales autoridades ambientales responsables del licenciamiento y monitoreo de la gestión ambiental de Porce II: MAVDT y CORANTIOQUIA⁸².

3.63 En cuanto a la **capacidad técnica del Ministerio (MAVDT)** creado con la Ley 99 de 1993, éste dispone de una estructura clara, un mapa de procesos, que incluye un manual de seguimiento ambiental de proyectos, un sistema de control de calidad y un grupo especializado de profesionales que le otorgan fortaleza para

⁸⁰ Ver Tabla 19 del Anexo 4

⁸¹ Otras autoridades ambientales relacionadas con la gestión ambiental de EEPPM, y de Porce II en concreto, son la Secretaría del Medio Ambiente del Municipio de Medellín, que se ocupa actualmente de la recuperación y conservación del río Medellín a su paso por esta ciudad, y la Contraloría General de Medellín que realiza auditorías anuales a la gestión integral de la empresa.

⁸² No se obtuvo información cuantitativa sobre la capacidad técnica y la eficiencia en los procesos de licencias y permisos ambientales, tales como el número personas que dispone la entidad para realizar el otorgamiento, seguimiento y control de las licencias y a su grado de formación académica; número de solicitudes tramitadas con respecto a las recibidas, tiempo del trámite, según tipo y tamaño de proyecto, etc.

el cumplimiento de sus funciones. Las labores de seguimiento de las obligaciones derivadas de las licencias otorgadas son asumidas por un funcionario que coordina un grupo de profesionales que cubren una muestra de la totalidad de proyectos a monitorear según una priorización anual⁸³. Respecto a CORANTIOQUIA, es el equipo profesional de la sede local de Zenufaná quien se encarga del monitoreo de Porce II, que no cuentan con una dependencia específica para temas ambientales. Esta institución gubernamental fue creada en 1995, lo que retrasó el proceso de expedición de algunos permisos ambientales y trajo como consecuencia que la construcción de las obras de infraestructura comenzara sin un plan de manejo ambiental propiamente dicho y fueran necesarias una serie de medidas de mitigación a posteriori para lograr una gestión ambiental integral en todo el proyecto.

- 3.64 En cuanto a la **eficiencia a la atención de las licencias**, según un estudio (Torres, 1998)⁸⁴, en Colombia el seguimiento y monitoreo de las licencias ambientales es un punto débil en el sistema ambiental. Este diagnóstico coincide con el de la Contraloría General de la República en su informe del 2006⁸⁵. Los factores identificados son la falta de definición de criterios y lineamientos para el seguimiento; las limitaciones de tiempo impuestas al personal temporal asignado para la evaluación de expedientes que restringen la posibilidad de mejorar la calidad de estas labores y disminuye la continuidad del proceso dentro de las instituciones responsables del seguimiento ambiental; dificultades presupuestarias par la evaluación y monitoreo de expedientes en las agencias encargadas. Esto ha conllevado a que pese a exigir exhaustivos EIA y PMA ex-ante, la capacidad y rigurosidad del proceso de seguimiento sea muy limitada.
- 3.65 Asimismo, las **deficiencias en el proceso de seguimiento y monitoreo de las entidades estatales y regionales encargadas del licenciamiento ambiental** son un factor que no asegura la efectividad de la gestión ambiental de Porce II, tanto por la débil capacidad de control de dichas autoridades ambientales como por la limitada capacidad para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación establecidas en el PMA. En efecto, si bien los autos, resoluciones y comunicaciones del Ministerio y CORANTIOQUIA dan cuenta de las visitas anuales de los funcionarios y del seguimiento y control de los requerimientos legales, se trata de un proceso más administrativo que de valor técnico añadido o de evaluación de la efectividad de las medidas de mitigación sobre el entorno del proyecto hidroeléctrico Porce II. OVE revisó el grado de cumplimiento de Porce II con las exigencias de la legislación ambiental colombiana sin encontrar ninguna evidencia en los informes de monitoreo de las autoridades sobre violaciones que pudieran haber causado impactos ambientales de importancia. De la misma manera, se compararon las exigencias de las salvaguardias del BID con la gestión realizada por EEPPM para Porce II, encontrando que todos fueron cumplidos con

⁸³ CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA. Estado de los Recursos Naturales y del Ambiente. Bogota (Colombia): 2006.

⁸⁴ Guio Torres, D.M., 1998. El Sector Energético y la Banca Multilateral de Desarrollo: El caso colombiano.

⁸⁵ CONTRALORÍA GENERAL DE LA REPÚBLICA, *Ibíd.*, pp. 155 - 188

la planeación y ejecución del Plan de Manejo Ambiental y Plan General de Monitoreo (ver Tabla 21 en Anexo 6). Se destaca el cumplimiento de la DIA y el PMA, el Plan de Reasentamiento y Salud Pública, así como la realización de las evaluaciones ambientales.

E. Adicionalidad del BID

- 3.66 **El concepto de adicionalidad en este estudio evalúa la participación del Banco en el proyecto, bajo el supuesto que ésta conduce a mejores resultados ambientales que los que resultarían si sólo estuviera invertido capital público o privado, es decir sin la participación del Banco.** Para el caso de Porce II, se propuso analizar qué medidas de mitigación u otras actividades de gestión ambiental fueron directamente propuestas por el Banco y su relevancia para mejorar los resultados de calidad ambiental del proyecto⁸⁶. La Política Ambiental del BID y sus lineamientos fueron muy útiles para guiar los trabajos de evaluación ambiental en la definición de los estudios ambientales de Porce II. Sin embargo, la Política Ambiental del BID aplicada (OP-703), aprobada en 1979, es un texto de apenas cuatro páginas en el que sólo se detallan algunas líneas básicas de acción en el sector ambiental por parte del Banco, y unos principios muy generales que deben guiar estas acciones, por lo que no se puede considerar un documento de referencia esencial. Por otro lado, la evaluación de EEPPM reconoce que los compromisos ambientales adquiridos con el BID, así como con las autoridades ambientales y la diversidad de temas englobados en la gestión ambiental, motivaron la creación de un equipo de trabajo para implantar la gestión ambiental en el proyecto hidroeléctrico Porce II. De esta manera se creó una nueva línea de trabajo en la interventoría de obras, dedicada exclusivamente a la inspección ambiental. También el propio préstamo incorporaba un programa de fortalecimiento institucional en el que se incluía capacitación en temas ambientales.
- 3.67 La evaluación ex-post (EEPPM, 2005) reconoce que, por recomendación del BID⁸⁷, se incluyeron 5 aspectos más al Programa de Seguimiento y Control. Se adicionaron a los aspectos ambientales que se monitorearon durante la construcción y operación: riesgos de destrucción de la presa, la calidad del agua del río Porce antes de entrar al embalse, la calidad del agua turbinada a la descarga, la salud pública y la salud y seguridad ocupacional.
- 3.68 Una comparación cualitativa entre las obligaciones establecidas en la licencia ambiental por parte del MAVDT y las establecidas en los informes de validación ambiental del Banco (Ficha Ambiental, junio 1993 y secciones ambientales del documento de préstamo de noviembre de 1993), muestra que, durante el diseño del proyecto, las recomendaciones del BID sobre estudios y medidas de

⁸⁶ Este capítulo presenta una evaluación de la adicionalidad del Banco al proyecto Hidroeléctrico Porce II, especialmente centrado en la etapa de prefactibilidad de las condiciones ambientales en el momento en que el proyecto Porce II fue considerado como posible préstamo en el Banco, aunque también se revisó la información disponible durante el monitoreo ambiental del proyecto desde el Banco, y el acompañamiento del Banco para la elaboración de la evaluación ex-post realizada por EEPPM en 2005.

⁸⁷ Y también indirectamente por las exigencias del Ministerio y recomendaciones de algunos o estudios ambientales realizados.

mitigación adicionales han sido relevantes para todos los casos. Sin embargo, su efectividad no siempre se ha materializado (Tabla 22 en el Anexo 6). En el caso de protección de la cuenca, el estudio realizado a recomendación del BID se considera muy importante para contextualizar la problemática ambiental de proyectos de gran envergadura como Porce II, así como evaluar los impactos acumulativos y sinérgicos de la cadena de represas en construcción. Según conversaciones con funcionarios de CORANTIOQUIA, esta recomendación del BID propició el surgimiento del Instituto Mi Río, que mejoró, entre otros temas, la gestión ambiental en el Valle del Aburrá. Por otro lado, en el caso del estudio sobre la calidad de agua de la cuenca, se considera que si bien el estudio es relevante, se hubiese debido complementar con trabajos de fortalecimiento institucional y técnico de las autoridades ambientales competentes de la gestión de la cuenca para favorecer su implementación efectiva, así como el fomento de una Mesa de Diálogo sobre el tema, asegurando el seguimiento a terceras partes. La información encontrada sobre el Sistema de Vigilancia Epidemiológica ha sido muy limitada.

- 3.69 La **información sobre adicionalidad del Banco durante la ejecución del proyecto** es más difícil de establecer ya que los informes del sistema de seguimiento del Banco (ISDP y ITP⁸⁸) son demasiado generales, y no contienen información específica sobre temas ambientales. De los cuatro informes de seguimiento de Porce II⁸⁹, sólo los tres últimos mencionan de forma muy general el progreso de algunas de las actividades de control ambiental implementadas. El informe de terminación sólo comenta el excelente desempeño del componente ambiental del proyecto, recomendando la recopilación y análisis de esta experiencia como un caso de buena práctica. Tampoco se tuvo información suficiente sobre el rol del BID en el proceso de planificación de la evaluación ex-post.

⁸⁸ Informe de Seguimiento del Desempeño de Proyectos y el Informe de Terminación de Proyecto.

⁸⁹ Diciembre 1997, Junio 1998, Junio 2000, Junio 2001.

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

- 4.1 Frente al vacío en la literatura sobre Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en seguimiento durante la operación y en las evaluaciones ex-post, este estudio contribuye al **desarrollo de metodologías innovadoras para la evaluación ambiental ex-post** tanto para el Banco como para los prestatarios. Asimismo, se propone profundizar los procesos de EIA para medir la efectividad de las medidas de mitigación respecto a los objetivos de calidad ambiental planteados en los Planes de Manejo Ambiental.
- 4.2 **El estudio permite darle utilidad a la información de seguimiento ambiental de proyectos de infraestructura a través del análisis de los indicadores y sus tendencias a lo largo del tiempo.** Por tanto, permite trascender la dimensión de mero cumplimiento de los informes de monitoreo ambiental exigidos por las autoridades y por el Banco. En el caso de EEPPM, como muchas otras empresas tanto públicas como privadas, diferentes instancias de la empresa se encargan de construir y operar estos grandes proyectos de infraestructura. Esto dificulta muchas veces que la información acumulada a lo largo del tiempo por diferentes departamentos se analice y se tome en cuenta en la gestión ambiental de los proyectos. Por tanto, este tipo de evaluaciones ex – post permiten recuperar las recomendaciones de estudios y monitoreos anteriores, recopilar información dispersa generada a lo largo de los años, e incluso fomentar la mejora de los sistemas de gestión de la información.
- 4.3 La presente evaluación ambiental (OVE, 2007-2008) considera varios **criterios de evaluación para las medidas de mitigación** propuestas⁹⁰, así como desarrolla **metodologías innovadoras para valorar la efectividad del proyecto en términos de calidad ambiental y el efecto de mitigación de las mismas**. Si bien el proyecto Hidroeléctrico Porce II fue seleccionado por la calidad de la información disponible, ésta no fue de suficiente calidad (limitaciones de consistencia en los métodos de muestreo y limitaciones de pertinencia de los indicadores) como para llegar a conclusiones sobre el impacto global de las medidas de mitigación y su afectación a la calidad del ecosistema.
- 4.4 En términos generales, los resultados de esta evaluación apuntaron a que las medidas de mitigación implementadas por el proyecto Hidroeléctrico Porce II fueron **relevantes** para cuatro de los aspectos ambientales considerados⁹¹, excepto para paisaje, si bien no se implementaron todas las medidas propuestas y la implementación de algunas fue deficiente.
- 4.5 Las medidas de mitigación propuestas fueron **efectivas** para la mitigación de los aspectos ambientales analizados en el estudio de OVE, suponiendo así que de haberse realizado el proyecto sin implementar ninguna medida de mitigación, la calidad ambiental de la zona se hubiera deteriorado. Esta conclusión, sin embargo, no permite definir si el cambio neto en la calidad ambiental de la zona por la

⁹⁰ Criterios de evaluación: relevancia, efectividad, eficiencia, sostenibilidad y adicionalidad.

⁹¹ Calidad del Agua, Vegetación Acuática Invasiva, Vegetación Terrestre, Fauna Terrestre

entrada en funcionamiento del proyecto fue positivo o negativo, o qué variables fueron las más significativas.

- 4.6 La **eficiencia económica** para cada aspecto ambiental ha presentado resultados variados, destacando uno de los problemas más importantes en la subestimación del presupuesto para atender determinados impactos, como los relacionados con vegetación acuática y terrestre. EEPPM no cuenta con datos de costes desagregados por medida de mitigación que hubieran permitido calcular su costo-efectividad. Por otro lado, la **capacidad de implementación y actualización de las medidas de manejo ambiental se considera sostenible** a lo largo del tiempo debido a la institucionalización de los aspectos ambientales en la gestión de la empresa y el desarrollo de capacidad técnica.
- 4.7 Finalmente, el Banco ha **agregado valor** en el diseño de algunos aspectos ambientales a través del requerimiento de estudios específicos, como son el manejo de la cuenca, la calidad del agua y el sistema de vigilancia epidemiológica. Sin embargo, cabe resaltar que la implementación de varias de las medidas propuestas por el Banco excedía las competencias de EEPPM, y no se previeron mecanismos de coordinación con los agentes responsables de su implementación. La mayor parte de la asesoría técnica se centró en la etapa previa a la aprobación del préstamo (análisis de viabilidad socioambiental). El BID realizó un seguimiento sistemático de las medidas propuestas, y ninguno de estos aspectos es reportado en los instrumentos de seguimiento del Banco.

B. Recomendaciones

- 4.8 Esta evaluación aplicó una metodología piloto para evaluar la relevancia, efectividad, eficiencia y sostenibilidad de las medidas de mitigación del Proyecto Porce II para los aspectos ambientales que se consideraron más relevantes respecto a su impacto ex-post. En el caso de contar con información de monitoreo robusta y comparable a lo largo del tiempo, la interpretación de los resultados de los criterios evaluativos para los aspectos ambientales priorizados podría ser agregada y obtener una **valoración del impacto ambiental ex-post** del proyecto, tal como recomienda la bibliográfica al respecto. Por tanto, para mejorar la aplicación de esta metodología en un futuro se recomienda:
- Mantener una línea metodológica estricta en los monitoreos (métodos y esfuerzo de muestreo, análisis de información, etc.) para poder establecer tendencias de calidad ambiental de cada aspecto ambiental y permitir un análisis multitemporal. Esto no significa que se deba obviar la posibilidad de perfeccionar las metodologías, sino que se deberían buscar opciones para compatibilizar los resultados de diferentes monitoreos para asegurar la consistencia entre los mismos, o al menos mantener los registros con las diferentes metodologías en paralelo hasta crear una serie de tiempo suficiente. Además, se debería mejorar la sistematización de resultados para cada aspecto ambiental fundamental y evaluación de desempeño.
 - Asegurar que los indicadores elegidos para verificar la efectividad de las medidas de mitigación capten la consecución de los objetivos de calidad ambiental para cada aspecto. De lo contrario, al analizar la efectividad de las

medidas de mitigación no será posible atribuir los resultados obtenidos con las mismas, más allá de un análisis de cumplimiento que sólo logra determinar la implementación o no de las medidas, pero no sus resultados reales.

- 4.9 Asimismo, es necesario poder **cruzar los criterios de evaluación de relevancia, efectividad y eficiencia de las medidas de mitigación**, de manera que se pueda estimar si las medidas de mitigación consideradas relevantes ex-ante han alcanzado los resultados esperados y que se pueda también determinar el costo-efectividad de las medidas de mitigación para mejorar la adecuación de los presupuestos para las mismas y evitar subestimaciones de recursos. El Banco debería fomentar la realización de estudios concretos para estimar los costos de las medidas de mitigación y su relación con la prevención de impactos y la necesidad futura de aplicar medidas de remediación. Así, por ejemplo, se podrían estimar los costes reales de los programas de reforestación respecto a su utilidad para prevenir erosión en los alrededores de embalses y evitar los costes futuros de dragado para mantener en funcionamiento el proyecto hidroeléctrico.
- 4.10 Los estudios ambientales iniciales deberían detallar claramente qué medidas de mitigación de las previstas están bajo la competencia directa del prestatario o proponente del proyecto, y cuáles requieren la colaboración con otras empresas o instituciones públicas por tener un alcance mayor al proyecto. En caso de ser necesario, se requiere reforzar el trabajo con estas entidades e instituciones, explorando las acciones que la empresa puede hacer para motivar la acción sinérgica con éstas.
- 4.11 Los estudios ambientales con un alcance mayor al del área de influencia directa del proyecto son muy importantes para contextualizar la problemática ambiental en proyectos de gran envergadura, así como para evaluar los impactos acumulativos y sinérgicos de una cadena de proyectos. Sin embargo, en estos casos, se deberían explorar las posibilidades de ofrecer recursos de cooperación técnica en vez de agregar este tipo de requerimientos ambientales en el marco de la gestión ambiental de un proyecto específico. Además, este tipo de instrumentos podrían servir para mejorar la institucionalidad que permita que las medidas de mitigación de mayor alcance se implementen, así como que el monitoreo y seguimiento realizado por las autoridades ambientales sea más efectivo en términos de calidad ambiental, mejorando la sostenibilidad futura de las acciones de gestión ambiental. Esta limitación sobre la gestión ambiental de la zona se está repitiendo en el nuevo préstamo para la central hidroeléctrica Porce III, también operada por EEPPM. Las evaluaciones de impactos acumulativos, sinérgicos e indirectos del proyecto solicitadas por el Banco consideran también en este caso acciones que deberían llevar a cabo CORANTIOQUIA y los municipios de la zona para recuperar y conservar la cuenca. Pese a una cierta coordinación entre EEPPM y estas instituciones, el Banco no ha previsto mecanismos para fortalecer las capacidades técnicas y logísticas de estas instancias para asegurar el cumplimiento efectivo de las recomendaciones de los estudios solicitados.
- 4.12 En el caso de eficiencia de las medidas de mitigación es necesario adecuar mejor los presupuestos de las mismas en base a los resultados esperados, admitiendo la

dificultad de prever la magnitud de los impactos, así como la gran incertidumbre en la que se mueven las predicciones de la DIA en proyectos de infraestructura de gran envergadura. La literatura especializada sobre los sistemas de seguimiento ambiental apuntan a la noción de gestión ambiental adaptativa (Morrison-Saunders and Bailey, 2000). Desde esta concepción, se propone un enfoque flexible que promueve una gestión adaptativa y continua centrada en la consecución de los objetivos ambientales más que en los requerimientos prescriptivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arboleda, J. A., 2005. *Modelo de Gestión Ambiental de Empresas Públicas de Medellín*. En Revista de Empresas Publicas de Medellín, volumen 15, No. 3, enero – abril de 2005.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA)-CORNARE-CORANTIOQUIA-Universidad Nacional de Colombia, 2007. *Plan de ordenación y manejo de la cuenca del río Aburra. Aspectos principales*. Medellín.
- Arts, J., and Morrison-Saunders, A, 2001. *Environmental impact assessment follow-up: good practice and future directions—findings from a workshop at the IALA 2000 Conference*. Impact Assess. Proj. Apprais. 19 3, pp. 175–185.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 2006. Política de medio ambiente y cumplimiento de salvaguardias.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 2005a. *Evaluación ex –post de proyectos, Informe anual 2004 Documento RE-308*. Oficina de Evaluación y supervisión OVE. Washington, Agosto.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 2005b. *Proyecto Informe de Gestión Ambiental y Social Proyecto Central Hidroeléctrica Porce III*. Documento CO-L1005. Sf. 310p.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 2004. *Política de medio ambiente y cumplimiento de salvaguardias*.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 2003. *Evaluación Ex Post de las Operaciones Documento OP-305*. Washington D.C. Octubre.
- BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO, 1979. *Política operativa para el ordenamiento del Medio Ambiente GP-73*.
- Bosque S., Joaquín et al, 1997. *Valoración de los aspectos visuales del paisaje mediante la utilización de un SIG*. Documents d'Anàlisi Geogràfica, N° 30. Madrid. p 19-38
- Brand, P.C., 2001. *La construcción ambiental del bienestar urbano: caso Medellín, Colombia*. Revista Economía, Sociedad y Territorio, Volumen III, Numero 9, Pág. 1.-24).
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y ciencias del Ambiente (CEPIS), 2001. *Metodologías simplificadas para la evaluación de eutrofización en lagos cálidos tropicales*. Centro panamericano de ingeniería sanitaria y ciencias del ambiente. Organización Panamericana de Salud (OPS). 60 p
- Conesa Fdez-Vitoria, V., 1997. *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental*. 3ra ed. Ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- Dee, N. et al., 1973. *An environmental evaluation system for water resource planning*. *Water Resources Research*, vol. 9, no. 3, pages 523–535.
- Del Moral, L., Pedregal, B., 2002. *Nuevos planteamientos científicos y participación ciudadana en la resolución de conflictos ambientales*. Documents d'Anàlisi Geogràfica. Universidad Autònoma de Barcelona, núm. 41, pp. 121-134

- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN (DNP), 1998. *Elementos sobre la gestión local orientada a resultados*. Bogotá (Colombia)
- Emmons LH, Feer F., 1999. *Mamíferos de los bosques húmedos de América tropical, una guía de campo*. Editorial F.A.N. Bolivia. 298 pp.
- Empresas Públicas de Medellín, 1989. *La vegetación acuática y su incidente en embalses. Proyecto hidroeléctrico Porce II. Estudios de evaluación ambiental, etapa II*. 2576, piso 10.
- Empresas Públicas de Medellín, 1992. *Predicción de la eutrofización, modelos de fósforo total de la OECD y el CEPIS*. Doc No1-723, Archivo piso 10.
- Empresas Públicas de Medellín, 1993. *Declaratoria de impacto ambiental, Componente físico biótico*. Versión actualizada Vol. I (Resumen).
- Empresas Públicas de Medellín, 1994. *Estudios de evaluación ambiental. Plan de seguimiento y control de la componente fisicobiótica* (octubre).
- Empresas Públicas de Medellín e Integral, 1995. *Plan de manejo para el control de la erosión*. Contrato No 3/DJ-9225/89. Medellín.
- Empresas Públicas de Medellín, 1996. *EIA. Desarrollo del plan de seguimiento y control de la componente fisicobiótica*. Dcto 7102-11. Integral.
- Empresas Públicas de Medellín y Consultoría Colombiana S.A., 1996. *Diagnóstico de la actividad y susceptibilidad erosiva en la cuenca tributaria del embalse del proyecto Porce II*. Contrato No 9/DJ-1652/170. Santa fe de Bogotá.
- Empresas Públicas de Medellín e Integral S.A., 1998. *Proyecto hidroeléctrico Porce II. Monitoreo de la erosión en la zona de influencia directa por procesos antrópicos y naturales*. Contrato No 3/DJ-9225/89. Medellín.
- Empresas Públicas de Medellín, 2001. *EIA. Desarrollo del plan de seguimiento y control de la componente fisicobiótica. Informe de avance*. Dcto 0623-E. 171.
- Empresas Públicas de Medellín y Universidad de Antioquia-Corporación Ambiental, 2001. *Plan de monitoreo y seguimiento de la componente físico-biótica en la zona del proyecto hidroeléctrico Porce II. Segundo Monitoreo de Fauna Terrestre del proyecto hidroeléctrico Porce II*. pp. 45.
- Empresas Públicas de Medellín, 2002a. *Consideraciones técnicas en torno al monitoreo de la calidad del agua del río Porce aguas abajo del sitio de la Presa Porce II y la componente Biótica del Embalse*. Proyecto Hidroeléctrico Porce II. Anexo 9. Piso 10, Grupo 01.
- Empresas Públicas de Medellín, 2002b. *Seguimiento a compromisos con autoridades ambientales Porce II*, Anexo 15
- Empresas Públicas de Medellín - Universidad Nacional de Colombia, 2002. *Evaluación de las condiciones de estabilidad geotécnica de los depósitos no consolidados existentes en las orillas del embalse Porce II*. Medellín.
- Empresas Públicas de Medellín, 2004a. Informe anual de la gestión ambiental de las actividades en la fase de operación, durante el año 2003. Grupo 01 Dcto 12.

- Empresas Públicas de Medellín, 2004b. *Evaluación ambiental ex-post Desarrollo hidroeléctrico Porce II*. Medellín, Agosto de 2004.
- Empresas Públicas de Medellín e Instituto de Biología U. de A., 2004. *Plan de monitoreo y seguimiento de la componente físico-biótica, ejecución del tercer monitoreo de fauna y vegetación en la zona del embalse Porce II*. pp. 429.
- Empresas Públicas de Medellín, 2005. *Informe anual de la gestión ambiental de las actividades en la fase de operación, durante el año 2004*.
- Empresas Públicas de Medellín, 2006. *Informe de Cumplimiento Ambiental 1. Central Hidroeléctrica Porce II. Periodo enero a diciembre de 2005*. Expediente No 260.
- Empresas Públicas de Medellín en Convenio con Grupo de Ecología Evolutiva U. de A., 2006. *Plan de monitoreo y seguimiento de la componente físico-biótica, ejecución del cuarto monitoreo de fauna y vegetación en la zona del embalse Porce II*. pp. 406.
- Empresas Públicas de Medellín, 2007. *Informe de Cumplimiento Ambiental 2. Central Hidroeléctrica Porce II. Periodo enero a diciembre de 2006*. Expediente No 260.
- Empresas Públicas de Medellín, 2008. *Informe de gestión de 2007*. Gerencia Generación Energía Subgerencia Ambiental. Medellín.
- Espinoza, G., 2001. *Fundamentos de Evaluación de Impacto Ambiental*. Banco Interamericano de Desarrollo y Centro de Estudios para el Desarrollo. Santiago de Chile. 186 p.
- Etter, A., 1990. *Introducción a la ecología del paisaje. Un marco de integración para los paisajes rurales*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá. 83 p.
- Feldmann, F., 1999. *Dams, sustainability and Public Consultation Mechanisms*. Panel 4. Regional Consultations: Large dams and the environment. World Commission on Dams.
- Guio Torres, D.M., 1998. *El Sector Energético y la Banca Multilateral de Desarrollo. El caso Colombiano*.
- Gómez Orea, D., 1999. *Evaluación del Impacto Ambiental*. Ed. Agrícola. Madrid.
- Integral Ingenieros Consultores - Empresas Públicas de Medellín, 1992. *Estudio de Impacto Ambiental Proyecto Hidroeléctrico Porce II*. Medellín.
- Integral Ingenieros Consultores, 1996. *Proyecto hidroeléctrico Porce II. Estudio de impacto ambiental*.
- Kennedy W., 1999. Environmental Impact Assessment and Multilateral Financial Institutions in Petts J (ed) *Handbook of Environmental Impact Assessment* (Volume 2), pp. 97-120. Blackwell Science Ltd. Oxford, UK.
- LECAROS, F., 2005 *Informe evaluación Ex – post de Porce II*.
- Márquez, G., 2000. Vegetación, población y huella ecológica como indicadores de sostenibilidad en Colombia. *Gestión y Ambiente*, núm. 5, pp. 33-49.

- Marshall, R., Arts, J., Morrison-Saunders, A., 1995. Principles for EIA follow-up International principles for best practice EIA follow-up. Impact Assessment and Project Appraisal, volume 23, number 3, September 2005, pages 175–181.
- Martínez V., J, et al, 2003. *Valoración del paisaje en la zona de especial protección de Aves Carrizales y Sotos de Aranjuez (Comunidad de Madrid)*. GeoFocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica. N°3. p. 1-21
- Miethke, S., 1993. *Ecología del paisaje en Chile Central y su utilidad en la prevención de desastres ambientales*. Ambiente y Desarrollo. Chile.
- Ministerio de Medio Ambiente España, 2000. *Guía para la elaboración de estudios del medio físico*. Secretaría General de Medio Ambiente, serie monografías. Madrid. 809 pp.
- Morrison-Saunders, A and Arts, J., 2004. *Assessing impact: Handbook of EIA and SEA Follow-up*”. Ed. Earthscan 338 pp.
- Morrison-Saunders A. and Marshall, R., 2003. *EIA Follow-up - Linking Impact Assessment With Implementation*. The Environmentalist, 17, 16-19.
- Munda, G., 2003. *Multicriteria Assessment*. International Society for Ecological Economics
- Ramírez, G. A. y Viña V., 1998. *Limnología Colombiana: aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis*. Bogotá. 293 pp.
- Rodríguez, R. A., 2007. *Evaluación de alternativas para el control y manejo integral de malezas acuáticas en el embalse Porce II*. Trabajo de grado para optar al título de Ingeniera Ambiental. Corporación Universitaria Lasallista. Caldas. En asocio con EEPPM.
- Rodríguez, M et al, 2001. *Gestión ambiental en América Latina y el Caribe: evolución, tendencias y principales prácticas*.
- Rueda, J., 2007. *Evaluación del Efecto de Mitigación de Porce II* (Informe de consultoría para la Oficina de Evaluación y Supervisión (OVE) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID)).
- Thomaz, S.M., Bini, L.M. y Pagioro, T.A., 2004. *Métodos en Limnología: macrófitas acuáticas*. Em: BICUDO, C.E.M. & D. BICUDO. Amostragem em limnologia. São Carlos: RiMa.
- Universidad de Medellín, 2001. *Plan de Monitoreo y seguimiento de la componente físico-biótica en la zona del proyecto hidroeléctrico Porce II. Primer monitoreo del paisaje*. Empresas Públicas de Medellín E.S.P., Universidad de Medellín. Dirección de Investigaciones. Medellín. 84 pp.
- Universidad Nacional de Colombia, 2006. *Plan de monitoreo y seguimiento de la componente físico-biótica, segundo monitoreo del paisaje en la zona del embalse Porce II, Segundo monitoreo del paisaje*. Empresas Públicas de Medellín E.S.P., Universidad Nacional. Departamento de Ciencias Forestales. Medellín

- VEGA M, Leonel, 2001. *Gestión ambiental sistémica: Un nuevo enfoque funcional y organizacional para el fortalecimiento de la gestión ambiental pública empresarial y ciudadana en el ámbito estatal*. Bogotá.
- Villarreal H, Alvarez H, Córdoba S, Escobar F, Fagua G, Gast F, Mendoza H, Ospina M y Umaña AM., 2006. *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad*. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, Colombia. 236 pp.
- Wescoat, J., 1999. *Ex-Post Evaluation of Dams and Related Water Projects*. World Commission on Dams, Thematic Review IV.5: Operation, Monitoring and Decommissioning of Dams.
- World Commission on Dams, 2000. *Dams and development: a new framework for decision-making*. The Report of the World Commission on Dams. Earthscan Publications Ltd, London and Sterling, VA.