

ESTA PUBLICACIÓN
ES FRUTO DE UNA
ALIANZA ENTRE

CATERPILLAR

SINERGIA



HSBC

The Nature Conservancy
Conservando la naturaleza.
Protegiendo la vida.



Análisis de riesgo ecológico de la cuenca del río Paraguay

Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay



Enero de 2012

Análisis de riesgo ecológico de la cuenca del río Paraguay

Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay

Primera edición

Realización

The Nature Conservancy, WWF Brasil

Apoyo

Centro de Pesquisa do Pantanal(CCP)/Sinergia, TNC Latin América (TNC/LAR),
Great Rivers Partnership/Caterpillar (GRP/CAT), WWF Bolivia y WWF Paraguay.

Colaboradores

Embrapa Pantanal y Ecoa

Brasília, Brasil

Enero de 2012

WWF BRASIL

Secretaria general
Maria Cecília Wey de Brito

Superintendente de Conservación
Carlos Alberto de Mattos Scaramuzza

Programa Cerrado-Pantanal

Coordinador
Michael Becker

Programa Agua para la Vida

Coordinador
Samuel Barreto

Laboratorio de Ecología del Paisaje

Coordinador
Sidney Rodrigues

THE NATURE CONSERVANCY

Representante en Brasil
Ana Cristina Fialho Barros

Programa de Conservación del Bosque Atlántico y de las Sabanas Centrales

Director
João Santo Campari

Estrategia de Agua Dulce del Programa de Conservación del Bosque Atlántico y de las Sabanas Centrales

Coordinador
Albano Araújo

FICHA TÉCNICA

Autores

Paulo Petry (TNC)
Sidney T. Rodrigues (WWF Brasil)
Mario Barroso Ramos Neto (WWF Brasil)
Marcelo H. Matsumoto (TNC)
Glaucio Kimura (WWF Brasil)
Michael Becker (WWF Brasil)
Pamela Rebolledo (WWF Bolivia)
Albano Araújo (TNC)
Bernardo Caldas De Oliveira (WWF Brasil)
Mariana da Silva Soares (WWF Brasil)
Magaly Gonzales de Oliveira (WWF Brasil)
João Guimarães (TNC)

Revisión técnica

Carlos Padovani (Embrapa Pantanal)

Colaboradores

Adolfo Moreno (WWF Bolivia)
Angelo J. R. Lima (WWF Brasil)
Anita Diederichsen (TNC)
Bart Wickel (WWF EE. UU.)
Cesar Balbuena (WWF Paraguay)
Claudia T. Callil (Universidad Federal de Mato Grosso, UFMT)
Débora F. Calheiros (Embrapa Pantanal)
Federico Monte Domeq (IPH-Sinergia)
Juan Jose Neiff (CECOAL/CONICET Argentina)
Leandro Baumgarten (TNC)
Leon Merlot (FCB-Bolivia)
Lucy Aquino (WWF Paraguay)
Lunalva Schwenk (Universidad Federal de Mato Grosso, UFMT)
Peter Zeilhofer (Universidad Federal de Mato Grosso, UFMT)
Pierre Girard (Sinergia)
Samuel Roiphe Barreto (WWF Brasil)

Ficha catalográfica

A532 Análisis de riesgo ecológico de la cuenca del río Paraguay: Argentina, Bolivia, Brasil y Paraguay/ Petry, Paulo; Robinson, Sydney... [et al.]; The Nature Conservancy, WWF Brasil. Brasilia, DF: The Nature Conservancy de Brasil, diciembre de 2011.

54 pág., 1.^a edición

1. Riesgo ecológico 2. Cuenca del río Paraguay 3. Vulnerabilidad regional 4. Cambio climático

ISBN 978-85-60797-10-3

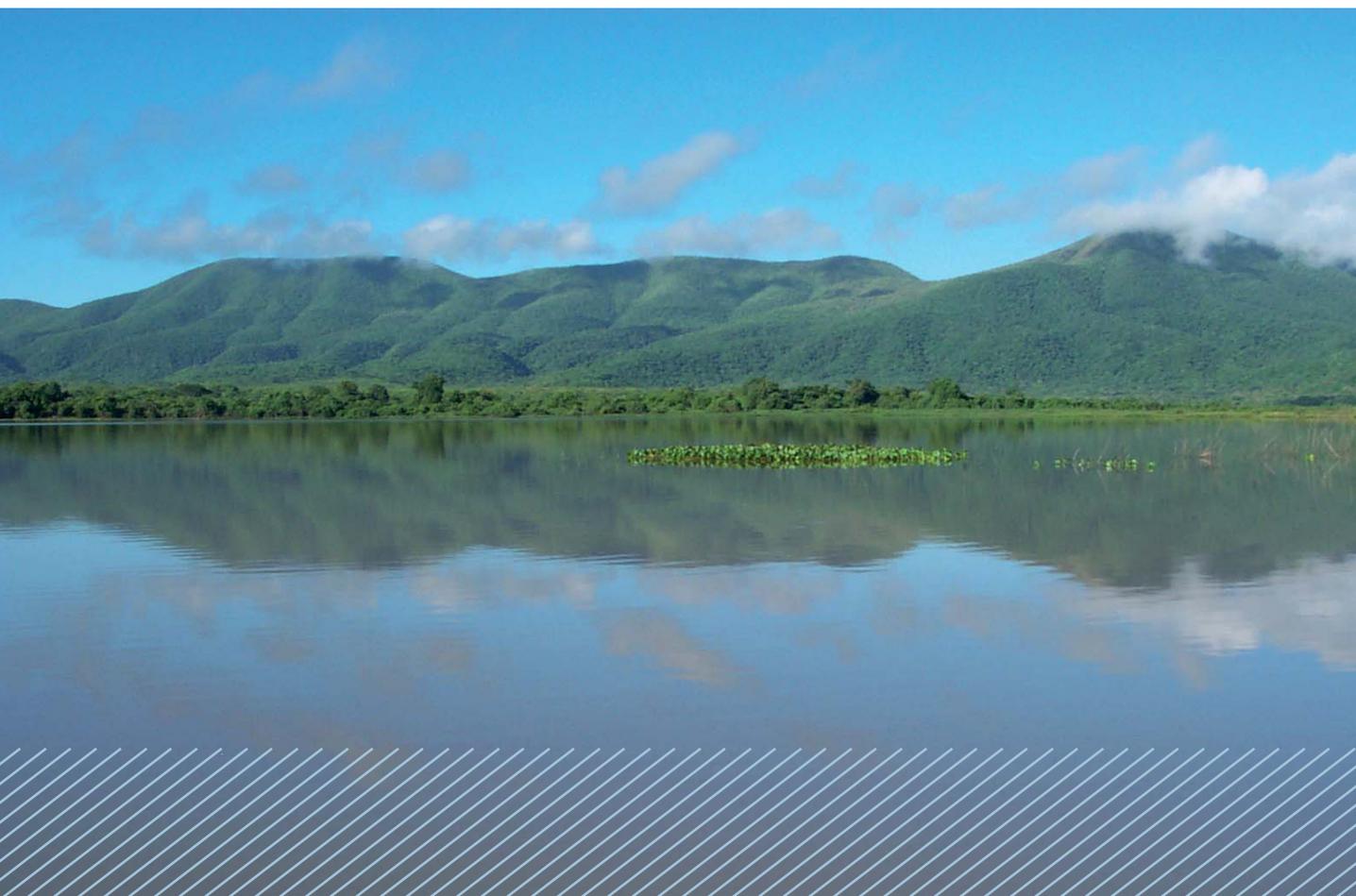
CDD –

Índice

Introducción	06
Contexto	09
Área de estudio	10
Métodos	15
Índice de riesgo ecológico (IRE)	16
Etapas del IRE	18
Análisis hidrológicos	22
Resultados	24
Discusión y recomendaciones	38
Conclusiones	50
Referencias	53

Introducción

Esta publicación presenta los resultados de la evaluación de riesgo ecológico de la cuenca del río Paraguay, un primer paso para determinar la vulnerabilidad de la región al cambio climático y para la discusión acerca de qué riesgos podrían intensificarse en el futuro.



El análisis de riesgo ecológico evalúa las tensiones no climáticas actuales. En cambio, el análisis de vulnerabilidad considera y evalúa las tensiones relativas a los efectos de los cambios climáticos globales en su interacción sinérgica con las tensiones actuales.

El objetivo de este estudio es determinar la situación de los componentes ecológicos que garantizan la integridad de los ecosistemas acuáticos de la cuenca. Este análisis servirá de apoyo a los gobiernos de los cuatro países que comparten la cuenca, así como a la sociedad civil organizada, para que elaboren un programa de adaptación del Pantanal a los cambios climáticos y busquen su implementación, para aumentar la resiliencia¹ y reducir la vulnerabilidad de la cuenca. Los resultados de este estudio también pueden promover la gestión integrada y transfronteriza de los recursos hídricos.

A pesar de su importancia ecológica y económica, los ambientes acuáticos de la cuenca del río Paraguay están amenazados constantemente por la degradación, especialmente en los altiplanos y llanuras que rodean el Pantanal, donde nacen los principales ríos que mantienen viva la planicie, en zonas de Cerrado. Por lo tanto, es esencial saber de qué manera afectan a su integridad ecológica las amenazas, aisladas o en conjunto, pues el cambio climático conllevará un aumento de la intensidad y cantidad de inundaciones y sequías, por ejemplo.

Este estudio pretende que se entienda mejor que las características únicas de la cuenca del río Paraguay dependen de la interrelación entre el altiplano y la planicie. Por ende, cualquier acción que pueda afectar a los sistemas hidrológicos en el altiplano tendrá un impacto en la planicie. Los impactos negativos en el altiplano, donde están las cabeceras de los ríos que drenan la planicie, transfieren los problemas hacia la parte baja de la cuenca.



¹ La resiliencia es la capacidad de un ecosistema para recuperarse y retomar la misma forma y función tras producirse alteraciones en el ambiente, tales como sequías, inundaciones, incendios o deforestación.

No podemos olvidar que la cuenca del río Paraguay alberga la mayor llanura de inundación del planeta, el Pantanal, donde los ciclos anuales de inundaciones y sequías rigen la vida de miles de especies. La variación estacional del nivel del agua impone límites naturales a la ocupación humana a gran escala. La cuenca también engloba la extensa planicie del Chaco y parte de la cordillera de los Andes, susceptible a intensas sequías por el predominio de un clima árido.

El ganado de carne es una de las actividades económicas más tradicionales del Pantanal desde hace más de dos siglos. Sin embargo, su productividad es baja, en comparación con la practicada en la parte alta de la cuenca, en el Cerrado. Esto se debe a que, durante las crecidas, la inundación de los pastos obliga al ganado a refugiarse en zonas más elevadas. De esta manera, los productores se encuentran sin grandes superficies de pasto durante una parte del año, por lo que requieren de extensas áreas para que esa actividad sea económicamente viable.

Por otro lado, el ciclo de crecidas y reflujos es responsable de la alta riqueza ecológica de la región y deservicios ecosistémicos de alto valor, como la fertilización de los campos. También ofrece condiciones ideales para la proliferación de peces y otras especies y, con la ayuda de plantas acuáticas, purifica



© WWF-BRASIL/ADRIANO GAMBARINI



© TNC-ALBANO ARAUJO

las aguas y atrae a una gran cantidad de aves acuáticas en busca de alimento.

Una tal riqueza natural atrae a casi un millón de turistas cada año para observar la vida silvestre y para la pesca deportiva. A partir de un estudio reciente de Moraes (2008), se calcula que los servicios del ecosistema del Pantanal ascienden a 112 000 millones de USD al año, lo que equivale a unos 180 000 millones de reales brasileños. Por lo tanto, puede valer mucho más conservar preservada

parte de esa región que su transformación total en zonas agrícolas, cuyo beneficio estimado sería de solo 414 millones de dólares al año. Además, los servicios ecosistémicos benefician a la sociedad en su conjunto, mientras que los lucros de la agricultura y la ganadería se concentran exclusivamente en los productores y en una parte de la población vinculada directa e indirectamente a la producción rural, mientras que el resto de la sociedad recibe solo los beneficios de los productos consumidos.

Contexto

Este trabajo se inserta en la Iniciativa Agua y Clima, fruto de una alianza global entre la Red WWF y el Banco HSBC, centrada en promover la adaptación de las cuencas hidrográficas al cambio climático. Del mismo modo, la Alianza de los Grandes Ríos es el resultado de la colaboración entre The Nature Conservancy (TNC) y la Fundación Caterpillar, con el objetivo de transformar la forma en que se gestionan las mayores cuencas hidrográficas del mundo, creando un nuevo modelo de sostenibilidad para esos grandes sistemas hidrológicos.

Así, WWF Brasil y TNC han aunado esfuerzos para identificar los riesgos ambientales de la cuenca del río Paraguay sobre la base del método propuesto por Mattson y Angermeier (2007). Este método se basa en un enfoque multicriterio, participativo, que se sirve del conocimiento de la cuenca de los actores locales, y crea un índice de riesgo ecológico a partir de la gravedad del impacto sobre los ecosistemas, la frecuencia de los diversos impactos en la cuenca y la sensibilidad de esta ante aquellos.

Ese trabajo forma parte asimismo del Proyecto Sinergia, coordinado por el Centro de Pesquisa do Pantanal (Centro de Investigación del Pantanal, CPP), cuyo objetivo es desarrollar escenarios de cambio climático para el Pantanal que abarquen hasta el año 2100. El CPP es una organización de la sociedad civil de interés público (OSCIP) con sede en el estado brasileño de Mato Grosso, dedicada a promover el bienestar de la población del Pantanal y a buscar la sostenibilidad ambiental de esa región. Con el apoyo del Consejo

Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico de Brasil (CNPq), el Proyecto Sinergia mantiene una red de investigación y de gestión integrada de la cuenca del río Paraguay, la Rede Sinergia, en la que participan más de diez instituciones y cerca de 40 investigadores. A través de reuniones internacionales, en que participan Brasil, Bolivia, Argentina y Paraguay, dicha red definió seis temas de investigación y nueve proyectos para ser implementados, entre ellos el análisis de riesgo ecológico de la cuenca del río Paraguay².

© TNC-REBECCATHARME



Área de estudio

Desde su nacimiento en la región de Diamantino (estado de Mato Grosso, Brasil), hasta su confluencia con el río Paraná en Corrientes (Argentina), el río Paraguay recorre más de 2600 kilómetros. El área de drenaje tiene más de 1 135 000 kilómetros cuadrados (km²), lo que equivale a más de 800 represas de Itaipú juntas, o 35 veces la superficie de Portugal, cubriendo partes de Brasil, Bolivia, Paraguay y Argentina (figura 1).

La cuenca presenta grandes diferencias de altitud. Las zonas más altas están hacia el oeste, en la cordillera de los Andes, a más de 4500 metros sobre el nivel del mar, mientras que el punto más bajo se sitúa en el encuentro con el río Paraná, a 50 metros sobre el nivel del mar.



Figura 1. Ubicación de la cuenca del río Paraguay en Sudamérica.

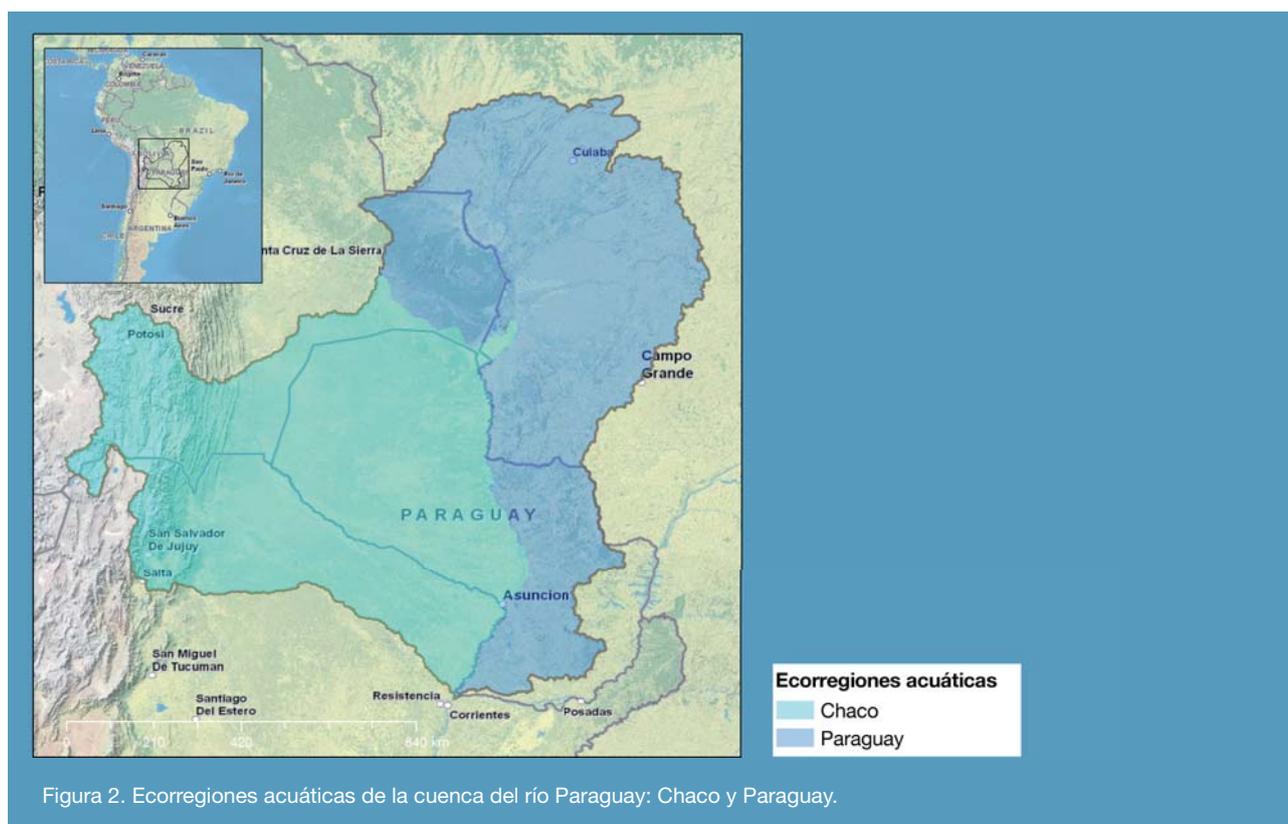
El clima en la cuenca es muy variado y escada vez más seco y estacional en el sentido este/oeste y norte/sur. En las regiones norte y noreste el clima es tropical, con lluvias abundantes en verano y periodos de sequía de tres o cuatro meses. En la parte sudeste predomina el clima subtropical con influencia de frentes fríos en invierno. Las regiones centro-sur y sudeste tienen un clima seco, con una fuerte estacionalidad en la distribución de las precipitaciones. A medida que se gana altura, en el extremo oriental de los Andes, la humedad disminuye, y en las partes más altas predomina un clima semidesértico.

Los principales proveedores de agua del río Paraguay son los afluentes de su margen izquierda, como los ríos Cuiabá, São Lourenço, Taquari y Miranda, con sus nacientes en el altiplano adyacente, todos ellos asociados al Pantanal. En la margen derecha, los principales afluentes son los ríos Pilcomayo y Bermejo, ambos nacidos en las alturas andinas.

Entre 2006 y 2008, la Red WWF y TNC encabezaron un esfuerzo conjunto con otras diversas organizaciones de investigación para realizar un mapeo mundial que identificó 426 ecorregiones³ acuáticas (Abell, R. *et al.*, 2008), 50 de los cuales

están en Sudamérica. Ese trabajo colmó una laguna de información sobre los patrones de distribución de la biodiversidad acuática en el planeta, que es mucho mayor que la biodiversidad terrestre. En 2006, el Plan Nacional de Recursos

Hídricos de Brasil incorporó un capítulo destinado a la gestión de la biodiversidad en ecorregiones acuáticas. En la cuenca del río Paraguay están representadas dos ecorregiones acuáticas: la del Chaco y la del Paraguay (figura 2).



³ Una ecorregión acuática es un área extensa representada por uno o más ecosistemas de agua dulce que comparten especies acuáticas, dinámica y condiciones ambientales, formando una unidad de conservación que la diferencia de otras ecorregiones.

Considerando las ecorregiones terrestres, la cuenca del río Paraguay ocupa parte de siete ecorregiones en que ecosistemas únicos fueron moldeados por el clima, la topografía y el tipo de suelo. Con un 46 % de su área, la mayor ecorregión de la cuenca es el Gran Chaco, formada principalmente por bosques abiertos que pierden las hojas durante la sequía. En cambio, las ecorregiones del Cerrado-Pantanal cubren el 18 % y el 14 % de la cuenca, respectivamente. El 22 % restante está cubierto por los Altos Andes, el bosque chiquitano, el bosque atlántico y las yungas (figura 3).



Figura 3. Distribución de las ecorregiones terrestres de la cuenca del río Paraguay.

Aunque el 75 % de la cuenca aún tiene cobertura vegetal nativa, algunas ecorregiones están fuertemente amenazadas por la acción humana. Los mejores ejemplos son el Cerrado, con un 54 % ya deforestado, y el bosque atlántico, con un 48 % convertido. Alrededor del 11 % de la cuenca (123 600 km²) cuenta con alguna protección, y solo el 5 % (56 800 km²) está bajo protección integral, en parques nacionales o estatales y estaciones ecológicas. Pese a estar más amenazado, el Cerrado es uno de los menos protegidos, con solo el 2 % de su superficie bajo protección integral (tabla 1 y figura 4).

Además, las más de 170 áreas protegidas no están distribuidas de manera equilibrada entre las ecorregiones y su disposición no sigue ningún criterio de representación de la biodiversidad. Los esfuerzos del Gobierno brasileño por discutir esa cuestión en reuniones de expertos e iniciativas han conducido a diversas propuestas de nuevas áreas de conservación y reestructuración de las áreas ya existentes para el Cerrado y el Pantanal.

Tabla 1. Estado de conservación de las ecorregiones terrestres en la cuenca del río Paraguay

Ecorregiones	Área (km ²)	Remanente	%
Chaco	518 099	433 443	84
Cerrado	207 825	95 921	46
Pantanal	160 505	146 212	91
Andes	89 339	83 612	94
Bosque chiquitano	72 339	53 322	74
Bosque atlántico	45 441	23 403	52
Yungas andinas	42 445	38 175	90
TOTAL	1 135 992	874 089	77

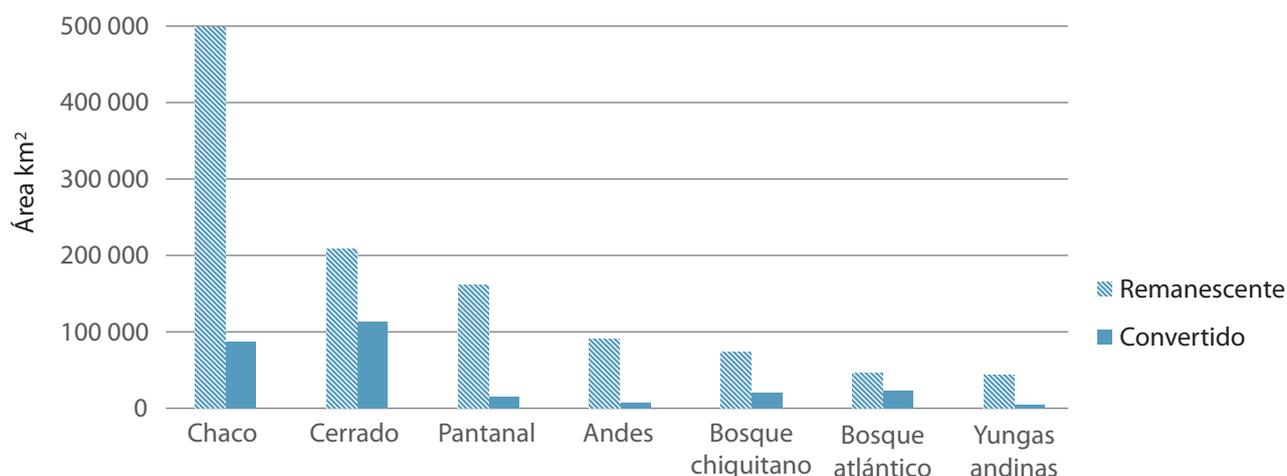


Figura 4. Estado de conservación de las ecorregiones terrestres en la cuenca del río Paraguay.

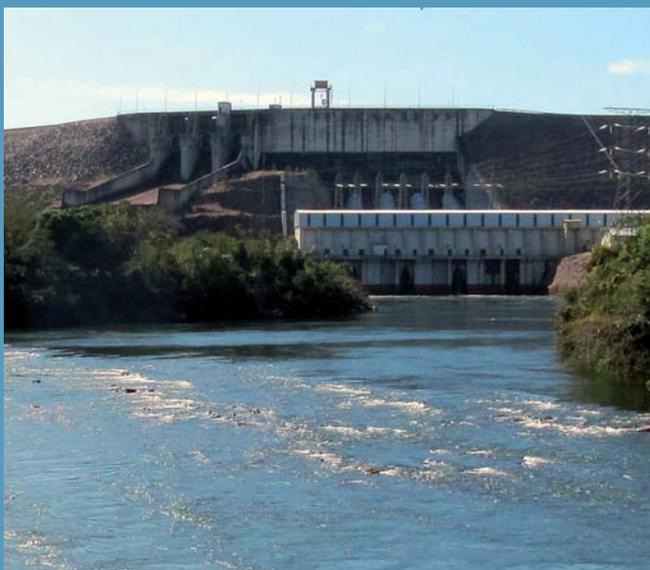
En la cuenca viven más de ocho millones de habitantes, y siete de cada diez viven en centros urbanos. La mayor concentración de población se encuentra en la Gran Asunción (Paraguay), con más de dos millones de habitantes. Otras ciudades importantes son Cuiabá (Brasil), San Salvador de Jujuy (Argentina) y Potosí y Tarija (Bolivia), pero también hay grandes «vacíos de población», como la región central del Pantanal y el noroeste del Gran Chaco.

La principal actividad económica es la agricultura y la ganadería, con más de 30 millones de cabezas de ganado y casi siete millones de hectáreas cultivadas. El sector ganadero presenta diferentes formas de manejo, desde las más rudas, como la ganadería extensiva, hasta las más tecnificadas, con confinamiento y ganado con un alto grado de mejoramiento genético. Del mismo modo, en la cuenca coexisten áreas de agricultura tradicional y de precisión, esta última con gran cantidad de insumos y alta productividad.

Además de la agricultura y la ganadería, la cuenca cuenta con importantes zonas mineras, especialmente en las regiones andinas, como Potosí (Bolivia), extracción de gas natural, en la transición del Chaco a los Andes, de oro y diamantes, en Mato Grosso (Brasil), y también de hierro, manganeso y piedra caliza, en Mato Grosso do Sul (Brasil).

El río Paraguay es navegable, al menos una parte del año, desde Cáceres (Mato Grosso) hasta la desembocadura del río Paraná y, siguiendo por este, hasta la desembocadura del Río de la Plata y el océano Atlántico. Esta hidrovía, que tradicionalmente era una vía de transporte para la población, concentra actualmente el transporte de minerales y granos. Desde la década de 1990 se viene discutiendo la posibilidad de hacer constante durante todo el año la navegación en el tramo más alto del río, lo que requeriría dragados, apertura de canales, construcción de diques y la rectificación del cauce. Todas estas obras afectarían gravemente a la dinámica de las aguas y a la supervivencia de los organismos acuáticos en la planicie del Pantanal. A pesar de esos posibles impactos, existe una presión constante para que se realicen tales cambios.

© DAVID HARRISON/TNC



En la cuenca es significativa la presencia de represas hidroeléctricas, con un alto potencial de generación, sobre todo pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH). Actualmente hay 8 centrales hidroeléctricas (CHE), 7 centrales de generación hidroeléctrica (CGH) y 16 pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH), que generan unos 850 MW, alrededor del 1 % del total generado por la energía hidroeléctrica en Brasil. Solo en la parte brasileña, hay proyectos de casi 70 nuevos emprendimientos energéticos, entre plantas en construcción, en proceso de licencia y en estudio. Alrededor del 70 % de la capacidad de generación de energía hidroeléctrica de la cuenca ya está en uso.

Métodos

La planificación de la conservación de la naturaleza pretende orientar acciones para preservar un conjunto representativo y funcional de los ecosistemas, que garantice la existencia a largo plazo de las especies animales y vegetales y los productos suministrados por los servicios ambientales, a la vez que trata de minimizar el conflicto entre los distintos y legítimos intereses del sector productivo y de la sociedad en general.

Ese proceso pasa por la evaluación de la importancia ecológica de las áreas, para identificar cuáles son o no esenciales para la salud de los ecosistemas y el mantenimiento de la biodiversidad. Sin embargo, frente a los siempre escasos recursos para la conservación, también se requiere evaluar el grado de riesgo ecológico a que están sometidas tales áreas, dónde tendrán mayores probabilidades de éxito las acciones de conservación.

Entender los riesgos ecológicos a que está sometida una región ayuda también a definir qué tipo de medidas son necesarias para evitar o minimizar los

impactos negativos, ya sea mediante la adopción de medidas de recuperación o actuando con rapidez para evitar su degradación. Las actividades humanas provocan cambios en el medio ambiente que generalmente ponen en peligro la integridad de los ecosistemas, conduciendo a la disminución de las poblaciones o a la extinción local de especies vegetales y animales, a la reducción de la calidad del agua y de otros importantes servicios ecosistémicos para la sociedad.

Es evidente que la eliminación completa de la vegetación natural en la orilla de un río, debida, por

ejemplo, a la agricultura, aumenta la erosión del suelo y la entrada de sedimentos al agua, de resultados de la pérdida de la función protectora del bosque de ribera. En consecuencia, los sedimentos transportados por el agua conllevan la reducción o eliminación de las plantas y algas que dependen de la luz para realizar la fotosíntesis. Con la desaparición de los árboles, caen menos frutos al agua, con lo que se reduce la disponibilidad de energía y alimentos para los peces, lo cual puede afectar al tamaño de su población o incluso desencadenar su extinción, especialmente de las especies que dependen de un determinado alimento.

Índice de riesgo ecológico (IRE)

En este contexto, se requiere de un método para evaluar el grado de riesgo a que está sometida la integridad de los ecosistemas acuáticos. De acuerdo con Karr *et al.* (1986) y Mattson y Angermeier (2007), deben evaluarse un mínimo de cinco aspectos funcionales para determinar el riesgo ecológico, los cuales, si se alteran, podrían poner seriamente en peligro la integridad de los ecosistemas acuáticos (figura 5):

- I. Fuentes de energía;
- II. Régimen hídrico;
- III. Calidad del agua;
- IV. Interacciones bióticas; y
- V. Estructura física de los hábitats.



Figura 5. Integridad ecológica de ecosistemas acuáticos y sus atributos claves. Modificado de Karr *et al.* (1986) y Mattson y Angermeier (2007).

El grado de riesgo al que está sometido un determinado ecosistema puede evaluarse teniendo en cuenta las siguientes variables:

- I. La gravedad de un determinado factor de tensión en cuanto al grado de alteración o de perturbación potencial que puede causar en cada uno de los aspectos funcionales considerados;
- II. La frecuencia con que un factor de tensión determinado provoca cambios o trastornos en los aspectos funcionales.

A partir de este marco teórico, Mattson y Angermeier (2007) propusieron el «índice de riesgo ecológico» (IRE), que permite evaluar la presión a que está sometido un ecosistema o una unidad territorial. El IRE permite identificar cuáles son las áreas de riesgo ecológico para un determinado tipo o conjunto de factores de tensión y orientar las decisiones y acciones de conservación. Por ejemplo, señalar cuál es la vocación de un área en particular, si es virgen y debe ser protegida, o si el nivel de degradación ya impide las acciones de restauración. También permite determinar cuáles son los principales factores de presión en una región, indicando las acciones más efectivas y centradas en mitigar tales tensiones.

Por lo tanto, el IRE es el producto entre la gravedad de un factor de tensión dado, tal como se definió anteriormente, y el número de ocurrencias (frecuencia) de ese mismo factor de tensión en la unidad de estudio considerada. Su representación matemática puede expresarse así:

$$IRI_{(i)} = F_{(i)} \times S_{(i)}$$

- (i) = identificador del factor de tensión
 F (i) = frecuencia del factor de tensión i en la cuenca analizada.
 S (i) = gravedad del factor de tensión i en la cuenca analizada.

Es importante destacar que la magnitud del impacto de un determinado factor de tensión no siempre es la misma en cualquier lugar, sino que puede variar en función del propio ecosistema. Por ejemplo, un factor

de tensión como la polución debida a un derrame de petróleo provocará más daños en los ecosistemas de aguas estancadas o lentas, como una llanura de inundación (donde tenderá a acumularse) que en los ecosistemas con un mayor flujo, como los ríos con rápidos, que tenderán a disipar el contaminante. Con esto en mente, se tuvo en cuenta una nueva variable:

- III. La sensibilidad de cada ecosistema en relación a un factor de tensión determinado.

Dicha variable puede mitigar o exacerbar la gravedad de un factor de tensión dado en función de si el ecosistema es más o menos resistente a los impactos, lo que da lugar al «índice de riesgo ecológico» (IRE), que puede expresarse así:

$$IRI_{(i)} = F_{(i)} \times S_{(i)} \times Z_{(i)(j)}$$

- (i) = identificador del tipo de factor de tensión
 (j) = identificador del tipo de ecosistema
 F(i) = frecuencia del factor de tensión i
 S(i) = gravedad del factor de tensión i.
 Z(i) = sensibilidad del ecosistema j al factor de tensión i.

Además, a partir del IRE se puede calcular también el «índice de riesgo ecológico compuesto» (IRE-C), que es la suma de los IRE por factor de tensión específico, que ofrece una visión integrada de los riesgos a que está sometida cada cuenca.

La representación matemática del IRE-C puede expresarse así:

$$C\ IRE_{(k)} = \sum IRE_{(i)(k)}$$

- (i) = identificador del tipo de factor de tensión
 (k) = identificador de la cuenca hidrográfica o unidad territorial de análisis.

En resumen, el IRE es una herramienta para los tomadores de decisiones, un indicador sintético que facilita la comprensión de los problemas por quienes no son especialistas y permite emprender acciones más específicas y eficaces para combatir la degradación de la naturaleza.

Etapas del IRE

El desarrollo del IRE pasa por diferentes etapas hasta su cálculo final (figura 6). Tras contar con los mapas digitales con la información sobre el medio físico (clima, geomorfología y relieve), se necesitan también mapas digitales de los factores de tensión (o amenazas). Tal información organizada compone la base temática de la cuenca. La integración de los mapas digitales (información espacial) para determinar el índice de riesgo ecológico (IRE) de la cuenca del río Paraguay se realizó usando un Sistema de Información Geográfica (SIG).

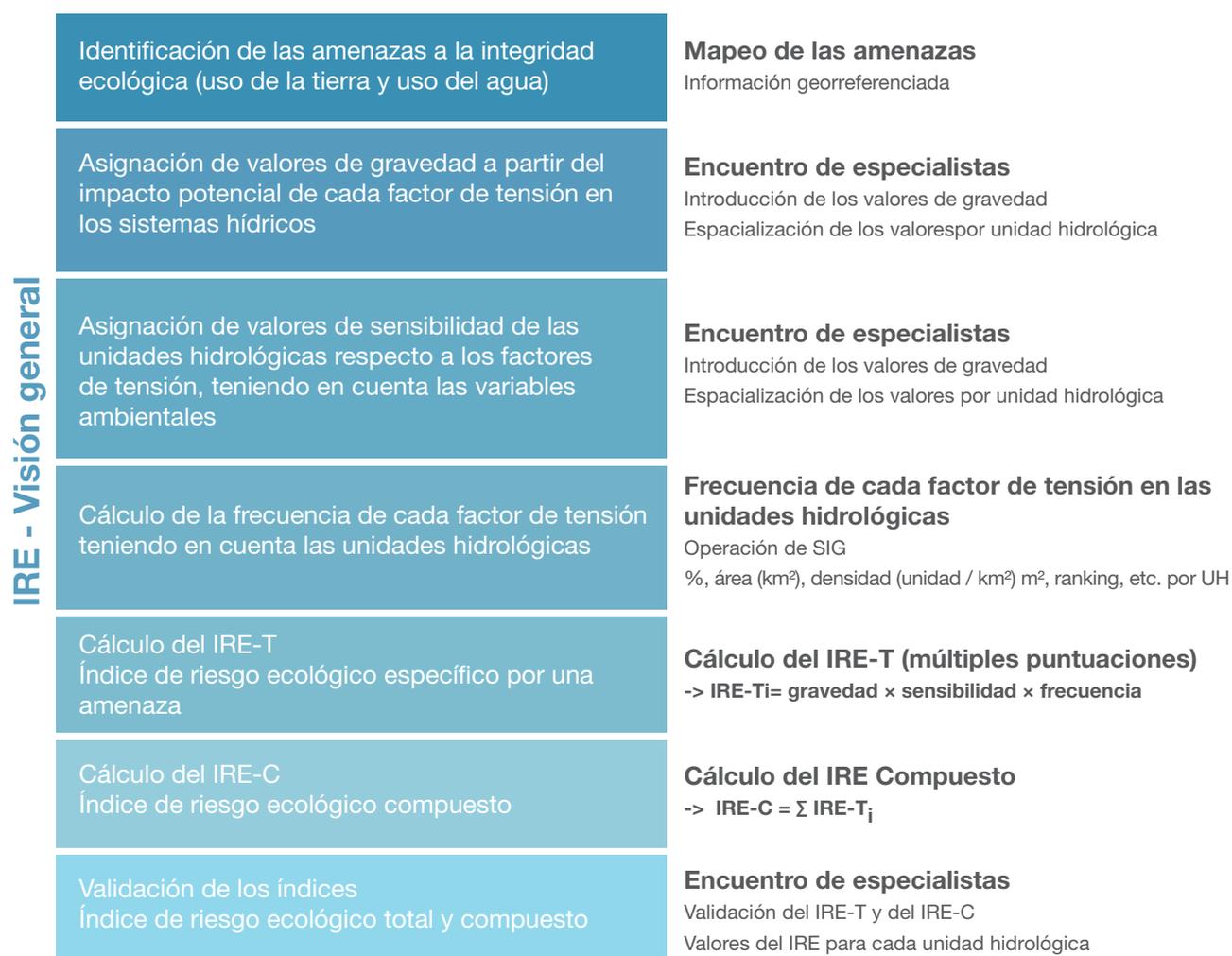


Figura 6. Etapas del análisis de riesgo para cuencas hidrográficas.

Como no existían mapas de ecosistemas para la región que reflejaran la heterogeneidad ambiental, se identificaron unidades ecológicas a partir del cruce de las variables ambientales referentes a clima, geomorfología, vegetación y unidades hidrológicas. También se incluyeron evaluaciones cualitativas de la cuenca y de los factores de tensión, como atributos de los datos especiales sobre los mismos, obtenidos mediante consultas con especialistas.

Para determinar el IRE, se utilizaron los datos de distribución espacial y frecuencia de las principales fuentes de tensión de los ecosistemas acuáticos de la cuenca. Tras analizar la literatura se creó una lista previa de factores de tensión, a partir de la cual se generó una base de datos georreferenciados para llevar a cabo el análisis preliminar.

Para la selección y evaluación de los principales factores de tensión (tabla 2), se contó con el conocimiento de expertos locales. Para ello, se celebró una reunión con técnicos y expertos de diversos campos del conocimiento, de Brasil, Paraguay y Bolivia. La selección de los factores de tensión se realizó a partir del análisis de una lista que contemplaba 13 fuentes significativas de presión para los ecosistemas acuáticos de la cuenca del río Paraguay.

Los expertos evaluaron individualmente los factores de tensión en cuanto a su gravedad como fuente de impacto directo sobre los siguientes aspectos funcionales de los ecosistemas acuáticos, anteriormente citados.

También se evaluó la sensibilidad de esos aspectos funcionales ante los impactos negativos de los factores de tensión. Cada variable ambiental

se clasificó como de impacto bajo, medio o alto, con valores de 1, 2 y 3, respectivamente. El valor final de la gravedad y de la sensibilidad a un factor de tensión específico y la sensibilidad de cada variable ambiental está formado por la suma de todos los valores asignados.

El análisis se realizó mediante tablas que se entregaron a cada especialista, que a continuación se analizaron y validaron en grupo. Al final, se llevó a cabo un análisis de consistencia de las respuestas de los especialistas para evaluar el número de respuestas discrepantes. El resultado final se muestra en la tabla 2, con los 13 factores de tensión seleccionados. Se observa que las centrales hidroeléctricas, la población y la agricultura son los factores de presión de mayor importancia como fuente de impacto para los sistemas hídricos.

Siguiendo la opinión de los expertos, se evaluó cómo la gravedad de los factores de presión afecta a cada variable ambiental. La sensibilidad se calculó a partir de los valores asignados a cada variable ambiental y también a los 13 factores de tensión. La tabla 3 muestra un ejemplo de la clasificación de una determinada variable ambiental respecto a la gravedad de algunos factores de presión y a la sensibilidad de esa misma variable ante algunos factores de tensión bajo diferentes regímenes climáticos. Esta tabla se incluyó posteriormente en la base de datos espacial, lo que permitió la espacialización de la sensibilidad por factor de tensión.

Tras establecer la lista de factores de tensión y los valores de sensibilidad y de gravedad asociados, se calcularon las frecuencias de incidencia de los

factores de presión para cada una de las unidades hidrológicas. Para ello, se cruzaron las distribuciones de ocurrencia de cada factor de tensión con las unidades hidrológicas. Los valores obtenidos se escalonaron posteriormente como sigue: «0», sin incidencia en la unidad hidrológica; «1», baja incidencia; «2», incidencia media; y «3», alta incidencia. Para separar los valores de incidencia en esas cuatro clases, se utilizó la función de distribución de

frecuencias y el algoritmo de Jenks (1977), que trata de identificar un conjunto de clases con la menor variación posible dentro de los grupos.

Una vez calculada la frecuencia y tras contar con la sensibilidad y la gravedad, se puede calcular el IRE de cada factor de tensión, que corresponde a la simple multiplicación de los tres factores. Para garantizar que el resultado expresara la realidad de

la cuenca se realizó una reunión de expertos para validar los resultados de los cuatro países participantes: Argentina, Brasil, Paraguay y Bolivia. En dicha reunión se presentaron los resultados por separado para cada factor de estrés y el resultado consolidado. Los expertos señalaron las correcciones y ajustes necesarios. Los resultados aquí presentados fueron obtenidos tras los ajustes solicitados en la reunión de validación.



Tabla 2. Factores de tensión identificados para la cuenca del río Paraguay

Factor de tensión	Peso (gravedad)	Medida
Centralhidroeléctrica	2,67	Densidad de CHEy PCH en la unidad hidroeléctrica (centrales hidroeléctricas/km ²)
Población	2,61	Densidad de población en la unidad hidrológica (habitantes/km ²)
Agricultura	2,61	Superficie sembrada en la unidad hidrológica (km ²)
Deforestación	2,61	Porcentaje deforestado en la unidad de drenaje (porcentaje de deforestación)
Hidrovías	2,28	Extensión de las hidrovías dentro de la unidad hidrológica (km)
Carreteras	2,22	Extensión de las carreteras en la unidad hidrológica (km)
Minería	2,17	Área minera dentro de la unidad hidrológica (km ²)
Incendios	2,13	Promedio de focos de calor 2002/08 por unidad de drenaje (focos/km ²)
Ganadería	2,11	Densidad de ganado dentro de la unidad hidrológica (cabezas/km ²)
Represas	1,94	Densidad de represas dentro de la unidad hidrológica (represas/km ²)
Puertos	1,67	Densidad de puertos dentro de la unidad hidrológica (puertos/km ²)
Cruces/puentes	1,56	Densidad de cruces de caminos en los ejes de drenaje (cruces/km ²)
Gasoducto	1,17	Extensión de gasoductos dentro de la unidad hidrológica (km)

Tabla 3. Ejemplo de análisis de la gravedad por factor de tensión. En este caso, frente a la sensibilidad climática, los principales tipos de clima considerados fueron el semiárido, el seco y el subhúmedo.

Factor de tensión	Gravedad del impacto		Sensibilidad a los tipos de clima		
			1	2	3
			Semiárido	Seco	Subhúmedo
Agricultura	1	Baja			
	2	Media			2
	3	Alta	3	3	
Población	1	Baja			
	2	Media			2
	3	Alta	3	3	
Carreteras	1	Baja	1		
	2	Media		2	
	3	Alta			3
Cruces/puentes	1	Baja	1	1	
	2	Media			
	3	Alta			3
Hidrovías	1	Baja			
	2	Media		2	2
		Alta	3		
...	1	Baja			

Análisis hidrológicos

Para poder obtener los resultados del IRE en múltiples escalas, se determinaron diferentes umbrales de subcuencas hidrográficas en un sistema jerárquico. Los datos que sirvieron de base para fijar esos límites fueron el modelo digital de elevación *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM/2000), procesado y disponible en la base de datos HydroSHEDS (sigla inglesa correspondiente a *Hydrological Data and Maps from Shuttle Elevation Derivatives at Multiple Scales*). Desarrollada por el WWF, la base de datos HydroSHEDS contiene información hidrológica en una base global y en diversas resoluciones (Lehner *et al.*, 2008). Además, permite realizar análisis regionales y mundiales acerca de las cuencas hidrográficas, así como modelación hidrológica, planificación y conservación del agua dulce con una calidad, resolución y alcance que antes resultaban inaccesibles.

El primer análisis fue la delimitación de las subcuencas en distintos tipos según su tamaño, a partir de los datos SRTM (2000). La unidad mínima de análisis en el caso de este estudio fueron las cuencas con un tamaño de 100 a 1000 km². A continuación se evaluó el IRE tomando tales unidades como base.

A partir de los datos de altimetría se extrajeron una serie de unidades

hidrológicas basadas en el área de captación, utilizando el método de las cuencas anidadas desarrollado por Fitzhugh (2005). Esta serie incluye cinco categorías de cuencas en función de su tamaño, en que las menores oscilan entre 100 y 1000 km² y las mayores entre uno y diez millones de km². Las distintas clases de tamaño siguen un patrón jerárquico, donde la unidad menor siempre se inserta en la unidad de clase de tamaño superior siguiente, lo cual permite trabajar en múltiples escalas y definir las zonas de cabeceras y los cauces de ríos pequeños, medianos y grandes.

Además, a cada microcuenca se asocian atributos abióticos, tales como el clima, la geología y la geomorfología, que se utilizan para definir las unidades ecológicas (ecosistemas) existentes y calcular los valores de sensibilidad de cada microcuenca a las diferentes amenazas. Considerando los datos de altimetría junto con otros datos hidrológicos del HydroSHEDS, se realizaron análisis acumulados de escorrentía superficial y se calculó la media del caudal anual por subcuenca. Así, la contribución hídrica de las cuencas se dividió en alta, media, baja y mínima. A partir de este análisis se produjo el mapa de *water towers* o «depósitos de agua» de la cuenca del río Paraguay, que identifica las subcuencas de mayor contribución en términos de agua superficial.



Resultados

Análisis hidrológicos

La delimitación de las unidades de drenaje, obtenida mediante el modelo anidado de drenaje de Fitzhugh (2005), dio lugar a 1837 unidades de la cuenca (figura 7).

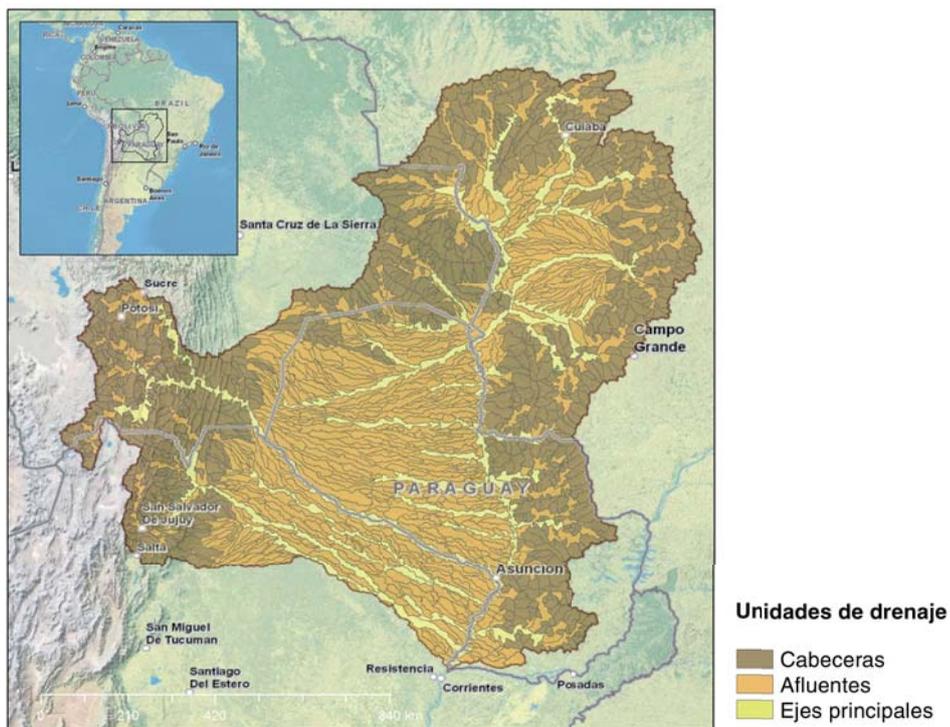


Figura 7. Resultado del análisis de 1837 unidades de drenaje.

El análisis del declive y de la escorrentía superficial (figura 8) muestra claramente cuáles son las subcuencas que generan la mayor parte del caudal y que contribuyen al pulso estacional de inundación que regula la vida en la llanura de inundación del

Pantanal. Destacan las áreas de alta contribución en las subcuencas de los ríos Cabaçal y Sepotuba, afluentes de la margen derecha del río Paraguay, en el estado de Mato Grosso (Brasil), la zona kárstica de la subcuenca del río Salobra, en la Serra da

Bodoquena, y la zona de los Andes, en la región boliviana de Tarija, donde emergen algunos manantiales del río Pilcomayo. El mapa ilustra claramente lo importante que es la conectividad de la llanura de inundación central con las áreas remotas de nacientes en los altiplanos adyacentes. Cualquier cambio que se produzca en esas conexiones, tanto en términos de cantidad como de temporalidad de los caudales, se traducirá en impactos imprevisibles para los sistemas de los humedales del Pantanal. Por lo tanto, los esfuerzos de conservación en la cuenca han de dar prioridad en a las zonas de contribución alta y media, así como a los sistemas de cabeceras que las conectan.

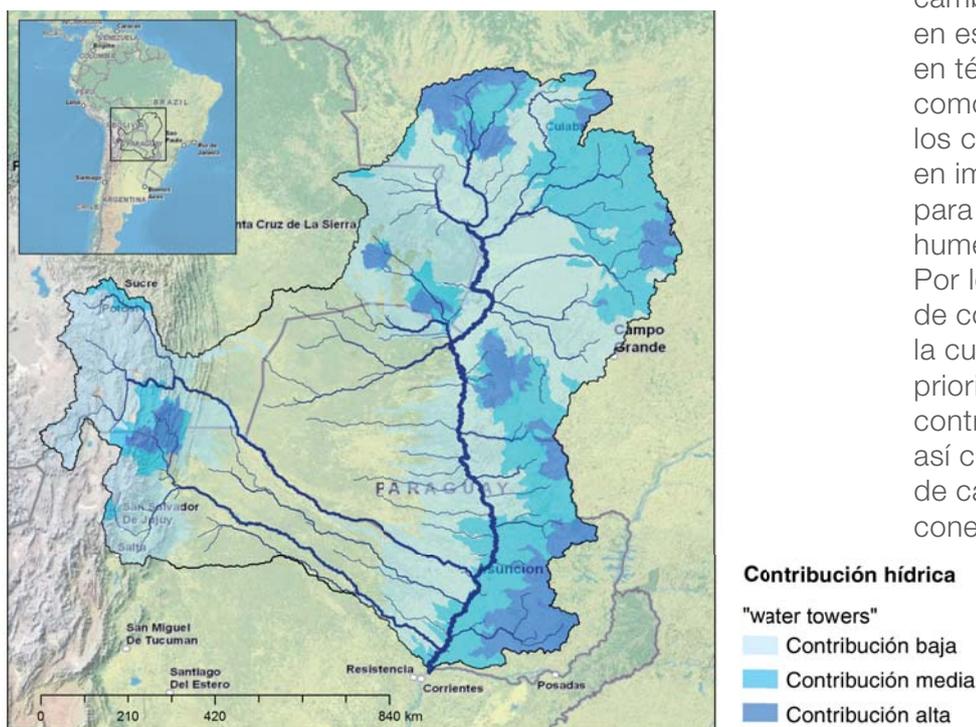


Figura 8. Áreas de contribución hídrica en la cuenca del río Paraguay, teniendo en cuenta el declive y la escorrentía superficial.

Análisis de los riesgos

Los análisis revelan que en el 14 % de la cuenca del río Paraguay los recursos hídricos están sometidos a un alto riesgo, mientras que el 37 % tienen un riesgo medio y el 49 % un riesgo bajo. El índice de riesgo compuesto (IRE-C) dio como resultado el siguiente mapa (figura 9):

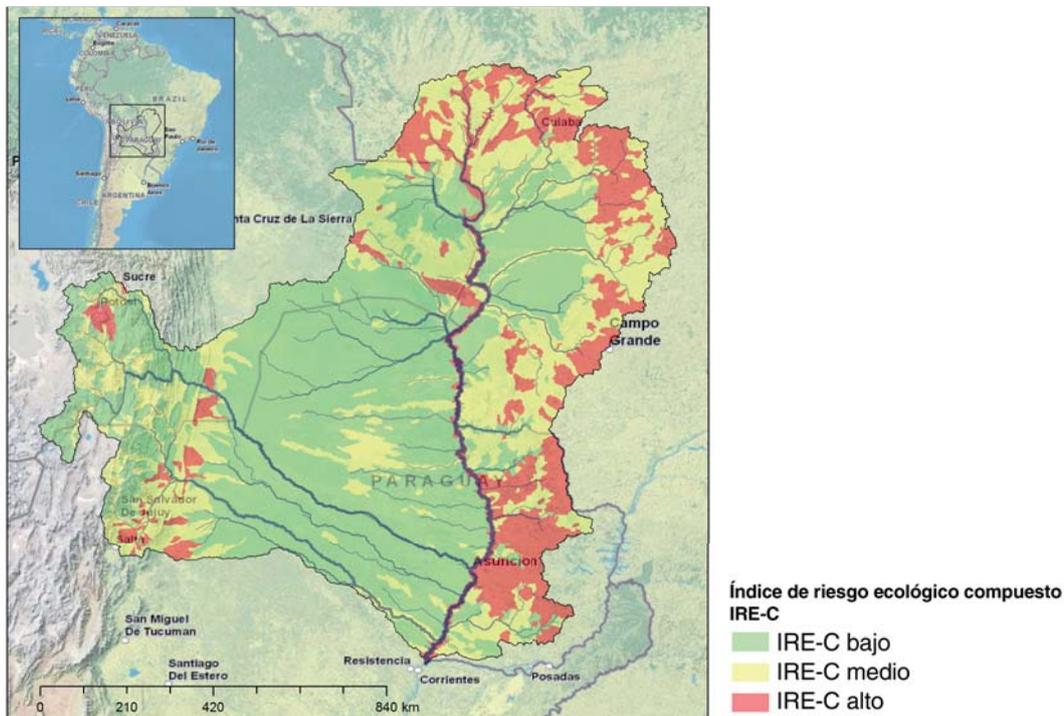


Figura 9. Resultado del análisis de riesgo en las 1837 unidades de drenaje.

Al analizar la distribución espacial de las zonas más amenazadas, observamos que se encuentran concentradas en cuatro regiones diferentes que tienen características ambientales particulares, a saber:

1. Cabeceras y afluentes en la región del Cerrado y del bosque chiquitano brasileños;
2. Región de bosque atlántico de la cuenca del río Paraguay;
3. Eje de desarrollo Salta/Jujuy;
4. Puerto Suárez y el Valle de Tucavaca (Bolivia).

Los elementos siguientes ponen de manifiesto lo que está sucediendo en cada una de esas regiones. Los factores de tensión se agruparon en tres categorías, tal como se observa en la tabla 4:

Tabla 4. Agrupación de los factores de presión

Infraestructura y población	Actividades económicas	Degradación ambiental
Población, carreteras, puentes, puertos, hidrovías, presas, centrales hidroeléctricas y gasoductos	Agricultura, ganadería, minería, extracción de gas/petróleo	Incendios y deforestación

1. Cabeceras y afluentes en la región del Cerrado y del bosque chiquitano brasileños

Esta región incluye las cabeceras de los ríos en las zonas de Cerrado y bosque chiquitano en el entorno del Pantanal brasileño, que sufren una fuerte presión por la ocupación humana. Los ríos que nacen allí y corren hacia la planicie del Pantanal sufren impactos de diversas fuentes. Casi todas esas cabeceras se encuentran en territorio brasileño, ocupando partes de los estados de Mato Grosso y Mato Grosso do Sul (figura 10). La importancia de esta región es mayor por ser el principal proveedor de agua de la cuenca del Pantanal.

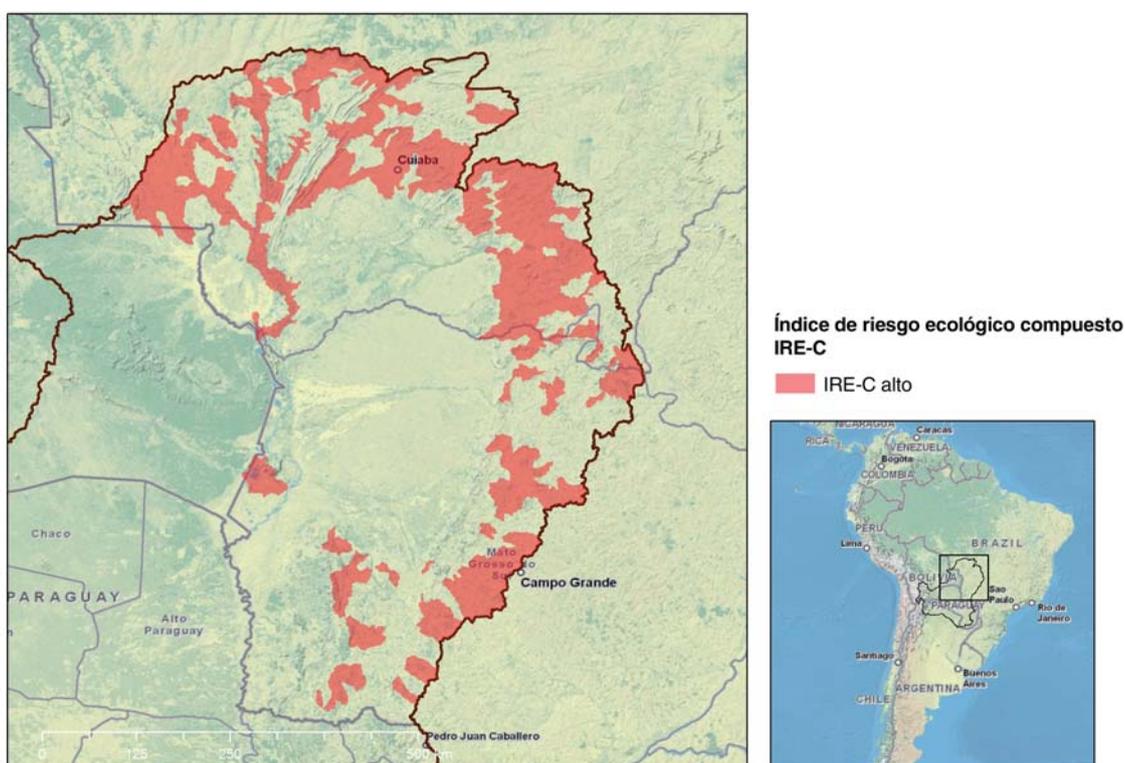


Figura 10. Mapa del índice de riesgo ecológico (IRE) para las cabeceras y los afluentes en la región del Cerrado y el bosque chiquitano.

Como en toda la cuenca del río Paraguay, en esta región actúan los tres grupos de factores de tensión. Aunque por lo general están distribuidos de manera uniforme, el conjunto de factores de tensión que más contribuyen al IRE son los impactos de las infraestructuras y la población (39 %), especialmente la densidad de carreteras y puentes (figura 11).

Las carreteras tienen un gran potencial de impacto sobre los recursos hídricos, en especial las secundarias, sin pavimentar y creadas sin las precauciones técnicas necesarias para evitar la erosión, la formación de represas o la alteración de los cursos de agua (figura 12). Las carreteras abiertas sin orientación técnica tienden a ser importantes vectores de transporte de sedimentos y contaminantes. Las intersecciones de carreteras con cursos de agua son las zonas de mayor tensión, pues concentran la entrada de materiales en los cursos de agua.

En la región de las cabeceras, en algunas áreas del Cerrado las centrales hidroeléctricas son un importante factor de tensión en cuanto a las infraestructuras. Sin embargo, teniendo en cuenta la posible instalación de decenas de pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) en la región, sus impactos podrían aumentar considerablemente. Los datos sobre las PCH previstas no se incluyeron en este análisis debido a que no estaban disponibles para toda el área de estudio.

El segundo grupo de factores de presión está relacionado con las actividades económicas, especialmente la ganadería (23 %) y la agricultura (13 %) (figura 12). La ganadería es una actividad económica tradicional, tanto en la región de las cabeceras como en la planicie del Pantanal. En un pasado reciente, había una relación más intensa entre la ganadería en estas regiones con rebaños de cría y recría en la planicie y engorde en el altiplano, con un desplazamiento constante y estacional de animales. En la actualidad, con la mejora de los pastos plantados y de la genética de los rebaños, la cría se lleva a cabo enteramente en la región de las cabeceras, con lo que aumenta el número de cabezas de ganado por hectárea en esos pastos.

Este proceso condujo a un aumento significativo de la cabaña en las últimas décadas, dando lugar a una población bovina que triplica a la población humana en esa zona (IBGE, 2011). El impacto asociado a esta actividad se debe en gran parte al manejo incorrecto del ganado y de los pastizales, como permitir que los

animales beban directamente de los cursos de agua y el pastoreo excesivo, que exponen el suelo a la acción erosiva de las lluvias y a su consiguiente degradación. El proceso erosivo a gran escala da lugar al exceso de sedimentación y al encenagamiento de ríos y arroyos.

La agricultura se encuentra en las mesetas, más planas, elevadas, con suelos profundos y menos susceptibles a la erosión por contener menor concentración de arena y mayor concentración de limo y arcilla. A pesar de esta ubicación, la no adopción de prácticas agrícolas adecuadas de conservación de los suelos acarrea graves consecuencias para los recursos hídricos, especialmente para la transparencia del agua. Los granos de limo y arcilla, más pequeños y ligeros que la arena, tienden a removerse más fácilmente de esos suelos y a quedarse en suspensión en el agua por más tiempo y por distancias más largas. Este hecho complica el proceso de fotosíntesis en los cuerpos de agua, alterando la cadena alimentaria acuática.



© CARLOS PADOUNI/EMBRAPA

Erosión del suelo causada por carreteras en la subcuenca del río Paraguay.

Por otra parte, en Brasil es común el uso indiscriminado de insumos agrícolas, como fertilizantes, insecticidas y herbicidas. En algunas zonas ya se observa la polución y la contaminación de ríos, arroyos y de la capa freática, lo que puede dar lugar a la pérdida de especies sensibles, aumentando la frecuencia de la eutrofización debido a la carga excesiva de nutrientes. Esto fomenta la proliferación de microorganismos (especialmente de cianobacterias) y compromete el suministro de agua en los centros urbanos.

- Infraestructura y población 39 %
- Actividades económicas 34 %
- Degradación 27 %

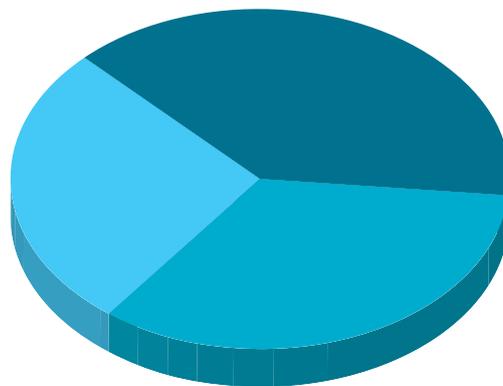


Figura 11. Contribución de los factores de tensión agrupados por categoría. Factores de tensión detallados en la tabla 4.

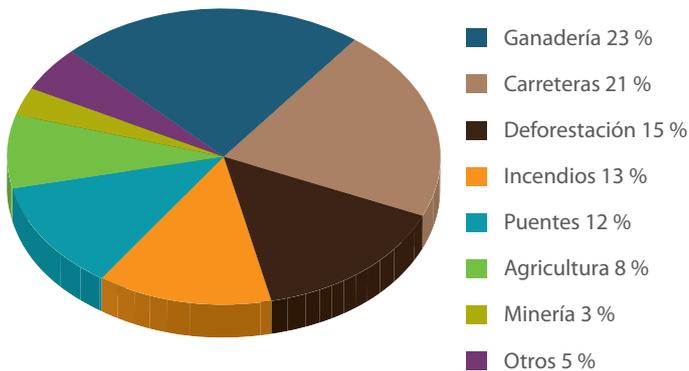


Figura 12. Contribución de los factores de tensión en la región de las cabeceras del Cerrado al IRE total.

También cabe destacar el crecimiento de la porcicultura y la avicultura en zonas adyacentes a la producción de soja y de maíz. La previsión de crecimiento de la porcicultura en el estado de Mato Grosso es el orden del 180 % hasta el 2020 (según datos del Instituto Matogrosense de Economía Agropecuaria, IMEA, 2010). Una encuesta entre las empresas del sector muestra que la cabaña porcina creció un 38 % entre 2008 y 2010. En

comparación, el crecimiento de la avicultura en la región está en torno del 7 % anual. Este crecimiento se ve acompañado por la expansión de la producción de soja y maíz para la alimentación animal, lo que significa una mayor presión sobre los ríos, arroyos y acuíferos.

El tercer conjunto de factores de presión está directamente relacionado con la degradación ambiental, como la deforestación y los incendios

(figura 14). A pesar de que la mayoría de las veces están directamente relacionados con la agricultura, tienen su propia dinámica, vinculada a la especulación y la tenencia de la tierra. Pese a que la transformación del paisaje regional se ha producido con mayor intensidad en las décadas de 1970 y 1980, todavía se observan tasas de deforestación superiores al 1,5 % anual, según el Plan de Acción para la Prevención y el Control de la Deforestación y los Incendios Forestales en el Cerrado (Ministerio de Medio Ambiente de Brasil, 2009).

Esta pérdida constante de ambientes naturales, asociada a la degradación causada por la quema de vegetación nativa fuera no debidas a causas naturales, tiene impactos directos e indirectos en los recursos hídricos, alterando la calidad del agua y facilitando los procesos erosivos.



2. Región de bosque atlántico de la cuenca del río Paraguay

El área de la cuenca del río Paraguay que estaba originalmente cubierta por bosque atlántico es otra de las regiones cuyos sistemas hídricos están sometidos a un alto riesgo de degradación (figura 13). La ocupación de esa región es antigua y hay una gran fragmentación del paisaje, tanto por el sinfín de núcleos urbanos como por las zonas agropecuarias centradas en la producción lechera y en los monocultivos, como el de la caña de azúcar. Con más de dos millones de habitantes y cerca de 1000 km², la Gran Asunción cuenta con la mayor densidad de población de la cuenca.

Son comunes los problemas relacionados con la falta de infraestructura para el abastecimiento de agua y el tratamiento de aguas residuales, como en la mayoría de los grandes centros urbanos de Sudamérica. Cabe destacar que alrededor del 30 % del suministro de agua de la Gran Asunción procede del Acuífero Patiño, cuya utilización no controlada puede conducir a una salinización progresiva del manantial (Foster y Garduño, 2002).

En esta región están algunos de los departamentos de mayor importancia económica del Paraguay, con una red de servicios que apoyan la producción regional. En términos de infraestructura, los mayores impactos para los sistemas hídricos se deben a la red de carreteras más densa de la cuenca y, en consecuencia, de puentes e intersecciones con los ejes de drenaje.

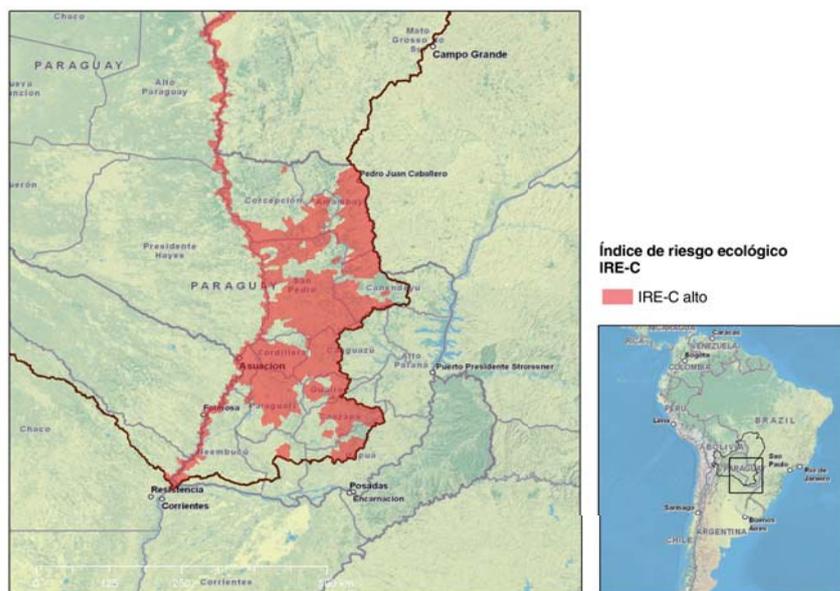


Figura 13. Mapa de IRE para la Gran Asunción y el bosque atlántico de Paraguay.



Asunción es también el punto de cruce de tres ejes de desarrollo de la denominada Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA): la Hidrovía Paraguay-Paraná; el Eje Interoceánico Central, que une Chile, Bolivia y Brasil; y el Eje de Capricornio, con la unión Asunción-Paranaguá. En ese escenario, la infraestructura de transporte tiende a intensificarse e irradiarse hacia otras regiones, especialmente hacia el Chaco.

Esa región concentra cerca del 56 % de las industrias de Paraguay, principalmente de procesamiento de productos agrícolas primarios. Allí hay también numerosas plantaciones y plantas de azúcar y alcohol, molinos de cereales y procesadoras de algodón y tabaco. La producción agropecuaria está orientada al suministro de los centros urbanos, con la ganadería lechera, la producción de hortalizas y frutas.

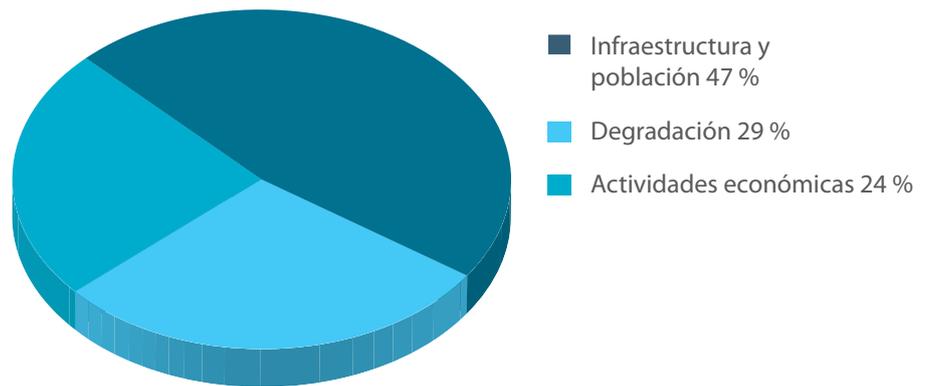


Figura 14. Contribución de los factores de tensión en la región de las cabeceras del Cerrado al IRE total.

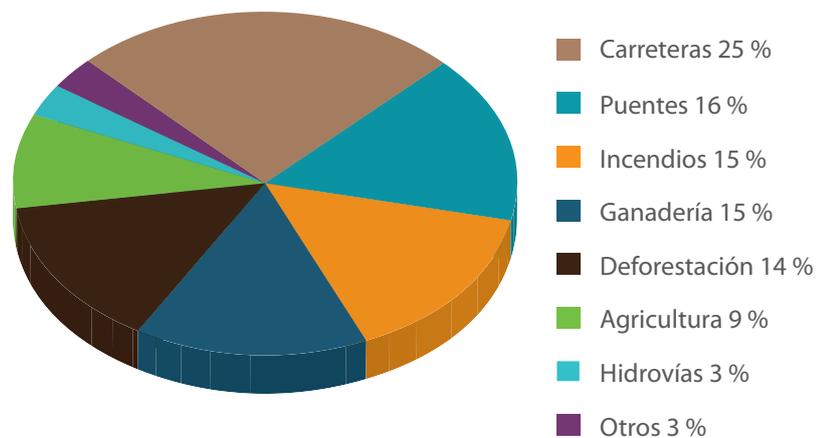


Figura 15. Contribución de los factores de tensión de la Gran Asunción y el bosque atlántico en Paraguay al IRE total.

3. Eje de desarrollo Salta-Jujuy

El eje de desarrollo en la región occidental de la cuenca, que se extiende de Salta a Jujuy y sigue hacia el norte, adentrándose en Bolivia y cruzando las cabeceras de dos importantes afluentes (Bermejo y Pilcomayo), es una importante zona de impacto de los sistemas hídricos del río Paraguay. Forma parte del Eje Capricornio de la IIRSA y su perspectiva es, además del desarrollo regional, la integración con el Pacífico a través del Eje Interoceánico Central, conectando Chile, Bolivia, Paraguay y Brasil.

Estos ejes cruzan los dos principales afluentes de la margen derecha del río Paraguay, los ríos Bermejo y Pilcomayo, zonas originalmente cubiertas por bosques de montaña, conocidos como *jungas*, y vegetación chaqueña en las llanuras. En esta región, tradicionalmente ocupada por la ganadería extensiva y la explotación maderera, aumenta rápidamente la producción agrícola y la extracción de gas y petróleo.

Teniendo en cuenta la agrupación de los factores de tensión, los más relevantes son los relativos a la infraestructura, destacando las carreteras, ferrovías y puentes. Como se mencionó, uno de los objetivos de la IIRSA es mejorar el transporte regional, con varios proyectos de pavimentación y duplicación de carreteras, así como recuperación de vías férreas.

Además, las imágenes de satélite muestran una reciente proliferación

de carreteras secundarias en la planicie, asociadas a la expansión de la agricultura. Como se trata de una zona fronteriza atravesada por una carretera transnacional, cabe esperar para las próximas décadas un aumento de infraestructuras derivadas del crecimiento de la población. En consecuencia, crecerá la presión sobre los recursos naturales, en particular sobre los recursos hídricos.

En cuanto al impacto de las actividades socioeconómicas, destacan las plantaciones de caña de azúcar, tabaco, cítricos y hortalizas. Las técnicas de cultivo pueden clasificarse en dos tipos: plantaciones más tradicionales en terrenos fértiles en los valles y extensas zonas con regadío en la planicie, que están en franca expansión. La intensificación de la actividad agrícola lleva a un incremento del uso de insumos y de la potencial contaminación de las aguas superficiales o subterráneas. Ya hay registros de contaminación en la cuenca

del Pilcomayo y en el valle del Bermejo (LIDEMA, 2010).

La ganadería también está cambiando de perfil. Tradicionalmente se manejaba de forma extensiva, con zonas de pasto de temporada en las llanuras o las montañas. Hoy en día se observa la expansión de pasturas sembradas en grandes propiedades en la planicie.

Cabe destacar que esta región es un importante productor de gas y petróleo. A pesar de tratarse de una actividad ocasional, tanto la explotación como la prospección deben

considerarse importantes fuentes de impacto. Además de la abertura de caminos durante la prospección, que facilitan la explotación maderera, la desalación del petróleo produce enormes cantidades de agua contaminada con hidrocarburos y productos químicos, como el SO_2 y el SH_2 . En cantidades de solo 0,01 partes por millón (PPM) ya tornan el agua inservible para el consumo humano.

Los estudios sobre la situación de conservación ambiental de Bolivia (LIDEMA, 2010) advierten de que la contaminación por compuestos orgánicos en la región es grave en

las zonas de exploración y extracción de petróleo y gas. Estos contaminantes son de baja solubilidad y su degradación es solo parcial, pudiendo dar lugar a compuestos aún más tóxicos. Con un régimen de lluvias muy concentrado, el proceso de disolución de estos materiales conlleva un riesgo de contaminación de los cursos de agua.

Entre los factores de tensión que provocan la degradación, el fuego es una gran fuente de impacto regional. Su aparición se debe en buena parte a la ganadería, pues se utiliza tradicionalmente para la renovación de los pastizales.



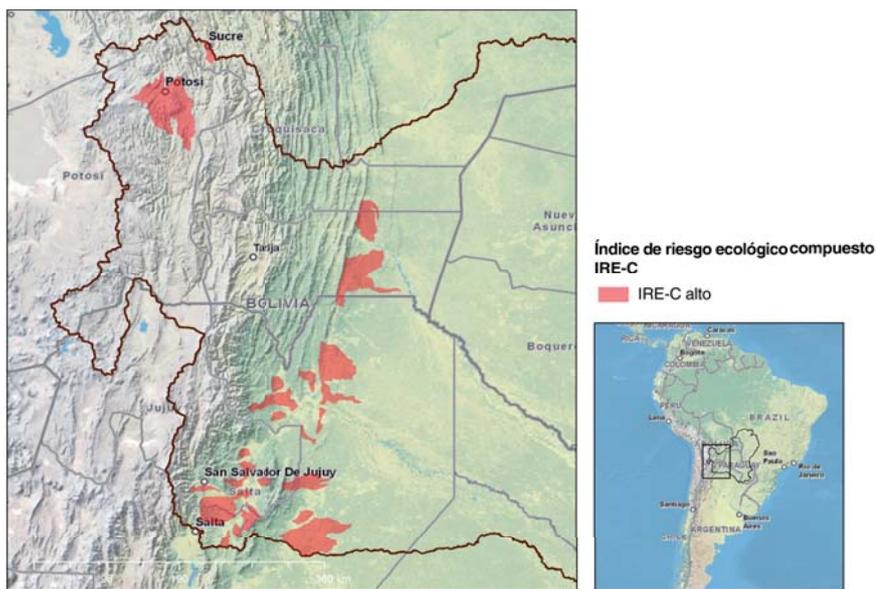


Figura 16. Mapa de IRE para la Gran Asunción y el bosque atlántico de Paraguay.

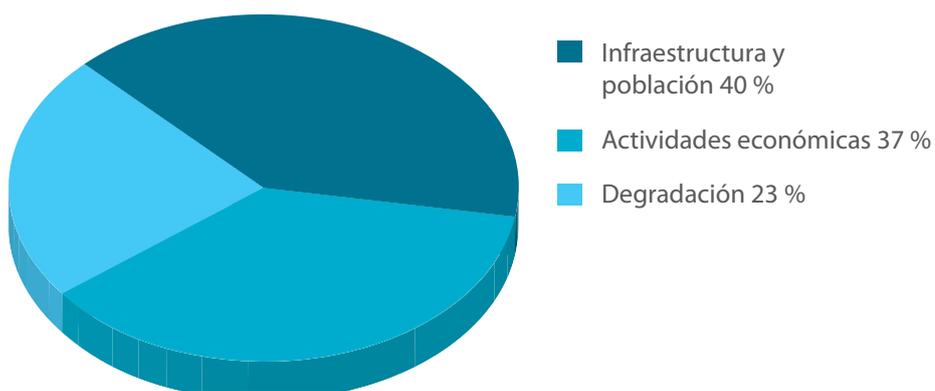


Figura 17. Contribución de los factores de tensión en la región de Jujuy y Salta.

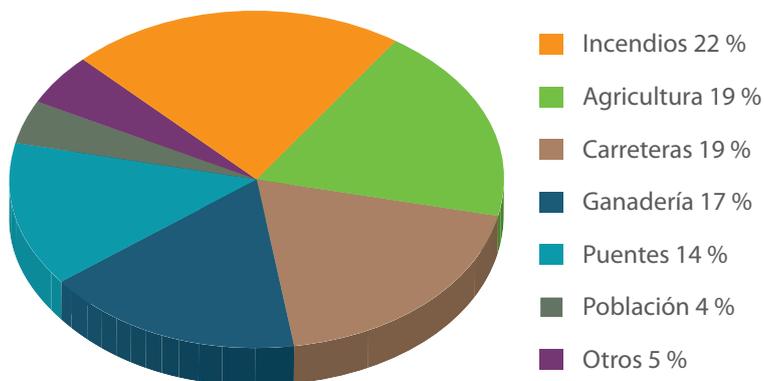


Figura 18. Contribución de los factores de tensión en la región de Jujuy y Salta. Factores de tensión detallados en la tabla 4.

4. Puerto Suárez y Valle de Tucavaca

Situada cerca de la frontera con Brasil en la dirección de Santa Cruz, a lo largo del valle del río Tucavaca, esta región también tiene altos índices de riesgo ecológico. El Tucavaca es uno de los principales formadores de la parte sur del Pantanal boliviano, suministrando un gran volumen de agua al río Paraguay. Nace en zonas de bosque chiquitano y corre casi paralelo a la antigua vía férrea y a la carretera que une Corumbá (Brasil) con Santa Cruz de la Sierra (Bolivia).

Esta región, que tiene uno de los menores índices de desarrollo humano (IDH) de Bolivia, registra un aumento gradual de actividades económicas ambientalmente degradantes, relacionadas principalmente con la creciente demanda de madera y carbón del mercado brasileño y al establecimiento de emprendimientos mineros. También se ha tenido en cuenta en la planificación del Eje de Desarrollo Interoceánico Central de la IIRSA, cuyo objetivo es mejorar la conexión entre Santa Cruz, Puerto Suárez y Corumbá y, a partir de ahí, la unión entre los océanos Pacífico y Atlántico.

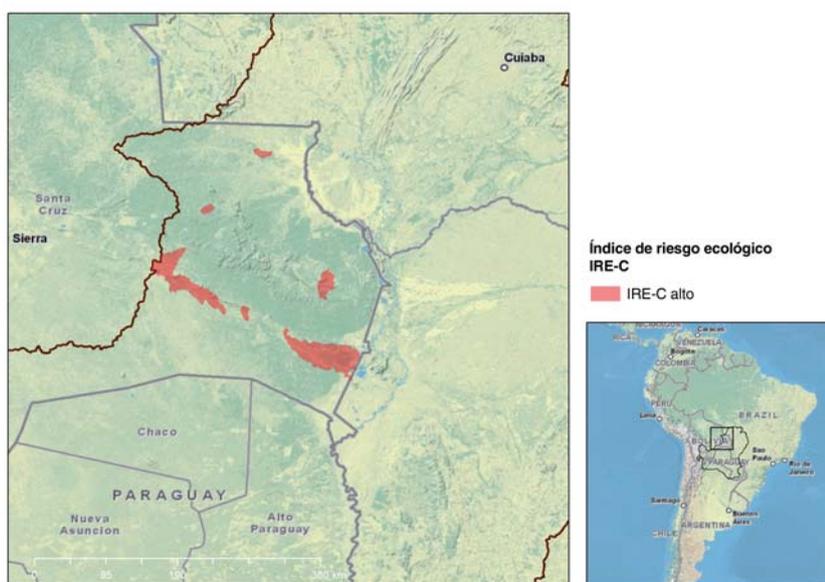


Figura 19: Mapa del IRE para las regiones de Puerto Suárez y Valle de Tucavaca.

Los análisis de riesgos (figura 19) indican que la ganadería, asociada a la deforestación y los incendios, son las principales fuentes de tensión para los recursos hídricos. La ganadería regional ha sido tradicionalmente extensiva y utiliza el fuego para renovar los pastos. La intensificación de la deforestación se da para satisfacer la demanda

de madera y carbón de empresas siderúrgicas en Brasil.

Esta tendencia al alza en la deforestación puede crecer con la instalación de industrias mineras y siderúrgicas en el lado boliviano. El gobierno vecino reconoce la importancia de regular la explotación maderera en el bosque chiquitano. Según el Informe

de Desarrollo Humano en Bolivia, el bosque chiquitano puede ser utilizado para la explotación forestal, pero actualmente esa actividad se produce de manera depredadora, sin técnicas de manejo forestal (PNUD, 2009).

Este ataque a los bosques acarrea efectos negativos sobre las aguas, ya que además de la pérdida de la

cobertura vegetal con sus consiguientes problemas de erosión, sedimentación y cambios en la infiltración y en la escorrentía superficial, tales áreas podrían satisfacer la demanda de tierras para la ganadería, empeorando la situación. Aunque el corredor Santa Cruz-Puerto Suárez cuenta con un plan de protección ambiental, solo se encuentra parcialmente

implantado, con pocos resultados concretos para la reducción de los impactos en la región (Arkonada y Laats, 2009).

Aunque la minería no aparece como uno de los principales factores de tensión, los riesgos de esa actividad tienden a aumentar. Hay tres polos de desarrollo regional de la minería: el proyecto

de Mutún, en la región del macizo de Urucum; Rincón del Tigre; y el valle de Tucavaca. Estas actividades conllevan riesgos directos e indirectos para los sistemas hídricos. El proyecto de minería y siderurgia de Mutún, por ejemplo, está utilizando grandes cantidades de agua, poniendo en peligro la Laguna Cáceres (LIDEMA, 2010).

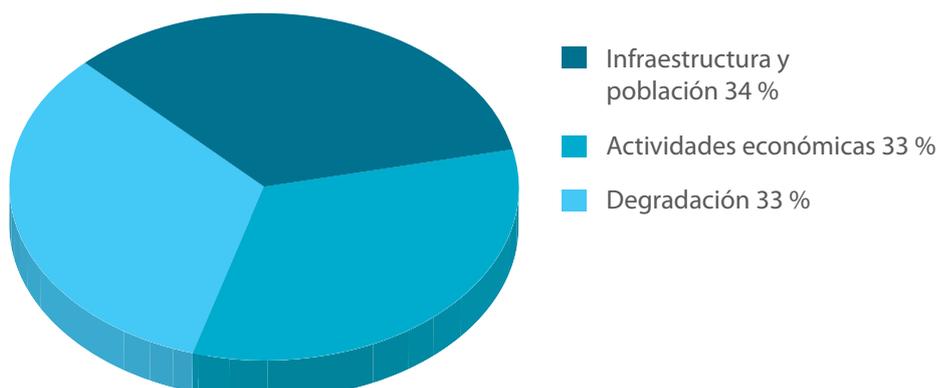


Figura 20. Contribución de los factores de tensión por categoría en la región de Puerto Suárez y Valle de Tucavaca.

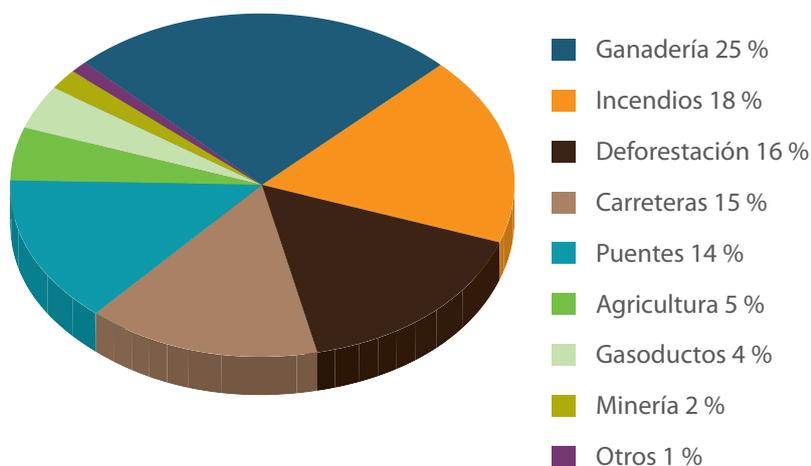


Figura 21. Contribución de cada factor de tensión en la región de Puerto Suárez y Valle de Tucavaca.

Discusión y recomendaciones

El área central de la cuenca, compuesta por el Pantanal y el Chaco Seco, presenta un riesgo ecológico bajo. Sin embargo, el proceso de inundación de la región y la interdependencia entre el altiplano y la planicie pone de manifiesto que la situación es muy dinámica desde el punto de vista hidrológico. Por el alto riesgo detectado en el altiplano, el efecto de cascada de transferencia de impactos corriente abajo hará que la llanura de inundación presente un alto riesgo de manera proporcional.

Es importante evaluar los mapas en el tiempo y el espacio y no como una información estática. Desde esta perspectiva, la cuenca del río Paraguay presenta un alto riesgo ecológico potencial y requiere acciones urgentes y prioritarias de protección de las cabeceras. Sin embargo, el manejo y

cuidado de la cuenca debe llevarse a cabo de manera integrada, con acciones de conservación efectivas tanto en el altiplano como en la planicie.

Como el Pantanal es una llanura de inundación alimentada por sistemas de cabeceras en los altiplanos

y llanuras adyacentes, las áreas de alta contribución hídrica deberían ser una prioridad en los planes de conservación de la cuenca. No obstante, se observa una considerable superposición entre las áreas de contribución hídrica media y alta y las zonas de riesgo ecológico (figura 22).

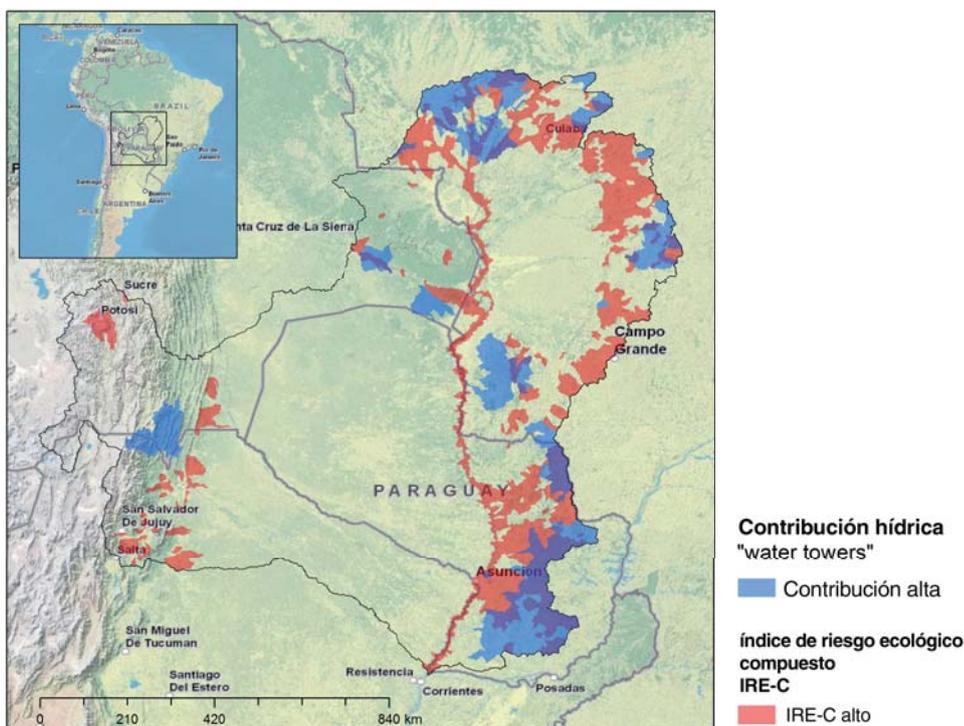


Figura 22. Superposición de las áreas de riesgo ecológico de la cuenca del río Paraguay con las áreas de contribución hídrica media y alta.



La protección de las áreas de contribución hídrica media y alta en el altiplano es esencial para el mantenimiento del pulso estacional de las inundaciones en el Pantanal. Teniendo en cuenta los escenarios futuros de cambio climático, medidas de adaptación que aumentarían la resiliencia de la cuenca serían el mantenimiento del pulso de inundación y de la conectividad entre el altiplano y la planicie, así como la protección de las cabeceras.

Por esta razón, WWF Brasil y otras instituciones asociadas crearon el Movimiento por las Aguas del Cabaçal y han desarrollado un proyecto de

recuperación de nacientes y de lucha contra la erosión en la cuenca hidrográfica del río Cabaçal, una región de alto aporte hidrológico al Pantanal, en el estado brasileño de Mato Grosso.

The Nature Conservancy también desarrolla el proyecto demostrativo Cerrado Sostenible en la cuenca del río São Lourenço, uno de los principales afluentes del río Paraguay, con una importante contribución en la carga de sedimentos transportados al Pantanal.

Otro proyecto que está desarrollando TNC se centra en la protección del Pantanal, implementado en colaboración el Centro de Pesquisa do Pantanal

(CCP). En él se llevan a cabo varios estudios técnicos y acciones de compromiso social. Los resultados de este proyecto servirán para apoyar las acciones de conservación y desarrollo sostenible en la región, incluyendo acciones basadas en los ecosistemas para su adaptación al cambio climático.

Con la colaboración de socios estratégicos, WWF Bolivia ha estado coordinando esfuerzos de ordenamiento territorial a través de los planes municipales de desarrollo sostenible en las zonas de mayor contribución hídrica a la cuenca en su conjunto, como en la cuenca del Correraca y del Curichi Grande.

El Movimiento por las Aguas del Cabaçal

El Movimiento por las Aguas del Cabaçal fue creado a finales de 2008, fruto de una expedición ambiental a los «arcos de las nacientes» del Pantanal, en Mato Grosso. En aquel momento, WWF Brasil y otras instituciones asociadas llevaron a cabo una evaluación de la situación ambiental de las nacientes. La subcuenca del río Cabaçal es extraordinariamente importante, no solo por el alto potencial erosivo de sus frágiles suelos, sino también por la riqueza de las aguas superficiales, manantiales y nacientes de gran belleza paisajística e importancia ecológica. La cuenca del Cabaçal es una de las fuentes hídricas principales de la planicie del Pantanal, un área de gran aporte hídrico.

La movilización social y política, así como el grado de participación de la población de la cuenca en materia ambiental, fueron aspectos importantes para el comienzo del movimiento. El WWF Brasil, en colaboración con la Universidad de Mato Grosso (UNEMAT), la Agencia de Extensión Rural del estado de Mato Grosso (Empaer), el ayuntamiento de Reserva do Cabaçal, el Consorcio Intermunicipal de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y Turístico del Complejo Nacientes del Pantanal y algunas escuelas locales crearon una alianza y fortalecieron el movimiento.

Actualmente, tras dos años de funcionamiento, el movimiento ha logrado cambios en el municipio. La educación ambiental ha llegado a casi el 60 % de la población, entre estudiantes, poderes públicos y ciudadanos. En el ámbito docente, fueron formados 75 profesores de dos escuelas públicas municipales y una estatal, llegando a alumnos de la enseñanza preescolar, primaria y secundaria, así como a universitarios de la región. También llegó hasta el ayuntamiento, con conferencias y talleres de teatro. Asimismo actuó directamente con

los ciudadanos: por ejemplo, con un profesor de educación física que empezó a realizar trabajos reciclando residuos sólidos.

Todo ese movimiento dio lugar a la movilización de los agricultores, con cerca de 50 participantes en actividades y talleres sobre la recuperación de nacientes y el desarrollo de la ganadería ecológica.

Se eligió como acción demostrativa la recuperación del arroyo Dracena, pequeño afluente del río Cabaçal, a través de la cual los productores pueden aprender técnicas



para la recuperación del suelo y de nacientes. Ya se han plantado 6000 plántones en 12 nacientes, y se está recuperando un gran barranco, todo ello con el apoyo de un vivero. Las mujeres en situación de riesgo social fueron capacitadas para producir hamacas de ganchillo y participaron en los esfuerzos de recuperación de zonas erosionadas mediante la fabricación de telas y redes de contención. A cambio reciben paquetes de alimentos del ayuntamiento.

Actualmente se está ampliando el movimiento

y está siendo replicado en otras subcuencas en el denominado «arco de las nacientes» (una zona que agrupa a varias nacientes importantes). Entre los esfuerzos cabe citar:

- Una publicación sobre las lecciones aprendidas en el Cabaçal destacará las técnicas de recuperación de zonas degradadas con un bajo costo y la incorporación de soluciones locales;
- Capacitación de los miembros de otros municipios sobre las técnicas de recuperación

ambiental adoptadas en la microcuenca del Dracena;

- Promoción de visitas técnicas y de días de campo para productores rurales.

El Proyecto Cerrado Sostenible

© MARCO EGGERS/TNC



Lourenço fue elegida por su importante contribución en la carga de sedimentos arrastrados hacia el Pantanal debido a los usos antrópicos, especialmente la ganadería, haciendo prioritarias las acciones que redujeran tal impacto.

El Proyecto Cerrado Sustentável (Cerrado Sostenible) en la cuenca del río São Lourenço, en el estado brasileño de Mato Grosso, forma parte de la Alianza de los Grandes Ríos, una iniciativa de The Nature Conservancy y otros socios para proteger los grandes ríos del planeta. El trabajo comenzó en las importantes cuencas hidrográficas de cuatro ríos: el Paraguay (de la que forma parte la cuenca del São Lourenço) y el Paraná, en Sudamérica; el Mississippi, en Estados Unidos; el Yangtsé, en China; y el Zambeze, en África. Los trabajos en Brasil comenzaron en 2006.

En la cuenca del río São Lourenço, The Nature Conservancy puso a prueba un método de regularización de reservas legales con dos objetivos básicos: reducir los costos para la regularización de la reserva legal y la restauración de áreas de protección permanente (APP), y mejorar la eficiencia del control y el seguimiento de la cobertura vegetal en la región. La cuenca del río São

El equipo de campo de TNC contó con socios locales, lo cual fue crucial y estratégico para el éxito del proyecto, ya que tenían una base técnica consolidada, una buena capacidad operativa, credibilidad ante los agricultores (lo que facilitó el registro de las propiedades rurales) y un fuerte poder de movilización y sensibilización del sector productivo en la adhesión a los procesos de regularización de las reservas legales y las áreas de preservación permanente, así como en la adopción de buenas prácticas agrícolas.

Los principales resultados alcanzados fueron.

- El mapeo y registro de más de 2000 propiedades rurales;
- La identificación de pasivos ambientales mediante el empleo de tecnologías de última generación e imágenes de satélite;
- La discusión técnica de los procesos de regularización ambiental;

- El desarrollo de herramientas de regulación ambiental más eficaces y con menos costos para el productor rural;
- El inicio del programa de mejores prácticas para la ganadería en cinco municipios de la región, con el fin de mejorar la producción sin perjudicar al medio ambiente;
- El suministro para los agricultores de tecnologías innovadoras de recuperación de los bosques ribereños.

Con esta experiencia, TNC avanza en la cuenca del río São Lourenço, donde próximamente pondrá en marcha el proyecto de pagos por servicios ambientales «Productor de Agua» junto con sus socios. El trabajo en la cuenca también ha producido resultados en los estados de Mato Grosso, Pará y Bahia. En el municipio de Lucas do Rio Verde (Mato Grosso), The Nature Conservancy mapeó todas las propiedades rurales en un área de 360 000 hectáreas, promoviendo la regularización de las reservas legales, la preservación de las áreas de preservación permanente (APP) y las buenas prácticas agrarias. Gracias a este trabajo, dicho municipio se convirtió en el primero de Brasil completamente cubierto por el Registro Ambiental Rural.

Análisis de vulnerabilidad y ordenamiento territorial en Bolivia

El análisis de vulnerabilidad permitió identificar las cuencas más vulnerables en la parte boliviana de la cuenca del río Paraguay. Dos de ellas son clave para mantener el flujo hidrológico de la parte sur del Pantanal boliviano: Tucavaca y Cáceres. Lo mismo puede decirse de las cuencas de Correreca y Curichi Grande, que suministran agua al norte del Pantanal.

Aunque las cuencas estén legalmente encuadradas como áreas protegidas, de carácter municipal en el caso del Tucavaca y nacional en el del Cáceres, dentro del área protegida Otuquis, y del Área Natural de Manejo Integrado San Matías, en el caso de la cuenca del Correreca y del Curichi Grande, su conservación está en riesgo debido a la falta de un plan de desarrollo integral que incluya planes de uso del suelo y también a la creciente expansión de la frontera agrícola y de la explotación de carbón vegetal.

Los datos del análisis de vulnerabilidad suponen un argumento contundente sobre la necesidad de conservar tales cuencas, no solo por la biodiversidad que albergan, sino también por los servicios ambientales que prestan a la población local y por las

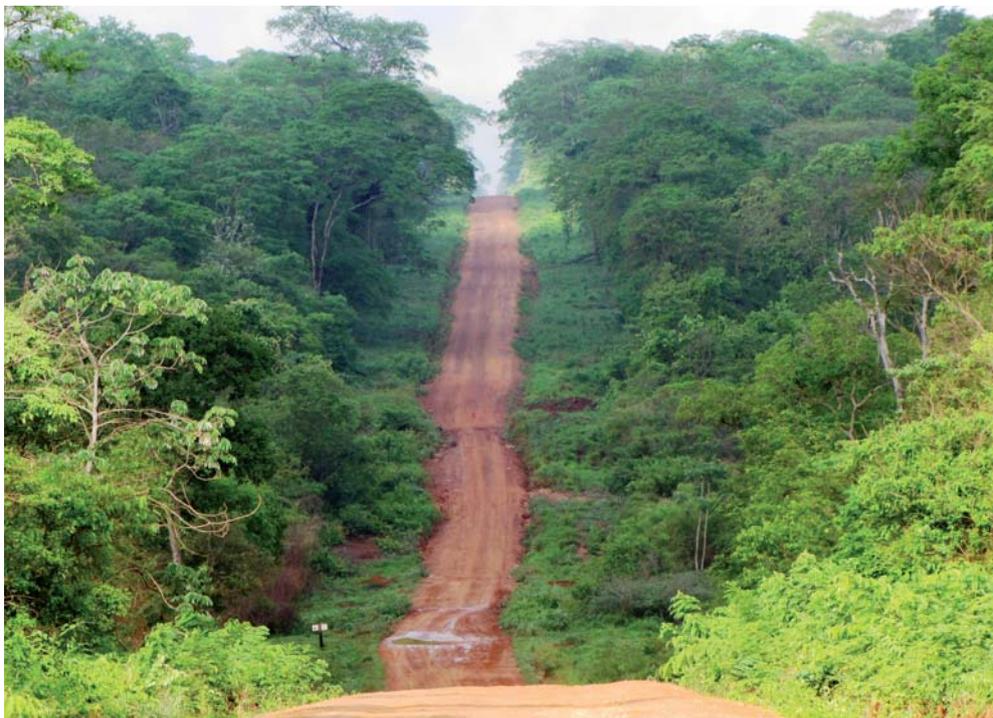
actividades económicas regionales, principalmente por la concentración y la distribución de agua.

En el municipio de San Matías, en la cuenca del Correreca y del Curichi Grande, WWF está elaborando un plan de desarrollo municipal, en el que identificó, a través del análisis de vulnerabilidad, la necesidad de incluir estrategias de adaptación y de gestión de riesgos en esa herramienta de planificación. Por lo tanto, la inclusión de esos elementos también en el plan de ordenamiento territorial municipal facilitará su implantación autónoma por parte de los municipios

a través de inversiones públicas, respetando los derechos de posesión y uso.

En este proceso se fortalecen las capacidades locales para el desarrollo y la posterior aplicación de esta herramienta de planificación, a la vez que se produce y agrega información técnica y social, para que las líneas estratégicas de desarrollo del municipio se apoyen sobre las bases del desarrollo sostenible, en la adaptación y mitigación del cambio climático y en la valorización de las costumbres y saberes de los pueblos indígenas que viven en la región, como los pueblos chiquitano y ayoreo.

© WWF BOLIVIA/VICTOR MAGALLANES



Proteger el Pantanal: el mayor humedal del planeta

The Nature Conservancy y el Centro de Pesquisa do Pantanal (CPP) están trabajando en un proyecto para proponer acciones para la conservación de los ecosistemas de agua dulce en la cuenca del río Paraguay, con énfasis en la protección del Pantanal.

Las áreas de actuación se definen usando el análisis de riesgo ecológico como una de las principales fuentes de información, con lo que se convierte en una aplicación importante de ese enfoque y demuestra su eficacia para la elaboración de carteras de conservación.

Este proyecto tiene tanto un carácter técnico-científico, con estudios de alta complejidad, como también un aspecto de amplio compromiso social. En esas dos líneas el trabajo se beneficiará de las acciones del Proyecto Sinergia, dirigido por el CPP, que tiene como objetivo involucrar a la ciencia y la sociedad en torno a los retos de la gestión de los recursos hídricos en el siglo XXI en el contexto del cambio climático, y cuya área de acción es la cuenca del río Paraguay.



El plan de trabajo consta de seis actividades principales:

1. Recopilar, obtener, organizar y compartir datos e información
2. Reclutar a partes interesadas para participar
3. Aplicar el enfoque de límites ecológicos de la alteración hidrológica (ELOHA, o Ecological Limits of Hydrological Alteration) para la cuenca del río Paraguay
4. Operación ecológica de depósitos de agua
5. Identificación de los sistemas ecológicos acuáticos en la cuenca del Alto Paraguay
6. Contabilización y evaluación de la sostenibilidad de la huella hídrica de las centrales hidroeléctricas en la cuenca del Alto Paraguay.

Los resultados de este trabajo se pondrán a disposición de la sociedad a través de informes y publicaciones, contribuyendo a la toma de decisiones relativas a las acciones de conservación y de desarrollo económico sostenible de la región de la cuenca del Alto Paraguay. Los estudios también ofrecerán insumos para analizar las acciones basadas en ecosistemas necesarias para la adaptación al cambio climático.



Estos proyectos se consideran medidas de adaptación útiles en todo caso o «sin arrepentimiento» (*no regret*)⁴, pues independientemente de cualquier evaluación de riesgo y vulnerabilidad al cambio climático, los esfuerzos para proteger las nacientes, la rehabilitación de áreas degradadas, la creación de corredores ecológicos y ordenamiento territorial, garantizan la resiliencia de la propia cuenca.

En el caso del Chaco Seco, el área está escasamente poblada debido a las condiciones de escasez de agua, un factor limitante para la ocupación humana a gran escala. Es también la región con las mayores extensiones de áreas protegidas (figura 23).

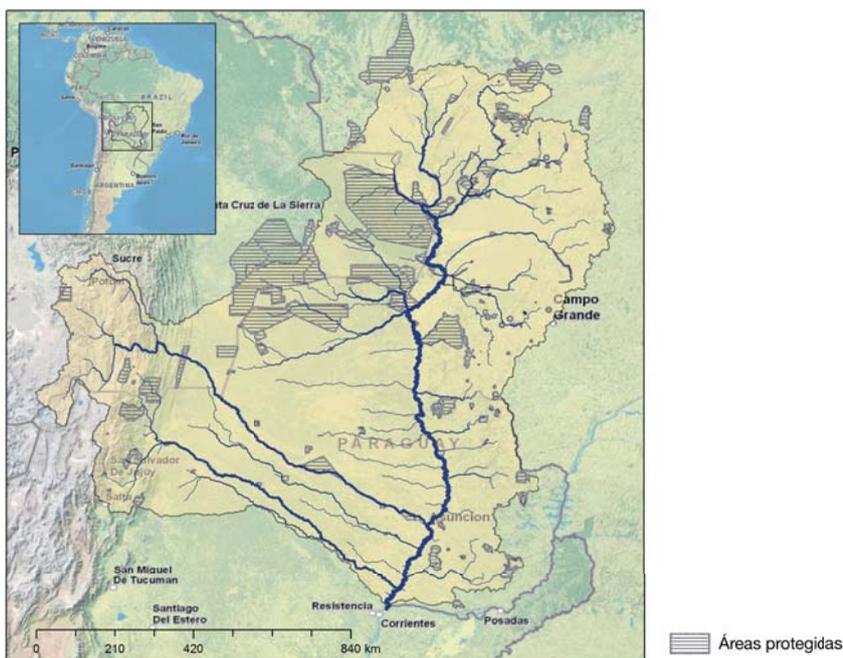


Figura 23. Áreas protegidas en la cuenca del río Paraguay.

Al contrario, las áreas de mayor riesgo son las que poseen un menor número de áreas protegidas. Además de su número insuficiente, las que existen carecen de conectividad entre sí para facilitar el flujo génico de las poblaciones, aumentar la diversidad genética regional y la resiliencia ante el cambio climático (figura 24). Según S. Combes, en L.J. Hansen, J.L. Biringer y J.R. Hoffman (2003), la conectividad natural también es una medida de adaptación de los ecosistemas al cambio climático porque hace posible las rutas migratorias para el acceso a refugios térmicos para algunas especies.

4 Las medidas de adaptación «sin arrepentimiento» (en inglés, *no regret*) son las medidas que, si se adoptan, aumentan la resiliencia de la cuenca hidrográfica o de cualquier sistema ecológico, geopolítico socioeconómico y recuden su vulnerabilidad a los efectos del calentamiento global. En general, las medidas de adaptación se determinan mediante un proceso sistemático de evaluación de las vulnerabilidades. Sin embargo, como en muchos casos hay limitaciones técnicas o financieras para llevar a cabo un análisis de vulnerabilidad, algunas medidas pueden implementarse previamente sin una evaluación sistemática de las vulnerabilidades reconocidas, debido a su reconocido potencial para aumentar la resiliencia de un sistema. La protección de nacientes y el mantenimiento de la conectividad de los ecosistemas acuáticos son ejemplos de medidas de adaptación «sin arrepentimiento» en las cuencas hidrográficas.

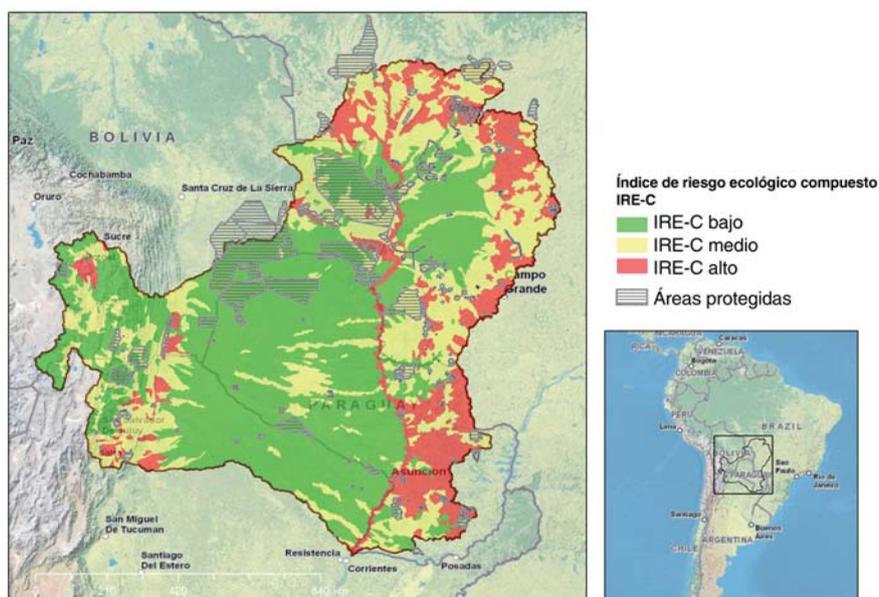


Figura 24. Cruce en las áreas protegidas y las áreas de riesgo ecológico en la cuenca del río Paraguay.

La creación de áreas protegidas públicas o privadas y la implantación de medidas de conservación en tierras privadas son esenciales para asegurar la conectividad entre los bloques protegidos ya existentes y garantizar la resiliencia de los ecosistemas. Considerando los ecosistemas acuáticos, el diseño de las áreas protegidas debe tener en cuenta áreas importantes para el mantenimiento de los ciclos hidrológicos, tales como las áreas de recarga de acuíferos, las nacientes y los manantiales. Los polígonos de protección por sí solos no

bastan para la preservación de los ecosistemas acuáticos.

En este caso, son vitales los procesos ecológicos, como el mantenimiento de la calidad del agua, el régimen hidrológico natural y la conectividad. En cuanto a la conectividad, se recomienda el mantenimiento de corredores ecológicos formados por los bosques de ribera (conectividad longitudinal) y la conexión entre el cauce del río y las llanuras de inundación y las lagunas marginales (conectividad lateral).

Otro factor de tensión que pone en peligro la conectividad de la cuenca son las centrales hidroeléctricas. En este estudio, las tensiones que provocan pueden haberse subestimado en los mapas, que muestran solo los impactos locales y no el efecto dominó a lo largo de los ríos. El Pantanal tiene 115 represas previstas para la próxima década, de las que la mayoría (75 %) son pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) (Calheiros *et al.*, 2009).

En principio, las PCH generan un impacto ambiental menor que las centrales hidroeléctricas grandes, como la CHE de Manso

(en el río Manso), afluente del río Cuiabá, pues tienen una menor capacidad de almacenamiento de agua y de regulación de los caudales. Por otro lado, aún se desconoce el efecto acumulativo de varias PCH en la dinámica hidrológica de la planicie del Pantanal. Es necesario evaluar de forma integrada cómo serán tales impactos y cuáles son las alternativas viables para sortearlos.

Se recomienda aplicar una herramienta que evalúe el efecto dominó de los impactos de las centrales hidroeléctricas grandes, medianas y pequeñas a lo largo del curso

de agua en su conjunto. De lo contrario, se subestimará ese efecto global, destacando los impactos locales. También se recomienda incluir en el análisis los datos sobre las PCH. Según Calheiros *et al.* (2009), entre los aspectos de prevención de los impactos de las represas en el Pantanal están los esfuerzos de modelación hidrológica, de evaluación ambiental integrada para determinar los impactos de manera conjunta en toda la cuenca, así como la prescripción de caudales ambientales para cuantificar los resultados a medio plazo de la alteración del pulso estacional de inundación del Pantanal.



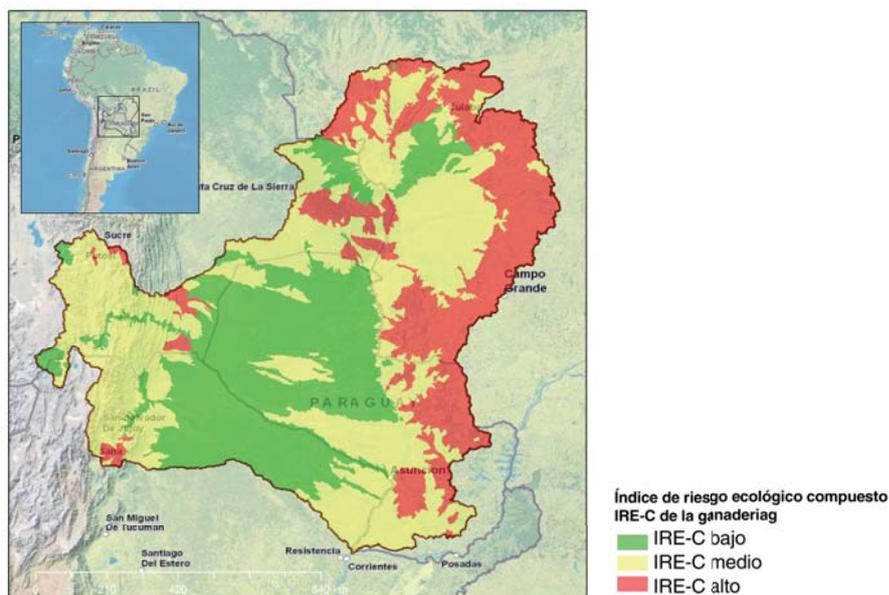


Figura 25. Mapa de riesgo (IRE-T) de la ganadería en la cuenca del río Paraguay.

De la misma manera, los datos de la agricultura solo consideraron la producción a gran escala, sin observar la producción local a pequeña escala. Quizá esta se realice con menos tecnología y más impactos en el suelo y el agua, por lo que es importante crear una base de datos al respecto e introducirla en una revisión de este estudio.

La ganadería aparece como uno de los principales factores de tensión de la cuenca, especialmente en el altiplano, donde se da la vegetación del Cerrado. El mapa de riesgo de la ganadería muestra eso con claridad (figura 25). La ganadería extensiva en el Cerrado carece aún de apoyo técnico, extensión rural e incentivos económicos. Aunque existe tecnología disponible, no llega a los productores con el debilitamiento de las agencias de extensión rural.

Muchos bancos financiadores ya están cambiando sus políticas de fomento y crédito rural, procurando incorporar criterios ambientalmente sostenibles para la liberación de recursos a la agricultura y la ganadería. Aunque aún es reciente, se trata de un paso importante para mejorar el impacto de la ganadería.

En el caso de la cuenca del río Paraguay, su gran fragilidad hidrológica e importancia económica en términos de productividad (los estados de Mato Grosso y de Mato Grosso do Sul poseen los mayores rebaños bovinos de Brasil) requeriría una política eficaz de extensión rural y de mejores prácticas ganaderas, como la conservación del agua y del suelo, el manejo y recuperación de pastos y la integración entre los cultivos y la ganadería (BPA/Embrapa/WWF, 2011).

Conclusión

El método de evaluación de riesgo ecológico, según lo propuesto por Mattson y Angermeier (2007), pese a ser semicuantitativo, cuando se combina con un SIG, demostró ser una herramienta importante para la planificación, que puede aplicarse de manera participativa y replicarse fácilmente en otras regiones.

Esa herramienta se construye sobre una base digital de datos, por lo que puede corregirse y actualizarse fácilmente, por lo que, más que mapa de riesgos, constituye un portal dinámico. Así, resulta accesible en internet y, al identificar problemas y conflictos, proporciona de manera práctica y objetiva información de calidad para los gestores y tomadores de decisiones de diversos ámbitos, lo cual permite una gestión más eficaz de los recursos naturales.

© WWF BRASIL/ADRIANO GAMBARINI



El análisis de riesgo ecológico es una primera etapa del análisis de vulnerabilidad del Pantanal frente al cambio climático. Como ya se señaló, para diseñar escenarios de cambio climático para una cuenca se necesita primeramente identificar y evaluar los factores de tensión actuales (no climáticos). Posteriormente, deben proyectarse los datos de los modelos climáticos globales o de la variabilidad climática para verificar qué tensiones actuales serán más o menos intensas en el futuro y dónde y cómo se producirán tales tensiones. Así, es posible identificar e implementar medidas de adaptación efectivas.

Por lo tanto, un paso esencial en ese sentido será complementar los resultados de este trabajo con un análisis de escenarios de cambio climático para la cuenca. Tales escenarios se diseñarán conjuntamente con la comunidad científica y los principales actores, como los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil organizada.

Además, se llevarán a cabo análisis de vulnerabilidad socioeconómica y política e institucional para formar una tríada con el análisis de la vulnerabilidad ecológica que aquí se presenta. El análisis socioeconómico deberá evaluar la vulnerabilidad de los habitantes de la cuenca, de las comunidades indígenas, los pescadores tradicionales y los productores rurales, hasta los principales sectores económicos, como la navegación, el turismo, la pesca,

la agricultura, la ganadería, etc. Se elaborarán recomendaciones para cada sector económico y para cada comunidad, que conformarán el plan de adaptación al cambio climático.

El análisis de la vulnerabilidad política e institucional, que ya se está desarrollando, evaluará criterios de buena gobernanza de las aguas y de la gestión integrada de los recursos hídricos mediante indicadores de gestión regional. Algunos ejemplos de indicadores de resiliencia política e institucional serían la existencia de foros, juntas o comités de la cuenca, la presencia o ausencia de órganos de gestión de los recursos naturales y de las aguas a nivel estatal y municipal, los espacios de participación social, la etapa de implantación de programas y proyectos de los gobiernos, o el grado de capacidad técnica de los gobiernos estatales y municipales.

La premisa que subyace es que, si existe un «tejido social» consistente, participativo y activo, además de gobiernos bien preparados, capacitados y bien equipados, los efectos del cambio climático se producirán en la cuenca de manera menos drástica. Esa vertiente político-institucional también formará parte del plan de adaptación.

The Nature Conservancy desarrollará una cartera de conservación para la cuenca del río Paraguay, identificando áreas y acciones prioritarias de conservación, con base en los principios de la Planificación

Sistemática de la Conservación. Este esfuerzo, que en inglés se denomina *blueprint*, también se inicia con el mapeo de riesgos y vulnerabilidades de la cuenca para generar posteriormente el mapeo de la biodiversidad. Para cada área prioritaria se realizará un diagnóstico del estado de conservación, un análisis de las deficiencias y objetivos planteados y las acciones prioritarias, como la creación de unidades de conservación o la recuperación de áreas degradadas.

Por lo tanto, se observa que tales esfuerzos son distintos, aunque complementarios. Por ello es importante consolidar alianzas estratégicas como esta. En el caso del Centro de Pesquisa do Pantanal, los resultados de los nueve subproyectos de investigación del Proyecto Sinergia se sistematizarán e integrarán, formando un plan de acción para combatir los efectos del cambio climático en el Pantanal. Ciertamente incluirá todos los resultados de los

análisis de vulnerabilidad ecológica, socioeconómica y político-institucional, así como del *blueprint*, para la aplicación de todos estos estudios, que es el interés principal de los socios participantes en esta publicación.

Finalmente, los resultados de estos estudios se publicarán y se difundirán ampliamente, para que sirvan de apoyo a políticas públicas a nivel local, estatal, federal e internacional, y puedan incorporarse a las políticas e instrumentos de conservación y cambio climático de la región.

Juntos, WWF, TNC y CPP se afanarán en apoyar a los órganos decisores para trabajar en pro de la conservación de la biodiversidad de esta importante cuenca y prepararla para el incierto futuro marcado por los cambios climáticos. El Pantanal es y seguirá siendo un refugio importante para varias especies y una reserva estratégica de agua dulce, un recurso que escaseará más aún en el futuro.



Referencias

Abell, R. et.al. 2008. Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. *BioScience*, 58 (5): 403-414. [May 2008]

Arkonada & Laats, 2009. El Caso de La Carretera Puerto Suarez – Santa Cruz.

BPA/EMBRAPA/WWF, 2011. Conservando água e solo: pecuária de corte no Cerrado. 1.ª edición. Brasília, 2011.

Calheiros, D. F. et al. 2009. Influências de usinas hidrelétricas no funcionamento hidro-ecológico do Pantanal Mato-Grossense: recomendações [recurso eletrônico] / Corumbá: Embrapa Pantanal, 2009. <http://www.cpap.embrapa.br/publicacoes/online/DOC102.pdf>

Combes, S. 2003. Protecting Freshwater Ecosystems in the Face of Global Climate Change. In Hansen, L. J., J. L. Biringir, and J. R. Hoffman. 2003. *Buying Time: A User's Manual for Building Resistance and Resilience to Climate Change in Natural Systems*. Island Press: Washington, D.C.

Fitzhugh, T. W. 2005. GIS Tools for Freshwater Biodiversity Conservation Planning. *Transactions in GIS*, 9:247-263.

Foster, S. & Garduño, H. 2002 Paraguay: El uso de agua subterránea en Gran Asunción – Problemas actuales y regulación propuesta – Colección de Casos Esquemáticos 3, Gestión sustentable del agua subterránea, GW-Mate, Banco Mundial. Disponible en www.worldbank.org/gwmate

IMEA (2010). Projeções para produção agropecuária em Mato Grosso. (http://www.imea.com.br/upload/pdf/arquivos/2010_02_04_Paper_Previsao_de_Producao_Mato_Grosso.pdf)

Jenks, G. (1977) *Optimal Data Classification for Choropleth Maps*. Kansas City, KS: Department of Geography, University of Kansas

Karr, J. R., K. D. Fausch, P. L. Angermeier, P. R. Yant, I. J. Schlosser. 1986. Assessing biological integrity in running waters: A method and its rationale. *Illinois Natural History Survey Special Publication* 5.

Lehner, B., K. Verdin & A. Jarvis. 2008. New Global Hydrography Derived From Spaceborne Elevation Data. *Eos, Transactions, AGU*, 89(10): 93-94. <http://www.worldwildlife.org/science/projects/freshwater/item1991.html> y <http://hydrosheds.cr.usgs.gov/>

LIDEMA. 2010. Informe del Estado Ambiental de Bolivia 2010. LIDEMA. La Paz, Bolivia. Eixos de Integração e Desenvolvimentos – Red Geoespacial de América del Sur [HTTP://www.geosur.info/geosur/iirsa/mapas_po.php](http://www.geosur.info/geosur/iirsa/mapas_po.php)

Mattson, K. M. & Angermeier, P. L. 2007. Integrating Human Impacts and Ecological Integrity into a Risk-Based Protocol for Conservation Planning. *EnvironManage* (2007) 39: 125–138

MMA (2009) Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCerrado. Brasília, 152 páginas.

Moraes, André Steffens. 2008. Pecuária e conservação do Pantanal: análise econômica de alternativas sustentáveis – o dilema entre benefícios privados e sociais / André Steffens Moraes. – Recife: O Autor, 2008. 265 folhas: fig., tab. e quadro. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CCSA. Economia, 2008.

PNUD 2009. La otra frontera. Informe temático sobre Desarrollo Humano. Usos alternativos de recursos naturales en Bolivia.

Edición

Aldem Bourscheit y Geralda Magela (WWF Brasil)
Ayla Tiago (TNC)

Traducción

Fernando Campos Leza

Montaje y maquetación

Supernova Design

Realización

The Nature
Conservancy 
Conservando la naturaleza.
Protegiendo la vida.

**Apoyo**

Centro de Pesquisa do Pantanal(CCP)/Sinergia, TNC Latin América (TNC/LAR), Great Rivers Partnership/
Caterpillar(GRP/CAT), HSBC, WWF Bolivia y WWF Paraguay

Colaboradores

Embrapa Pantanal y Ecoa

WWF Brasil

SHIS EQ 6/8 Conjunto E
Cep 71620-430 - Brasilia - DF - Brasil
Tel: (55+61) 3364-7400
www.wwf.org.br

The Nature Conservancy - TNC

SRTVS Qd. 701, Conj. D, Bl. B - Lj. 246
Brasília Design Center
70.340-907, Brasilia - DF- Brasil
(55+61) 3421-9100
www.tnc.org.br

Realización



Apoyo

CPP/Sinergia, TNC/LAR, Caterpillar, HSBC, WWF Bolivia y WWF Paraguay

Colaboradores

Embrapa Pantanal y Ecoa

ISBN 978-85-60797-10-3



9 788560 797103