



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

40

Serie técnica 37

Análisis de paisajes funcionales en el territorio nacional y su relación con propósitos socioeconómicos



Guatemala, enero de 2012

iarna

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR



Universidad
Rafael Landívar
Tradición Jesuita en Guatemala

40

Serie técnica 37

Análisis de paisajes funcionales en el territorio nacional y su relación con propósitos socioeconómicos



Guatemala, enero de 2012

iarna

Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

Autoridades institucionales

Rector

Rolando Alvarado, SJ

Vicerrectora académica

Lucrecia Méndez de Penedo

Vicerrector de investigación y proyección

Carlos Cabarrús, SJ

Vicerrector de integración universitaria

Eduardo Valdés, SJ

Vicerrector administrativo

Ariel Rivera

Secretaria general

Fabiola Padilla

Director IARNA

Juventino Gálvez

Elaboración del documento

Nils Saubes

Coordinación

Juventino Gálvez

Apoyo en manejo de bases de datos

Gerónimo Pérez

Edición

Cecilia Cleaves y Juventino Gálvez

IARNA/URL (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2012). Análisis de paisajes funcionales en el territorio nacional y su relación con propósitos socioeconómicos. Guatemala: Autor.

Documento 40, serie técnica 37
ix + 33 p.

Descriptores: Priorización de áreas de conservación y restauración, desarrollo socio-económico, manejo de cuencas, paisaje funcional, Guatemala.

Publicado por: El proceso de elaboración técnica del presente documento estuvo a cargo del Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA) de la Universidad Rafael Landívar. El objetivo del presente trabajo fue caracterizar y priorizar áreas de trabajo, con el fin de orientar los esfuerzos de conservación y restauración de los bosques en Guatemala, tomando como referencia el concepto de paisaje funcional.

Copyright © 2012, Universidad Rafael Landívar (URL)
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
Está autorizada la reproducción total o parcial y de cualquier otra forma de esta publicación para fines educativos o sin fines de lucro, sin ningún otro permiso especial del titular de los derechos, bajo la condición de que se indique la fuente de la que proviene. El Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente agradecerá que se le remita un ejemplar de cualquier texto cuya fuente haya sido la presente publicación.

Disponible en: Universidad Rafael Landívar
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente (IARNA)
Campus central, Vista Hermosa III, zona 16
Edificio Q, oficina 101
Guatemala, Guatemala
Teléfono: (502) 2426-2559 ó 2426-2626, extensión 2657. Fax: extensión 2649
e-mail: iarna@url.edu.gt
www.url.edu.gt/iarna - www.infoiarna.org.gt

Fotografía portada: José Miguel Barrios

Únicamente versión electrónica

Tabla de contenido

Presentación	vii
Siglas y acrónimos	ix
Abreviaturas	ix
Resumen	1
Summary	2
1. Marco conceptual	3
2. Marco metodológico	5
2.1 Definición de áreas de interés	5
2.2 Definición de escenarios de acción dentro de las áreas de interés	6
2.3 Determinación de los frentes de presión	6
2.4 Priorización de cuencas hidrográficas	6
3. Resultados	9
3.1 Áreas de interés	9
3.2 Escenarios de trabajo	11
3.3 Frentes de presión	13
3.4 Priorización de cuencas hidrográficas	15
4. Discusión y perspectivas	17
5. Referencias bibliográficas	19
Anexos	21

Tabla de figuras

Figura 1	Áreas de interés	5
Figura 2	Escenarios de trabajo	6
Figura 3	Localización de los temas estudiados dentro del sistema socio-ambiental	7
Figura 4	Mapa de áreas de interés	10
Figura 5	Mapa de escenarios de trabajo	12
Figura 6	Mapa de frentes de presión	14
Figura 7	Mapa de priorización de cuencas hidrográficas	16

Tabla de cuadros

Cuadro 1	Umbrales y puntaje para la tipología de las cuencas en cinco clases	8
Cuadro 2	Caracterización de la tipología de las cuencas en cinco clases	8
Cuadro 3	Superficie de las áreas de interés (hectáreas)	9
Cuadro 4	Superficies afectadas por cada escenario de trabajo (en hectáreas)	11

Presentación

El presente estudio es parte de los productos generados en el marco del Programa de Investigación sobre “Socioeconomía Ambiental” del Instituto y constituye un aporte en la línea de caracterizar y priorizar áreas de trabajo en el país, con el fin de orientar los esfuerzos de conservación y restauración de los bosques en Guatemala, tomando como referencia el concepto de paisaje funcional.

El nivel de funcionalidad paisajística se convierte en una condición para garantizar el flujo de ciertos bienes y servicios requeridos por la sociedad y el abanico de emprendimientos de carácter económico. Por supuesto que, tal como lo hemos planteado en anteriores ocasiones, la biodiversidad tiene un valor en sí misma y de su estado de conservación también depende el grado de vulnerabilidad sistémica de un territorio o de un país.

Guatemala exhibe aun, impresionantes sitios de valor estratégico, tanto por la singular diversidad biológica que poseen, como por la regulación de los servicios ya mencionados, tales como el de la regulación hidrológica.

El presente estudio no solo identifica estos sitios, sino también ofrece algunos elementos y lineamientos generales para generar o perfeccionar estrategias y tácticas de conservación en varios de estos sitios y apegadas a la realidad actual de nuestra dimensión natural y de la dimensión económica social y político-institucional.

Con este trabajo, el cual se une a otras propuestas complementarias que han sido producidas por este instituto, consideramos que cumplimos con nuestro compromiso institucional de generar análisis y propuesta que pueda contribuir, primero con el conocimiento más profundo de nuestra riqueza natural, y segundo con las necesidades de armonizar las necesidades de uso con las necesidades de conservación y restauración natural.

MSc. Juventino Gálvez
Director
Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
Universidad Rafael Landívar



Siglas y acrónimos

Banguat	Banco de Guatemala
CITE	Cuenta Integrada de Tierra y Ecosistemas
FCA	Fondo para la Conservación de los Bosques Tropicales
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar
INAB	Instituto Nacional de Bosques
INE	Instituto Nacional de Estadística
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
RBM	Reserva de la Biosfera Maya
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SIGAP	Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
TNC	The Nature Conservancy
URL	Universidad Rafael Landívar

Abreviaturas

ha	hectárea
Hab	habitantes
km²	kilómetro cuadrado
MV	megavatios



Resumen

El presente estudio tuvo como objetivo principal fue caracterizar y priorizar áreas de trabajo, con el fin de orientar los esfuerzos de conservación y restauración de los bosques en Guatemala, tomando como referencia el concepto de paisaje funcional.

En una primera fase se caracterizaron áreas por su nivel de funcionalidad o integridad ecológica, con lo cual se definieron escenarios de trabajo para mejorar la gestión de sus recursos. En la segunda fase se caracterizaron las cuencas que tienen mayores desafíos en cuanto al desarrollo socio-económico del país.

Las principales áreas de interés biológico están ubicadas en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas y en las áreas protegidas de Petén, del este (Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic, Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil y Biotopo Protegido Chocón-Machacas), de la costa sur (Manchón-Guamuchal, Parque Nacional Sipacate-Naranjo, Área de Usos Múltiples Monterrico), de la Reserva de Biosfera Trifinio, del noroccidente del país (Parque Nacional Laguna de Lachuá, Reserva de la Biosfera Ixil, Visis-Cabá). Asimismo, en las áreas consideradas como vacíos del SIGAP (Sierras Santa Cruz y Merendón, valle del Motagua y macizo de los Cuchumatanes), en las cumbres de los volcanes de la cadena volcánica y en el norte de la sierra de los Cuchumatanes.

Las áreas de interés hidrológico, se encuentran principalmente en las partes montañosas del país, es decir en el macizo de los Cuchumatanes y la cadena volcánica (vertiente pacífico principalmente). Finalmente, se encuentran áreas que combinan ambos intereses en la vertiente norte de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, río abajo del lago Atitlán, y en los conos volcánicos.

A nivel de escenarios de acción, se confirmó que los sitios que necesitan más esfuerzos de conservación son las áreas protegidas del norte de Petén y la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de las Minas, ya que son las que muestran mayores niveles de funcionalidad. Asimismo, las zonas núcleo del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique y de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, las Sierras Santa Cruz y Merendón, la parte noreste

de los Cuchumatanes, la Reserva de la Biosfera Ixil, Visis-Cabá y del río Copón, las áreas protegidas de la costa sur (Parque Nacional Sipacate-Naranjo y Área de Usos Múltiples Monterrico) y el área correspondiente a los vacíos del SIGAP (Manchón-Guamuchal) y el área de Totonicapán.

Las áreas que necesitan ser restauradas, con el fin de integrarlas a espacios funcionales, son: la franja suroriental del Parque Nacional Sierra del Lacandón, el sur del Parque Nacional Laguna del Tigre y de la Reserva de la Biosfera Maya (microcuenca de la laguna de Yaxhá), las vertientes sur y norte de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, el valle del Motagua medio, las zonas de amortiguamiento del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique y de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, el Biotopo Protegido Chocón-Machacas, el área del parte agua entre las cuencas del Motagua y del Lago de Atitlán, el Parque Nacional Sipacate-Naranjo y el oeste de los Cuchumatanes.

Del estudio de los aspectos socio-económicos de las cuencas, resultó que las cuencas prioritarias (prioridad de intervención muy alta y alta) son las que bajan de la cadena volcánica hacia la costa sur (todas), las del Selegua y Xaclbal en la zona de los Cuchumatanes, las subcuencas de Las Vacas, Suchicul Belejey, río Grande y Teculután-Huité en la cuenca del Motagua, y las subcuencas del Salamá y del Chixoy en la cuenca del río Chixoy. Estas cuencas son las que suman más elementos clave para el desarrollo socio-económico.

Las zonas de trabajo ubicadas en el departamento de Petén muestran mayores superficies de áreas de interés (aunque únicamente biológico). Sin embargo, las cuencas allí ubicadas tienen un nivel de prioridad muy baja desde el punto de vista de beneficios potenciales en términos de desarrollo humano.

Este análisis puede ser considerado como una primera etapa y un acercamiento al difícil ejercicio de aplicar el concepto de paisaje funcional. Sin embargo, la información acá sintetizada es útil para orientar la toma de decisiones en cuanto al diseño de escenarios de trabajo para incrementar la funcionalidad e integridad ecológica de las áreas naturales de Guatemala.



1. Marco conceptual

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar y priorizar áreas de trabajo, con el fin de orientar los esfuerzos de conservación y restauración de los bosques en Guatemala, tomando como referencia el concepto de paisaje funcional.

Dicho concepto, aparecido a finales de los años 1990, constituye una evolución importante en el marco de la conservación de la biodiversidad, que pasó de ser un paradigma enfocado en las especies amenazadas y en vías de extinción, a uno derivado de una visión más sistémica, en la que predomina el estudio de los procesos ecológicos a escalas múltiples (local, intermedia, gruesa y regional) (Poiani, Richter, Anderson & Richter, 2000).

Un área de conservación funcional se puede definir como un área geográfica que permite mantener a las especies y ecosistemas de interés focal, así como a los procesos ecológicos que los sustentan, dentro de sus rangos naturales de variabilidad (Poiani, Richter, Anderson & Richter, 2000). El término “funcional” se refiere a la capacidad del área de mantener los objetos de conservación saludables a largo plazo (más de 100 años). Su tamaño y configuración está determinado por dos factores: los objetos de conservación y los procesos ecológicos que permiten el mantenimiento de los mismos (Poiani & Richter, 2000). Se han definido tres tipos de áreas de conservación funcionales: sitios, paisajes y redes.

Un paisaje funcional permite conservar un gran número de especies y ecosistemas a tres escalas:

- Gruesa (10,000 – 1,000,000 hectáreas y más),
- Intermedia (1,000 – 10,000 hectáreas y más), y
- Local (metros a miles de hectáreas).

Por definición, son de naturaleza intacta (componentes y procesos), o debe existir la posibilidad de restaurarlos (para restablecer su funcionalidad). No es el tamaño en sí mismo el que permite diferenciar entre un paisaje y un sitio funcional, sino más bien la presencia de ciertos ecosistemas y especies de interés focal, que implican un esfuerzo de conservación a las tres escalas anteriormente mencionadas (solamente dos para un sitio funcional).

Los objetos de conservación de los paisajes funcionales generalmente son representativos de muchos otros ecosistemas y especies que, por ejemplo, pueden abarcar la totalidad del gradiente terrestre-acuático.

Poiani *et al* (2000) determinaron cuatro componentes que permiten evaluar la funcionalidad de un área y definir el estado y desempeño del sistema, así como su nivel de viabilidad, según el gradiente estabilidad-resiliencia-funcionalidad (Gálvez, 2001):

1. Composición y estructura,
2. Regímenes ambientales dominantes y disturbios naturales,
3. Área dinámica mínima, y
4. Conectividad (Poiani & Richter, 2000).

El presente estudio no pretende evaluar completamente el nivel de funcionalidad de las áreas naturales de Guatemala. Más bien, constituye una primera aproximación del análisis que se debería conducir para alcanzar tal resultado. Por otro lado, se tomaron en cuenta elementos de carácter socio-económico, para optimizar las repercusiones de las actividades de conservación y restauración en términos de desarrollo humano.

El estudio se desarrolló en dos fases. En la primera fase: a) Se caracterizaron y localizaron intervenciones estratégicas a nivel de los paisajes funcionales, b) Se definieron áreas de interés, es decir estratégicas en cuanto a su potencial de generación de bienes y servicios ambientales, y c) Dichas áreas se caracterizaron por su nivel de funcionalidad o integridad ecológica, lo que permitió definir escenarios de trabajo para mejorar la gestión de sus recursos.

En la segunda fase se examinaron indicadores relacionados con el tema de desarrollo socio-económico para cada cuenca hidrográfica (abastecimiento de agua, riesgo a desastres, seguridad alimentaria y producción hidroeléctrica). Con base en ellos se realizó una tipología de cuencas, las cuales fueron priorizadas en función de sus metas en temas de desarrollo socio-económico. Por tanto, se caracterizaron y localizaron las cuencas con los mayores desafíos en cuanto al desarrollo socio-económico del país.



2. Marco metodológico

La metodología utilizada para caracterizar y priorizar zonas, integró los elementos del concepto de paisaje funcional, en la medida en que fueran compatibles con las condiciones de factibilidad del análisis (tiempo, disponibilidad inmediata de datos, etc.). El análisis fue aplicado al territorio nacional en su totalidad. Dos elementos facilitaron la síntesis de la información necesaria para alcanzar los primeros hallazgos de la evaluación de la funcionalidad de los ecosistemas de Guatemala:

- Análisis de vacíos del Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) (TNC, 2007). Este estudio generó un sistema de información espacial que permitió determinar y priorizar posibles áreas de extensión del SIGAP. Se tomaron en cuenta criterios de biodiversidad (filtro grueso y filtro fino) y servicios ambientales, asociados a criterios de efectividad de manejo (costo de la conservación).
- Cuenta Integrada de Tierra y Ecosistemas (CITE) (Banguat y IARNA/URL, 2009). Esta publicación presenta un mapa de densidad forestal y la determinación de fragmentos forestales, indicadores interesantes para evaluar la integridad ecológica o funcionalidad. En efecto, se pueden definir los niveles de conectividad forestal, pero también brinda indicaciones implícitas sobre la composición y estructura – aunque se necesitaría recurrir a datos más específicos para obtener resultados más cercanos a la realidad.

2.1 Definición de áreas de interés

En una primera fase se establecieron áreas de “interés”, que son zonas con particular importancia en términos de producción de bienes y servicios ambientales, los cuales tienen un impacto positivo sobre el nivel de bienestar humano. Fueron definidas a través de:

- Mapa de zonas de recarga hídrica de importancia media, alta y muy alta (interés hidrológico) (INAB, 2005), y
- Mapa de vacíos del SIGAP –incluyendo también al SIGAP- (interés biológico o ecológico).

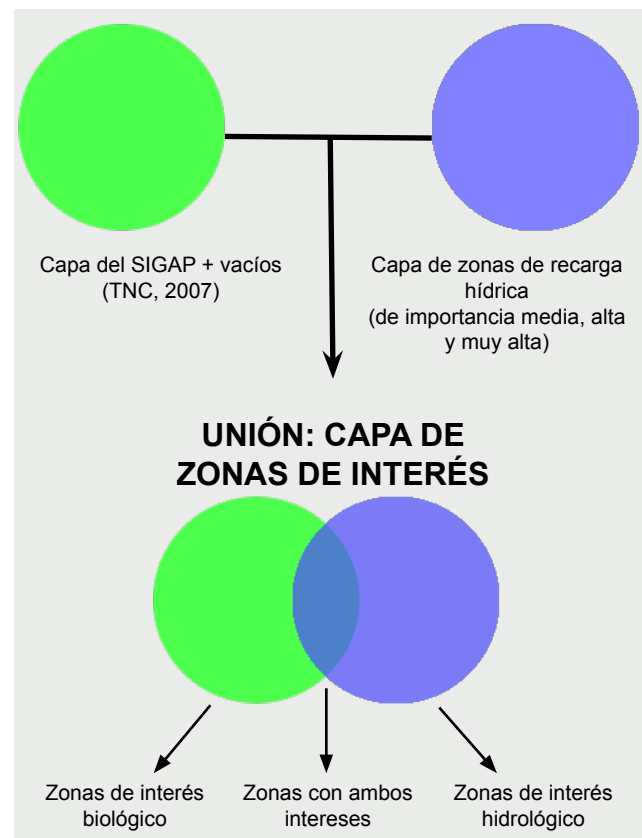
A través del Sistema de Información Geográfica (SIG), las capas de información fueron integradas y se unieron en una sola. De este modo, se lograron definir:

- a) Zonas de interés biológico,
- b) Zonas de interés hidrológico, y
- c) Zonas con ambos intereses (Figura 1).

Por tanto, esta fase permitió definir las zonas que tienen una importancia particular en términos de calidad de vida humana.

Figura 1

Áreas de interés

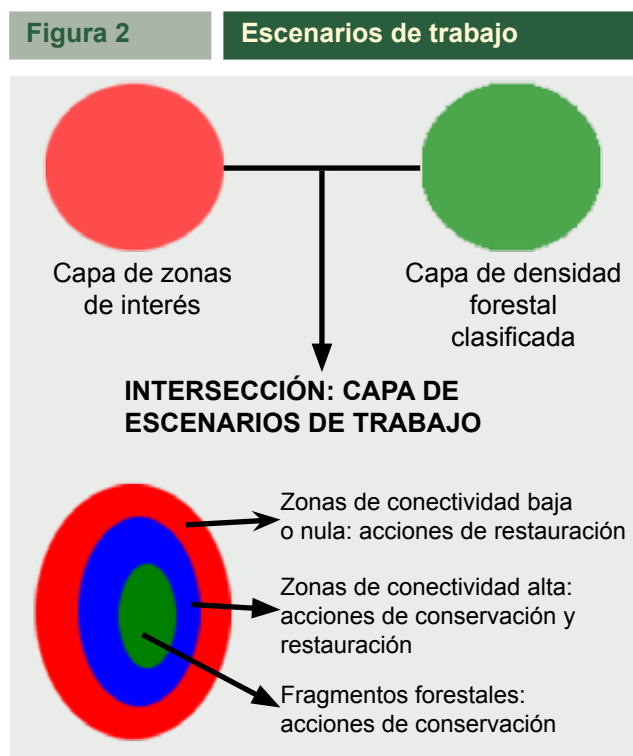


2.2 Definición de escenarios de acción dentro de las áreas de interés

Durante la segunda fase se determinaron los escenarios de acción dentro de las áreas de interés, en función del nivel de integridad ecológica o funcionalidad. Dadas las condicionantes del estudio (tiempo, facilidad de acceso a los datos, etc.), el nivel de funcionalidad se abordó a través del valor de la densidad forestal. Esta vía es un tanto reductora, pero permite un grado de aproximación y confiabilidad conveniente para los propósitos del estudio.

Se integraron entonces, el mapa de zonas de interés previamente realizado y el mapa de densidad forestal clasificado (fragmentos forestales= 80% a 100%, zonas de conectividad alta= 40% a 80%, zonas de conectividad baja o nula= 0% a 40%) (Díaz y Pérez, 2005), y se extrajo la capa de intersección entre ambas capas. Este paso permitió definir el nivel de funcionalidad de las zonas de interés. A partir de esta información se dedujeron los escenarios de acción:

- Zonas de fragmentos forestales, donde se prescribieron acciones de conservación;
- Zonas de conectividad alta, donde se prescribieron acciones de conservación y restauración ecológica; y
- Zonas de conectividad baja, donde se prescribieron acciones de restauración (Figura 2).



Se tomó en cuenta información adicional para definir los escenarios de trabajo dentro de las áreas de interés, por la presencia de:

- **Sistemas agroforestales.** Se consideraron las siguientes categorías de uso de la tierra: café, cardamomo y cacao (MAGA, 2006). Aunque no tienen los mismos niveles de funcionalidad que un bosque natural, poseen características que los hacen más funcionales que cualquier otro tipo de sistema agrícola. Las áreas de interés con esta condición fueron clasificadas como zonas de alta conectividad, es decir, que necesitan esfuerzos de conservación y/o restauración.
- **Ecosistemas con vegetación clímax poco densa,** que se caracterizan por vegetación baja o arbustales. Se consideraron tres tipos de ecosistemas: i) arbustales clímax altimontanos (región de los Cuchumatanes), ii) arbustales y bosques deciduos xerofíticos (valle del Motagua), y iii) arbustales pantanosos dominados por carrizal (Parque Nacional Laguna del Tigre) (INAB, 2001). Las áreas de interés con esta condición fueron clasificadas como zonas de fragmentos forestales, es decir que necesitan esfuerzos de conservación. Esto se justifica por el hecho de que en las condiciones bioclimáticas actuales, estos ecosistemas están a su nivel óptimo de funcionalidad.

2.3 Determinación de los frentes de presión

Una tercera fase consistió en determinar los frentes de presión sobre los fragmentos forestales, que corresponden a las superficies desaparecidas entre los años 1991 y 2006. Este dato se obtuvo a través de la plataforma de sistemas de información geográfica.

Se identificaron zonas de pérdida, zonas sin cambios y zonas de ganancia (las más escasas). Las zonas de pérdida se consideraron como frentes de presión, definidos como zonas prioritarias para implementar acciones de conservación y restauración, con el fin de frenar la degradación de los sistemas más intactos y funcionales (fragmentos forestales).

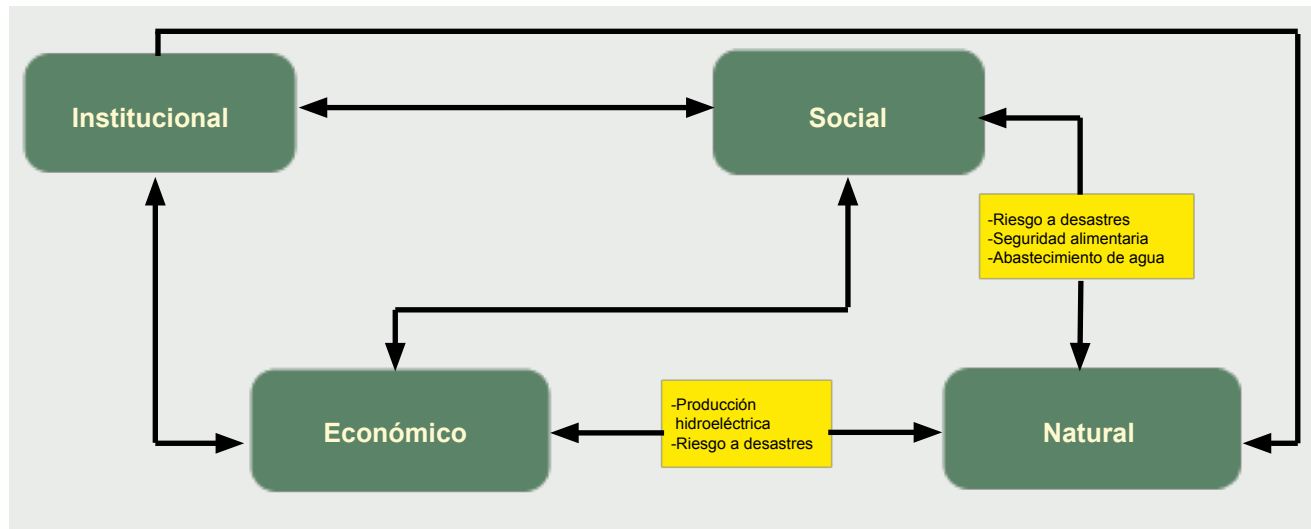
2.4 Priorización de cuencas hidrográficas

La cuarta y última fase del presente estudio consistió en clasificar las cuencas hidrográficas según su prioridad de intervención, desde la perspectiva del potencial que cada una ofrece en términos de desa-

rollo humano. La clasificación se realizó con base en temas relacionados al bienestar humano: abastecimiento de agua, seguridad alimentaria, riesgo a desastres y producción hidroeléctrica (Figura 3).

Figura 3

Localización de los temas estudiados dentro del sistema socio-ambiental



Dentro de cada cuenca prioritaria, se identificaron las zonas en las cuales es necesario realizar actividades de conservación y/o restauración.

El marco metodológico utilizado tiene la ventaja de destacar la relación entre las estrategias de gestión y los posibles beneficios a nivel de desarrollo humano. Asimismo, permite priorizar tipos de acciones y zonas geográficas, tomando en cuenta los futuros beneficios y beneficiarios.

A continuación se detallan los indicadores utilizados para cada tema:

- **Abastecimiento de agua.** Para evaluar la importancia de la cuenca en términos de abastecimiento de agua (uso doméstico únicamente) se utilizó el número de personas que viven dentro de cada cuenca. Se obtuvo este valor utilizando el censo de población del año 2002 (INE, 2002). Se utilizó un valor relativo de la superficie de la cuenca para manejar el efecto de tamaño, y dicho valor fue aplicado a cada cuenca.
- **Riesgo a desastres.** Se tomó en cuenta el número de personas que viven en poblados ubicados en zonas bajo amenaza de inundación y/o desli-

zamiento. Se consideraron estas dos amenazas por el hecho que, por un lado, están relacionadas con el estado de las cuencas y sus niveles de cobertura forestal; y por el otro, puedan causar daños directos e indirectos a personas y viviendas. Se usó un valor relativo de superficie, aplicado a cada cuenca.

- **Amenaza a la seguridad alimentaria.** Se utilizó la superficie de cultivos anuales ubicados en zonas amenazadas por fenómenos hidrolimáticos potencialmente dañinos (inundaciones, sequías, heladas y deslizamientos). Se utilizó un valor relativo en hectáreas de la superficie de la cuenca y dicho valor se aplicó a cada cuenca.
- **Potencial de producción hidroeléctrica.** Se usó el valor de megavatios producidos por planta actualmente (para las plantas que ya están en operación) o potencialmente (por las plantas que ya tienen autorización). Se aplicó el valor a cada cuenca.

Se utilizó un mapa de cuencas derivado del mapa más reciente realizado por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA, 2004). La modificación de dicho mapa permitió dividir el país en 59 unidades hidrográficas (cuencas y/o subcuencas)

de tamaños relativamente homogéneos, en comparación con el mapa original.

Utilizando los quintiles de cada serie de indicadores, se calcularon umbrales, los cuales fueron definidos estadísticamente y clasificados en cinco rangos (cla-

ses) a los cuales se asignó un valor de puntaje, que permitió obtener un dato para cada indicador y cada cuenca. El Cuadro 1 presenta los valores de umbrales y respectivos puntajes para cada uno de los cuatro indicadores.

Cuadro 1	Umbrales y puntaje para la tipología de las cuencas en cinco clases					
Población	Valor (Hab/km² de cuenca)	<19.12	19.12 - 58.09	58.09 - 104.91	104.91 - 176.19	>176.19
	Puntaje	1	2	3	4	5
Población bajo amenaza (inundación/ deslizamiento)	Valor (Hab en riesgo/km² de cuenca)	<4.64	4.64 - 9.89	9.89 - 15.52	15.52 - 32.45	>32.45
	Puntaje	1	2	3	4	5
Cultivos anuales amenazados	Valor (Hectáreas amenazadas/km² de cuenca)	<2.40	2.40 - 7.40	7.40 - 8.97	8.97 - 11.86	>11.86
	Puntaje	1	2	3	4	5
Potencial de producción hidroeléctrica	Valor (Megavatios)	<11.6	11.6 - 26.94	26.94 - 43.02	43.02 - 94.65	>94.65
	Puntaje	1	2	3	4	5

Se sumaron los puntajes obtenidos para los cuatro indicadores, para obtener un puntaje final a nivel de cada cuenca. Posteriormente, se calcularon los quin-

tiles, y se hizo una clasificación en cinco clases. El Cuadro 2 presenta los valores de umbrales de cada clase, así como su caracterización y color asignado.

Cuadro 2		Caracterización de la tipología de las cuencas en cinco clases				
Puntaje final		<6	6 - 10	10 - 12	12-15	>15
Características de las cuencas	Cuenca con muy poca importancia para el desarrollo del país	Cuenca con poca importancia para el desarrollo del país	Cuenca con intereses para el desarrollo del país	Cuenca importante para el desarrollo del país	Cuenca con mayor importancia para el desarrollo del país	
Prioridad de intervención	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta	
Color						

3. Resultados

3.1 Áreas de interés

La metodología utilizada permitió definir áreas de interés hidrológico, biológico o ecológico y mixtas (que combinan ambos intereses). El Cuadro 3 muestra la superficie de cada área de interés en el país, la Figu-

ra 4 ilustra su ubicación y extensión, y la matriz del Anexo 1 recapitula su superficie por cuenca hidrográfica.

Cuadro 3 Superficie de las áreas de interés (hectáreas)

Áreas de interés biológico		Áreas de interés hidrológico	Áreas con ambos intereses		Total	Sistemas agroforestales (ha y %)
SIGAP	Vacíos		SIGAP	Vacíos		
3,312,295.84	479,603.63	750,073.72	119,630.23	32,927.27	4,694,530.69	273,177.19 (5.8%)

Sesenta por ciento de las áreas con interés biológico se encuentra ubicado en grandes extensiones del departamento de Petén, específicamente en las cuencas: San Pedro, Mopán, Hondo, Candelaria y Usumacinta. Al norte de este departamento se encuentra el complejo de áreas protegidas que abarca la Reserva de la Biosfera Maya y los parques nacionales de Laguna del Tigre y Sierra del Lacandón. Al sur, se sitúan la Reserva de la Biosfera Montañas Mayas/Chiquibul, y las áreas protegidas en Sayaxché y Poptún/San Luis.

Las principales áreas protegidas en la parte noroccidental del país son la Reserva de la Biosfera Visis Cabá (cuenca del Copón) y la Reserva Forestal de Todos Santos (cuencas del Selegua, Nentón y río Blanco). También existen áreas de vacíos del SIGAP, principalmente en las cuencas del Pojóm, Ixcán, Xaclbal, Copón, Chixoy y Icbolay.

En la parte oriental del país, las principales áreas con interés biológico son las áreas protegidas: Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, Biotopo Protegido Chocón-Machacas, Área de Usos Múltiples Río Sars-tún y Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic; así como las siguientes áreas que corresponden a vacíos del SIGAP: valle del Motagua (matorral espinoso), Sierra Santa Cruz y Sierra del Merendón.

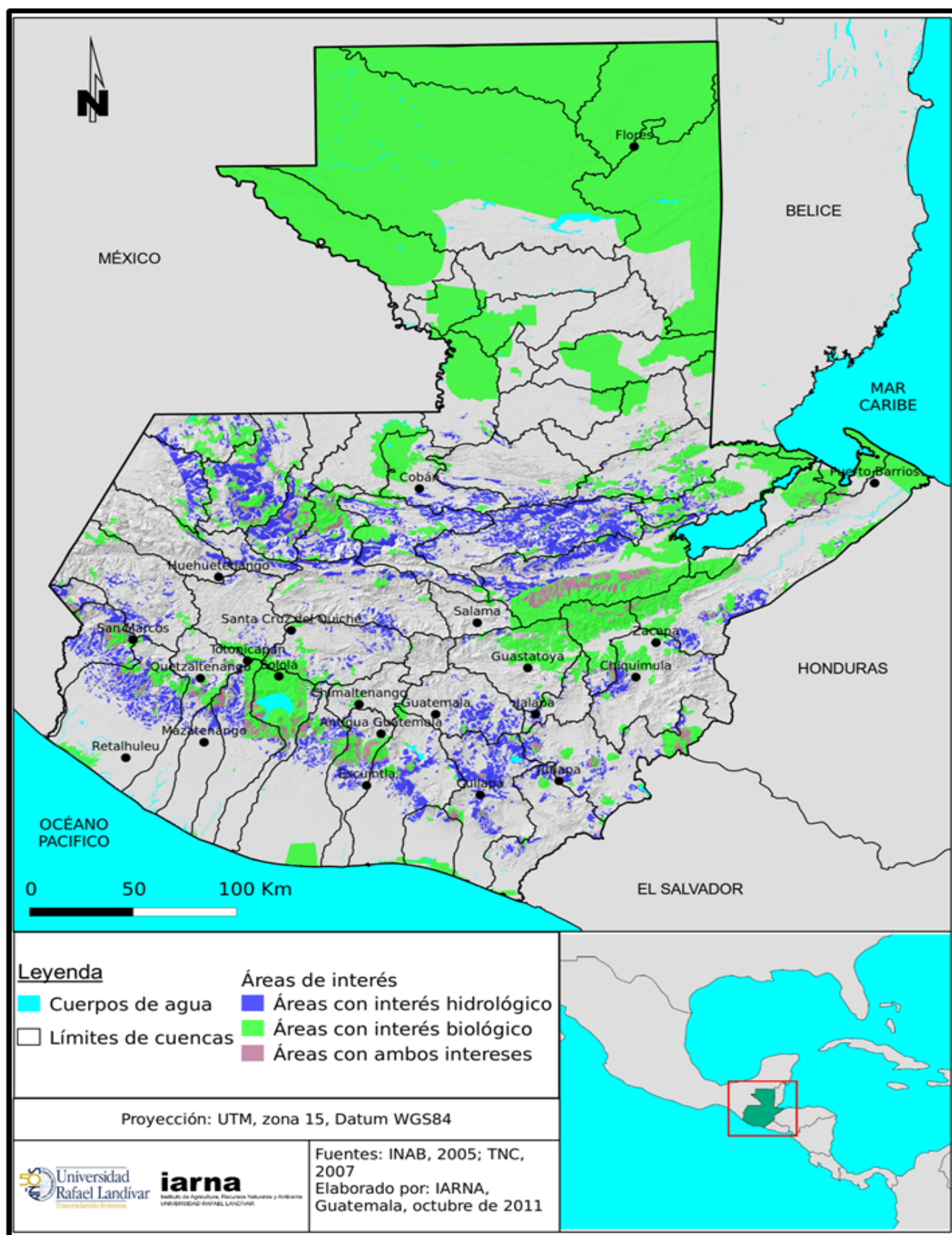
En la cadena volcánica y el Altiplano Occidental, las áreas de interés biológico se ubican mayoritariamente en las cumbres de los principales volcanes (establecidos como áreas protegidas y pertenecientes a las cuencas de la vertiente pacífico), y en las áreas protegidas: Área de Usos Múltiples Cuenca del Lago de Atitlán (cuenca del Madre Vieja-Atitlán), y de la Reserva de Biosfera Trifinio (cuenca del Ostúa-Güija).

Finalmente, en la Costa Sur se encuentran zonas de interés biológico en las siguientes áreas protegidas: Área de Usos Múltiples Monterrico (cuenca del Paso Hondo) y Parque Nacional Sipacate-Naranjo (cuenca del Coyolate); así como zonas de vacíos del SIGAP: zonas de Manchón-Guamuchal (cuenca del Naranjo-Ocosito) y de la laguneta la Palmilla (cuenca del Paso Hondo).

Respecto a las áreas con interés hidrológico, se observa que más del 50% del total están ubicadas en las siguientes ocho cuencas: Cahabón, Ixcán, Los Esclavos, Chixoy, Polochic, Naranjo-Ocosito, Xaclbal y María Linda. En el país, las áreas con interés hidrológico se ubican principalmente en tres zonas geográficamente bien definidas: a) Cadena volcánica, en su vertiente pacífico (partes altas de la totalidad de las cuencas que drenan hacia el pacífico); b) Macizo montañoso de los Cuchumatanes, incluyendo las cuencas que drenan hacia México (Nentón, Pojóm, Ixcán y Xaclbal); así como las cuencas del Copón y

Figura 4

Mapa de áreas de interés



Chixoy; c) Cuenca del Cahabón (que abarca más del 12% del total de las áreas con interés hidrológico del país) y Sierra Santa Cruz.

Por último, se identificaron áreas mixtas, es decir que combinan interés biológico e hidrológico. Más del 50% se encuentra en las siguientes cuencas: Polochic, Nahualate, Atitlán-Madre Vieja, Ostúa-Güija e Ixcán. La mayor extensión de este tipo de áreas de interés se encuentra en la vertiente norte de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, exactamente en las microcuencas que drenan hacia el Valle del Polochic, en una zona caracterizada por la importante presencia de sistemas agroforestales (cardamomo). El resto de las áreas mixtas se encuentra principal-

mente en la cordillera volcánica, en las faldas de los principales volcanes y río abajo del lago de Atitlán.

3.2 Escenarios de trabajo

Se determinaron tres escenarios de trabajo acorde a su nivel de funcionalidad o integridad biológica, definido por los datos de densidad forestal (Banguat y IARNA-URL, 2009). La superficie y ubicación de las extensiones afectadas por cada escenario de trabajo se exponen en el Cuadro 4 y en la Figura 5 y en la matriz del Anexo 2 se resumen sus superficies dentro de cada cuenca hidrográfica.

Cuadro 4 Superficies afectadas por cada escenario de trabajo (en hectáreas)

Conservación	Conservación y restauración	Restauración	Total
1,766,899.05	1,251,793.26	1,555,684.28	4,574,376.59

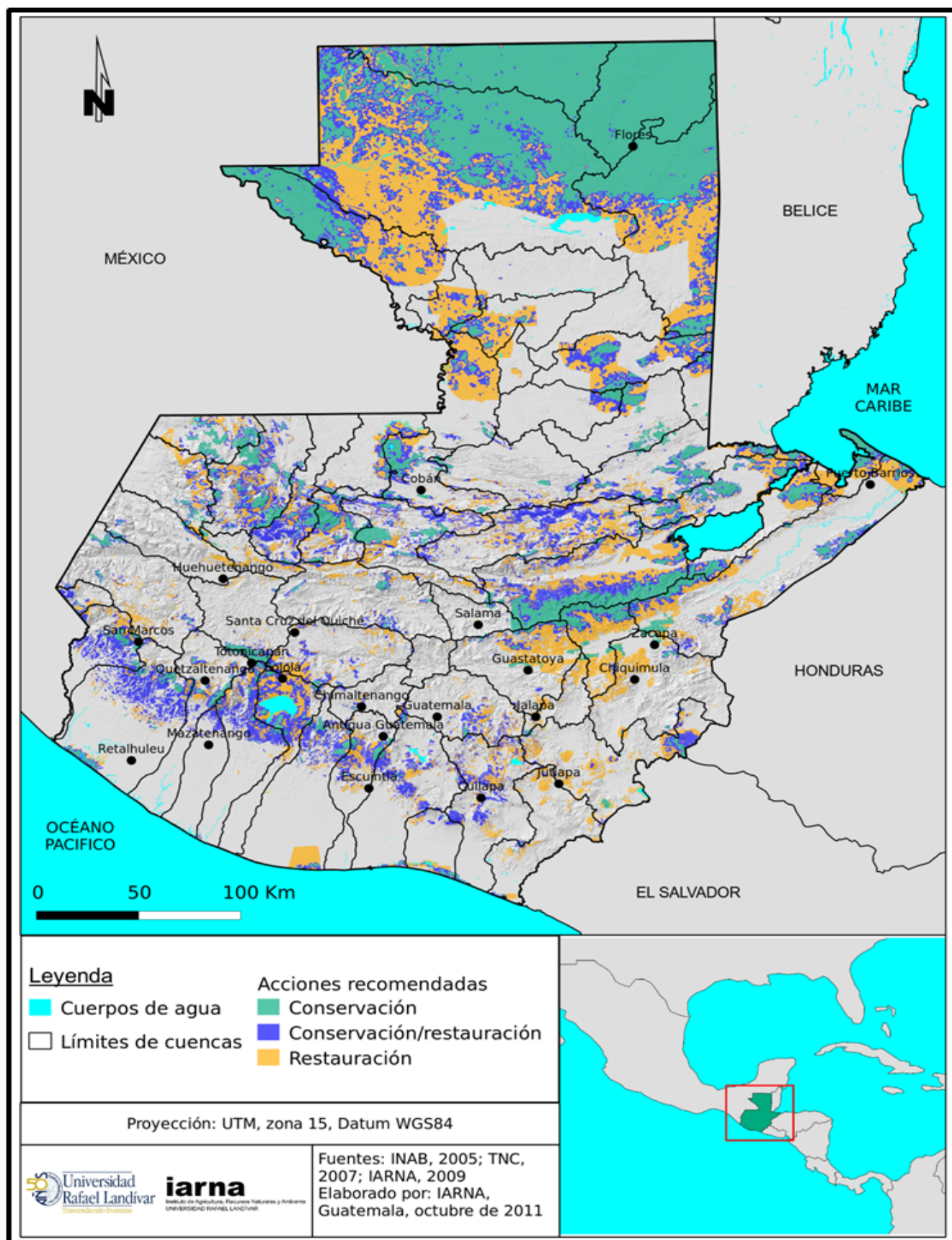
Más del 70% de las áreas de conservación se encuentra dentro de las cinco mayores cuencas del norte de Petén: San Pedro, Hondo, Candelaria, Mopán y Usumacinta. En esta zona se ubican importantes superficies de áreas de interés que muestran buenos niveles de funcionalidad, situadas principalmente en la zona de usos múltiples de la Reserva de la Biosfera Maya (RBM), en la franja occidental del Parque Nacional Laguna del Tigre y en la parte oriental del Parque Nacional Sierra del Lacandón. La cumbre de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas también posee importantes extensiones de áreas a conservar. Ambas áreas geográficas (norte de Petén y Sierra de las Minas) engloban dos de las tres ecoregiones con los valores de integridad ecológica —o funcionalidad— más importantes a nivel del país: Bosque húmedo de Petén-Veracruz (RBM) y Bosque montano de Centroamérica (Sierra de las Minas) (Banguat y IARNA/URL, 2009).

En el resto del país, las principales áreas a conservar se encuentran en:

- Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique,
- Cumbre del macizo de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil (comunidad de Samaria en la cuenca de Río Dulce-Izabal),
- Áreas protegidas ubicadas en Poptún-San Luis (poblado de Nacimiento Machaquilaito Semuc en la cuenca del Riachuelo-Machaquilá y poblados del Milagro y San Agustín en la cuenca del Machaquilá),
- Alrededor del Parque Nacional Laguna Lachúa (comunidades de Salacuín, el Faisán y Rotjá Pomtilá en la cuenca del Icbolay),
- Alrededor de la Reserva de la Biosfera Ixil, Visis-Cabá (cuencas del Xaclbal y del Copón) y
- Zona de la Sierra Santa Cruz (comunidades de El Sauce, Semococh, Río Pita en la cuenca de Río Dulce-Izabal, y comunidades de Sesaquiepec y Caquichoch en la cuenca del Sarstún).

Figura 5

Mapa de escenarios de trabajo



Las áreas con funcionalidad media requieren de acciones de conservación y restauración. Éstas son:

- Petén: especialmente al margen de las zonas que presentan niveles de funcionalidad altos, en la parte noroeste del Parque Nacional Laguna del Tigre (poblados del Nuevo Amanecer y la Ceibita en la cuenca del San Pedro), y en la parte oriental del Parque Nacional Sierra del Lacandón (poblados el Ceibo y el Pital en la cuenca del río San Pedro y cerca del poblado Pozo Azul en la cuenca del Usumacinta).
- Parte media de la cuenca del Cahabón (poblados de Chijolom, Ranchería Chumuchoj y Lanquín).
- Vertiente norte de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas (poblados Jalaute, Monte Blanco y San Vicente en la zona de cultivos de cardamomo).
- Parte alta de las cuencas que bajan de la cordillera volcánica hacia el Pacífico (noroccidente principalmente), sobre todo en las cuencas del Naranjo-Ocosito, Nuahalate y Atitlán-Madre Vieja.

Por último, se identificaron áreas de interés con un nivel de funcionalidad baja, que por tanto requieren de acciones de restauración:

- Petén: al suroeste de la cuenca del río San Pedro (comunidades de Lagunitas y el Naranjo), en la parte alta de la cuenca del Usumacinta (comunidades de Vista Hermosa y La Palma), en la cuenca del Mopán (poblado el Cruzadero, cabecera de Melchor de Mencos) y en el área de Sayaxché (cuenca de los ríos San Román, Sayaxché y las Cruces).
- Valle del Motagua (poblados del Rancho y San Agustín Acasaguastlán en la cuenca del Chuacús-Uys, poblados del Jute y San Vicente en la cuenca de Teculután-Huité, y poblado de Maraxco en la cuenca del Río Grande).
- Izabal: zona de amortiguamiento del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique (comunidades Machacas del Mar, Chichipate, Machaquita Chilero al oeste, y las Escobas, La Gloria, Punta de Rieles al este), faldas de la Reserva Protecto-

ra de Manantiales Cerro San Gil (por ejemplo, las comunidades de Las Pavas, La Cocona, Media Luna, las Jaras en Puerto Barrios, y Maya Creek, Quebrada Seca, Tamajá en Livingston). En Livingston, alrededor del caserío de Machacas.

- Sierra de los Cuchumatanes: parte alta de las cuencas del Nentón (poblados de Guaisna, Yocultac, Subajasum, etc.).
- Ixcán (poblados de La Perla, Quixabaj, Nuca, etc.).
- Parte agua entre las cuencas de Atitlán-Madre Vieja y Motagua alto (poblados de Sololá, Xajac, Pixabaj, Semejé y los Encuentros).

3.3 Frentes de presión

Los frentes de presión corresponden a las superficies de fragmentos forestales (áreas más funcionales) que desaparecieron entre 1991 y 2006. Su superficie total fue estimada en 1,155,036 hectáreas. La Figura 6 permite observar su distribución espacial.

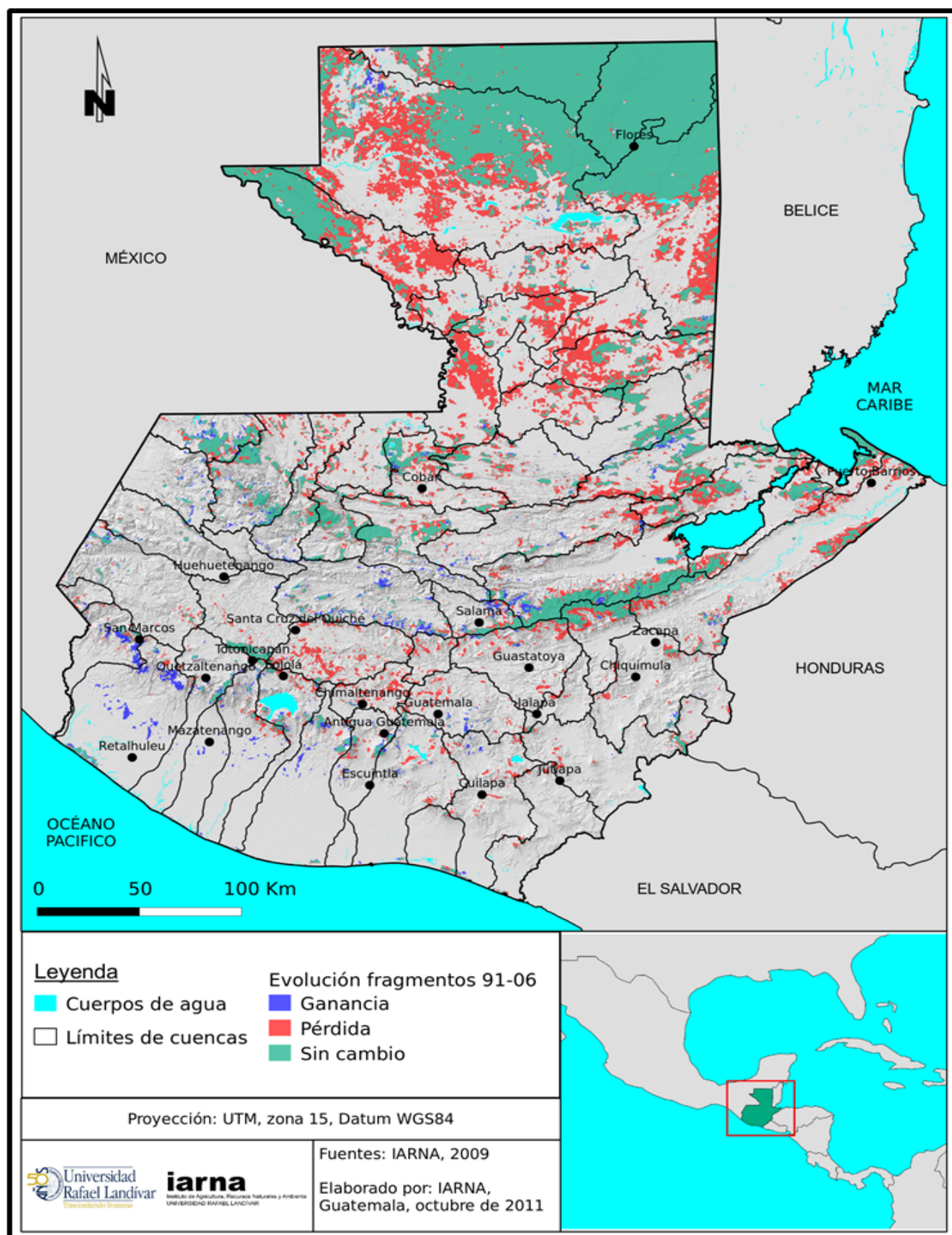
Las superficies más importantes con pérdidas de fragmentos forestales se encuentran al norte del país, en el departamento de Petén, específicamente en la periferia de las áreas protegidas de las cuencas San Pedro (277,318 hectáreas), Usumacinta (87,707 hectáreas), Mopán (85,710 hectáreas), Machaquilá (60,453 hectáreas) y San Román (51,528 hectáreas). Estas cinco cuencas suman casi el 50% del total de superficie de fragmentos forestales perdida entre 1991 y 2006, a nivel del país.

Otras áreas importantes se encuentran en:

- Oriente del país: cuencas de Izabal-Río Dulce (44,741 hectáreas, en las áreas de la Sierra Santa Cruz, la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil y el este de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas) y Motagua Bajo (43,100 hectáreas, en la zona de amortiguamiento del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, la Sierra del Merendón, y el sureste de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas).
- Vertiente sur de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas y en cuencas del Motagua alto y del Pixcayá.

Figura 6

Mapa de frentes de presión



3.4 Priorización de cuencas hidrográficas

La Figura 7 presenta la clasificación de cuencas hidrográficas en cinco clases, realizada con base en criterios de desarrollo humano (abastecimiento de agua, riesgo a desastres, seguridad alimentaria y producción hidroeléctrica). En el Anexo 2 se presentan las cuencas por clave numérica, así como su caracterización en términos de áreas de interés y escenarios de trabajo.

Seis cuencas fueron identificadas con prioridad de intervención muy alta, dentro de las cuales cinco pertenecen a la vertiente pacífica: Suchiate (no. 54), Naranjo-Ocosito (no. 31), Samalá (no. 43), Sis-Icán (no. 52) y María Linda (no. 25). La sexta corresponde a la del río Cahabón (no. 3), la cual pertenece a la vertiente Caribe.

Todas tienen una gran importancia en términos de abastecimiento de agua, dado a que presentan niveles de densidad poblacional elevados (promedio de 283 personas por km²). De hecho, abarcan varios centros urbanos importantes (Quetzaltenango en la cuenca del Samalá, Retalhuleu en la cuenca del Naranjo-Ocosito, Mazatenango en la cuenca del Sis-Icán, Cobán en la cuenca del Cahabón, y una parte del área urbana de la ciudad capital en la cuenca del María Linda).

En ellas se observa un promedio de 61 habitantes/km² expuestos a amenazas de origen hidroclimático (inundaciones en cuencas medias y bajas, y deslizamientos en cuencas altas), así como viviendas y cultivos (un promedio de 19 hectáreas de cultivos amenazados por km²).

Las cuencas con potencial para la producción hidroeléctrica de 578 megavatios (MV) son:

- Cahabón, con 219 MV (principalmente con los proyectos Renace, ya en operación, y Renace 2, ya autorizado, en San Pedro Carchá, Alta Verapaz), y
- María Linda, con 183 MV (principalmente la hidroeléctrica Aguacapa en Guanagazapa, y la hidroeléctrica Jurún Marinalá en Palín, ambas en el departamento de Escuintla).

La zona de la cadena volcánica, que abarca las cinco cuencas altamente prioritarias de la vertiente pacífica, así como la cuenca del Cahabón, son primordiales en términos de desarrollo humano. Por tanto, es justificable invertir en acciones de conservación y

restauración, dado los potenciales beneficios en el desarrollo de la zona, y del país en general.

Se caracterizaron 14 cuencas hidrográficas dentro de la clase prioridad de intervención alta:

- Seis en la vertiente pacífica (no. 8: Coatlán, no. 30: Nahualate, no. 2: Atitlán-Madre Vieja, no. 10: Coyolate, no. 1: Achiguate, y no. 23: Los Esclavos),
- Cuatro en la cuenca del Motagua (no. 14: Río Grande, no. 56: Teculután-Huité, no. 21: Las Vacas, no. 55: Suchicul-Belejey),
- Dos en la cuenca del Chixoy (no. 6: Chixoy y no. 42: Salamá), y
- Dos en el macizo de los Cuchumatanes (no. 51: Selegua y no. 59: Xaclbal).

Estas cuencas tienen un promedio 198 habitantes/km², y abarcan centros urbanos importantes (Guatemala ciudad, Huhuetenango, Salamá, Antigua Guatemala, etc.). El promedio de habitantes en riesgo por km² es de 30, y existen 11.4 hectáreas de cultivo amenazado/km². Tienen un potencial de producción hidroeléctrica de 625 MV.

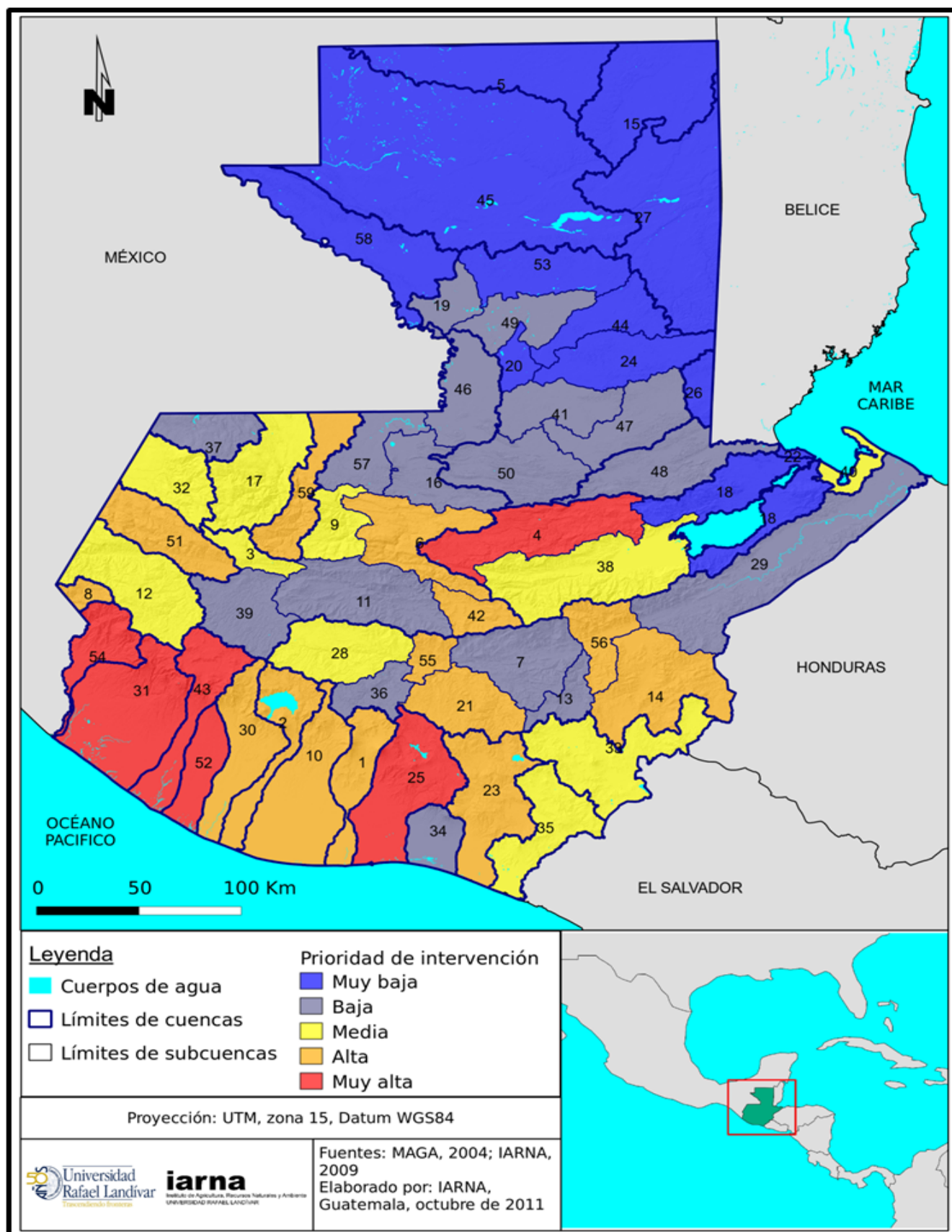
Dentro de la clase prioridad de intervención media, se clasificaron diez cuencas:

- Dos en la zona fronteriza con El Salvador y Honduras (no. 33: Ostúa-Güija y no. 35: Río Paz),
- Tres en la vertiente Caribe (no. 28: Motagua alto, no. 38: Polochic, no. 40: Puerto Barrios), y
- Cinco en la parte noroccidental del país (no. 9: Copón, no. 3: Blanco, no. 17: Ixcán, no. 32: Nenón, no. 12: Cuilco).

Estas cuencas tienen un promedio de 110 habitantes/km², 22 habitantes en riesgo por km², 9 hectáreas de cultivos anuales amenazadas por km², y tienen un potencial de producción hidroeléctrica total de 158 MV. El resto de las cuencas (29) pertenecen a las clases de prioridad de intervención baja y muy baja. La mayor parte de ellas está ubicada en la parte norte y oriental del país. Las densidades de población apenas alcanzan 10 habitantes/km². Pocas viviendas están expuestas a inundaciones y/o deslizamiento, pues en promedio 7 habitantes/km² viven en situación de riesgo. Un promedio de 5 hectáreas de cultivos anuales por km² están bajo amenaza hidroclimática. Tienen un potencial de producción hidroeléctrica de 35.5 MV.

Figura 7

Mapa de priorización de cuencas hidrográficas



4. Discusión y perspectivas

El presente estudio constituye un primer acercamiento de la caracterización y priorización de zonas de trabajo para orientar los esfuerzos de conservación y restauración de los bosques en Guatemala, tomando como referencia el concepto de paisaje funcional.

El nivel de funcionalidad de las áreas fue estimado a través de los datos de densidad forestal, según un gradiente “fragmentos forestales-zonas de conectividad alta-zonas de conectividad baja”. Asimismo, fue tomado en cuenta el potencial de las zonas para la producción de bienes y servicios ambientales (de carácter hidrológico y biológico), lo que permitió identificar los paisajes funcionales clave para intervenciones futuras.

Las principales áreas de interés biológico están ubicadas en la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas y en las áreas protegidas de Petén, del este (Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique, Refugio de Vida Silvestre Bocas del Polochic, Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil y Biotopo Protegido Chocón-Machacas), de la costa sur (Manchón-Guamuchal, Parque Nacional Sipacate-Naranjo, Área de Usos Múltiples Monterrico), de la Reserva de Biosfera Trifinio, del noroccidente del país (Parque Nacional Laguna de Lachuá, Reserva de la Biosfera Ixil, Visis-Cabá). Asimismo, en las áreas consideradas como vacíos del SIGAP (Sierras Santa Cruz y Merendón, valle del Motagua y macizo de los Cuchumatanes), en las cumbres de los volcanes de la cadena volcánica y en el norte de la sierra de los Cuchumatanes.

Las áreas de interés hidrológico, se encuentran principalmente en las partes montañosas del país, es decir en el macizo de los Cuchumatanes y la cadena volcánica (vertiente pacífico principalmente).

Finalmente, se encuentran áreas que combinan ambos intereses en la vertiente norte de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, río abajo del lago Atitlán, y en los conos volcánicos.

A nivel de escenarios de acción, se confirmó que los sitios que necesitan más esfuerzos de conservación son las áreas protegidas del norte de Petén y la zona núcleo de la Reserva de la Biosfera de la Sierra de las

Minas, ya que son las que muestran mayores niveles de funcionalidad. Asimismo, las zonas núcleo del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique y de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, las Sierras Santa Cruz y Merendón, la parte noreste de los Cuchumatanes, la Reserva de la Biosfera Ixil, Visis-Cabá y del río Copón, las áreas protegidas de la costa sur (Parque Nacional Sipacate-Naranjo y Área de Usos Múltiples Monterrico) y el área correspondiente a los vacíos del SIGAP (Manchón-Guamuchal) y el área de Totonicapán.

Las áreas que necesitan ser restauradas, con el fin de integrarlas a espacios funcionales, son: la franja suroriental del Parque Nacional Sierra del Lacandón, el sur del Parque Nacional Laguna del Tigre y de la Reserva de la Biosfera Maya (microcuenca de la laguna de Yaxhá), las vertientes sur y norte de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas, el valle del Motagua medio, las zonas de amortiguamiento del Refugio de Vida Silvestre Punta de Manabique y de la Reserva Protectora de Manantiales Cerro San Gil, el Biotopo Protegido Chocón-Machacas, el área del parte agua entre las cuencas del Motagua y del Lago de Atitlán, el Parque Nacional Sipacate-Naranjo y el oeste de los Cuchumatanes.

También se identificaron zonas con niveles de funcionalidad media, para las cuales se recomendó una combinación de acciones de conservación y restauración. Generalmente, estas áreas se caracterizan por la presencia de sistemas agroforestales. Se encuentran principalmente en la vertiente pacífico de la cadena volcánica (zona cafetalera), en la vertiente norte de la Reserva de la Biosfera Sierra de las Minas (cultivos de cardamomo), en la cuenca del río Cahabón y en la franja noreste del Parque Nacional Sierra del Lacandón. Para las dos primeras, además de las acciones de conservación y restauración, se recomienda integrar acciones de manejo y mejoramiento de los sistemas agroforestales.

Del estudio de los aspectos socio-económicos de las cuencas, resultó que las cuencas prioritarias (prioridad de intervención muy alta y alta) son las que bajan de la cadena volcánica hacia la costa sur (todas), las del Selegua y Xaclbal en la zona de los Cuchumatanes, las subcuencas de Las Vacas, Suchicul Belejey,

río Grande y Teculután-Huité en la cuenca del Motagua, y las subcuencas del Salamá y del Chixoy en la cuenca del río Chixoy. Estas cuencas son las que suman más elementos clave para el desarrollo socioeconómico.

Las zonas de trabajo ubicadas en el departamento de Petén muestran mayores superficies de áreas de interés (aunque únicamente biológico). Sin embargo, las cuencas allí ubicadas tienen un nivel de prioridad muy baja desde el punto de vista de beneficios potenciales en términos de desarrollo humano. Existe un desbalance entre la carga de trabajo (grandes superficies) y los beneficios potenciales, que resulta en acciones poco viables, en comparación con las emprendidas en las cuencas del suroccidente del país (Suchiate, Naranjo-Occosito, Nahualate, Atitlán-Madre Vieja y Achiguate, principalmente), o en otras cuencas con alta prioridad de intervención. En efecto, dichas cuencas presentan importantes desafíos en cuanto al desarrollo humano, y las superficies de áreas de intervención estratégicas son más reducidas.

En términos de factibilidad, la noción de funcionalidad ha sido abordada a través del valor de la densidad forestal. Aunque está considerado como un buen indicador de integridad forestal o funcionalidad, sería deseable llevar a cabo un estudio complementario tomando en cuenta otros parámetros derivados del concepto de paisaje funcional. En efecto, dicho concepto, por el hecho de sintetizar la complejidad de la problemática de la biodiversidad, permite enriquecer los análisis y mejorar las prácticas para la definición de áreas para su manejo. Sin embargo, su aplicación concreta no es simple y es necesario recurrir a numerosos datos (relacionados con especies y ecosistemas, etc.).

Este análisis puede ser considerado como una primera etapa y un acercamiento al difícil ejercicio de aplicar el concepto de paisaje funcional. Sin embargo, la información acá sintetizada es útil para orientar la toma de decisiones en cuanto al diseño de escenarios de trabajo para incrementar la funcionalidad e integridad ecológica de las áreas naturales de Guatemala.

5.

Referencias bibliográficas

1. Banguat y IARNA-URL (Banco de Guatemala e Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar). (2009). *Cuenta integrada de tierra y ecosistemas (CITE)*. Guatemala: Autor.
2. Díaz, M. y Pérez, G. (2005). *Identificación y priorización de corredores forestales en Guatemala*. Guatemala: Serviprensa.
3. Gálvez, J. (2001). *Factores que determinan la salud y la viabilidad de los sistemas naturales y el desarrollo sostenible*. Guatemala.
4. INAB (Instituto Nacional de Bosques). (2001). *Mapa de ecosistemas vegetales de Guatemala*. Guatemala: Autor.
5. INAB (Instituto Nacional de Bosques). (2005). *Mapa de tierras forestales de captación y regulación hidrológica*. Guatemala: Autor.
6. INE (Instituto Nacional de Estadística). (2002). *Censos Nacionales XI de Población y VI de Habitación*. Guatemala: Autor.
7. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). (2004). *Cuencas hidrográficas de Guatemala*. Guatemala: Autor.
8. MAGA (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación). (2006). *Mapa de uso de la tierra y cobertura vegetal 2003*. Guatemala: Autor.
9. Poiani, K. y Richter, B. (2000). *Paisajes funcionales y la conservación de la biodiversidad* (Documentos de trabajo para la ciencia de la conservación). TNC (The Nature Conservancy).
10. Poiani, K., Richter, B., Anderson, M. & Richter, H. (2000). Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes and networks. *BioScience*, 133-146.
11. TNC (The Nature Conservancy). (2007). *Análisis de vacíos el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas fase III*. Guatemala: Autor.



Anexos

1.1 Anexo 1. Tabla de áreas de interés por cuencas hidrográficas

Número mapa	Nombre	Prioridad de intervención	Áreas con interés hidrológico	Áreas con interés biológico		Áreas mixtas		Áreas de interés total
				Vacíos	SIGAP	Vacíos	SIGAP	
1	Achiguate	Alta	11,857.17	1,457.05	13,826.05	26.52	9,281.84	36,448.63
2	Atitlán-Madre Vieja	Alta	2,663.63	1,225.16	57,146.35	779.06	8,732.87	70,547.07
3	Blanco	Media	8,829.74	1,077.83	1,296.73	357.88	304.72	11,866.90
4	Cahabón	Muy alta	94,989.05	7,853.92	2,549.50	2,179.69	411.05	107,983.21
5	Candelaria	Muy baja	0.00	0.00	280,193.14	0.00	0.00	280,193.14
6	Chixoy	Alta	45,470.94	25,099.51	4,151.53	750.49	30.27	75,502.74
7	Chucús-Uyús	Baja	3,745.75	45,142.28	15,540.63	344.25	436.21	65,209.12
8	Coatán	Alta	5,126.93	497.32	455.65	4.99	1,145.06	7,229.95
9	Copón	Media	17,028.31	11,333.22	17,708.06	1,178.00	5,614.61	52,862.20
10	Coyolate	Alta	16,814.59	5,540.98	23,487.40	1,361.70	5,087.07	52,291.74
11	Cubulco	Baja	21,047.51	6,829.00	129.92	725.17	0.00	28,731.60
12	Cuilco	Media	15,202.86	8,733.43	848.15	3.21	65.79	24,853.44
13	El Tambor	Baja	2,954.43	7,042.56	2,271.28	91.43	320.31	12,680.01
14	Grande	Alta	12,491.85	23,737.61	3,349.71	341.31	714.17	40,634.65
15	Hondo	Muy baja	0.00	0.00	302,351.50	0.00	0.00	302,351.50
16	Icbolay	Baja	14,111.25	13,185.33	27,877.19	23.84	0.00	55,197.61
17	Ixcán	Media	50,242.33	39,746.01	0.00	7,876.33	0.00	97,864.67
18	Izabal-Río Dulce	Muy baja	11,132.50	29,329.74	76,295.63	1,117.77	2,570.44	120,446.08
19	Las Cruces	Baja	0.00	0.00	44,819.51	0.00	0.00	44,819.51
20	Las Pozas	Muy baja	0.00	0.00	7,717.67	0.00	0.00	7,717.67
21	Las Vacas	Alta	24,389.28	814.30	1,422.91	255.47	0.00	26,881.96
22	Livingston	Muy baja	0.00	0.00	6,674.06	0.00	0.00	6,674.06
23	Los Esclavos	Alta	47,644.34	3,073.81	3,525.10	223.13	3,302.54	57,768.92

Número mapa	Nombre	Prioridad de intervención	Áreas con interés hidrológico	Áreas con interés biológico		Áreas mixtas		Áreas de interés total
				Vacíos	SIGAP	Vacíos	SIGAP	
24	Machaquilá	Muy baja	0.00	0.00	104,382.05	0.00	0.00	104,382.05
25	María Linda	Muy alta	27,520.76	5,113.71	8,892.68	200.91	2,290.46	44,018.52
26	Mohó	Muy baja	0.00	516.69	11,269.69	0.00	0.00	11,786.38
27	Mopán	Muy baja	0.00	0.00	397,568.76	0.00	0.00	397,568.76
28	Motagua Alto	Media	12,904.74	8,482.83	13,486.70	64.19	1,486.61	36,425.07
29	Motagua bajo	Baja	23,331.82	38,318.37	64,287.68	2,139.68	2,897.01	130,974.56
30	Nahualate	Alta	15,391.52	889.99	22,966.46	489.73	12,644.61	52,382.31
31	Naranjo-Ococito	Muy alta	41,890.81	16,788.59	9,311.76	635.05	3,074.17	71,700.38
32	Nentón	Media	21,809.53	5,640.84	2,507.34	698.82	82.51	30,739.04
33	Ostúa-Güija	Media	21,453.45	2,437.20	27,319.92	3.29	7,984.86	59,198.72
34	Paso Hondo	Baja	3,817.14	4,645.77	5,235.84	0.00	357.58	14,056.33
35	Paz	Media	13,021.79	2,228.34	3,593.48	0.00	152.00	18,995.61
36	Pixcayá	Baja	333.90	2,907.57	365.89	0.00	0.00	3,607.36
37	Pojóm	Baja	11,323.03	24,468.05	0.00	837.65	0.00	36,628.73
38	Polochic	Media	43,962.94	18,855.57	113,438.02	409.90	32,515.45	209,181.88
39	Pucal-Cacá	Baja	4,894.86	5,160.04	4,971.51	21.89	499.47	15,547.77
40	Puerto Barrios	Media	0.61	0.00	33,131.58	0.00	560.49	33,692.68
41	Riachuelo Machaquilá	Baja	307.58	0.00	15,758.39	0.00	0.00	16065.97
42	Salamá	Alta	323.84	1,405.39	3,581.10	3.17	0.00	5,313.50
43	Samalá	Muy alta	8,667.66	5,791.26	9,493.74	792.41	3,177.96	27,923.03
44	San Juan	Muy baja	0.00	0.00	8,450.56	0.00	0.00	8,450.56
45	San Pedro	Muy baja	0.00	0.00	946,231.03	0.00	0.00	946,231.03
46	San Román	Baja	2,557.65	1,454.31	76,599.69	131.81	0.00	80,743.46
47	Santa Isabel o Cancun	Baja	743.40	9,189.41	16,818.15	6.20	0.00	26,757.16
48	Sarstún	Baja	12,348.49	43,001.22	12,794.77	888.25	409.54	69,442.27
49	Sayaxché	Baja	0.00	0.00	51,305.86	0.00	0.00	51,305.86
50	Sebol	Baja	10,940.79	7,183.62	0.00	90.14	0.00	18,214.55
51	Selegua	Alta	4,522.54	2,665.08	2,658.46	0.00	401.77	10,247.85

Número mapa	Nombre	Prioridad de intervención	Áreas con interés hidrológico	Áreas con interés biológico		Áreas mixtas		Áreas de interés total
				Vacíos	SIGAP	Vacíos	SIGAP	
52	Sis-Icán	Muy alta	5,182.87	0.00	587.27	0.00	465.87	6,236.01
53	Subín	Muy baja	0.00	0.00	4,190.50	0.00	0.00	4,190.50
54	Suchiate	Muy alta	24,178.02	2,938.01	8,086.88	588.24	6,321.88	42,113.03
55	Suchicul-Beleje	Alta	162.52	312.82	0.00	0.00	0.00	475.34
56	Teculután-Huité	Alta	3,277.91	22,867.46	41,287.19	2,642.97	2,992.52	73,068.05
57	Tzeá	Baja	360.20	4,882.36	24,400.26	26.98	304.43	29,974.23
58	Usumacinta	Muy baja	0.00	0.00	246,258.25	0.00	0.00	246,258.25
59	Xaclbal	Alta	29,010.63	9,689.14	8,172.72	4,615.74	2,994.08	54,482.31
Total			749,983.46	479,552.70	3,193,041.85	32,927.26	119,630.22	4,575,135.49

1.2 Anexo 2. Tabla de escenarios de trabajo por cuencas hidrográficas

Número mapa	Nombre	Prioridad de intervención	Áreas de conservación	Áreas de conservación-restauración	Áreas de restauración	Áreas de interés total
1	Achiguate	Alta	4,616.36	16,823.73	15,016.16	36,456.25
2	Atitlán-Madre Vieja	Alta	6,655.89	33,260.38	30,644.18	70,560.45
3	Blanco	Media	1,842.81	1,708.42	8,315.66	11,866.89
4	Cahabón	Muy alta	5,149.74	57,127.76	45,699.98	107,977.48
5	Candelaria	Muy baja	255,069.55	18,098.38	7,025.25	280,193.18
6	Chixoy	Alta	20,426.62	32,023.41	23,052.03	75,502.06
7	Chuacús-Uyús	Baja	8,276.16	10,133.78	46,799.16	65,209.10
8	Coatán	Alta	542.36	3,883.94	2,803.68	7,229.98
9	Copón	Media	18,117.58	19,344.96	15,398.47	52,861.01
10	Coyolate	Alta	6,585.95	23,111.02	22,590.25	52,287.22
11	Cubulco	Baja	5,310.47	10,654.13	12,766.96	28,731.56
12	Cuilco	Media	5,118.04	6,636.97	13,098.50	24,853.51
13	El Tambor	Baja	1,099.12	812.32	10,768.54	12,679.98

Número mapa	Nombre	Prioridad de intervención	Áreas de conservación	Áreas de conservación-restauración	Áreas de restauración	Áreas de interés total
14	Grande	Alta	6,279.56	3,834.70	30,520.39	40,634.65
15	Hondo	Muy baja	301,429.41	922.10		302,351.51
16	Icbolay	Baja	21,104.35	20,062.81	14,030.27	55,197.43
17	Ixcán	Media	29,372.79	43,659.70	24,835.09	97,867.58
18	Izabal-Río Dulce	Muy baja	42,538.92	36,225.39	41,681.61	120,445.92
19	Las Cruces	Baja	2,438.31	10,050.79	32,330.43	44,819.53
20	Las Pozas	Muy baja		152.22	7,565.46	7,717.68
21	Las Vacas	Alta	1,344.07	12,978.54	12,546.87	26,869.48
22	Livingston	Muy baja	1,617.69	2,168.69	2,887.65	6,674.03
23	Los Esclavos	Alta	1,110.47	30,512.91	26,154.84	57,778.22
24	Machaquilá	Muy baja	22,724.51	40,374.67	41,282.83	104,382.01
25	María Linda	Muy alta	3,238.95	27,213.67	13,569.84	44,022.46
26	Mohó	Muy baja	3,220.12	4,768.85	3,797.42	11,786.39
27	Mopán	Muy baja	207,850.52	68,005.73	121,712.53	397,568.78
28	Motagua alto	Media	1,573.09	14,073.46	20,778.51	36,425.06
29	Motagua bajo	Baja	30,964.22	33,241.27	66,634.71	130,840.20
30	Nahualate	Alta	5,406.76	34,340.10	12,655.10	52,401.96
31	Naranjo-Ocucito	Muy alta	10,243.82	48,878.26	12,601.97	71,724.05
32	Nentón	Media	5,611.37	9,221.92	15,905.65	30,738.94
33	Ostúa-Güija	Media	4,637.78	15,190.23	39,372.15	59,200.16
34	Paso Hondo	Baja	1,450.13	5,944.36	6,661.79	14,056.28
35	Paz	Media	392.79	2,059.47	16,544.98	18,997.24
36	Pixcayá	Baja	226.14	2,405.04	976.23	3,607.41
37	Pojóm	Baja	17,372.05	8,876.33	10,380.36	36,628.74
38	Polochic	Media	73,203.96	65,731.33	70,206.79	209,142.08
39	Pucal-Cacá	Baja	7,744.08	3,604.55	4,199.13	15,547.76
40	Puerto Barrios	Media	9,843.31	7,144.72	16,055.60	33,043.63
41	Riachuelo Machaquilá	Baja	4,867.37	6,941.79	4,256.79	16,065.95
42	Salamá	Alta	4,538.57	679.99	94.92	5,313.48

Número mapa	Nombre	Prioridad de intervención	Áreas de conservación	Áreas de conservación-restauración	Áreas de restauración	Áreas de interés total
43	Samalá	Muy alta	7,514.98	11,970.69	8,439.83	27,925.50
44	San Juan	Muy baja	923.26	2,732.21	4,795.10	8,450.57
45	San Pedro	Muy baja	380,901.65	237,059.41	328,270.17	946,231.23
46	San Román	Baja	5,813.31	17,133.71	57,796.47	80,743.49
47	Santa Isabel o Cancun	Baja	15,791.35	5,037.03	5,928.82	26,757.20
48	Sarstún	Baja	28,363.43	24,256.34	16,822.31	69,442.08
49	Sayaxché	Baja	7,576.33	12,298.66	31,430.85	51,305.84
50	Sebol	Baja	4,467.62	8,363.06	5,383.92	18,214.60
51	Selegua	Alta	2,170.04	2,712.09	5,365.72	10,247.85
52	Sis-Icán	Muy alta		5,466.51	773.50	6,240.01
53	Subín	Muy baja	244.80	1,575.97	2,369.76	4,190.53
54	Suchiate	Muy alta	7,423.60	25,280.66	9,408.75	42,113.01
55	Suchicul-Beleje	Alta	11.10	136.12	328.11	475.33
56	Teculután-Huité	Alta	24,185.98	9,439.53	39,442.39	73,067.90
57	Tzeá	Baja	5,297.03	12,015.32	12,661.62	29,973.97
58	Usumacinta	Muy baja	104,543.47	52,238.56	89,476.20	246,258.23
59	Xaclbal	Alta	10,515.34	31,194.60	12,772.03	54,481.97
Total			1,766,899.05	1,251,793.26	1,555,684.28	4,574,376.59