

REALIZACIÓN



Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA | N° 10 | junio de 2007

Conservation Strategy Fund | Conservación Estratégica | SERIE TÉCNICA | N° 10 | junio de 2007

APOYO



Tenosique: análisis económico-ambiental de un proyecto hidroeléctrico en el Río Usumacinta

israel amezcua
gerardo carreón
javier marquez
rosa maría vidal
irene burgués
sarah cordero
john reid

“La misión de CSF es enseñar a organizaciones de todo el mundo como utilizar análisis económico estratégico para conservar la naturaleza”.

“CSF’s mission is to teach organizations around the globe on how to use strategic economic analysis to conserve nature”.

Fotografía de la portada:
Daniel Piaggio Strandlund

Apto. 663 - 2300
Curridabat - Costa Rica
irene@conservation-strategy.org

Av. Sánchez Lima No. 2600
Edificio Tango - Piso 11 Dept. 02
Teléfono / Fax: 591-2-2431038
Casilla: 4945 / La Paz - Bolivia
cecilia@conservation-strategy.org

Praça Dr. Lund, 218 – sala 407 – Centro
33400-000 – Lagoa Santa – MG, Brasil
Teléfono: (31) 3681-1221
csfbrasil@conservation-strategy.org

1160 G Street, Suite A-1
Arcata, CA 95521 USA
Teléfono: 707-822-5505
Fax: 707-822-5535

www.conservation-strategy.org

Diagramación: Kerigma Comunicación
Teléfono: 506-240-5191
Fax: 506-240-6644

Serie Técnica

Edición 1 – Análise de viabilidade sócio-econômico-ambiental da transposição de águas da bacia do Rio Tocantins para o Rio São Francisco na região do Jalapão/TO (2002)
fani mamede, paulo garcia y wilson cabral de souza júnior

Edición 2 – Valoração econômica do Parque Estadual Morro do Diabo (SP) (2003)
cristina adams, cristina aznar, ronaldo seroa da motta, ramón ortiz y john reid

Edición 3 – A pavimentação da BR-163 e os desafios à sustentabilidade: uma análise econômica, social e ambiental (2005)
ane alencar, laurent micol, john reid, marcos amend, marília oliveira, vivian zeideman y wilson cabral de souza júnior.

Edición 4 – Custos e benefícios do complexo hidrelétrico de Belo Monte (2006)
wilson cabral de souza júnior, john reid y neidja cristiane silvestre leitão

Edición 5 – Beneficios económicos regionales generados por la conservación: el caso del Madidi (2006)
leonardo c. fleck, marcos amend, lilian paintere y john reid

Edición 6 – Una carretera a través del Madidi: un análisis económico-ambiental (2006)
leonardo c. fleck, lilian painter, john reid y marcos amend

Edición extra – Análisis de costo beneficio de cuatro proyectos hidroeléctricos en la cuenca Changuinola-Teribe (2006)
sarah cordero, ricardo montenegro, maribel mafla, irene burgués y john reid

Edición 7 – Efeitos de projetos de infra-estrutura de energia e transportes sobre a expansão da soja na bacia do rio Madeira (2007)
maria del carmen vera-díaz, john reid, britaldo soares filho, robert kaufmann y leonardo fleck

Edición 8 – Análisis económico y ambiental de carreteras propuestas dentro de la Reserva de la Biosfera Maya (2007)
víctor hugo ramos, irene burgués, leonardo c. fleck, byron castellanos, carlos albacete, gerardo paiz, piedad espinosa y john reid

Edición 9 – Análisis ambiental y económico de proyectos carreteros en la Selva Maya, un estudio a escala regional (2007)
dalia amor conde, irene burgués, leonardo fleck, carlos manterota y john reid

Edición 10 – Tenosique: análisis económico-ambiental de un proyecto hidroeléctrico en el Río Usumacinta (2007)
israel amescua, gerardo carreón, javier marquez, rosa maría vidal, irene burgués, sarah cordero y john reid

Tenosique: análisis económico-ambiental de un proyecto hidroeléctrico en el Río Usumacinta

israel amezcua [Pronatura Chiapas]
gerardo carreón [Naturalia y ParksWatch]
javier marquez [Defensores de la Naturaleza]
rosa maría vidal [Pronatura Chiapas]
irene burgués [Conservación Estratégica - CSF]
sarah cordero [INCAE Business School]
john reid [Conservación Estratégica - CSF]

{ Agradecimientos

A

gradecemos el apoyo de Conservación Internacional (CI), World Monuments Fund (WMF), Pronatura Península de Yucatán, The Nature Conservancy (TNC), y la Comisión Federal de Electricidad (CFE) de México, por el acceso a datos y documentos que han hecho posible la elaboración de este estudio. Especialmente agradecemos a Todd Berendes y Ricardo Hernández por su colaboración, al Ing. Fernando Brauer y Humberto Pulido por su participación en el trabajo de campo y apoyo técnico.

También agradecemos el apoyo financiero brindado por The Nature Conservancy (TNC) para la impresión de este documento.

Finalmente, agradecemos al Fondo de Alianzas para los Ecosistemas Críticos (CEPF), cuyo apoyo financiero fue fundamental para el desarrollo de este análisis. El Fondo de Alianzas para los Ecosistemas Críticos es una iniciativa conjunta de la Conservación Internacional, el Fondo para el Medio Ambiente Mundial, el Gobierno de Japón, la Fundación MacArthur y el Banco Mundial. Su meta fundamental es asegurar que la sociedad civil se dedique a conservar la diversidad biológica.

Las ideas y conclusiones de este documento son de los autores y no necesariamente reflejan las opiniones de las instituciones que apoyaron el estudio.

{ Abreviaciones

APFF	Áreas de Protección de Flora y Fauna
ANP	Área Natural Protegida
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CONANP	Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas
COPAR	Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión (Generación)
FDN	Fundación Defensores de la Naturaleza
NAME	Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias
NAMO	Nivel de Aguas Máximas Ordinarias
POISE	Programa de Obras e Inversión del Sector Eléctrico
RBM	Reserva de la Biosfera Maya
SIG	Sistema de Información Geográfica
VAN	Valor Actual Neto
VEI	Valor Económico del Impacto
WCD	Comisión Mundial de Represas (World Commission on Dams)

{ Índice

Agradecimientos	2
Abreviaciones	4
Índice	6
Índice de tablas y figuras	8
Resumen ejecutivo	10
Executive summary	13
Introducción	16
Área de estudio: la cuenca del Río Usumacinta	17
Características generales	17
Las áreas protegidas	18
Biodiversidad	20
El proyecto analizado	20
Versiones del proyecto Tenosique (Boca del Cerro)	20
Versión analizada	21
Complejo hidroeléctrico del cual el proyecto Tenosique forma parte	23
Metodología y resultados	24
Evaluación financiera	26
Resultado	26
Horizonte temporal	26
Ingresos y egresos	26
El impacto económico del proyecto	30
Resultados	30
Impactos socioeconómicos en la zona de inundación	32
Los impactos no incluidos en la evaluación económica	36
Impactos ambientales en la zona de inundación	36
Impactos ambientales río abajo de la presa	37
Otros impactos sobre los ecosistemas acuáticos	42
Impactos de carácter binacional	43
Destrucción de sitios arqueológicos	43
Otros impactos sociales	44
Análisis distributivo de los impactos	44
Discusión y conclusiones	46
Bibliografía	49
Anexos	55
Anexo 1: Encuesta	56
Anexo 2: Resultados de las encuestas	60

{ Índice de tablas y figuras

Tabla 1. Riqueza biológica presente en la región de la cuenca del Río Usumacinta.	20
Tabla 2: Versiones del Proyecto Tenosique	21
Tabla 3: Características del proyecto analizad	22
Tabla 4: Vegetación y uso de suelo en el área afectada.	22
Tabla 5: Características de los escenarios utilizados para el análisis financiero	26
Tabla 6: Flujo de caja escenario optimista (en millones de US\$)	28
Tabla 7: Flujo de caja escenario pesimista (en millones de US\$)	29
Tabla 8: Flujo de caja económico con base en el análisis financiero optimista	31
Tabla 9: Localidades afectadas por una cortina de 42 msnm	34
Tabla 10: Valor anual de la producción promedio por hogar y en total	35
Tabla 11: Distribución de la superficie por ecosistema y por categoría de vulnerabilidad	39
Tabla 12. Cálculo del valor económico escenario 1 – Impacto conservador	40
Tabla 13. Cálculo del valor económico escenario 2 – Impacto severo	41
Tabla 14: Distribución de las pérdidas y ganancias del proyecto entre los participantes (millones de US\$, precios constantes y flujos descontados)	45
Tabla 15: Impactos ambientales y sociales en la zona	48
Tabla A1: Producción ganadera	60
Tabla A2: Producción agrícola anual	60
Tabla A3: Producción pesquera	61

Figura 1: La cuenca del Río Usumacinta y la Selva Maya	18
Figura 2: Las áreas naturales protegidas dentro de la cuenca del Usumacinta	19
Figura 3: Escenarios de inundación según la altura de la presa	21
Figura 4: Sistema de presas del que el Proyecto Tenosique forma parte	23
Figura 5: Localidades afectadas	33
Figura 6: Zona inundada	36

{ Resumen ejecutivo

E

n este estudio analizamos una represa hidroeléctrica proyectada en la cuenca del Río Usumacinta en México. Nuestro objetivo es el de iniciar una discusión sobre los costos y beneficios de los proyectos de este tipo, que han sido planteados en esta, la cuenca más grande de la Selva Maya y de Mesoamérica. Decidimos analizar el Proyecto Hidroeléctrico Tenosique, antes denominado Boca del Cerro, dado que entre los posibles proyectos grandes en el Usumacinta, es el que aparentemente tiene la probabilidad más alta de implementación.

El proyecto hidroeléctrico fue analizado bajo cuatro criterios: la eficiencia financiera, la eficiencia económica, la distribución de beneficios y costos y la sostenibilidad ambiental.

Para que un proyecto sea financieramente eficiente, la empresa que lo desarrolle debe recibir en ingresos más de lo que gasta. Según nuestros cálculos, el proyecto Tenosique le podría generar pérdidas o ganancias a la empresa, dependiendo de los datos que se utilicen para el análisis. La variación está entre US\$ 248 millones en ganancias y US\$ 112 millones en pérdidas. Esta variación se debe a la incertidumbre sobre ciertos costos y sobre los beneficios esperados. Lo que este análisis puso en evidencia es que sin un subsidio al precio de venta, el proyecto definitivamente no sería rentable y podría generarle pérdidas a la empresa de hasta US\$ 219 millones.

La eficiencia económica toma una perspectiva más amplia, en este caso la de la sociedad mexicana como un todo. El valor actual neto económico más optimista, que no asume ninguna pérdida ambiental, es de US\$ -19 millones. Esto significa que el proyecto le generaría una pérdida a la sociedad mexicana de por lo menos US\$ 19 millones.

El tercer criterio es la distribución de beneficios y costos. Este análisis deja claro la potencial inequidad del proyecto Tenosique. El proyecto ocasionaría costos tangibles al gobierno y daños significativos a la naturaleza y las comunidades afectadas. Esto implica la posible transferencia de riqueza pública a manos privadas.

El criterio final que utilizamos para evaluar el proyecto es el de la sostenibilidad ambiental. Por más que intentemos incorporar los costos ambientales en el análisis económico, los métodos y datos que tenemos para hacerlo son limitados; no es posible valorar todos los bienes y servicios ambientales afectados. Por esto es necesario señalar, aunque sea apenas en términos cualitativos, los daños ambientales inevitables de estos proyectos (Lo ideal sería comparar estos impactos con los que causarían proyectos alternativos con el mismo nivel de generación energética.).

La creación de una represa en una región de alta biodiversidad, interrumpiría varias interacciones ecológicas y sociales. El riesgo más grande identificado fue el cambio en la dinámica hídrica del río por generar una barrera artificial que compromete la viabilidad

e integridad de los ecosistemas río abajo y arriba. Cabe destacar la importancia de los humedales y pantanos río abajo del sitio de la presa. Las externalidades del proyecto serían absorbidas por la sociedad en general (principalmente a nivel local) de forma indirecta a través de inversiones públicas y privadas para mitigar impactos ambientales, de la reducción de bienes de consumo (agua y pesca, por ejemplo) y de la pérdida de biodiversidad.

Los resultados muestran que el proyecto Tenosique debe de ser reevaluado en su contexto nacional. Se ponen en evidencia debilidades en cuanto a eficiencia, equidad y sostenibilidad ambiental que nos conducen a la conclusión de que valdría la pena investigar otras opciones de generación eléctrica en este río, en otros y a través de otras tecnologías más eficientes para alcanzar las metas de desarrollo y conservación de recursos naturales.



Executive summary

I

n this study we analyze a dam proposed on the Usumacinta River in Mexico. Our objective is to stimulate discussion on the costs and benefits of such projects in the largest watershed in the Maya Forest and in Mesoamerica as a whole. We chose to analyze the Tenosique project (formerly known as Boca del Cerro), given that it is apparently the Usumacinta dam being given the most serious consideration by planners.

We analyzed the project with four criteria in mind: financial feasibility; economic efficiency; the distribution of costs and benefits; and environmental sustainability.

A project is considered financially feasible if the firm implementing it receives income in excess of its costs. According to our calculations, the Tenosique project could generate from \$248 million in net gains to \$112 in losses, depending on what assumptions one uses for certain costs and benefits. What is clear, however, is that without typical government subsidies, the project is definitely not feasible, with losses of up to \$219 million. All figures are net present values (NVP).

Economic efficiency is defined more broadly, looking at the costs and benefits experienced by Mexican society as a whole. The economic net present value in a best case scenario and without considering environmental costs was estimated at -\$19 million, meaning that Mexican society would lose at least that sum of money.

The third criterion is that of the distribution of costs and benefits. This study underscores possible areas of inequity that arise from the project. As we understand the Tenosique dam plan, it would impose cash costs on the government, and do significant damage to natural resources and rural communities, while at the same time it could generate significant profits (or losses) for a private energy company.

The final factor is that of environmental sustainability. As much as we might attempt to incorporate environmental costs in the economic analysis, the data and methods at our disposal are limited; it is not possible to monetize the impacts to all environmental goods and services. Therefore, it is important to point out, at least in qualitative terms, the potential environmental costs. Ideally, we would compare these to impacts of alternative energy projects.

What can be said about this project is that it would create an ecological barrier in a high-biodiversity region, interrupting a variety of biological and social interactions. The greatest risk appears to be the hydrological changes brought by the dam, which put in doubt the ecological health of areas both above and below the reservoir. Of particular concern are impacts on the downstream wetlands. These externalities would be indirectly absorbed by society at large by way of public and private investments to

mitigate damage, through the reduction of local production, and through the loss of biodiversity.

These results suggest that the Tenosique project needs to be reevaluated in a broader, national context. The project has apparent shortcomings in terms of efficiency, equity and sustainability, which leads us to the conclusion that it would be worthwhile investigating alternative projects in the same and other watersheds, or even different forms of energy to better meet both development and conservation goals.

{ Introducción

E

ste estudio tiene como objetivo evaluar las implicaciones económicas y los efectos ambientales y sociales que tendría una represa hidroeléctrica en la cuenca del Río Usumacinta. Para ilustrar algunos efectos específicos se utiliza como base el proyecto Tenosique (Boca del Cerro) con la cortina de agua de la presa de menor altura (42 a 48 msnm). Este acercamiento integrado facilitará un mejor entendimiento de las ventajas y desventajas de este tipo de obra.

Área de estudio: la cuenca del Río Usumacinta

Características generales

La cuenca del Usumacinta es el principal cauce de agua en Mesoamérica, con una extensión de 105,200 km². En ella se drena el 42% de la superficie de Guatemala (Hamann y Ankersen 1996). Esta cuenca tiene sus orígenes en las montañas de la Chamá y los Cuchumatanes, donde drena el río Chixoy o Negro al norte-centro del altiplano guatemalteco.

La unión de los ríos La Pasión, Salinas y Lacantún en el territorio mexicano forma el río Usumacinta. Desde ese lugar, conocido como el raudal de Anaite, hasta el sitio de Boca del Cerro, a unos 70 km río abajo, se considera como la cuenca media del Usumacinta. Esta parte del río se caracteriza por su recorrido entre riscos y cañones calcáreos, la pendiente del cauce es más pronunciada y el río corre con alta velocidad (Universidad Juárez Autónoma de Tabasco 2005).

Otros afluentes que aportan al Usumacinta en la cuenca media son los ríos Butziljá, Chancalá y el Chocoljáh, que nacen en las sierras del lado chiapaneco. Los tributarios permanentes del lado guatemalteco son el arroyo Yaxchilán, que drena la parte suroeste del Parque Nacional Sierra del Lacandón, a través de un trayecto de 21.4 km, y el arroyo Macabilero que drena la parte plana del interior del parque entre la Sierra de la Ribera y la Sierra de Lacandón (TNC 1998).

La cuenca del Usumacinta es compartida por Guatemala y México y es la cuenca más grande dentro de la Selva Maya. La Selva Maya incluye los bosques del sur de Campeche y de Quintana Roo, del departamento del Petén en Guatemala y del oeste de Belice. Todas estas áreas mantienen un corredor biológico y conforman una misma y extensa masa forestal, la más grande de Mesoamérica, pese al intenso proceso de transformación que ha ido afectando a la selva en las últimas décadas (Lazcano *et al.* 1992a, Iñigo-Elias *et al.* 2004). En la Figura 1 se puede apreciar la extensión de la cuenca del Usumacinta en relación a la Selva Maya.

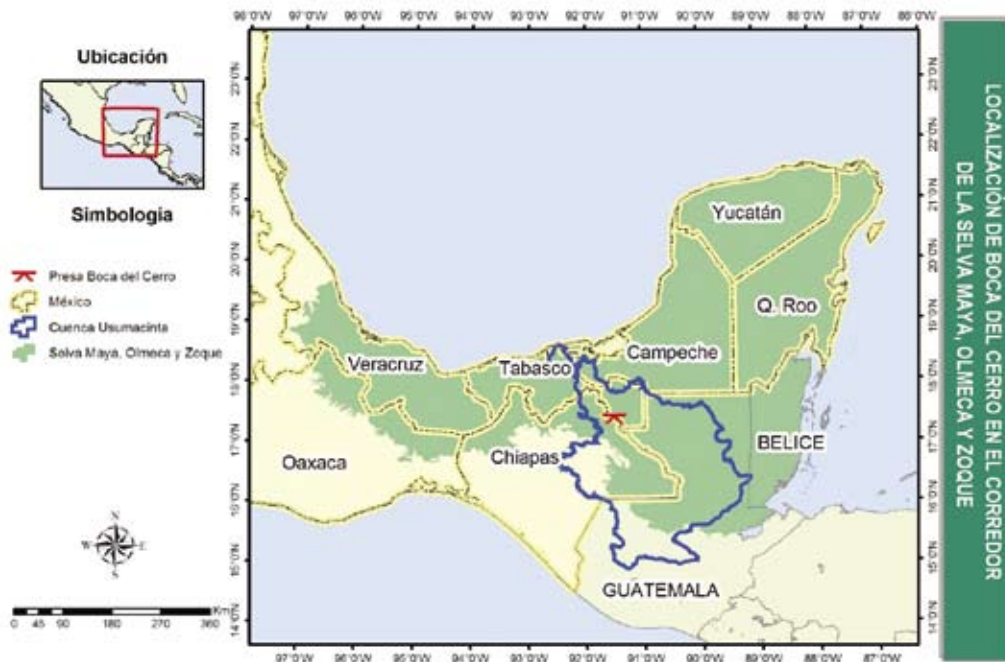


FIGURA 1: LA CUENCA DEL RÍO USUMACINTA Y LA SELVA MAYA

En la cuenca baja (a partir del cañón de Boca del Cerro), se destacan los humedales ubicados en los municipios de Catzajá, La Libertad, Palenque y Ocosingo en Chiapas, y Emiliano Zapata en Tabasco, donde se lleva a cabo en escala considerable la pesca de autoconsumo y para el comercio local. Río abajo de la unión del Usumacinta con el Grijalva se encuentran los Pantanos de Centla en el Estado de Tabasco. Este sitio, declarado como Reserva de la Biosfera, alberga la comunidad más importante de vegetación acuática para Mesoamérica (INE 2000a, Carreón-Arroyo 2003) y depende de los aportes del río. Es uno de los sitios más importantes en México para aves residentes y migratorias.

Las áreas protegidas

La cuenca del Usumacinta tiene un papel muy importante en los diversos ecosistemas, por ser reguladora de procesos ecológicos y mantener la conectividad de varias áreas naturales protegidas en México y Guatemala. La Figura 2 muestra algunas de estas áreas. Las áreas protegidas de Chiapas en la región de influencia de la presa son: las Reservas de la Biosfera Montes Azules y Lacantún, las Áreas de Protección de Flora y Fauna (APFF) Chan Kin, Naha y Metzabok, los Monumentos Naturales Yaxchilán y Bonampak, y la Reserva Comunal la Cojolita. En el Estado de Tabasco se encuentran la Reserva de la Biósfera Pantanos de Centla y la APFF “Cañón del Usumacinta” propuesta

en el municipio de Tenosique en el año 2005. En el Estado de Campeche se encuentra la APFF Laguna de Términos. De acuerdo a la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP 2004) estas reservas naturales representan y mantienen gran parte de los elementos característicos y únicos de las selvas tropicales de México (Carreón-Arroyo 2004a, b).

En Guatemala, las áreas protegidas en la cuenca del Usumacinta incluyen Parque Regional Sierra de los Cuchumatanes, las Montañas Mayas y gran parte de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM). Las Zonas Núcleo de la RBM que están dentro de la cuenca del Usumacinta y más cerca al propio curso del río son el Parque Nacional Sierra del Lacandón, el Parque Nacional Laguna del Tigre, y el Biotopo Protegido Laguna del Tigre Río Escondido. Dentro de la cuenca también se localizan: las Áreas de Protección Especial Sierra de los Cuchumatanes y de la Sabana del Sos; los Parque Nacionales Laguna Lachuá y El Rosario; la Reserva Biológica San Román; los Monumentos Culturales Dos Pilas, Aguateca y Ceibal; los Refugios de Vida Silvestre el Pucté, Petexbatún, Machaquila y Xutilha.

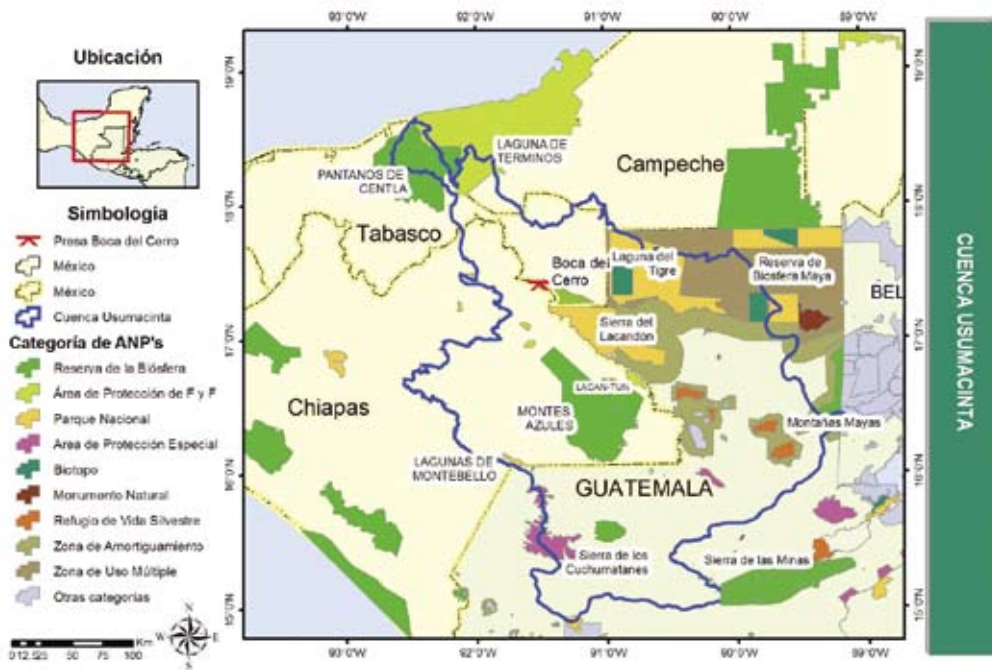


FIGURA 2: LAS ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS DENTRO DE LA CUENCA DEL USUMACINTA

Biodiversidad

Las especies características de árboles de la selva alta perennifolia en la cuenca del Río Usumacinta tienen alturas superiores a los 25 m y algunos árboles emergentes superan los 50 m. Entre ellas destacan el canshán (*Terminalia amazonica*), la caoba (*Swietenia macrophylla*), el guapaque (*Dialium guianense*), y la ceiba (*Ceiba pentandra*). De la amplia diversidad de especies de plantas, se destaca *Lacandonia schismatica*, única de la familia *Lacandoniaceae* y endémica de la región (INE 2000, Martínez *et al.* 1994).

Como puede verse en la Tabla 1 la cuenca del Río Usumacinta cuenta con una gran biodiversidad de flora y fauna. Recientemente en el grupo de los peces se describió la familia de bagre *Lacantuniidae*, y la especie nombrada *Lacantunia enigmatica* (Rodiles-Hernández *et al.* 2005). Para algunos peces migratorios o diádromos, ya sea de origen marino o de agua dulce, el Usumacinta significa la guardería donde sus crías logran desarrollarse para regresar al mar, y para otras especies la vía para dirigirse a aguas salobres donde se reproducen.

TABLA 1. RIQUEZA BIOLÓGICA PRESENTE EN LA REGIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO USUMACINTA.

Grupo taxonómico	No. especies
Invertebrados: mariposas, arácnidos y escarabajos	1,245
Mamíferos	163
Aves	357
Reptiles	84
Peces	112
Plantas vasculares	3,400

Fuentes: De la Maza y De la Maza (1985), Lazcano *et al.* (1992), Medellín (1994), Martínez *et al.* (1994), CONANP (2004), DOF (2002).

El proyecto analizado

Versiones del proyecto Tenosique (Boca del Cerro)

De acuerdo a la Comisión Federal de Electricidad (CFE 2003), en el Río Usumacinta escurren alrededor de 60,000 millones de metros cúbicos de agua anualmente y a lo largo del río existen 38 sitios que podrían ser sujetos de desarrollo de proyectos hidroeléctricos, incluyendo a los proyectos binacionales del cauce principal, para cuyo desarrollo se requieren convenios específicos entre México y Guatemala. Uno de los proyectos hidroeléctricos más mencionados en el Usumacinta es el conocido como la Presa Boca del Cerro. Las versiones de este proyecto existen desde 1965 e incluyen al menos las siguientes (Tabla 2):

TABLA 2: VERSIONES DEL PROYECTO TENOSIQUE

Dimensión de la cortina	Área de inundación (hectáreas)	Capacidad de producción
135 msnm	56,000*	4,200 MW
90 msnm	16,400*	666 MW
42-48.5 msnm	1,679**	420 MW

Fuentes: *Berendes (2003), CFE (2003), CFE (2004) y CFE (2006), **análisis propio.

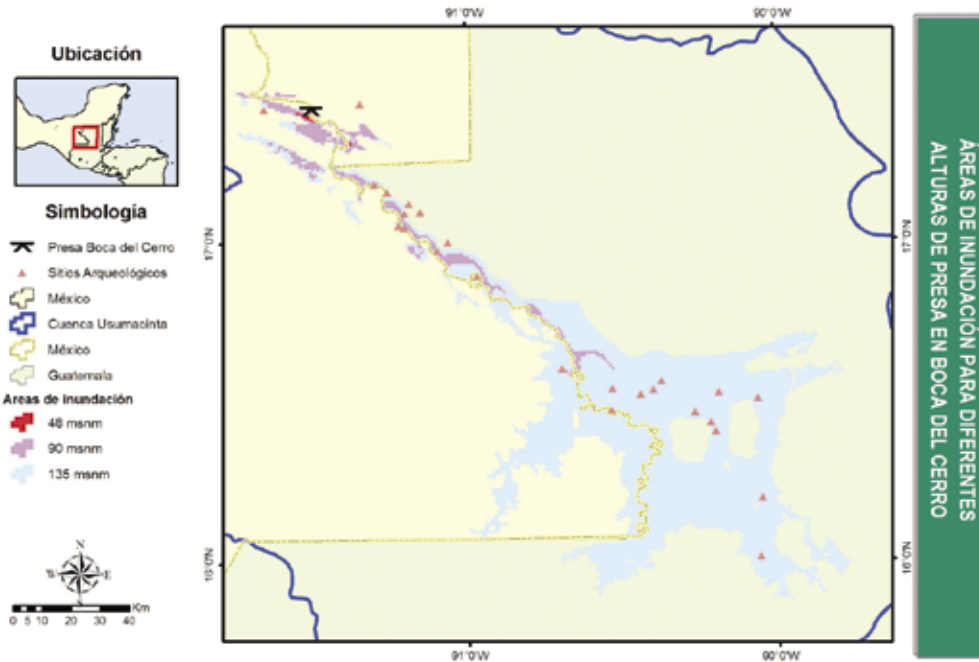


FIGURA 3: ESCENARIOS DE INUNDACIÓN SEGÚN LA ALTURA DE LA PRESA

Versión analizada

En este estudio se analizan los impactos que tendrá la presa con una cortina de 42-48.5 msnm. Se decidió analizar este escenario dado que en los últimos años se ha fortalecido la idea de construir la cortina de menor tamaño con el fin de evitar una inundación en territorio Guatemalteco y reducir el área de inundación en los Estados de Chiapas y Tabasco. Las características principales de este proyecto están descritas en la Tabla 3.

TABLA 3: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO ANALIZADO

Capacidad instalada	420 MW
Generación anual	2,328 GWh
Altura máxima de presa	42-48.5 msnm
Longitud de la presa	37 metros
Área del embalse**	1,679 hectáreas
Obra de desvío ¹	66 m de ancho

Fuentes: CFE (2003), CFE (2004), CFE (2006) y ** este análisis.

El área de inundación se calculó a partir del Nivel de Aguas Máximas Extraordinarias (NAME) de 46 msnm, (CFE 2003) obteniendo una superficie de 1,679 hectáreas impactadas, teniendo que el 64% de la superficie está dentro del estado de Chiapas, 30% en el estado de Tabasco y el 6% restante en Guatemala. El uso de suelo en el área de inundación es principalmente pecuario con el 50% de la superficie de pastizales cultivados, y el otro 50% es bosque tropical (en su mayoría con vegetación secundaria). En un área de influencia de 500 metros alrededor, aumenta la presencia de áreas conservadas de bosques tropicales, principalmente por la existencia de cerros con pendientes fuertes y por la influencia del Parque Nacional Sierra de Lacandón ubicado en Guatemala. En la Tabla 4 se expone el uso de suelo y vegetación existente en el área de inundación y en un área de influencia de 500 m.

TABLA 4: VEGETACIÓN Y USO DE SUELO EN EL ÁREA AFECTADA.

Vegetación y uso de suelo en el año 2000	Superficie en hectáreas		
	En área de influencia	En área de inundación	Total
Agricultura de temporal	15.97		15.97
Cuerpo de agua	37.91	52.69	90.60
Pastizal cultivado	1,080.09	842.73	1,922.82
Selva alta perennifolia	1,153.46	63.17	1,216.63
Selva alta perennifolia con vegetación arbustiva	3,435.07	726.54	4,161.61
TOTAL	5,722.51	1,685.13	7,407.63

Fuente: Elaboración propia a partir del Inventario Nacional Forestal del 2000 (Velázquez *et al.* 2001)

La actividad ganadera es el factor de presión que explica el cambio de uso de suelo en la zona, al ser la principal actividad económica. Del año 1973 al 2000 se perdió el 22% de las selvas existentes dentro del área de inundación, mientras que en la zona de influencia se perdió el 11%. El área de inundación tiene una mayor tasa de deforestación debido a que es una zona más plana.

¹ Este desvío permitirá verter en forma controlada los volúmenes excedentes del vaso durante la etapa de operación.

La cobertura forestal forma un corredor de selva alta perennifolia alrededor del río, distribuidos en dos fragmentos principales, separados por un paisaje agropecuario. Los fragmentos de selva se ubican principalmente sobre la serranía alrededor del río. El área de selva en la parte de Chiapas es la que presenta mayor perturbación, debido a que es un paisaje donde predomina la selva con fragmentos de pastizales cultivados, áreas agrícolas y áreas en descanso. La parte de Guatemala es una selva mejor conservada debido a la presencia del Parque Nacional de Sierra de Lacandón.

Complejo hidroeléctrico del cual el proyecto Tenosique forma parte

Es importante considerar que la visión de la Comisión Federal de Electricidad para esta región, es la de integrar la construcción del proyecto de Tenosique en un sistema de represas con 5 proyectos en el cauce principal: Yaxchilán, Isla El Cayo, El Porvenir, La Línea y Tenosique (CFE 2006). En conjunto la capacidad estimada de producción para este sistema de represas es de 1,220 MW (CFE 2006). Como se puede ver en la Figura 4, tres de estas represas estarían en el cauce binacional. En el análisis realizado en este estudio solo se consideró los efectos de la presa Tenosique, debido a que no se contó con información precisa de las otras cuatro represas planificadas para el Río Usumacinta (CFE 2005; CFE 2006).

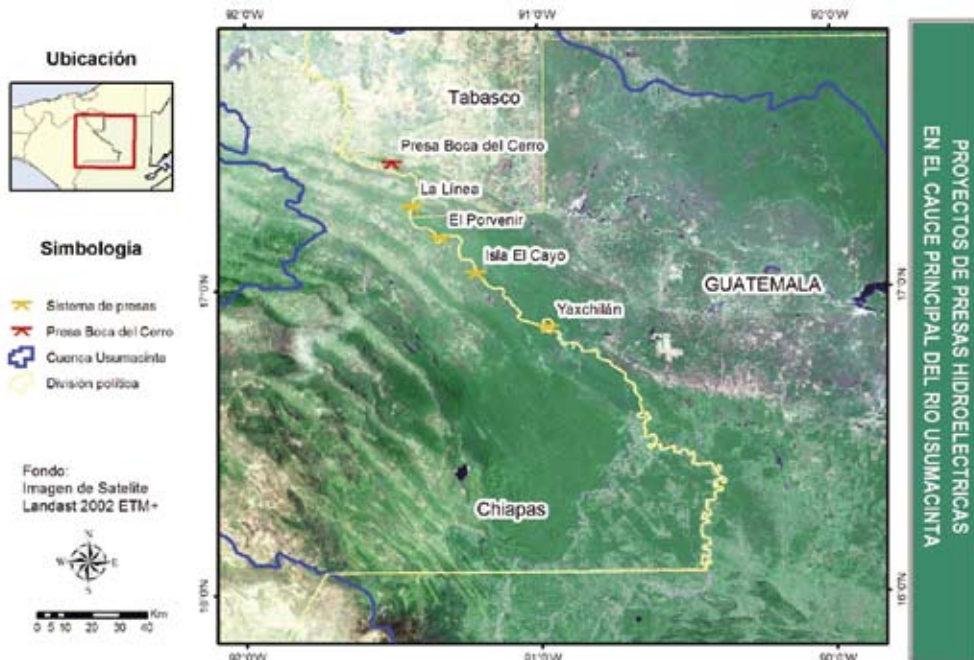


FIGURA 4: SISTEMA DE PRESAS DEL QUE EL PROYECTO TENOSIQUE FORMA PARTE

{ Metodología y resultados

L

a eficiencia financiera y económica del Proyecto Hidroeléctrico Tenosique, además de la distribución de sus costos y beneficios, fueron evaluados usando técnicas de análisis de costo-beneficio. El término “eficiencia” se refiere a la relación entre costos y beneficios. Si los beneficios superan los costos, un proyecto se considera eficiente, de tal forma que diferentes proyectos pueden compararse y ser valorados a partir del nivel de eficiencia en el uso de los recursos consumidos y beneficios generados. El criterio de evaluación de eficiencia más confiable se llama el valor actual neto (VAN) y debe ser superior a cero para que la inversión se considere eficiente (Jenkins y Harberger 2000). Como se puede percibir en esta fórmula, el VAN ajusta los costos y beneficios futuros de acuerdo con el valor del dinero en el tiempo a través de la aplicación de una tasa de interés.

Donde:

$$VAN_r = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}$$

- r es la tasa anual de descuento (interés)
- t es el tiempo (año) a partir del inicio de la inversión
- n es el horizonte temporal de análisis (20 años en este caso)
- B son los beneficios (o ingresos)
- C son los costos (o egresos)

La eficiencia financiera indica que la empresa que desarrolle el proyecto recibe en ingresos más de lo que gasta. La eficiencia económica toma una perspectiva amplia, en este caso la de la sociedad mexicana² como un todo. Si los beneficios (energía y cualquier otro que resulte del proyecto) superan los costos, incluyendo daños ambientales y sociales, el proyecto se considera económicamente eficiente. Los impuestos y subsidios no se incluyen en el análisis económico porque son transferencias entre dos agentes, y no representan el valor de ningún recurso consumido o producido por el proyecto.

El segundo criterio que se usa para evaluar los proyectos es la distribución de beneficios y costos; no necesariamente un proyecto eficiente es equitativo. Aunque este criterio de equidad exige interpretación más subjetiva, en general podemos considerar como equitativo un proyecto que disminuye la pobreza, o que por lo menos aquellos que reciben los beneficios compensan a los que pagan los costos, situación que no se presenta automáticamente.

Un criterio final es la sostenibilidad ambiental del proyecto. No es posible valorar todos los bienes y servicios ambientales afectados e incorporarlos en el análisis económico, ya que la información primaria específica para ese sitio (en términos de línea base) y los

² Reconocemos que cualquier proyecto hidroeléctrico que se construya en el Usumacinta ocasionará cambios ambientales, económicos y sociales tanto a México como a Guatemala. Sin embargo, dado que la presa está en territorio Mexicano asumimos que México únicamente considerará los costos y beneficios causados en su propio territorio.

métodos que tenemos para hacerlo son limitados. No obstante, para lograr una visión integrada, es necesario por lo menos señalar los daños ambientales inevitables de estos proyectos. Lo ideal sería comparar estos impactos con los que causarían proyectos alternativos con el mismo nivel de generación energética.

Evaluación financiera

Resultado

El análisis probabilístico nos indica que el VAN financiero del Proyecto Hidroeléctrico Tenosique podría estar entre los US\$ 248 millones y US\$ -112 millones. Esto nos indica que la inversión puede o no ser rentable desde la perspectiva de la empresa, dependiendo de los costos y beneficios que ésta experimente. Cabe mencionar que, si se eliminaran los subsidios que recibe la empresa por MWh de energía vendida, el proyecto definitivamente no sería rentable para la empresa. A continuación describimos los datos y supuestos en los cuales nuestro cálculo fue basado.

Horizonte temporal

Se asumió que las obras iniciarían en el año 2007 y que el periodo de construcción sería de cinco años con un plan de desembolsos de 20% por año. A partir de estos supuestos se estableció un cronograma de ingresos y egresos dentro de un horizonte temporal total de 20 años. Cabe mencionar que en el año 20 los ingresos y egresos anuales se estimaron a perpetuidad³.

Ingresos y egresos

Para la evaluación financiera, primero fue necesario identificar los ingresos y egresos del proyecto. Para los ingresos se consideró la venta de energía. Para los egresos se tomó en cuenta: la inversión necesaria, los costos fijos de operación, los costos variables de operación y los costos fijos y variables de mantenimiento. Dado el grado de incertidumbre sobre estos parámetros, fue necesario realizar dos escenarios diferentes (ver Tabla 5). Ambos escenarios se desarrollaron, principalmente, con base en datos del documento “Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión del Sector Eléctrico (COPAR)” de CFE (2005).

³ Este estimado permite una aproximación del rendimiento del proyecto en el largo plazo (50-100 años), una vez que el valor presente de los flujos a perpetuidad se acerca al valor presente de los mismos en un largo plazo definido y limitado.

TABLA 5: CARACTERÍSTICAS DE LOS ESCENARIOS UTILIZADOS PARA EL ANÁLISIS FINANCIERO

	Escenario optimista	Escenario pesimista
Capacidad instalada	420 MW	
Inversión total	US\$ 778.6 millones	US\$ 866.6 millones
Costos anuales operación y mantenimiento	US\$ 3.87 millones	US\$ 8.7 millones
Generación media anual	2.3 millones MWh	1.9 millones MWh
Precio de venta	0.054 US\$ /kWh	
Subsidio	0.022 US\$ /kWh	0.013 US\$ /kWh

En ambos escenarios se asumió la capacidad instalada de 420 MW, mencionada por CFE (2004). Para los egresos del escenario optimista se utilizaron los promedios ponderados⁴ de las hidroeléctricas mencionadas en COPAR, por MW de la inversión y costos fijos de operación y mantenimiento y por MWh los costos de combustible (agua) y costos variables de operación y mantenimiento. El escenario pesimista se basó en los datos de la hidroeléctrica Peñitas. Se utilizó como referencia esta hidroeléctrica dado que tiene la misma capacidad instalada y una altura de presa similar a la del Proyecto Tenosique. Además, la hidroeléctrica Peñitas se ubica en Chiapas.

En el caso de los ingresos, estos varían según la cantidad de electricidad que se genere y el precio de venta. En el escenario optimista se asumió una generación media anual de 2,328 GWh, mencionada en el CFE (2004). Esta generación implica un factor de carga de 0.63 el cual está por encima del factor de carga de todas las hidroeléctricas mencionadas en COPAR. En el escenario pesimista se asumió una generación media anual de 1,913 GWh calculada con base en el factor de planta 0.52 de la Hidroeléctrica Peñitas (CFE 2005).

En ambos casos se asumió un precio de venta US\$ 0.054/kWh. Este precio se calculó a partir del precio medio de venta para el 2002 de PM\$ 0.59/ kWh (Apodaca 2002) traído a valores del 2007 y convertido a dólares. De acuerdo a Apodaca (2002) el precio de la energía está subsidiado en un 40% (US\$ 0.022/kWh), por lo que se tomó dicho valor para desarrollar un escenario optimista, y se asumió un 20% (US\$ 0.013/kWh) de subsidio para el escenario pesimista. Asumimos la existencia de un subsidio basado en el documento de Apocada (2002). Por falta de información no se incluyeron los impuestos que tendría que asumir la empresa, ni tampoco se pudo incluir información sobre el financiamiento del proyecto.

⁴ Se utilizaron promedios ponderados en vez de estimar los costos según las fórmulas en COPAR porque es una aproximación más realista.

Las Tablas 6 y 7 muestran el flujo de caja⁵ y VAN financiero bajo los dos escenarios. Para traer los valores al presente se utilizó una tasa de descuento del 12%, tasa utilizada en COPAR (CFE 2005). En ambos escenarios, si se eliminan los subsidios, el proyecto no es rentable.

TABLA 6: FLUJO DE CAJA ESCENARIO OPTIMISTA (EN MILLONES DE US\$)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	...	2025	2026
Ingresos											
Ventas	0	0	0	0	0	149.5	154.6	159.9	...	230.7	1,987.9
Subsidio	0	0	0	0	0	59.8	61.9	63.9	...	92.3	795.2
Total ingresos	0	0	0	0	0	209.4	216.5	223.8	...	323	2,783
Egresos											
Inversión	155.7	161	166.4	172.1	177.9	0	0	0	...	0	0
Fijos de operación y mant.						6.3	6.5	6.8	...	9.8	84.1
Variables de operación y mant.						0.1	0.1	0.1	...	0.1	0.9
Derecho uso de agua						2.9	3.1	3.2	...	4.6	39.3
Total egresos	155.7	161	166.5	172.1	177.9	9.4	9.7	10	...	14.4	124.3
Flujo de caja neto	-155.7	-161	-166.5	-172.1	-177.9	200	206.8	213.8	...	308.6	2,658.7
Flujo de caja neto deflatado	-155.7	-155.7	-155.7	-155.7	-155.7	169.3	169.3	169.3	...	169.3	1,410.8

VAN con subsidio al 12% = US\$ 248 millones VAN sin subsidio al 12% = US\$ -14 millones

5 La línea flujo de caja neto muestra los flujos en términos nominales (con la inflación), mientras que el flujo de caja neto deflatado muestra los flujos en términos reales (eliminando el efecto inflacionario).

TABLA 7: FLUJO DE CAJA ESCENARIO PESIMISTA (EN MILLONES DE US\$)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	...	2025	2026
Ingresos											
Ventas	0	0	0	0	0	122.9	127.1	131.4	...	189.6	1,633.7
Subsidio	0	0	0	0	0	24.6	25.4	26.3	...	37.9	326.7
Total ingresos	0	0	0	0	0	147.5	152.5	157.7	...	227.5	1,960.4
Egresos											
Inversión	173.3	179.2	185.3	191.6	198.1	0	0	0	...	0	0
Fijos de operación y mant.						5.8	6	6.2	...	8.9	77.1
Variables de operación y mant.						0.1	0.1	0.1	...	0.1	0.7
Derecho uso de agua						7.5	7.7	7.9	...	11.5	99.2
Total egresos	173.3	179.2	185.3	191.6	198.1	13.3	13.8	14.3	...	20.6	177.1
Flujo de caja neto	-173.3	-179.2	-185.3	-191.6	-198.1	134.2	138.7	143.4		206.9	1,783.4
Flujo de caja neto deflatado	-173.3	-173.3	-173.3	-173.3	-173.3	113.6	113.6	113.6	...	113.6	946.3

VAN con subsidio al 12% = US\$ -112 millones

VAN sin subsidio al 12% = US\$ -219 millones

El impacto económico del proyecto

La evaluación económica es distinta a la financiera por la eliminación de transferencias (en este caso subsidios), el uso de precios económicos⁶ y la incorporación de costos sociales y ambientales que no se incluyen en los flujos de la empresa. En este análisis en particular los costos ambientales los discutimos por aparte en la siguiente sección. Para la evaluación económica nos basamos en los costos y beneficios expuestos a 20 años en el escenario optimista del análisis financiero, dado que el pesimista no cumple el primer criterio de factibilidad.

Resultados

El VAN económico más optimista, que no asume ninguna pérdida ambiental, es de US\$ -19 millones. Esto significa que el proyecto generaría una pérdida a México de por lo menos US\$ 19 millones. A continuación, en la Tabla 8, se muestra flujo de caja económico del análisis. Luego se explican las externalidades sociales que fueron incorporadas en el análisis económico.

⁶ Se utilizaron factores aplicables a México para convertir de valores financieros a económicos, pero dado que se asumieron los mismos precios los factores son uno, y donde son 0 es porque es solo una transferencia de dinero dentro de la economía.

TABLA 8: FLUJO DE CAJA ECONÓMICO CON BASE EN EL ANÁLISIS FINANCIERO OPTIMISTA (EN MILLONES DE US\$)

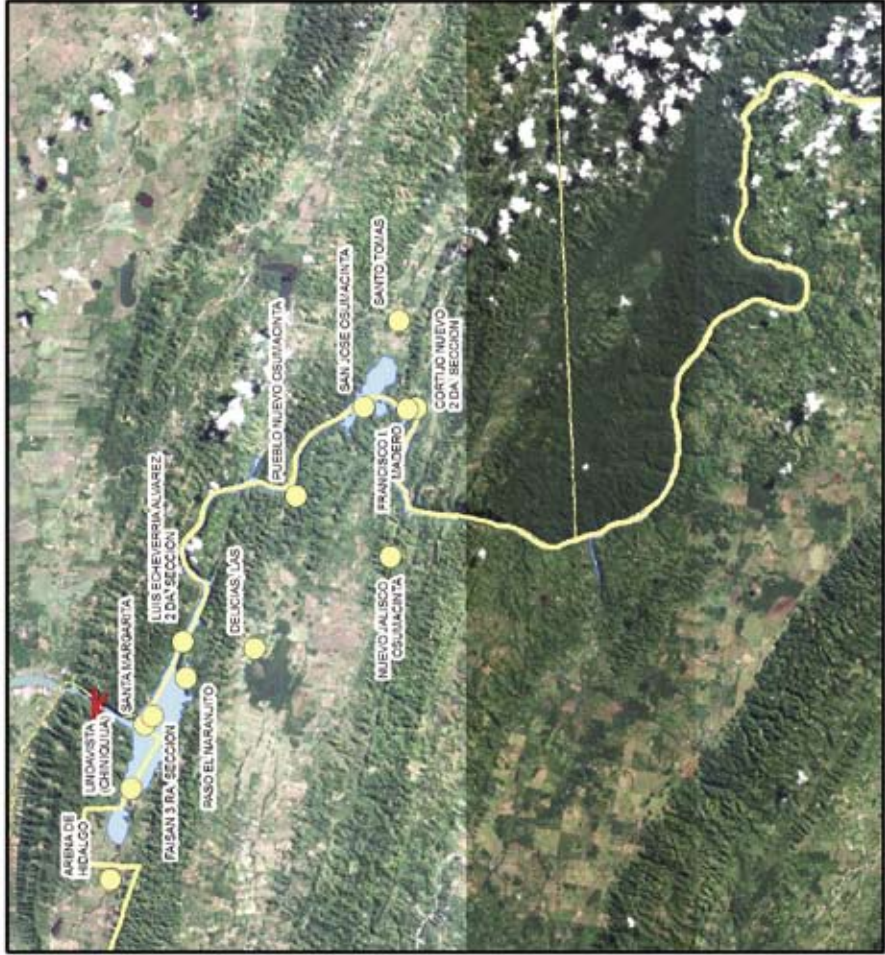
	Factor conversión	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	...	2025	2026
Beneficios												
Ventas	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	126.58	126.58	126.58	...	126.58	1,054.79
Subsidio	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00
Total beneficios		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	126.58	126.58	126.58	...	126.58	1,054.79
Costos												
Inversión	1	155.73	155.73	155.73	155.73	155.73	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00
Fijos de operación y mant.	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.36	5.36	5.36	...	5.36	44.64
Variables de operación y mant.	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.05	0.05	...	0.05	0.46
Derecho uso de agua	0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	...	0.00	0.00
Externalidades sociales												
Pérdida de producción		1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	1.63	...	1.63	13.57
Pérdida de vivienda		0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35	...	0.35	2.92
Total costos		157.71	157.71	157.71	157.71	157.71	7.39	7.39	7.39	...	7.39	61.59
Flujo neto		-157.71	-157.71	-157.71	-157.71	-157.71	119.18	119.18	119.18	...	119.18	993.20
VAN al 12% = US\$ -19 millones												

Impactos socioeconómicos en la zona de inundación

Los proyectos hidroeléctricos cambiarán las condiciones de vida de las comunidades afectadas. Actualmente, la condición de vida de estas comunidades depende principalmente de los productos agrícolas que cosechen, los animales que crían, la pesca, madera para cocinar y construir, y agua a su disposición. Para encontrar un valor para el cambio de las condiciones de vida en el área de inundación, producto de un posible reasentamiento, se utilizó el método del costo de sustitución. Es decir, se calculó el valor de la producción actual y el valor de los gastos no incurridos por la disponibilidad de recursos naturales para construcción de viviendas. Esto representa únicamente un cálculo para efectos de valoración y no es equivalente a la compensación necesaria por traslado, ya que no incluye otras pérdidas distintas al valor de las necesidades básicas, como por ejemplo la recreación, disposición de otros recursos no valorados y el legado cultural.

Para calcular el valor de la producción actual y gastos no incurridos se aplicó una encuesta (Ver Anexo 1) en la zona. El objeto de la encuesta fue obtener información sobre la composición, características, ingresos y patrones de consumo y producción de los hogares en la zona. Las localidades que se consideran afectadas por una cortina de 42 msnm se identificaron a partir de un análisis realizado a través de un Sistema de Información Geográfica (SIG). En la Figura 5 se muestra de forma puntual los centros de población cuyo territorio sería afectado. Algunos de estos centros de población quedarían debajo del agua (p.e. Lindavista) y otros se verían afectados en su territorio donde desarrollan actividades productivas (p.e. Nuevo Jalisco Usumacinta).

CENTRO DE POBLACIÓN DE LAS COMUNIDADES AFECTADAS POR LA PRESA BOCA DEL CERRO



Simbología

- K Presa Boca del Cerro
- C Cuenca Usumacinta
- D División política
- O Comunidades afectadas

Fondo:
Imagen de Satélite
Landsat 2002 ETM+

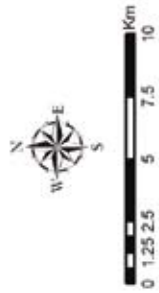


FIGURA 5: LOCALIDADES AFECTADAS

Para la aplicación de las encuestas, se definió un tamaño de muestra con base en las viviendas registradas por localidad en el Censo de Población y Vivienda del 2000 (INEGI, 2001). En la Tabla 9 se enlistan las localidades.

TABLA 9: LOCALIDADES AFECTADAS POR UNA CORTINA DE 42 MSNM

Ejido/comunidad	Viviendas habitadas	Tamaño de muestra	Nº de encuestas realizadas
Cortijo Nuevo 2ª Sección	17	3	6
Arena de Hidalgo	45	13	17
Las Delicias	77	14	14
Lindavista (Chiquinijá)	60	12	12
Faisán 3ra. Sección (Chiquinijá)	9	1	1
Luis Echeverría Alvarez	8	1	3
Santo Tomas	44	8	11
Francisco I. Madero (Ríos)	25	5	9
Pueblo Nuevo Usumacinta	25	5	3
San José Osumacinta	65	13	1
Paso el Naranjito	1	0	0
Santa Margarita	2	0	0
Nuevo Jalisco Usumacinta	29	5	0
Total:	407	81	77

El tamaño de muestra calculado originalmente fue de 81 encuestas distribuidas en 11 localidades⁷ de acuerdo al número de viviendas existentes en el área de afectación. Sin embargo, se logro un 95.06% en el levantamiento de encuestas y se cubrió un 81.81% de las localidades objetivo, situación ocasionada por la disponibilidad de los habitantes en las localidades y la limitada accesibilidad a las comunidades. Se visitaron las comunidades elegidas y la selección de los encuestados se hizo al azar. El método utilizado fue el de la entrevista cara a cara con los jefes de familia. El trabajo de campo se realizó del 28 de junio al 6 de julio del 2006 en el área.

Para calcular el valor de producción se utilizaron las encuestas para determinar el promedio de la producción por hogar y los precios⁸ a los que actualmente los pobladores venden sus productos (ver Anexo 2). Se estimó que el valor promedio anual de la producción por hogar en la zona de afectación es de US\$ 4,001. La Tabla 10 desglosa el valor de la producción.

7 El universo de localidades que serían afectadas por la inundación son 13, de acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2000. No obstante, para el diseño muestra se consideraron solo 11 localidades debido a que dos localidades tenían menos de dos viviendas.

8 Los precios se calcularon originalmente en pesos y se convirtieron a dólares utilizando como base la tasa de cambio de 11.6 mencionada en COPAR (CFE 2006) ajustada anualmente por la inflación relativa entre México y EEUU. Para calcular la inflación relativa se utilizó las tasa de inflación anual del 2006 para México de 4.05% (Banco de México, 2007) y la tasa de inflación anual del 2005 para EEUU de 3.39% (InflationData.com 2007).

TABLA 10: VALOR ANUAL DE LA PRODUCCIÓN PROMEDIO POR HOGAR Y EN TOTAL

Descripción	Producción por hogar (US\$)	Producción total de la zona (US\$)
Producción de maíz	391.65	159,402.18
Producción de frijol	72.25	29,406.28
Producción de otros cultivos en la región	29.10	11,843.90
Producción ganadera	1,938.98	789,166.26
Producción total pesquera	1,568.91	638,544.36
Producción total	4,000.89	1,628,362.98

Además de estos ingresos se determinó que el 25% por ciento de las familias tienen integrantes que trabajan de forma asalariada, ganando en promedio US\$ 255 mensuales. Esta cifra no fue incluida dentro del valor de producción por hogar ya que estos ingresos no dependen de la tierra que será afectada. Sin embargo, en caso de reasentamiento las personas que son asalariadas deberán tener por lo menos la misma oportunidad de trabajo que genere por lo menos los mismos ingresos. Tampoco se valoró el uso de recursos forestales principalmente para autoconsumo en forma de leña o madera para postes de corral.

Cabe mencionar que: el 65% de los hogares se dedica a la agricultura, y el principal cultivo es el maíz para el autoconsumo; el 40% de los hogares se dedican a la ganadería extensiva, principalmente de engorda. El 37% de los hogares manifestaron que pescan, principalmente bobo, macavil, mojarra, pigua y robalo, actividad que se asume sería interrumpida.

El valor de gastos no incurridos por hogar se calculó con base en los gastos de alquiler que un hogar promedio tendría que pagar en caso que fuera desplazado. Se calculó que el valor anual de gastos no incurridos para un hogar afectado sería de US\$ 862.07

El valor actual neto del cambio de las condiciones de vida de las 407 familias afectadas por los proyectos contempla el valor de producción y de gastos no incurridos anualmente, desde el inicio de las obras (2007) y por el resto del periodo de análisis. Este valor asciende a US\$ 18.24 millones a la tasa de descuento económica. Este monto no toma en cuenta crecimiento de la población.

Los impactos no incluidos en la evaluación económica

Cuando se incluye el valor del cambio proyectado en los servicios ecosistémicos el proyecto podría llegar a ocasionar pérdidas del orden de los US\$ 10,000 millones. Dado que el cambio de la dinámica del río por la construcción de la Presa Tenosique puede generar este alto rango de costos económicos, es esencial generar las estrategias y acciones a tomar para sufragarlo anualmente si la presa se construye. A continuación explicamos las externalidades que no fueron incluidas en el análisis económico.

Impactos ambientales en la zona de inundación

Aparte del valor en producción agrícola y ganadera, la zona que sería inundada también concentra carbono vegetal. Si se inunda la zona, el carbono contenido en los bosques, pastizales y sembradíos será convertido en dióxido de carbono y liberado a la atmósfera. Dado que actualmente se reconoce que el incremento en la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera influye en el cambio climático, la liberación de carbono es considerado un costo ambiental global.

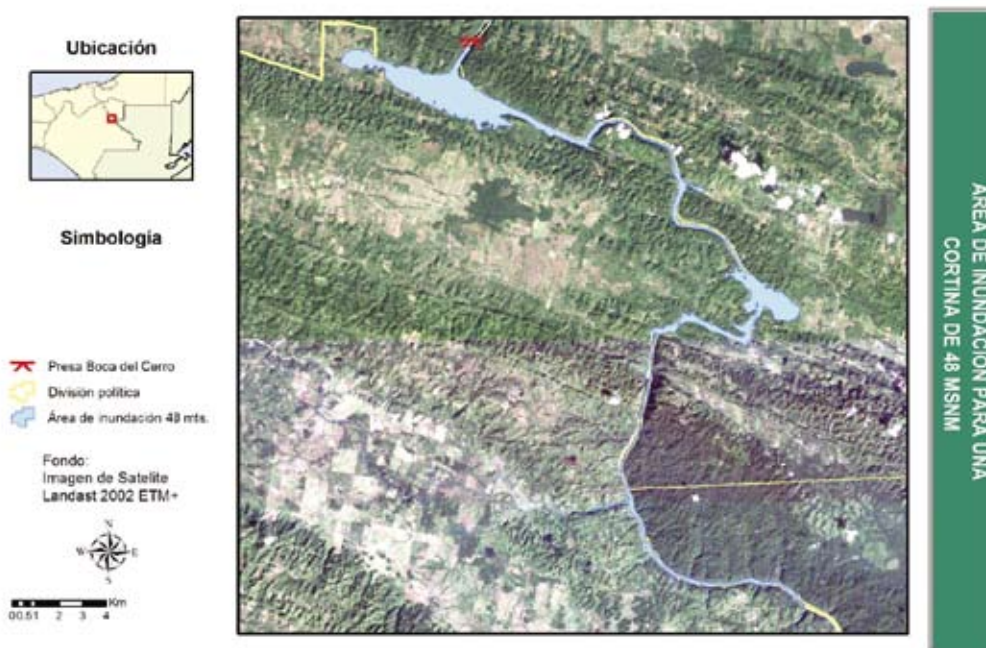


FIGURA 6: ZONA INUNDADA

Se estimaron pérdidas netas de carbono de 933 mil toneladas de dióxido de carbono consecuencia de la inundación de 790 hectáreas de selva y 843 hectáreas de pastizal cultivado. El valor de contenido de carbono asumido para selvas fue de 231 toneladas⁹ de carbono por hectárea que corresponde al valor reportado por Ordóñez (1998). Para pastizal y agricultura se asumió un contenido de 82.6 toneladas¹⁰ de carbono por hectárea, que Ruiz (2002) reportó para pastizales nativos con árboles dispersos. Se asumió que una tonelada de carbono al transferirse a la atmósfera se convierte en 3.7 toneladas de dióxido de carbono (Asuntos Forestales 2000).

Se estimó que la transferencia de carbono producto de la inundación tendría un costo de entre US\$ 3.8 y US\$ 17 millones de acuerdo al mercado de venta. Señalamos que estos son valores brutos y no consideran emisiones evitadas de proyectos alternativos, que podrían ser más altos o más bajos que las emisiones del proyecto Tenosique. Para calcular el valor monetario del dióxido de carbono se utilizaron los precios al que se comercializa en los mercados de “Chicago Climate Exchange” y el “European Union Emissions Trading Scheme”. Los cuales presentan un rango de entre US\$ 4.03/tCO₂ y US\$ 18.27/tCO₂, según The Katoomba Group’s Ecosystem Market Place (Carbon Mid-Prices consultado en noviembre del 2006). En teoría estos precios reflejan el costo marginal de reducir una tonelada de emisiones de dióxido de carbono porque los contaminadores eligen la más barata entre las opciones de controlar sus emisiones o comprar permisos. Se realizó un cálculo del valor actual de las pérdidas futuras, aplicando la misma tasa de descuento utilizada para el análisis de la hidroeléctrica sin externalidades.

Dado que los mercados para carbono de la deforestación evitada no se han consolidado, este valor representa principalmente una pérdida global. (Fearnside y Barbosa 2003; Schlamadinger *et al.* 2005). Las posibilidades para que México reciba compensación por deforestación evitada todavía son limitadas. Sin embargo, representa una posible opción económica para el país en el futuro, cuando los mercados formales o voluntarios existan para la deforestación evitada.

Impactos ambientales río abajo de la presa

Para el cálculo del valor económico del impacto río abajo de la presa, se consideró que la modificación en la dinámica hídrica del Río Usumacinta provocaría una reducción o pérdida de los ecosistemas naturales por el cambio en el régimen hídrico y la presión por el cambio de uso agropecuario de suelo. Los ecosistemas naturales considerados fueron los identificados por Vega (2005). El ecosistema inducido que se utilizó para el cálculo

⁹ Estas estimaciones incluyen biomasa aérea, raíces, y suelo.

¹⁰ Estas estimaciones corresponden a contenidos de carbono sobre el suelo y hasta una profundidad de 30 cm. en el suelo por tipo de vegetación.

es el “pastizal”, debido a que en la región la actividad ganadera es la que genera mayor presión por la tierra. Ocurre que es el ecosistema inducido que genera mayores servicios ecosistémicos, a diferencia del urbano o agrícola (Costanza *et al.* 1997).

Para estimar el valor de los servicios que proveen los ecosistemas en la parte baja del Río Usumacinta se utilizó como base los valores estimados en Costanza *et al.* (1997) para 17 servicios ecosistémicos en 16 biomas de todo el mundo. Para utilizar dichos datos se asoció cada ecosistema presente en el área de estudio según el Plan de Conservación de Centla y Laguna de Términos (Vega 2005), a un bioma descrito en la publicación, de acuerdo a las funciones ecológicas que estos realizan. Cabe mencionar que esta metodología extrapola información sobre valores de ecosistemas en otras partes del mundo y puede ser que los ecosistemas valorados tengan valores menores o mayores que los estimados. Es más, estamos conscientes del hecho que el estudio de referencia de Costanza *et al.* (1997), ha sido ampliamente criticado (ver, por ejemplo, Toman 1998). No obstante, dado que no existe un estudio de valoración de los ecosistemas en la cuenca baja del Usumacinta, nos pareció indicado mostrar por lo menos la posible magnitud de la pérdida en servicios ambientales que podría causar una represa.

Debido a que los cambios en los ecosistemas naturales por la construcción de la presa están sujetos a aspectos sociales, políticos y ambientales futuros, no se puede realizar una estimación real del impacto esperado¹¹. Por tal motivo, se optó por calcular una variación del impacto esperado a partir del desarrollo de dos escenarios (uno conservador y otro más severo). Los escenarios se construyeron considerando la calidad de los ecosistemas descritos por Vega (2005).

En ambos escenarios consideramos que los servicios ambientales de los ecosistemas varían según la calidad del ecosistema. Por lo cual se asumió que aquellos clasificados como muy vulnerables (Vega 2005) únicamente proporcionan el 50% del valor del servicio calculado por Costanza y los poco vulnerables el 100% (ver Tabla 11). Para los pastizales que reemplazan a los ecosistemas, se asume el 100% de sus servicios ecosistémicos. Además se consideró que el proceso de degeneración y transformación toma 5 años y que se da de manera lineal en los dos escenarios a partir del primer año de construcción de la presa.

¹¹ Mayor exactitud se puede lograr a partir de la generación de información y modelos ajustados a los ecosistemas naturales de la región, así como a su dinámica poblacional y económica. No obstante, cualquier modelo siempre tendrá un rango de variación producto de la complejidad de las variables involucradas.

TABLA 11: DISTRIBUCIÓN DE LA SUPERFICIE POR ECOSISTEMA Y POR CATEGORÍA DE VULNERABILIDAD (HA)

Ecosistemas	Áreas poco vulnerables		Áreas muy vulnerables	
	TOTAL	ANPS	TOTAL	ANPS
Manglar	106,150.07	105,403	29,992.12	28,256
Selvas inundables	13,238.82	12,908	375.76	376
Hidrófitas enraizadas	444,828.95	327,311	38,733.34	29,742
Comunidades fluviales	9,231.72	6,100	4,209.92	3,482
Ecosistemas acuáticos permanentes inundados	39,050.04	36,110	30,856.94	30,847
Laguna de Términos	97,793.79	97,791	69,804.83	69,754
TOTAL	710,293.39	585,633	173,972.91	162,448

Escenario 1 – Impacto conservador: se transforma solo la superficie de ecosistemas con mayor vulnerabilidad.

Vega (2005) identificó 173,973 hectáreas de ecosistemas vulnerables¹², de las cuales 162,448 hectáreas (el 93.4%) se encuentran dentro de las áreas naturales protegidas (ANP). Se asumió que estas áreas serían transformadas a pastizal. Para la valoración únicamente se consideró la superficie dentro de las áreas naturales protegidas, dado que la superficie fuera de ellas tiene mayor probabilidad de ser transformada aún sin la construcción de la presa. Bajo este escenario el valor del impacto económico de la pérdida por conversión de los ecosistemas naturales a pastizales es de US\$ 1,744 millones anuales (ver cálculos Tabla 12). El valor actual de esta pérdida durante todo el periodo de análisis sería de US\$ 12,714 millones.

¹² En el Plan de Conservación para la Reserva de la Biosfera de Pantanos de Centla y el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos (Vega 2005) se definieron 4 categorías para el estado de salud de los ecosistemas: Muy Bueno, Bueno, Regular y Pobre. Las dos primeras categorías se consideran que el ecosistema no es vulnerable ante perturbaciones fuertes, porque sus factores ecológicos están dentro de los ámbitos aceptables de variación. Las categorías de Regular y Pobre se dan para áreas cuyos factores ecológicos están por debajo de los rangos de variación aceptable, y son muy vulnerables ante cualquier perturbación.

TABLA 12. CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO ESCENARIO 1 – IMPACTO CONSERVADOR

	Área ecosistema impactado (ha) ¹³	Valor/ha/año de ecosistema regular/ ¹⁴ pobre	Beneficio económico anual ecosistema natural (US\$)	Beneficio económico anual ecosistema inducido pastizal (US\$)	VEI anual (US\$)
	A	B	C = A x B	D = A x 314 ¹⁵	E = C - D
Manglar	28,256	6,421	181,426,832	8,862,492	172,564,340
Selvas inundables	376	9,503	3,572,454	117,914	3,454,540
Hidrófilas enraizadas	29,743	12,585	374,322,644	9,328,913	364,993,731
Comunidades fluviales	3,482	12,585	43,823,234	1,092,168	42,731,066
Ecosistemas acuáticos permanente inundados	30,847	5,462	168,486,067	9,675,359	158,810,708
Laguna de Términos	69,745	14,675	1,023,506,586	21,875,929	1,001,630,657
Total área impactada	162,448				
Total en US\$ por año			1,795,137,817	50,952,775	1,744,185,042

Escenario 2 – Impacto severo: se transforma la superficie de ecosistemas con mayor vulnerabilidad y el 30% de los ecosistemas con baja vulnerabilidad se pierden.

Para este escenario se consideró la transformación de las 162,448 hectáreas identificadas como vulnerables dentro de ANPs en el escenario 1, y se agregó una transformación adicional del 30%¹⁶ a la superficie de los ecosistemas poco vulnerables (48,734 has dentro de las ANP's), producto de la degradación y presión social que genera los cambios en la dinámica hídrica del río. Bajo este escenario el valor del impacto económico de la pérdida por conversión de los ecosistemas naturales a pastizales es de US\$ 5,666 millones anuales (ver cálculos Tabla 13). El valor actual neto de esta pérdida durante todo el periodo de análisis es de US\$ \$41,299 millones.

13 La superficie por cada ecosistema fue obtenida del Plan de Conservación de la RB Pantanos de Centla y el APFF Laguna de Términos.

14 El valor por hectárea se obtuvo de los datos reportado por Costanza (1997) actualizados a abril de 2006. En la Tabla 12 se registra el 50% del valor, porque asumimos que los valores de un ecosistema regular o pobre únicamente proveen la mitad del beneficio que un ecosistema bueno o muy bueno

15 El valor del beneficio económico por hectárea que proveen los servicios ecosistémicos de los pastizales, fue calculado a partir de los datos reportados por Costanza (1997) para el ecosistema pastizales/rancherías (grass/rangelands) actualizados a abril de 2006.

16 El porcentaje se calculó a partir de una estimación de la tasa de cambio de uso de suelo de 1950 al 2000 en la Cuenca Baja del Río Grijalva, considerando que entre 1953 y 1954 se construyó la primera presa, con el nombre de Netzahualcóyotl de Malpaso (Molina 1990).

TABLA 13. CÁLCULO DEL VALOR ECONÓMICO ESCENARIO 2 – IMPACTO SEVERO

	Área ecosistema 30% muy bueno/bueno impactado (ha) ¹⁷	Valor por ha de ecosistema muy bueno/bueno ¹⁸	Beneficio económico anual ecosistema natural 30% muy bueno/bueno (US\$)	Beneficio económico anual ecosistema inducido pastizal (US\$)	VEI anual 30% muy bueno/bueno (US\$)	VEI anual escenario 2 (US\$)
	A	B	C = A x B	D = A x 314 ¹⁹	E = C - D	F= E+E (Tabla 1)
Manglar	31,621	12,842	406,073,415	9,918,109	396,155,306	568,719,646
Selvas inundables	3,872	19,006	73,597,598	1,214,597	72,383,002	75,837,541
Hidrófitas enraizadas	98,193	25,171	2,471,607,931	30,798,853	2,440,809,078	2,805,802,809
Comunidades fluviales	1,833	25,171	46,141,157	574,968	45,566,190	88,297,256
Ecosistemas acuáticos permanente inundados	10,833	10,924	118,338,879	3,397,821	114,941,057	273,751,765
Laguna de Términos	29,338	29,350	861,071,949	9,202,065	851,869,883	1,853,500,540
Total área impactada	175,691	0	0.00	0.00	0.00	0.00
Total en US\$ por año	0	0	3,976,830,929	55,106,413	3,921,724,516	5,665,909,558

Valores de este tamaño pueden parecer, de cierta forma, absurdos en términos absolutos y teóricos. Son extraordinariamente altos en relación a cualquier otro valor relacionado a este proyecto, y dependen de supuestos bastante inciertos: que se dé un determinado efecto hidrológico; que las ANP sean invadidas; y que los valores propuestos por Costanza *et al* (1997) apliquen a este caso. No obstante, aún si estas cifras están 10 veces sobreestimados, el valor presente del daño podría estar entre US\$ 1.3 y US\$ 4.1 mil millones. Si el error es de un factor de 100, estos costos ambientales pueden estar entre US\$ 127 y US\$ 413 millones. Esto implica que los verdaderos costos ambientales del proyecto fácilmente podrían alcanzar niveles que inviabilizarían económicamente el proyecto. La cifras también señalan la necesidad de generar una nueva investigación más profunda, para dimensionar mejor el impacto potencial y riesgo por la construcción de una presa en el Río Usumacinta.

17 La superficie por cada ecosistema fue obtenida del Plan de Conservación de la RB Pantanos de Centla y el APFF Laguna de Términos.

18 El valor por hectárea se obtuvo de los datos reportados por Costanza (1997) actualizados a abril de 2006. En la Tabla 13 se registra el 100% del valor porque asumimos los valores de un ecosistema muy bueno y bueno que provee un beneficio completo.

19 El valor del beneficio económico por hectárea que proveen los servicios ecosistémicos de los pastizales fue calculado a partir de los datos reportados por Costanza (1997) para el ecosistema pastizales/rancherías (grass/rangelands) actualizados a Abril de 2006.

Otros impactos sobre los ecosistemas acuáticos

Otros impactos podrían incluir la modificación del flujo y caudales naturales del río, así como a la calidad fisicoquímica del agua. De acuerdo a la Fundación Defensores de la Naturaleza, éstos a su vez generarían cambios en la distribución y abundancia de la biota acuática del río (FDN *et al.* 2005) tanto aguas arriba como abajo de la presa. Esto implicaría cambios también en la parte guatemalteca de la cuenca del Usumacinta.

Al crear una represa, se altera el ecosistema acuático de forma permanente, afectando poblaciones que dependen en su ciclo de vida de la migración a lo largo del río (WCD 2000). Existen peces que migran del mar hacia el río para desovar. Otras especies que habitan río arriba hacen lo contrario, como la pigua y el róbalo (especies importantes para la región por su nivel de aprovechamiento por las comunidades locales). Asimismo, al modificar el flujo hídrico del río se disminuye la velocidad del agua, propiciando cambios en los patrones de sedimentación y en el oxígeno disuelto en el agua (FDN *et al.* 2005). Esto afecta a las comunidades de peces y macroinvertebrados, por lo que hacer una represa del río Usumacinta tendría efectos nocivos sobre poblaciones de fauna de las que aún sabemos muy poco (Martínez 2004).

Otras consideraciones relevantes son cambios en el régimen de flujo y la estratificación térmica y química del agua represada. Las fluctuaciones estacionales de la temperatura y el aporte de sedimentos y sólidos disueltos influyen en dicha estratificación. Otro aspecto a considerar es el tiempo de residencia del agua en el embalse o retención hidráulica, lo cual acelera o retarda los procesos de descomposición de la materia orgánica y el aporte de nutrientes (Roldán, 1992). En un embalse, mientras mayor sea la retención hidráulica mayor será la probabilidad de una estratificación que lo lleva a un estado de anoxia (ausencia de oxígeno) permanente en el fondo. (Ramírez 1989; citado en Roldán 1992).

La localización de la salida principal (alta, media o baja) del embalse tiene una influencia fundamental en la calidad del agua, tanto del embalse como del río (Roldán 1992). Una salida “alta” implica el mantenimiento de una capa de agua fría por debajo del nivel de dicha salida, ya que siempre se estará evacuando el agua superficial más caliente; habrá mayor retención de nutrientes y de materia orgánica en descomposición y tendencia a una anoxia permanente en el fondo, cuya capa será más grande, mientras más profundo sea el embalse. Salida “intermedia”: el agua evacuada será un poco menos caliente que el anterior ya que habrá una mayor mezcla entre las aguas superficiales y profundas, además de reducir la capa anóxica. Una salida “baja” crea condiciones más favorables, porque la retención de sedimentos y nutrientes es más baja, la capa anóxica se reduce y se renueva permanente (FDN *et al.* 2005). Sin embargo, en un embalse con retención hidráulica grande, las aguas liberadas tendrán condiciones anóxicas (al existir condiciones reductoras, habrá más presencia de hierro disuelto y ácido sulfhídrico que

causan serios problemas al ambiente y al cuarto de máquinas de la represa). Asimismo, Harms (2003) reporta que las formas más reducidas del nitrógeno (amonio y amoniaco), más abundantes en condiciones anóxicas, son las más tóxicas para los peces (FDN *et al.* 2005).

Los cenotes (técnicamente llamados dolinas) también serán afectados por la inundación. En el área de Macabilero, por ejemplo, existen 13 cenotes y varias lagunas poco estudiadas e importantes para el sistema hídrico del territorio Guatemalteco (FDN 2005). El Arroyo Macabilero, situado dentro de un parque nacional de protección estricta, será una de las áreas afectadas por la construcción de la represa. El área aledaña a este arroyo, que probablemente se inunde, actualmente se encuentra dentro un programa del Gobierno de Guatemala de pago por servicios ambientales.

Impactos de carácter binacional

Como se ha mencionado en el documento la mayor parte de los impactos tanto económicos, ambientales y sociales se darán en México. Sin embargo, también se percibirán impactos en Guatemala. Se ha mencionado en el documento la inundación de una parte del territorio Guatemalteco, específicamente en el Arroyo Macabilero. Este sitio es parte del Parque Nacional Sierra del Lacandón y con características de protección estricta. El estado de Guatemala ha invertido millones de quetzales en proteger este parque, y la región del Arroyo Macabilero constituye un sitio de relevancia debido a que éste forma parte de un sistema hídrico de cenotes, lagunas y arroyos que no han sido estudiados. Además, siendo el Usumacinta el principal drenaje natural del territorio Guatemalteco, una gran cantidad de comunidades dependen del río y sus afluentes, especialmente para el abastecimiento de agua y el consumo de varias especies de peces.

Destrucción de sitios arqueológicos

Los sitios arqueológicos de Piedras Negras, El Porvenir, Yaxchilán, El Cayo, Macabilero, y La Pasadita corren el riesgo de ser impactados por inundación si se construye una represa cuya cortina eleve el nivel de agua a 115 msnm o más (por ejemplo Yaxchilán se encuentra a 115 msnm). Asimismo, existen otros sitios arqueológicos aún no descubiertos que serían afectados (Berendes, 2003, Carreón-Arroyo 2004a).

En Guatemala el sitio arqueológico descubierto que sufriría los mayores impactos sería Macabilero, por ser una de las regiones más bajas en la zona de afectación en Guatemala. Aunque el sitio no se ha podido mapear se sabe que cuenta con estructuras del patrimonio cultural de la civilización Maya.

Otros impactos sociales

En relación a los impactos sociales de la construcción de represas, un ejemplo claro para Guatemala fue la represa de Chixoy, en donde fueron desplazados a la fuerza y de manera arbitraria alrededor de 3,445 personas. Durante el proceso, un gran porcentaje falleció y fueron destruidos alrededor de 741 ranchos y 54 casas de material; incluso la comunidad de Río Negro (etnia Achi) fue afectada a pesar de poseer título de propiedad de sus tierras (FDN *et al.* 2005). Aunque no se puede afirmar que tal escenario se repetiría en el caso de la represa del Río Usumacinta, existe una clara oposición por parte de los pobladores del área en Guatemala, que han llegado a organizarse. Tal es el caso del Frente Petenero contra las Represas (FDN *et al.* 2005, Carreón-Arroyo 2004a). Este frente agrupa a todas las comunidades organizadas del margen guatemalteco del Río Usumacinta y cuenta con gran poder de convocatoria.

Análisis distributivo de los impactos

El criterio de equidad del proyecto se analiza basado en la distribución de los beneficios y costos. Hemos identificado estos flujos para el gobierno, las poblaciones directamente afectadas, la naturaleza y la empresa que desarrolle el proyecto. Todos los montos están en valores presentes considerando el periodo de 20 años del proyecto, asumiendo el escenario “optimista” desde la perspectiva de la empresa privada y el ambiente.

La Tabla 14 muestra ganancias significativas para la empresa y pérdidas para el gobierno por el subsidio a la venta de energía. Los valores para el ambiente natural y las comunidades afectadas son fuertemente negativos. Este análisis deja claro la potencial inequidad del proyecto Tenosique. Si fuera implementado tal como lo entendemos, el proyecto ocasionaría costos tangibles al gobierno y daños significativos a la naturaleza y a las comunidades afectadas, a la vez que generaría ganancias (en el escenario optimista) para la empresa inversionista.

TABLA 14: DISTRIBUCIÓN DE LAS PÉRDIDAS Y GANANCIAS DEL PROYECTO ENTRE LOS PARTICIPANTES (MILLONES DE US\$, PRECIOS CONSTANTES Y FLUJOS DESCONTADOS)

Sectores	Empresa	Gobierno	Población afectada	País-Global Naturaleza
Venta de electricidad	US\$ 656			
Subsidio a la venta de electricidad	US\$ 262	US\$ -262		
Inversión, costos de generación y mantenimiento	US\$ -670			
Cambios en condiciones de vida			US\$ -18.24	
Emisiones de dióxido de carbono en el área inundada				US\$ -3.76
Pérdida en servicios ambientales Pantanos de Centla y Laguna de Términos				Aplicando Costanza <i>et al</i> (1997): \$ -12,713
Impacto total por sector	US\$ 248	US\$ -262	US\$ -18.24	US\$ -12,716.33

Ganancia Pérdida

{ Discusión y conclusiones

E

l proyecto de la presa Tenosique, al ubicarse dentro de la Selva Maya, requiere una evaluación de impactos y beneficios a largo plazo, no solo en lo local, sino también a nivel regional. Las consecuencias en los cambios de la dinámica del río no pueden reducirse solo a las actividades económicas e impactos alrededor del sitio de la presa. Los ríos son corredores que permiten la movilización de especies, nutrientes y energía, de manera que cualquier cambio impacta en las condiciones actuales, afectando el estado de conservación y capacidad productiva de los ecosistemas naturales y antropogénicos, principalmente en el área de inundación y río abajo de la presa.

Los análisis financieros y económicos tradicionalmente consideran solo el actual valor de mercado de los bienes y servicios que se utilizan para desarrollar un proyecto. Los impactos ambientales y sociales a largo plazo son generalmente excluidos de los análisis de viabilidad, en ocasiones por falta de información o de una visión objetiva e integrada. No obstante, a partir de la experiencia nacional o mundial, se cuenta con mayor información, lo que permite comparar y generar modelos para orientar mejor la toma de decisiones. No se puede obviar el aprendizaje colectivo y seguir justificando proyectos sin considerar los diversos impactos ambientales y económicos que estos generan.

El reflejo de lo anterior son los resultados obtenidos por este estudio. Del análisis financiero resultó que el valor actual neto del Proyecto Hidroeléctrico Tenosique podría generarle a la empresa entre US\$ 248 millones en ganancias y US\$ 112 millones en pérdidas. Esto nos indica que la inversión puede o no ser rentable desde la perspectiva de la empresa, dependiendo de los costos y beneficios que esta experimente. Lo que pone de manifiesto es que si no existe un subsidio al precio de venta, el proyecto definitivamente no es rentable y podría generarle pérdidas a la empresa de hasta US\$ 219 millones. Lo anterior se refuerza con la ineficiencia económica del proyecto, que en el escenario más optimista generaría una pérdida de US\$ 19 millones para la sociedad mexicana.

El análisis de la distribución de beneficios y costos deja claro la potencial inequidad del proyecto Tenosique. Si fuera implementado tal como lo entendemos, el proyecto ocasionaría costos tangibles al gobierno y daños significativos a la naturaleza y las comunidades afectadas, a la vez que generarían ganancias para la empresa inversionista.

El criterio final utilizado para evaluar el proyecto es la sostenibilidad ambiental del proyecto, que se resume en la Tabla 15. Los resultados de esta parte de la evaluación son producto de contribuciones científicas y de experiencias a escala global. Por más que intentemos incorporar los costos ambientales en el análisis económico, los métodos y datos que tenemos para hacerlo son limitados; no es posible valorar todos los bienes

y servicios ambientales afectados, no solo por la falta de información, sino por las interacciones complejas que sustentan tanto a los ecosistemas naturales como los antropogénicos. Por esto es necesario señalar los daños ambientales inevitables de estos proyectos y empezar a reflejarlos en valores monetarios.

TABLA 15: IMPACTOS AMBIENTALES Y SOCIALES EN LA ZONA

Costo por	Rango del valor en millones de US\$
Pérdida anual en producción anual y vivienda en el área inundada	1.6
Valor bruto de las emisiones de carbono en el área inundación	3.8 a 17
Pérdida anual de servicios en los ecosistemas río debajo de la presa por el cambio de la dinámica hídrica río abajo.	1,744 a 5,666

La estimación del valor económico de un servicio ecosistémico es un parámetro de referencia que permite visualizar y hacer tangible el beneficio que un ecosistema genera para una sociedad, y que puede perderse por los impactos de un proyecto. Algunas de estas cifras, como el valor de los humedales y pantanos se basan en estudios hechos en otros sitios, son bastante inciertos y pueden parecer espantosamente altos. No obstante, vale la pena registrar estos valores aunque sea solo como punto de partida para estudios locales más precisos. Sirven también para revelar la importancia relativa de diferentes impactos, aunque los valores específicos están sujetos a incertidumbre. Lo que se ve claramente en este caso es que el valor de posibles impactos en ecosistemas húmedos río abajo puede ocasionar pérdidas grandes y merece investigación intensiva antes de que se tome cualquier decisión sobre el proyecto.

El desarrollo de infraestructura inteligente y sostenible es un fenómeno muy reciente. El proyecto Tenosique, como parte de un plan nacional para fortalecer la exportación de energía eléctrica, debe ser revaluado considerando su impacto a largo plazo y a nivel regional. En ese sentido, por lo general se debe optar por infraestructura con tecnologías de menor impacto y en regiones donde las metas de eficiencia económica, equidad social y sostenibilidad ambiental serán mejor realizados.



Bibliografía

APESA. 1993. Evaluación Ecológica Rápida de la Reserva de la Biosfera Maya. Guatemala, Guatemala. APESA/TNC/PBM-USAID. 356 p. + Mapas temáticos.

Apodaca, J.L. 2002. ¿Están “muy” subsidiadas las tarifas del sector eléctrico en México? [<http://www.prd.org.mx/ierd/Coy107-108/JLAV1.html>, consultado el 23 de enero del 2007]

Asuntos Forestales. 2000. Los bosques tropicales y los cambios climáticos [<http://www.rcfa-cfan.org/spanish/s.issues.13.htm>, consultado en noviembre del 2006]

Balmford, A., A. Bruner, P. Cooper, R. Costanza, S. Farber, R. Green, M. Jenkins, P. Jefferiss, V. Jessamy, J. Madden, K. Munro, N. Myers, S. Naeem, J. Paavola, M. Rayment, S. Rosendo, J. Roughgarden, K. Trumper, and R. Turner. 2002. Economic reasons for conserving wild nature. *Science* 297(5583): 950-953.

Banco de México. 2006. Inflación en Diciembre 2006. [<http://www.banxico.org.mx/PortalesEspecializados/inflacion/inflacion.html> consultado en febrero de 2007]

Berendes, T. 2003. Visual simulation of the potential impact of damming the Usumacinta River. World Monuments Fund y Universidad de Alabama. Huntsville, EE.UU.

Carreón-Arroyo, G. 2003. Perfil de Parque México. Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. *Naturalia/Parkswatch*. México, D.F.

Carreón-Arroyo, G. 2004a. Perfil de Parque México. Reserva de la Biosfera Lacantún. *Naturalia/Parkswatch*. México, D.F.

Carreón-Arroyo, G. 2004b. Perfil de Parque México. Reserva de la Biosfera Montes Azules. *Naturalia/Parkswatch*. México, D.F.

CFE (Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Construcción, Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos, Dirección de Proyectos de Inversión Financiada). 2003. Proyecto Boca del Cerro. CFE. México, D.F.

CFE (Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Programación, Gerencia de Programación de Sistemas Eléctricos). 2004. Programa de obras e inversión del sector eléctrico 2005 – 2014. CFE. México, D.F.

CFE (Comisión Federal de Electricidad, Subdirección de Programación, Gerencia de Evaluación y Programación de Inversión). 2005. Costos y parámetros de referencia para la formulación de proyectos de inversión del sector eléctrico. CFE. México, D.F.

- CFE. 2006. Presentación: proyectos hidroeléctricos en México. CFE. México, D.F.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2004. México: Biodiversidad que asombra al mundo. CONANP. México, D.F.
- CONANP. 2006. Informe de rendición de cuentas de la administración pública federal 2000-2006. Etapa 1. CONANP. México, D.F.
- CONAP (Comisión Nacional de Áreas Protegidas). 2001. Plan Maestro de la Reserva de la Biosfera Maya 2001-2006. CONAP. Guatemala.
- Costanza, R., Ralph d'Arge, Rudolf de Groot, Stephen Farber, Monica Grasso, Bruce Hannon, Karin Limburg, Shahid Naeem, Robert V. O'Neill, Jose Paruelo, Robert G. Raskin, Paul Sutton & Marjan van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.
- Dasgupta, P. 2001. Human well-being and the natural environment. Oxford Univ. Press. Oxford, UK.
- De la Maza, J. y R.G. De la Maza. 1985. La fauna de mariposas de Boca Chajul, Chiapas, México (Rhopalocera). Parte I. *Rev. Soc. Mex. Lep.* 9: 23-44.
- De la Maza, J. y R.G. De la Maza. 1985. La fauna de mariposas de Boca Chajul, Chiapas, México (Rhopalocera). Parte II. *Rev. Soc. Mex. Lep.* 10: 1-24.
- Estados Unidos Mexicanos. 2002. Norma Oficial Mexicana NOM 059-ECOL-2001 (6 de marzo). Protección ambiental de especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Diario Oficial de la Federación, Segunda sección. México, D.F.
- Fearnside, P.M., R.I. Barbosa. 2003. Avoided deforestation in Amazonia as a global warming mitigation measure: The case of Mato Grosso. *World Resource Review* 15 (3):352-361.
- Fundación Defensores de la Naturaleza y CONAP. 2005. Plan Maestro 2006 - 2010 Parque Nacional Sierra del Lacandón. FDN y CONAP. Guatemala.
- Gobierno del Estado de Chiapas, Secretaria de Planificación y Finanzas. 2005. Perfil Demográfico y Socioeconómico Municipal.
- Hamann, R. y T. Ankersen. 1996. The Usumacinta River: Building a framework for cooperation between Mexico and Guatemala. University of Florida. Gainesville, EE.UU.

Harms, C. 2003. Chapter 1. Fish. pp. 2-20. En: Fowler, M. y E. Miller (Eds.). Zoo and wild animal medicine. 5ta ed. W.B. Saunders Company. EE.UU.

Herrera, R. y M. Paiz. 1999. Plan Maestro 1999-2003 Parque Nacional Sierra del Lacandón. CONAP, The Nature Conservancy (TNC), Centro Maya y CARE. Guatemala.

INE (Instituto Nacional de Ecología). 2000. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Montes Azules. INE.

INE. 2000a. Programa de manejo de la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla. México, D.F.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2001. XII Censo General de Población y Vivienda 2000. Tabulados de la muestra censal. Cuestionario ampliado. INEGI. México, D.F.

InflationData.com. 2007. Inflation 2005. [http://inflationdata.com/Inflation/Inflation_Rate/CurrentInflation.asp, consultado en febrero de 2007]

Inforpress. 2002. Controversial proposal to dam the Usumacinta River resurfaces. En Central América Report. (1 de Noviembre 2002)..

Iñigo-Elias, E., C.C.Macias, A.L. Patrocinio, C.R. Jiménez, y P.E. Hernández. 2004. Evaluación del estado de conservación del hábitat de la guacamaya roja (*Ara macao cyanoptera*) 1979-2003 en la Selva Maya de Mexico. PRONATURA-Chiapas A.C., Cornell Lab of Ornithology, Conservación Internacional, United States Agency for International Development, Defensores de la Naturaleza, CONAP y Wildlife Conservation Society. San Cristóbal de las Casas, Chiapas.

Jenkins, G. y A. Harberger. 2000. Manual de análisis costo-beneficio de las decisiones de inversión. Harvard Institute for International Development. Cambridge, EE.UU.

Lazcano-Barrero, M., E. Góngora-Arones, y R. Vogt. 1992. Anfibios y reptiles de la Selva Lacandona. En: Vásquez-Sánchez, M. y M. Ramos (eds). Reserva de la Biosfera Montes Azules, Selva Lacandona: Investigación para su conservación. Ecosfera 1:135-172.

Lazcano-Barrero, M., y Vogt, R. 1992. Peces de la Selva Lacandona, un recurso potencial, en: Vazquez-Sanchez, M. y M. Ramos (eds). Reserva de la Biosfera Montes Azules Selva Lacandona: Investigación para su conservación. Ecosfera 1:135-144.

- Martínez, E., Ramos, C., Chiang, F. 1994. Lista florística de la Selva Lacandona, Chiapas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 54:99-175.
- Martínez, G. 2004. Identificación de biodiversidad y calidad de agua del Río Usumacinta y afluentes colindantes con el Parque Nacional Sierra del Lacandón. Fundación Defensores de la Naturaleza. Petén, Guatemala.
- Medellín, R. 1994. Mammal diversity and conservation in the Selva Lacandona, Chiapas, México. *Conservation Biology* 83(3):780-799.
- Molina, V. L. 1990. Experiencias de la antropología social en la presa La Angostura, ponencia presentada en las mesas de trabajo, "El impacto sociocultural de la construcción de presas en México", Colegio de Etnólogos y Antropólogos Sociales, A. C. y Universidad Iberoamericana.
- Nunes, P. y J. van den Bergh. 2001. Economic valuation of biodiversity: sense or nonsense? *Ecological Economics* 39(2): 203-222.
- Ordóñez, A. 1998. Estimación de la captura de carbono en un estudio de caso para bosque templado: San Juan Nuevo, Michoacán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Rodiles-Hernandez, R., A.D. Hendrickson, G.J. Lundberg, y M. J. Humphries. 2005. Lacantunia enigmatica (Teleostei: Siluriformes): a new and phylogenetically puzzling freshwater fish from Mesoamerica. *Zootaxa* 1000: 1-24.
- Roldán, G. 1992. Fundamentos de limnología neotropical. Editorial Universidad de Antioquia. Colección Ciencia y Tecnología Universidad de Antioquia, Volumen I. Colombia.
- Romero, L. 2003. Informe preliminar 01, Temporada 2003. Fundación Defensores de la Naturaleza, Escuela de Historia, Universidad de San Carlos y World Monuments Fund. Guatemala.
- Turner R., W.N. Adger y R. Brouwer. 1998. Ecosystem services value, research needs, and policy relevance: a commentary. *Ecological Economics* 25(1): 61-65.
- Vega, A. 2005. Plan de Conservación para la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla y el Área de Protección de Flora y Fauna Laguna de Términos. Pronatura Península Yucatán, CONANP, TNC y USAID. Mérida.

{ Anexos

Anexo 1: Encuesta

Nombre de localidad: _____ Fecha: _____

Luz Agua Drenaje Caminos Clínicas Primaria Secundaria Técnicas Teléfono

Nombre: _____ Sexo: F ___ M ___

Edad: _____ ¿Cuántas personas viven con usted? _____

Escolaridad:	s/estudios NO lee y escribe	s/estudios SI lee y escribe	Primaria	Secundaria	Bachillerato/ Técnica	Universidad
--------------	-----------------------------	-----------------------------	----------	------------	-----------------------	-------------

¿Cuánta superficie tiene su predio y su ejido? ____ hectáreas ____ hectáreas

Paga algún impuesto por su propiedad: SI ___ NO ___

Si es sí ¿Cuánto? _____ ¿Cuanto vale una hectárea en esta zona? _____

¿Actualmente recibe algún apoyo gubernamental y cuanto por año?

Procampo ____ Progan ____ Progresas ____ Oportunidades ____

Alianza para el campo ____ Otros: _____

¿Pertenece a alguna asociación, cooperativa u organización? SI ___ NO ___

Si es sí ¿Cómo se llama? _____

¿Qué actividades realiza en su terreno y Cuánta superficie le dedica?

Agricultura ____has Ganadería ____has Aprov. de montaña ____has

Casa ____has Otros: _____ has

¿Tienen montaña en su ejido? SI ___ NO ___ ¿Cuanto? has _____

¿Qué beneficios le da la montaña? _____

¿De dónde obtienen el agua que utilizan? _____

¿Para qué usan el agua? _____

¿Pagan algo por el agua? _____

¿Cuanto tiempo les cuesta conseguirla (esfuerzo)? _____

¿En qué le beneficia el Río Usumacinta? _____

¿En qué le perjudica el Río Usumacinta? _____

Trabajo en la ciudad o ajeno

¿Dónde trabaja? _____ ¿Desde cuando? _____

¿Cuánto llega a ganar por mes? _____

¿Cuántas personas de su familia trabajan en la ciudad o ajeno, cuánto gana?

Ganadería

¿A qué se dedica en la ganadería? Leche Engorda Doble propósito Ovinos

¿Cuántas hectáreas le dedica a la ganadería? _____

¿Cuántas cabezas de ganado tiene? _____

¿Cuánto tiempo se le dedica al? Cuida al ganado _____ Vende _____

¿Cuántos litros a la semana vende? _____ consume? _____

¿A cuánto le compran un litro de leche? _____

¿El año pasado cuántas cabezas usó para su consumo? _____

¿El año pasado cuántas cabezas de ganado vendió? _____

¿A cuánto llegó a vender las cabezas de ganado? _____

¿Cuántas cabezas de ganado se pueden mantener en UNA hectárea? _____

¿Cuánto gasta al año por cabeza de ganado? _____ (Medicinas)

¿Cuánto tiempo le dedica para preparar el terreno? _____

¿Cuántas personas? _____

Actividad forestal

¿Que aprovecha de la montaña? _____

¿Cuanto extrae y cada cuando? _____

¿Cuánto para _____ Consumo _____?

¿Cuánto le gana a lo que vende? _____

¿Cuánto tiempo le dedica a las actividades en la montaña? _____

Pesca

¿Qué animales aprovechan? _____

¿Cuánto pescan en cada época de cada especie? _____

¿Cuánto tiempo le dedican a la pesca? _____

¿Cuánto consumen a la semana de lo que pescan (en las distintas épocas) de cada especie? _____

¿Cuánto venden a la semana de lo que pescan (en las distintas épocas) de cada especie? _____

Especie	Cantidad (kgs)	Tiempo	Temporada	Consumo	Venta	Precio

Agricultura

¿Qué cultiva? _____

¿Cuánta producción obtiene por hectárea (ton o kg)? _____

¿Cuántas personas se necesitan por hectárea para la:

Siembra? _____

Cosecha? _____

Venta? _____

¿Cuánto tiempo le dedica? _____

¿Cuánto es para su: Consumo o Venta? _____

¿Cuánta superficie le dedica? _____

Producto	Superficie (has)	Producción por hectárea (Ton o kg)	Valor de producción horas/personas		Cantidad venta	Cantidad consumo	Precio por unidad	Ganancia total
			No. de personas p. hectárea	Tiempo				

¿Cuánto gasta al año en insumos (agroquímicos, fertilizantes, pesticidas)?

¿Cuánto cuesta una jornada de trabajo? _____

Anexo 2: Resultados de las encuestas

TABLA A1: PRODUCCIÓN GANADERA

(a)	Valor promedio por cabeza de ganado	US\$ 402
(b)	Promedio de cabezas vendidas al año por familia	4.71
(c)	Promedio de cabezas consumidas al año por familia	0.45
(d)	Ingreso bruto promedio por familia al año	US\$ 2,073
(e)	Gasto promedio por familia al año	US\$ 134
(f)	Ingreso neto promedio por familia al año	US\$ 1,939
(g)	Valor total de la producción ganadera	US\$ 789,166

- (a) El dato se obtuvo del promedio del precio al que se vende una cabeza de ganado en pie reportado por las familias encuestadas.
- (b) El dato se obtuvo del promedio del total de cabezas que vendieron el año pasado las familias encuestadas.
- (c) El dato se obtuvo del promedio del total de cabezas que usaron para su consumo el año pasado las familias encuestadas.
- (d) Resulta de multiplicar el dato (a) con la sumatoria de los datos (b) y (c).
- (e) El dato se obtuvo de promediar la inversión total por familia encuestada para comprar insumos (como medicamentos).
- (f) Resulta de la resta del dato (d) menos el dato (e).
- (g) El valor total de la producción resulta de multiplicar el ingreso neto promedio por familia al año (dato f) por el universo de familias afectadas, 407.

Nota: En la encuesta la información recopilada sobre la producción ganadera se dividió en dos actividades: 1) producción de leche, y 2) engorda de ganado para su venta en pie. No obstante solo una familia (de las 77 encuestadas) respondió que dedica parte de su tiempo a la producción de leche, por lo tanto no se consideró dentro de los cálculos

TABLA A2: PRODUCCIÓN AGRÍCOLA ANUAL

	Producción total de casas encuestadas en kg (a)	Producción anual promedio por casa en kg (b)	Producción total estimada por año en ton (c)	Ingreso neto en US\$ por ton. de producto (d)	Valor en US\$ de producción por producto (e)
Maíz	167,800.00	2,179.22	886,942.86	\$215.52	\$159,402.18
Frijol	14,872.50	193.15	78,611.79	\$ 278.54	\$29,406.28
Otros	varia	varia	varia	varia	\$11,843.90

- (a) La producción total de casas encuestadas se obtuvo como la sumatoria de los datos de cada una de las encuestas.
- (b) Se obtiene como la producción total de casas encuestadas dividido entre el número de casas encuestadas (77 encuestas).
- (c) Se obtiene como la producción anual promedio por casa multiplicada por el número de familias afectadas (407 familias).
- (d) El ingreso neto es el precio reportado por los encuestados menos la inversión promedio para producir un kilogramo.
- (e) Se obtiene como la producción total multiplicada por el ingreso.

TABLA A3: PRODUCCIÓN PESQUERA

	Producción anual de casas encuestadas en piezas (a)	Producción anual promedio por casa en piezas (b)	Producción total estimada por año en piezas (c)	Precio en US\$ por pieza (d)	Valor en dólares de producción por producto (e)
Bobo escama (Ctenopharyngodon idella)	28,600.00	371.43	151,171.43	\$1.10	\$165,667.32
Macabil (Brycon guatemalensis)	2,730.00	35.45	14,430.00	\$0.91	\$13,178.08
Robalo (Centropomus spp.)	3,900.00	50.65	20,614.29	\$3.84	\$79,068.49
Pigua (Macrobrachium carcinus)	3,520.00	45.71	18,605.71	\$11.42	\$212,394.00
Mojarra (Cichlasoma spp.)	4,160.00	54.03	21,988.57	\$1.37	\$30,121.33
Bagre (Ictalurus furcatus)	25,220.00	327.53	133,305.71	\$1.10	\$146,088.45
Topuche (Aplodinotus grunniens)	2,600.00	33.77	13,742.86	\$0.73	\$10,040.44
Tenhuayaca (Petenia splendida)	1,560.00	20.26	8,245.71	\$1.28	\$10,542.47
Coruco (Cathorops aguadulce)	1,300.00	16.88	6,871.43	\$0.73	\$5,020.22
Cabeza de fierro (Potamarius nelsoni)	1,040.00	13.51	5,497.14	\$0.73	\$4,016.18

- (a) La producción total de casas encuestadas se obtuvo como la sumatoria de los datos de cada una de las encuestas.
- (b) Se obtiene como la producción total de casas encuestadas dividido entre el número de casas encuestadas (77 encuestas).
- (c) Se obtiene como la producción anual promedio por casa multiplicada por el número de familias afectadas (407 familias).
- (d) Se asumieron los precios promedios reportados por los encuestados.
- (e) Se obtiene como la producción total multiplicada por el precio.