

# CONSTRUYENDO UNA VISIÓN CONJUNTA DE DESARROLLO SOSTENIBLE PARA LOS LLANOS DE MOXOS

2022







Omar Torrico/ WCS

Construyendo una visión conjunta de desarrollo sostenible para los Llanos de Moxos

**Autores / Organización:** Adrian Vogl, Héctor Angarita, Andrea Baudoin Farah, Silvia Ten, Stacie Wolny  
Natural Capital Project y CIBIOMA-UABJB

Año de producción: 2022

**Resumen:** El paisaje biocultural de los Llanos de Moxos está cambiando rápidamente debido a una serie de presiones externas e internas. La población reconoce que su bienestar y calidad de vida dependen en gran medida de beneficios provistos por ecosistemas - como sabanas, bosques y humedales - que se están degradando o perdiendo. Entre estos beneficios destaca la disponibilidad de agua en cantidad y calidad suficiente. La misma se verá afectada por el cambio climático, obligando a la población a adaptarse a estas condiciones para mantener su bienestar. Además de los efectos del cambio climático, las decisiones que se tomen respecto al uso del suelo y el manejo del paisaje también tendrán impactos directos sobre los beneficios de la naturaleza de los que depende el bienestar futuro de la población. Por tanto, está en manos de los actores de los Llanos de Moxos orientar el desarrollo de la región para mejorar su bienestar presente y futuro.

**Palabras clave:** paisaje; contribuciones de la naturaleza a las personas; sistemas de aprovechamiento; escenarios futuros; cambio climático; cambio de uso de suelo; bienestar; desarrollo sostenible.

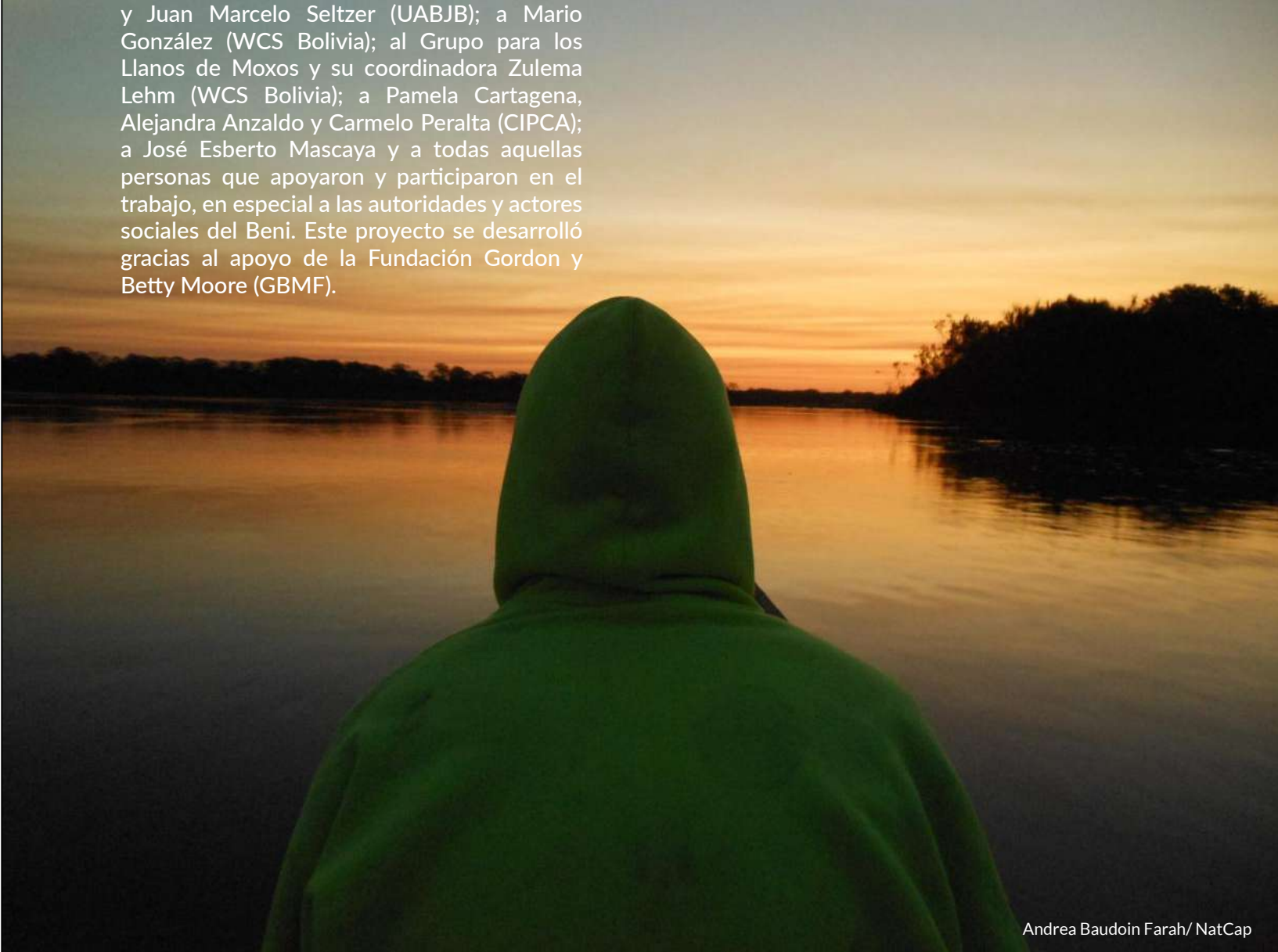
**Citación sugerida:** Vogl, A., Angarita, H., Baudoin Farah, A., Ten, S. y Wolny, S. (2022). *Construcción conjunta de una visión de desarrollo sostenible para los Llanos de Moxos*. Grupo de Trabajo para los Llanos de Moxos: Natural Capital Project/ CIBIOMA-UABJB. Trinidad (Beni, Bolivia)

**Créditos fotos portada:** 1. Omar Torrico/ WCS; 2. Robert Wallace/ WCS; 3. Paul B. Jones/ Armonía; 4. Daniel Barroso/ Faunagua; 5. Omar Torrico/ WCS; 6. Steffen Reichle; 7. Edson López/ Armonía; 8. Steffen Reichle.

1	2	4
	3	
5	6	8
	7	

## Agradecimientos

Queremos agradecer a las siguientes personas por sus contribuciones y asistencia para la realización de este trabajo: a Marcelo Guevara, Jesse Goldstein, Natasha Batista, James Douglass, Doug Denu y Rafael Schmitt (NatCap); a Rebeca Rivero, Daniel Zubieta, Eber Vargas, Ximena Cortez y Amira Katzuda (CIBIOMA-UABJB); a Mario Héctor Rivero y Juan Marcelo Seltzer (UABJB); a Mario González (WCS Bolivia); al Grupo para los Llanos de Moxos y su coordinadora Zulema Lehm (WCS Bolivia); a Pamela Cartagena, Alejandra Anzaldo y Carmelo Peralta (CIPCA); a José Esberto Mascaya y a todas aquellas personas que apoyaron y participaron en el trabajo, en especial a las autoridades y actores sociales del Beni. Este proyecto se desarrolló gracias al apoyo de la Fundación Gordon y Betty Moore (GBMF).



Andrea Baudoin Farah/ NatCap



Lista de siglas y acrónimos

ACEL	Escenario “cambio acelerado”
CIBIOMA	Centro de Investigación en Biodiversidad y medio Ambiente
CNP	Contribuciones de la naturaleza a las personas
CO <sub>2</sub> e	Equivalentes de dióxido de carbono
ECOS	Escenario “alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas”
GEI	Gases de efecto invernadero
IPBES	Plataforma intergubernamental científico-normativa sobre diversidad biológica y servicios de los ecosistemas
IPCC	Panel Intergubernamental de Naciones Unidas para el Cambio Climático
LdM	Llanos de Moxos
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua
NatCap	Natural Capital Project
SA	Sistema de aprovechamiento
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
SIG	Sistemas de Información Geográficos
SWY	Rendimiento hídrico estacional
TEND	Escenario “tendencia actual”
TCO	Tierra Comunitaria de Origen
UAB-JB	Universidad Autónoma del Beni José Ballivián
VNP	Valor neto de producción
WCS	Wildlife Conservation Society



Silvia Ten/CIBIOMA-UABJB

Contenido

Resumen ejecutivo .....	ix	Mantenimiento de los almacenamientos de carbono .....	36
Contexto .....	ix	Cantidad y calidad de agua .....	37
Objetivos .....	ix	Otras funciones importantes de los hábitats del paisaje Llanos de Moxos .....	40
Resultados clave .....	xi	Algunos efectos sobre los medios de vida: ingresos económicos y adaptación al cambio .....	41
¿Qué futuro para los Llanos de Moxos? .....	xxi	Síntesis: ¿qué futuro para Moxos? .....	44
Recomendaciones .....	xxiii	Propuestas de los actores locales para transitar hacia un futuro sostenible .....	49
Introducción .....	1	Resumen de métodos .....	50
Los Llanos de Moxos: un paisaje biocultural único conectado por el agua .....	3	Relevamiento de prioridades, tendencias y amenazas .....	50
Contribuciones de la naturaleza a las personas en los Llanos de Moxos .....	6	Definición y caracterización de los sistemas de aprovechamiento .....	52
Resultados clave .....	9	Escenarios futuros .....	54
I. Contribuciones de la naturaleza y medios de vida en los Llanos de Moxos .....	9	Modelación del sistema hidrológico de los Llanos de Moxos y los escenarios de cambio climático .....	56
Medios de vida .....	9	Modelación de los cambios en el almacenamiento de carbono .....	60
Contribuciones del paisaje Llanos de Moxos al bienestar desde la percepción local .....	14	Limitaciones .....	61
Tendencias y amenazas de las contribuciones de la naturaleza a las personas .....	19	Conclusiones y recomendaciones .....	62
II. El futuro de los Llanos de Moxos .....	27	Referencias .....	65
Vías potenciales de desarrollo .....	27	Recursos adicionales .....	69
Cambio climático .....	32		
III. Capital natural y bienestar social: el balance entre las ganancias y las pérdidas en escenarios futuros de desarrollo .....	35		
Hábitats y servicios asociados .....	35		



Carla Jaimes Betancourt/ Universidad de Bonn



Lista de gráficos<sup>1</sup>

**Figura i.** Sistemas de aprovechamiento de los Llanos de Moxos ..... xii

**Figura ii.** Prioridad *versus* consenso de las contribuciones de la naturaleza evaluadas (variabilidad entre percepciones) ..... xii

**Figura iii.** Contribuciones de la naturaleza críticas en el dpto. del Beni desde la percepción local ..... xiii

**Figura iv.** Cambios en la superficie del paisaje del Beni bajo el escenario “tendencia actual” (TEND) .. xv

**Figura v.** Cambios en la superficie del paisaje del Beni bajo el escenario “cambio acelerado” (ACEL) .. xv

**Figura vi.** Cambios en la superficie del paisaje del Beni bajo el escenario “alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas” (ECOS) ..... xv

**Figura vii.** Impactos de los escenarios de desarrollo y cambio climático en los indicadores relacionados con el agua . ..... xvi

**Figura viii.** Impactos de los escenarios de transformación (aprovechamiento) en la extensión futura de los hábitats acuáticos y terrestres en el Beni .... xvii

**Figura ix.** Cambios en el almacenamiento de carbono (pérdida del almacenamiento neto por cambio en la vegetación y flujo neto de carbono por quemas asociadas a modelos de manejo del paisaje) ..... xviii

**Figura x.** Evolución del índice de diversidad de cultivos en espacios dedicados a la agricultura ..... xx

**Figura xi.** Resumen de posibles transiciones del paisaje Llanos de Moxos en tres escenarios futuros: ECOS, TEND y ACEL ..... xxii

**Figura 1.** Importancia de los LdM en el ciclo hidrológico del sur de la Amazonía: suministro de agua y extensión y volumen de almacenamiento de la llanura de inundación ..... 5

**Figura 2.** Sistemas de aprovechamiento de los Llanos de Moxos. .... 9

**Figura 3.** Distribución por municipios del Valor Neto de Producción (VNP) de la ganadería en el Beni ..... 11

**Figura 4.** Distribución por municipios del Valor Neto de Producción (VNP) de la agricultura en el Beni ....12

**Figura 5.** Distribución por municipios del potencial de recolección de castaña y cacao silvestre ..... 12

**Figura 6.** Índice de la distribución del Valor Neto de Producción de la ganadería y la agricultura en el Beni ..... 13

**Figura 7.** Diversidad de cultivos en áreas de producción ..... 13

**Figura 8.** Aporte actual al bienestar de 19 contribuciones del paisaje LdM (y del Beni) a las personas desde la percepción de sus principales actores ..... 15

**Figura 9.** Prioridad *versus* consenso de las contribuciones de la naturaleza evaluadas (variabilidad entre percepciones) ..... 16

**Figura 10.** Síntesis de la situación actual de las contribuciones de la naturaleza del departamento del Beni y sus tendencias en el futuro próximo desde la percepción local ..... 21

**Figura 11.** Contribuciones de la naturaleza críticas en el Beni desde la percepción local ..... 22

**Figura 12.** Principales impulsores de cambio y su incidencia en las contribuciones de la naturaleza desde la perspectiva de los actores sociales ..... 25

**Figura 13.** Resumen de interrelaciones entre impulsores directos e indirectos y sus principales efectos desde la percepción local ..... 26

**Figura 14.** Transformaciones en los sistemas de aprovechamiento del paisaje en el escenario “tendencia actual” (TEND) ..... 28

**Figura 15.** Transformaciones en los sistemas de aprovechamiento del paisaje en el escenario “cambio acelerado” (ACEL) ..... 29

**Figura 16.** Transformaciones en los sistemas de aprovechamiento del paisaje en el escenarios “alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas” (ECOS) ..... 31

**Figura 17.** Cambios en los patrones climáticos en la región de Moxos según las proyecciones del IPCC-CMIP6 para los escenarios moderado-optimista (SSP 1-2,6) y pesimista (SSP 5-8,5) ..... 33

**Figura 18.** Principales cambios en indicadores de servicios hidrológicos en los Llanos de Moxos bajo escenarios de cambio climático. .... 34

**Figura 19.** Impactos de los escenarios de transformación en la extensión futura de los hábitats acuáticos y terrestres en el Beni ..... 35

**Figura 20.** Cambios en el almacenamiento de carbono (pérdida almacenamiento neto por cambio en la vegetación y flujo neto por práctica de quema asociada a diferentes modelos de manejo) ..... 36

**Figura 21.** Impactos de los escenarios de transformación (aprovechamiento y cambio climático) en indicadores hidrológicos de los Llanos de Moxos ..... 37

**Figura 22.** Impactos potenciales de los escenarios de transformación en la calidad del agua por efecto acumulativo de la aplicación de fertilizantes en zonas de agricultura intensiva en insumos, horizonte 2050, escenario climático pesimista (SSP % -8,5) ..... 38

**Figura 23.** Impactos de los escenarios de transformación (aprovechamiento y cambio climático) en los rendimientos hídricos, horizonte ~2050. Escenario climático pesimista SSP 5-8.5 .... 39

**Figura 24.** Evolución del índice de equidad en la distribución del Valor Neto de Producción de la ganadería y la agricultura en los distintos escenarios ..... 42

**Figura 25.** Evolución del índice de diversidad de cultivos en espacios dedicados a la agricultura ..... 43

**Figura 26.** Esquema simplificado del espectro de visiones de futuro para los Llanos de Moxos ..... 44

**Figura 27.** Representación simplificada de las interacciones entre varios componentes del paisaje Llanos de Moxos y potenciales consecuencias en términos de capital natural y contribuciones de la naturaleza para el bienestar de la población: escenarios TEND y ACEL. .... 46

**Figura 28.** Representación simplificada de las interacciones entre varios componentes del paisaje Llanos de Moxos y potenciales consecuencias en términos de capital natural y contribuciones de la naturaleza para el bienestar de la población: escenarios ECOS ..... 47

**Figura 29.** Marco conceptual y metodológico para el análisis de percepciones sobre las contribuciones de la naturaleza, sus tendencias e impulsores de cambio ..... 51

**Figura 30.** Fórmula del coeficiente de Gini (G) ..... 53

**Figura 31.** Fórmula del Índice de Shannon (H) ..... 53

**Figura 32.** Esquema general del proceso utilizado para generar escenarios proyectados de sistemas de aprovechamiento ..... 55

**Figura 33.** Marcos de referencia considerados en el estudio de la hidrología de los Llanos de Moxos y las contribuciones al bienestar asociadas ..... 56

**Figura 34.** Representación simplificada del modelo de Rendimiento Hídrico Estacional (SWY) y las rutinas para modelar el componente de almacenamiento y tránsito superficial en los humedales y planicies inundables en el balance hídrico ..... 57

**Figura 35.** Análisis de la variabilidad hidroclimatológica de largo plazo del sistema de Llanos de Moxos para identificar los años de referencia seco y húmedo utilizados en el análisis del modelo de SWY ..... 58

Lista de tablas<sup>1</sup>

**Tabla 1.** Resumen de contribuciones de la naturaleza a las personas analizadas indicando el ícono utilizado para su representación ..... 7

**Tabla 2.** Indicadores de las contribuciones de la naturaleza cuantificadas en las modelaciones: situación actual y escenarios futuros ..... 8

**Tabla 3.** Descripción de los principales sistemas de aprovechamiento de los Llanos de Moxos ..... 10

**Tabla 4.** Divergencias en relación a la media global de las percepciones de los diferentes actores sobre la importancia de las contribuciones de la naturaleza en relación al bienestar ..... 17

**Tabla 5.** Descripción del sistema de aprovechamiento: agricultura de conservación y ganadería semi-intensiva ..... 28

**Tabla 6.** Resumen de los impactos de los escenarios de desarrollo, con referencia a los indicadores modelados en este estudio ..... 48

**Tabla 7.** Resumen de la información utilizada para caracterizar los sistemas de aprovechamiento ..... 52

**Tabla 8.** Resumen de la información utilizada para caracterizar factores contextuales (habilitantes y restricciones) en la simulación de escenarios de uso futuro ..... 54

**Tabla 9.** Resumen de la información utilizada para implementar la modelación hidrológica ..... 59

<sup>1</sup> Todas las figuras y tablas de este informe son de elaboración propia. Ver la sección “Resumen de métodos”.





Carla Jaimes Betancourt/ Universidad de Bonn

## Resumen ejecutivo

### Contexto

El paisaje de los Llanos de Moxos y del Beni es un paisaje biocultural que está cambiando rápidamente debido a una serie de presiones externas e internas.

El complejo paisaje de los Llanos de Moxos (LdM) es el resultado de su posición única como el mayor ecosistema de sabanas y humedales de la Amazonía, su historia de ocupación humana de más de 10.000 años, así como su rica diversidad biológica y cultural. Un ejemplo único de un paisaje biocultural, modelado por, y modelador de, diferentes estrategias de ocupación y usos del territorio a lo largo de la historia. En la actualidad, este extenso sistema de humedales, llanuras aluviales, sabanas y bosques es el hogar de 18 pueblos indígenas y aproximadamente medio millón de personas. Milenios de ocupación y co-evolución de fuerzas naturales y culturales en los LdM han dado lugar a un conjunto diverso de sistemas de aprovechamiento adaptados a este dinámico paisaje.

Actividades como la pesca, la ganadería extensiva, la producción agrícola, el ecoturismo y el aprovechamiento de productos forestales maderables y no maderables (como el cacao, la castaña y el asaí), entre otras, son parte importante de los medios de vida locales y de la economía regional. A día de hoy, la mayoría de las personas que viven en los LdM siguen dependiendo del uso directo de los recursos naturales para sus formas de vida.

Sin embargo, el paisaje de los LdM está experimentando una rápida transformación. Esto es el resultado de una combinación de presiones entre las que destacan: el cambio climático, los cambios en el uso del suelo (principalmente por conversión de bosques y sabanas hacia modelos de agricultura y ganadería intensiva), el incremento en la demanda de recursos naturales y las diferentes intervenciones en los ríos y cuerpos de agua en las cabeceras andinas que alimentan los LdM. Todas estas presiones amenazan la capacidad de la naturaleza de contribuir al bienestar de las personas, los medios de vida y las actividades económicas de la población local. Contribuciones de la naturaleza a las personas (CNP) que proveen una gama variada de beneficios como el suministro y la purificación del agua y el aire, la regulación de las inundaciones, el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la polinización y la dispersión de semillas, la recolección de plantas medicinales, leña y fibras, la pesca, los valores recreativos y turísticos, la reproducción de la identidad cultural y la mitigación del cambio climático, por citar algunos. La degradación de estas CNP tendría consecuencias no solo en los LdM, sino también a escala regional.

### Objetivos

El objetivo de este estudio es generar información científica que ayude a la toma de decisiones por diversos actores locales en sus ámbitos de acción (planificación, fomento, inversión, producción, gestión territorial, legislación, etc.). Conocer los potenciales beneficios e impactos futuros de los cambios que resulten de las decisiones que se tomen en el presente, permite evaluar y reorientar estas decisiones en función de las prioridades y la protección del bienestar de la población. Por eso, este estudio:



1. Investiga las percepciones sobre las CNP de los LdM desde la perspectiva de diferentes grupos de actores locales, su contribución al bienestar, sus tendencias y amenazas;

2. Simula escenarios de transformación del paisaje para el 2050 mediante el desarrollo de modelos de cambio de uso del suelo que reflejan las diferentes prioridades expresadas por los actores sociales a nivel departamental y municipal;

3. Desarrolla un modelo de la hidrología y el almacenamiento de agua en las llanuras de inundación de Moxos para evaluar el impacto de diferentes

escenarios del cambio climático y de uso del suelo en la hidrología de la región;

4. Evalúa el potencial impacto de estos escenarios en los medios de vida, la cantidad y calidad del agua, la extensión de los hábitats naturales y las funciones ambientales asociadas, el almacenamiento del carbono; y

5. Examina las implicaciones de estos escenarios en la vulnerabilidad y el riesgo de las poblaciones de los LdM y del departamento del Beni ante el cambio climático.

Resultados clave

El bienestar y la calidad de vida de la mayoría de las personas que viven en los Llanos de Moxos dependen en gran medida de disponer de ecosistemas sanos (sabanas, bosques y humedales). La diversidad de sistemas de aprovechamiento desarrollados en respuesta a ello, sumada a la hidrología única de la región, resultan en un complejo paisaje biocultural.

Las estrategias de medios de vida de las familias y comunidades en los LdM están íntimamente vinculadas al aprovechamiento y gestión de los ecosistemas que componen el paisaje de la región. A través de distintos tiempos históricos, los habitantes de los LdM han desarrollado sistemas de aprovechamiento adaptados a las singulares características ecológicas e hidrológicas de la región (Figura i).

Este paisaje, a través de su capital natural, tiene la capacidad de generar un flujo de diferentes bienes

y servicios (CNP) de los que los humanos obtienen beneficios, tanto por su uso directo (p.ej. agricultura, ganadería, pesca, madera), como indirecto (p.ej. regulación de la calidad del aire y el agua, formación del suelo, turismo, identidad cultural).

Los diversos sistemas de vida y los ecosistemas que los sustentan aportan un enorme valor a la población de los LdM en forma de alimentos, agua, ganadería, pesca, materiales de construcción. plantas medicinales, cacao, castaña y otros frutos amazónicos, cacería de subsistencia, madera, regulación de la calidad del agua y el aire, fertilidad de los suelos, polinización y dispersión de semillas, regulación del clima y de las inundaciones, biodiversidad, control de plagas, provisión de espacios para el mantenimiento de culturas vivas, la construcción de identidad cultural, la recreación, el valor del legado arqueológico, el desarrollo de actividades turísticas o la investigación y educación ambiental.

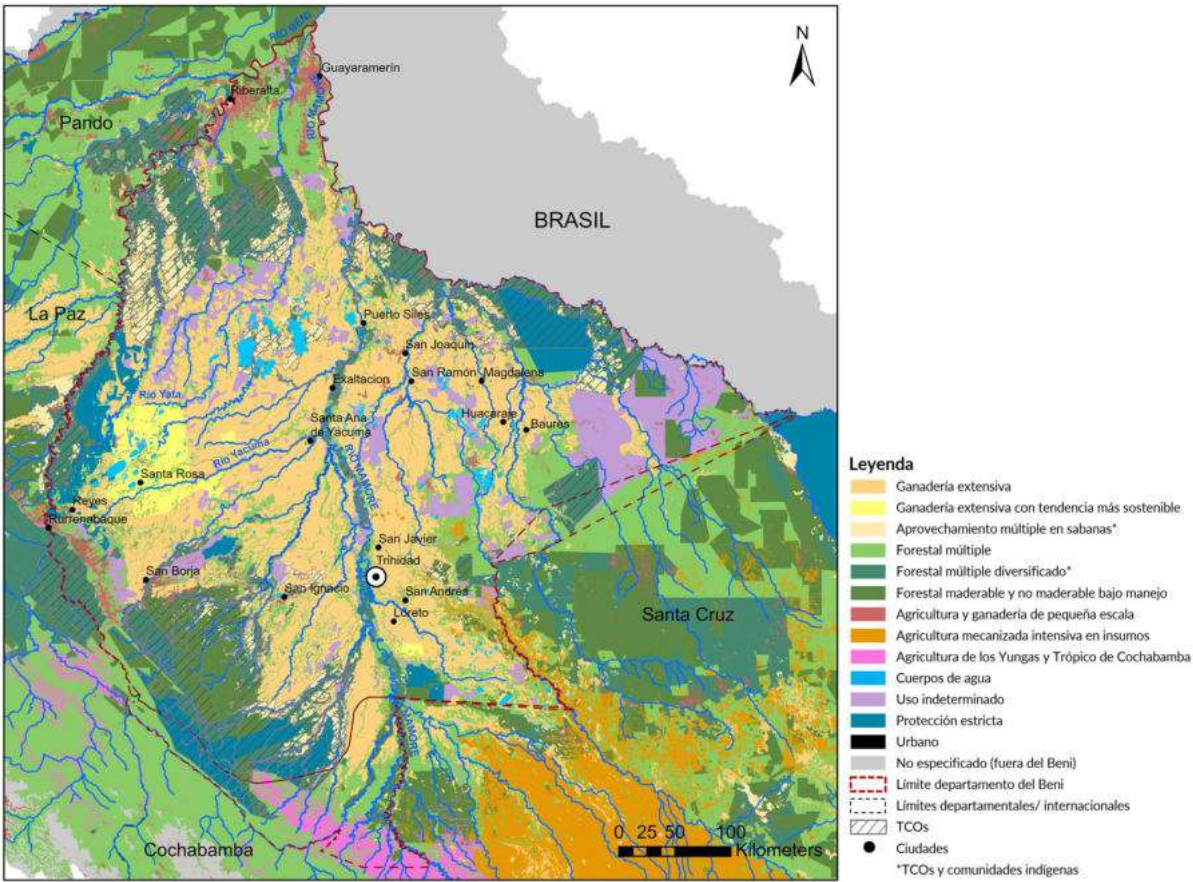


Figura i. Sistemas de aprovechamiento de los Llanos de Moxos.



La población del Beni reconoce la importancia de los beneficios que brinda la naturaleza, pero las percepciones y el nivel de dependencia varían según el lugar y el grupo de interesados. No obstante, todos coinciden sobre la importancia para el bienestar de disponer de agua en cantidad y calidad suficiente.

Cinco grandes grupos de actores participaron en el estudio y compartieron sus perspectivas sobre las contribuciones de la naturaleza para su bienestar: autoridades municipales (gestores de cada municipio), pueblos indígenas, ganaderos, campesinos y pescadores (estos últimos con menor representatividad). Dos aspectos destacan en la valoración global: la importancia atribuida al agua (tanto disponibilidad como calidad) y a los servicios/funciones de regulación en general. Sin embargo, al comparar las valoraciones obtenidas sobresale la gran variabilidad en la percepción sobre la importancia relativa asignada a las distintas CNP (Figura ii).

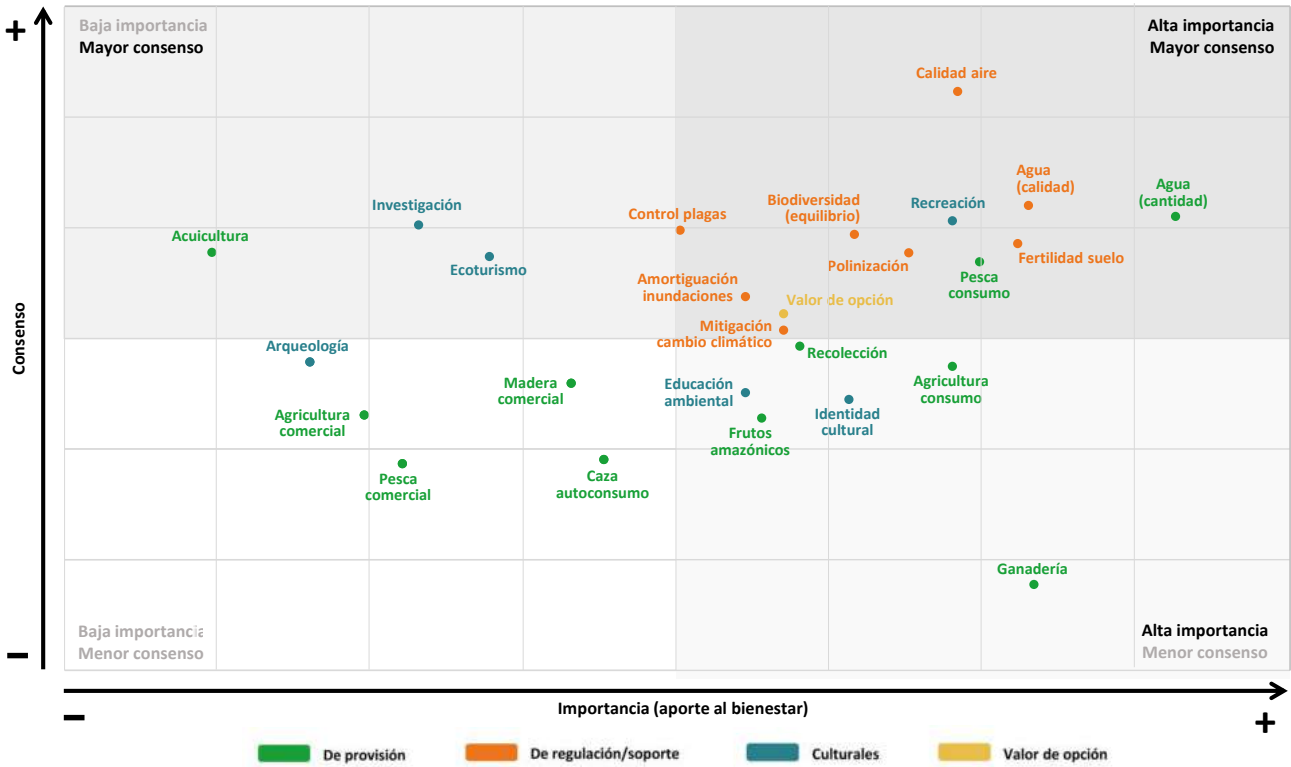


Figura ii. Prioridad versus consenso de las contribuciones de la naturaleza evaluadas mostrando la alta variabilidad entre las percepciones de los diferentes actores.

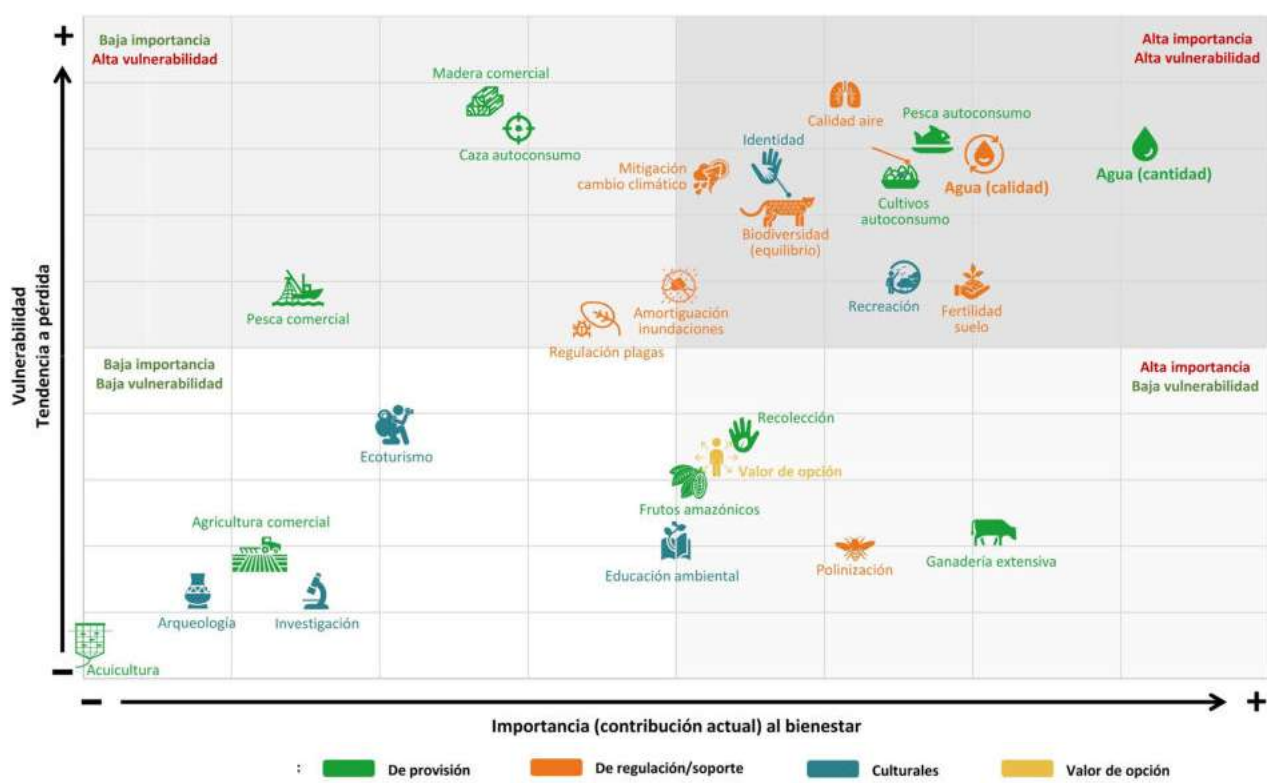


Figura iii. Contribuciones de la naturaleza críticas en el departamento del Beni desde la percepción local.

A pesar de su importancia para la prosperidad de la región, muchos de los beneficios de la naturaleza están disminuyendo o se están perdiendo, incluyendo la cantidad y calidad del agua.

En las últimas décadas, los habitantes de los LdM y del departamento del Beni han experimentado cambios negativos en la provisión de prácticamente todas las CNP priorizadas, afectando a sus medios de vida y a su bienestar. Esta pérdida gradual afecta principalmente a (i) contribuciones de la naturaleza importantes para el mantenimiento de las economías de subsistencia que caracterizan a gran parte de la población del departamento: pesca y caza de subsistencia, disponibilidad de agua y agricultura de consumo, junto a la madera comercial, de cuyo aprovechamiento se beneficia un espectro más amplio de actores, y (ii) varias funciones de regulación, destacando calidad del agua y del aire, fertilidad del suelo y biodiversidad.

Los actores locales han identificado numerosos factores que estarían afectando a la capacidad de la na-

turaliza de contribuir al bienestar de las personas. La mayoría de ellos se pueden agrupar en cuatro grandes impulsores de cambio relacionados entre sí cuyos efectos en el paisaje ya se observan: el cambio de uso del suelo, la sobreexplotación de recursos naturales, la contaminación y el cambio climático, agravados por causas socioeconómicas subyacentes como la pobreza y la falta de oportunidades. El declive de las funciones de regulación es especialmente preocupante porque presagia el futuro declive de otros beneficios de los ecosistemas en un contexto en el que los principales impulsores de cambio se intensifican.

Las contribuciones de la naturaleza a las personas sometidas a una fuerte demanda y con tendencias crecientes a su reducción, requieren de especial atención, y aquellas priorizadas por su aporte al bienestar podrían considerarse como contribuciones críticas del paisaje de los LdM, por ejemplo, la cantidad y calidad del agua, el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la pesca y la agricultura de consumo, la calidad del aire y el disfrute de la naturaleza (Figura iii).



**IV.** Las decisiones que se tomen hoy respecto al uso del suelo y el manejo del paisaje encaminarán a los Llanos de Moxos hacia futuros muy distintos. Las orientaciones de desarrollo que se escojan tendrán un impacto directo sobre el bienestar y la calidad de vida futura de la población.

Utilizando como principal fuente de información las diferentes preferencias, aspiraciones y prioridades declaradas por distintos actores, se elaboran tres escenarios representativos de trayectorias divergentes de transformación del paisaje LdM al año 2050.

**Escenario “tendencia actual” (TEND)**

El primer escenario representa la continuación de las tendencias actuales (“TEND”) durante las próximas décadas. Este escenario supone que las transformaciones y cambios que se vienen observando en los LdM y en el Beni seguirán ocurriendo al mismo ritmo que en los últimos 20 - 30 años. Las principales transformaciones serían la conversión parcial de las pampas dedicadas a la ganadería extensiva hacia la agricultura mecanizada intensiva en insumos y la extensión de la agricultura y ganadería de pequeña escala sobre áreas de bosque. Por tanto, se reducen considerablemente las coberturas naturales y se transforma sustancialmente el paisaje (Figura iv).

**Escenario “cambio acelerado” (ACEL)**

En el segundo escenario, denominado “cambio acelerado” (ACEL), los principales cambios observados en la tendencia actual suceden a un ritmo acelerado. Se

trata de un escenario similar al anterior, pero en el que las transformaciones llegan a tener una mayor escala en el mismo horizonte de tiempo. Los principales cambios también consisten en la conversión de pampas hacia la agricultura mecanizada intensiva en insumos y la extensión de la agricultura y ganadería de pequeña escala sobre áreas de bosque. Estos cambios se dan sobre una superficie aún mayor que en el escenario anterior, dando lugar a una intensa transformación del paisaje con pérdida de grandes extensiones de bosques y sabanas (Figura v).

**Escenario “alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas” (ECOS)**

El tercer escenario, denominado “alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas” (ECOS), difiere considerablemente de los dos primeros. Este escenario mantiene en gran medida el paisaje biocultural de los LdM al fortalecer los sistemas actuales de aprovechamiento basados en las potencialidades del paisaje. Por tanto, predominan en el paisaje futuro de Moxos sistemas diversificados que se apoyan en las sabanas naturales, los bosques y los humedales como: los sistemas agroforestales, la ganadería extensiva más sostenible (con rotación de potreros y manejo sin fuego) y la agricultura de conservación (mecanizada o no, diversificada, enfocada en la prevención de la pérdida de suelos, el aprovechamiento del agua y la eficiencia en el uso de nutrientes) (Figura vi). El mantenimiento de la integridad del paisaje garantiza su funcionalidad y el flujo de servicios ambientales para beneficio de la población, manteniendo la diversidad de opciones de usos actuales y futuros, consuntivos y no consuntivos, y la permanencia de la diversidad cultural.



Héctor Angarita/NatCap

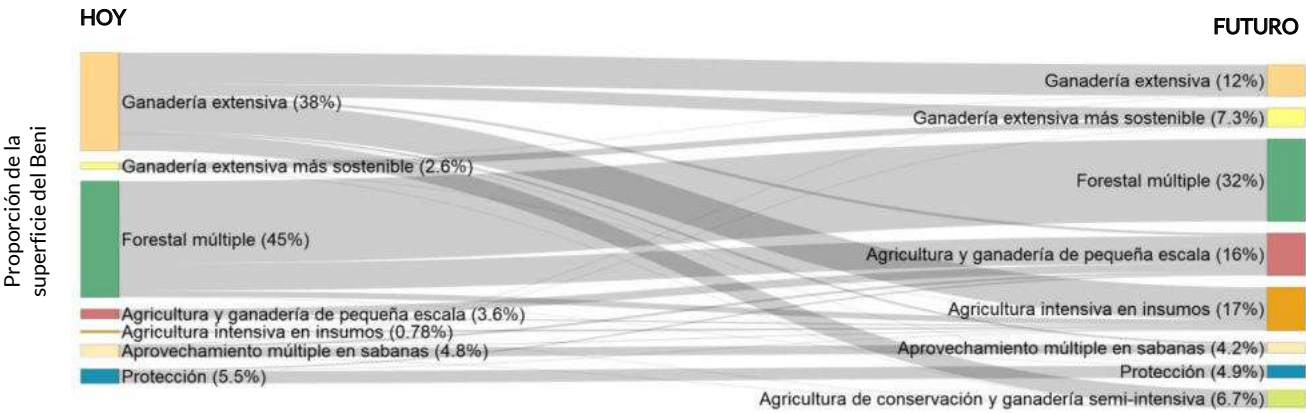


Figura iv. Cambios en la superficie del paisaje del Beni bajo el escenario “tendencia actual” (TEND).

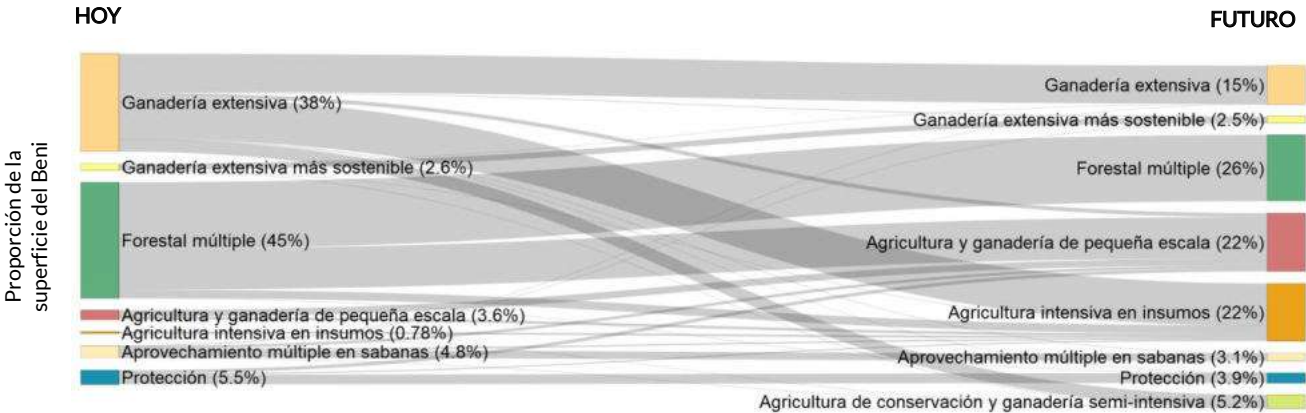


Figura v. Cambios en la superficie del paisaje del Beni bajo el escenario “cambio acelerado” (ACEL).

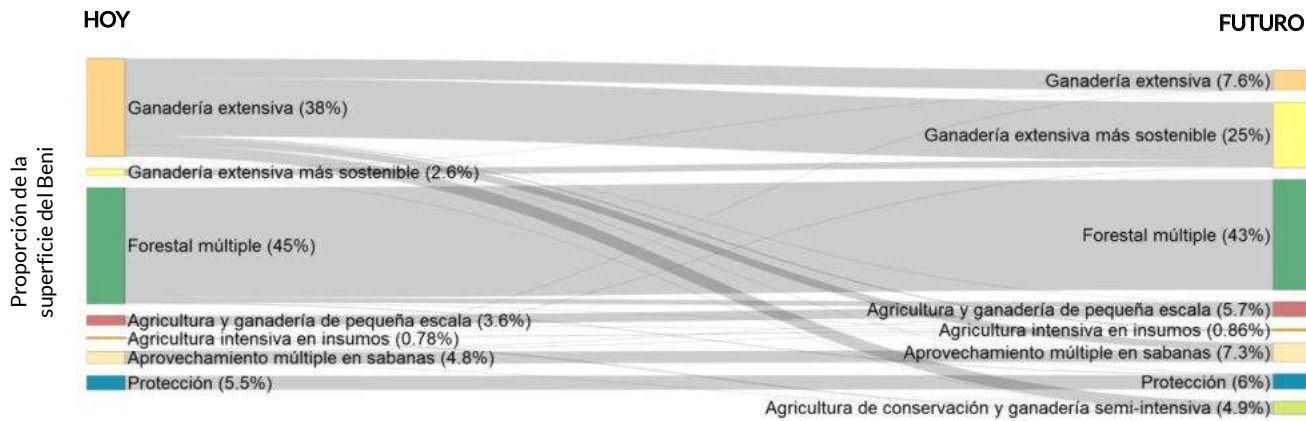


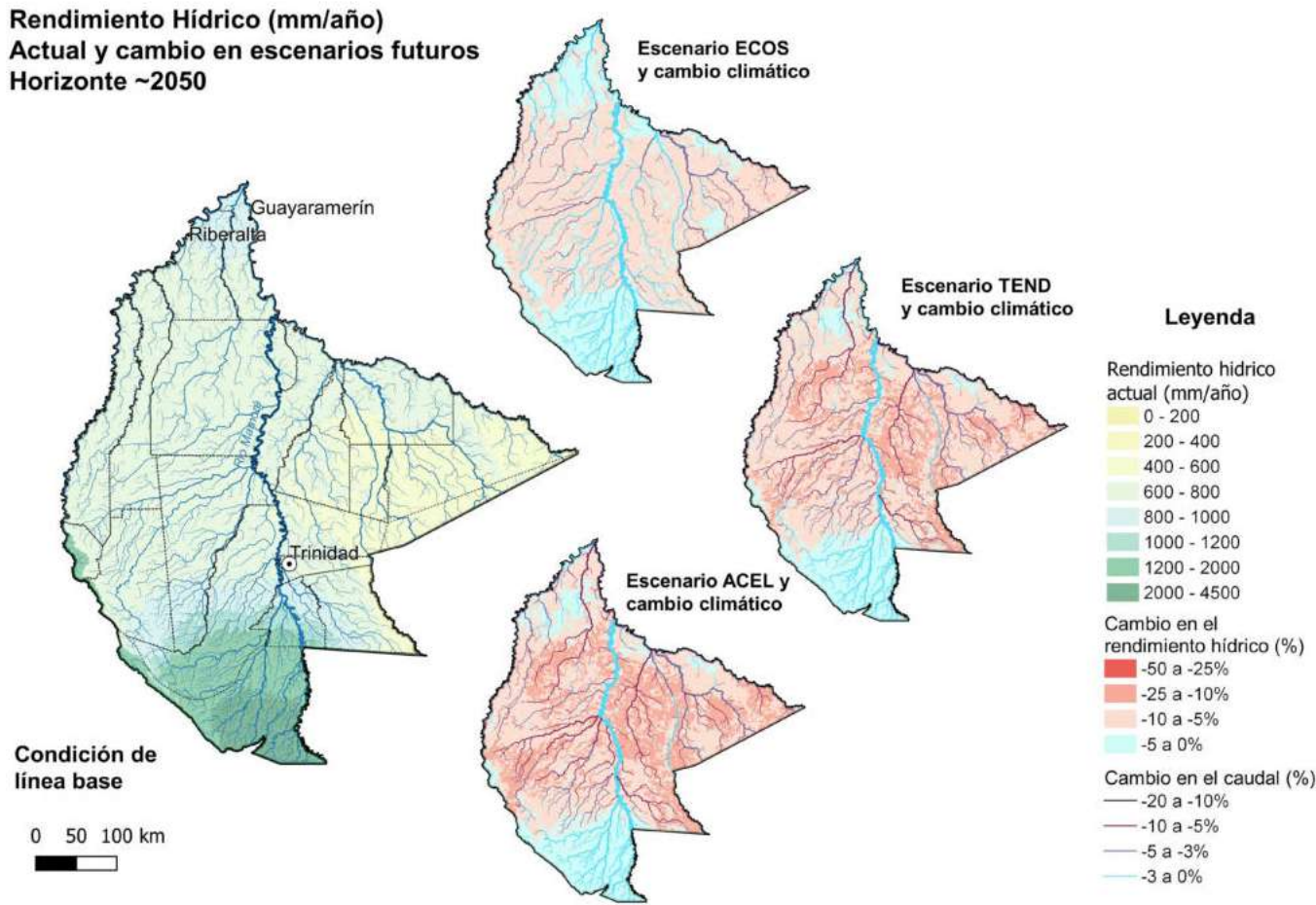
Figura vi. Cambios en la superficie del paisaje del Beni bajo el escenario “alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas” (ECOS).



**V** Independientemente de las decisiones de los actores locales y de las políticas públicas del Beni, el cambio climático será uno de los principales factores de transformación durante las próximas décadas.

Cambios previstos en la temperatura y la precipitación provocados por el cambio climático afectarán el ciclo hidrológico y generarán alteraciones en las funciones de los ecosistemas de los LdM (Figura vii). En un escenario moderado de cambio climático (SSP 1-2,6) se prevé un incremento de las temperaturas de aproximadamente +1,9 °C a mitad de siglo (+1,8 °C a fin de siglo) y una reducción de las precipitaciones anuales de entre -2 y -4% (hasta -3 y -6% a fin de si-

glo). En un escenario más pesimista (SSP 5-8,5) el resultado es una desestabilización del sistema climático a gran escala. En este escenario, las proyecciones indican incrementos en la temperatura de aproximadamente +3,3 °C a mitad de siglo (+5,7 °C a fin de siglo) y una reducción de las precipitaciones anuales entre -3 y -10% (entre -5 y -14% a fin de siglo). **Estas alteraciones provocadas por el cambio climático generarán impactos en los beneficios que ofrece el paisaje a las personas y en las actividades que se desarrollen en la región.** Por ejemplo, reducirán la oferta de hábitats de agua dulce y la disponibilidad de agua en época seca, ambos determinantes de beneficios como el acceso al agua para consumo y el soporte de las pesquerías, entre otros.

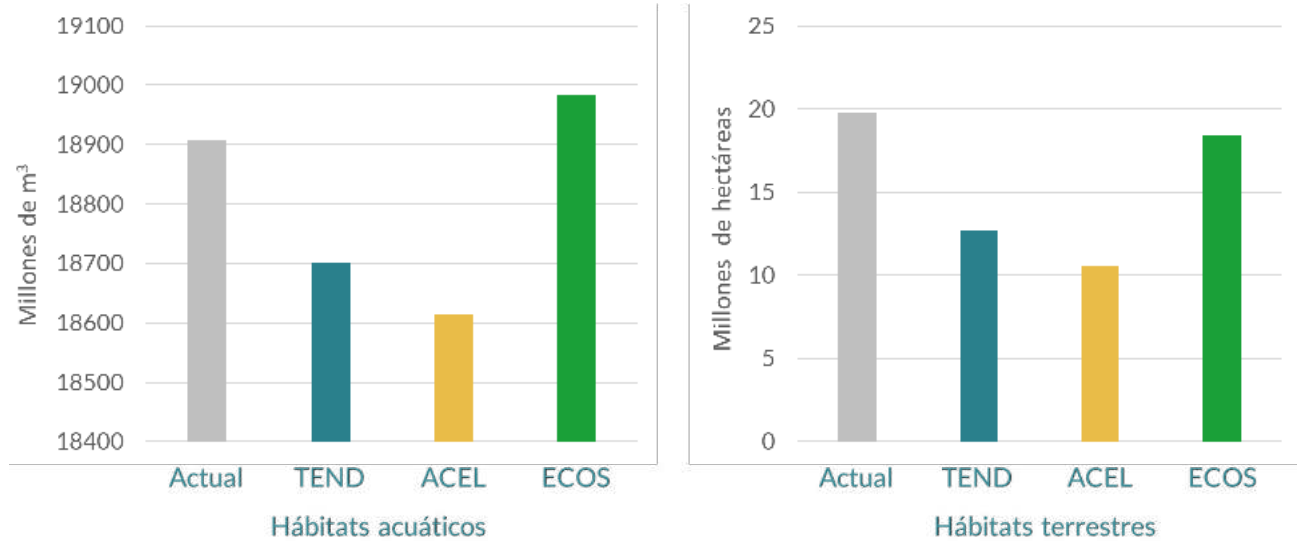


**Figura vii.** Impactos de los escenarios de desarrollo y cambio climático en los indicadores relacionados con el agua.

**VI** Las orientaciones de desarrollo que se escojan en los Llanos de Moxos tendrán un impacto directo sobre su capital natural y el bienestar y la calidad de vida futura de la población en términos de recursos hídricos, almacenamiento de carbono, otros recursos naturales y beneficios relacionados, medios de vida y capacidad de adaptación y mitigación al cambio climático.

### Hábitats terrestres y acuáticos

Una de las diferencias más significativas entre los tres escenarios futuros es la extensión de la pérdida de hábitats, tanto terrestres como acuáticos, del paisaje LdM. Estas pérdidas, impulsadas principalmente por la expansión de la agricultura y su enfoque en unas pocas CNP, son muy altas en los escenarios que reflejan las continuaciones de las tendencias actuales (TEND) y en el que estas tendencias se aceleran (ACEL), y comparativamente bajas en el escenario que prioriza las alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas (ECOS) (Figura viii).



**Figura viii.** Impactos de los escenarios de transformación (aprovechamiento) en la extensión futura de los hábitats acuáticos y terrestres en el Beni.

Esta pérdida acelerada de hábitats en los escenarios TEND y ACEL pone en riesgo el capital natural de los LdM y la capacidad del paisaje de mantener la provisión de bienes y servicios para el bienestar y el desarrollo de la población.

### Disponibilidad de agua

El cambio climático y los cambios de uso de suelo reducirán el caudal de los ríos y el agua disponible. En los escenarios TEND y ACEL, la sustitución de grandes extensiones de vegetación para la implementación de agricultura mecanizada conllevará una reducción importante en los rendimientos hídricos y en los volúmenes de agua estacionalmente almacenados en el paisaje. Este efecto es aún más acentuado en las corrientes superficiales de ríos pequeños y medianos (Figura vii). En contraste, el escenario ECOS no altera en gran medida la funcionalidad hidrológica actual del sistema, aunque también es susceptible a los efectos del cambio climático.



Almacenamiento de carbono

Las extensas zonas de ecosistemas terrestres y humedales de los LdM, y especialmente su paisaje circundante de bosques amazónicos, son grandes reservorios de carbono que contribuyen a mantenerlo fuera de la atmósfera evitando su contribución al cambio climático. En el Beni, el cambio proyectado en el almacenamiento de carbono presenta grandes diferencias entre los escenarios de cambio de uso del suelo. En los escenarios TEND y ACEL se estiman emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) equivalentes a 140 y 220 millones de toneladas de carbono (CO<sub>2</sub>e) respectivamente, principalmente por efecto de la pérdida del carbono actualmente almacenado

en grandes extensiones de bosques y en menor medida en las sabanas que serían transformadas a zonas de producción agrícola hacia el año 2050. Los escenarios TEND y ACEL implican la continuación a largo plazo de las tendencias recientes de emisiones en Bolivia, contribuyendo sustancialmente a las emisiones de GEI a escala nacional y dificultando el logro de los objetivos climáticos del país. En contraste, en el escenario ECOS se estiman emisiones de aproximadamente 26 MT CO<sub>2</sub>e al horizonte 2050, un 88% inferiores a las del escenario ACEL (Figura ix).

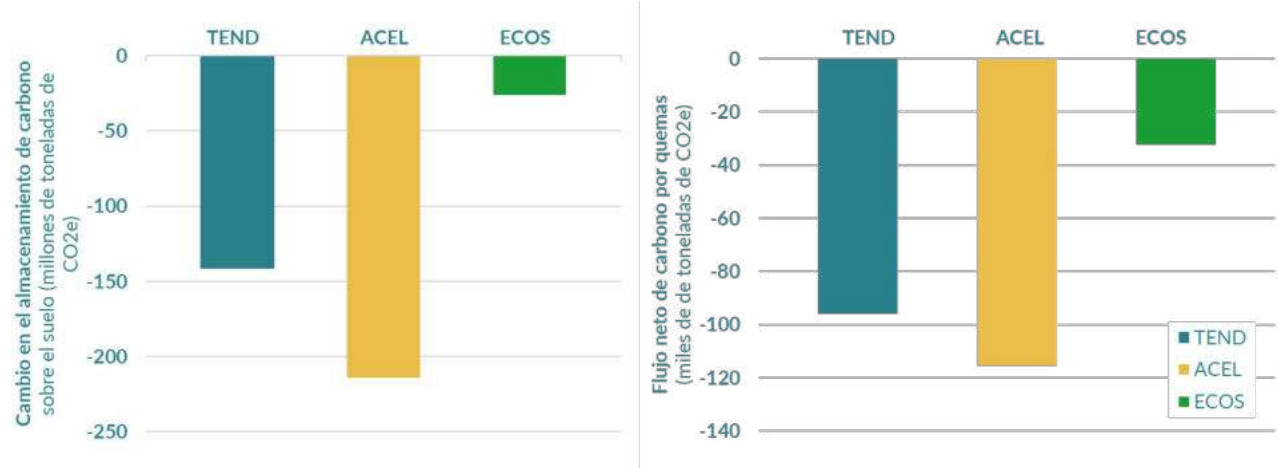


Figura ix. Cambios en el almacenamiento de carbono. Izquierda: Pérdida del almacenamiento neto por cambio en la vegetación. Derecha: Flujo neto de carbono por actividades de quema asociadas a diferentes modelos de manejo del paisaje (nota: los valores negativos son emisiones desde la vegetación hacia la atmósfera).



Héctor Angarita/NatCap



A. Baudoin Parah/NatCap, M. Hardy/ WCS, O. Torrico/WCS

Medios de vida: ingresos económicos

Las decisiones que se tomen sobre el uso del suelo también tendrán efectos sobre los medios de vida. El estudio se centró en los principales impulsores de cambio del paisaje: la agricultura y la ganadería, observándose en todos los escenarios un incremento en el Valor Neto de Producción (VNP). En los escenarios TEND y ACEL, esto se debe a una gran expansión de la superficie agrícola y a la intensificación de los sistemas ganaderos con pastos sembrados. En el escenario ECOS, aunque también hay un leve incremento en estas superficies, el mayor VNP se debe principalmente al incremento de los indicadores técnicos de la ganadería sostenible (mayores tasas de natalidad y menores tasas de mortalidad) y la diversificación de los sistemas agrícolas (que producen mayor valor por hectárea).

Sin embargo, este incremento del VNP en los escenarios TEND y ACEL requiere de la transformación de extensas áreas de sabanas, bosques y humedales, y de la adopción de prácticas de manejo y producción que incrementan la contaminación de las aguas y reducen su disponibilidad a escala del paisaje. La incorporación de los costos asociados a esta degradación ambiental podrían suponer reducciones en los incrementos de los VNP esperados. Paralelamente, la intensa transformación de los ecosistemas requerida reduce la capacidad del paisaje para sostener otros medios de vida y podría tener importantes impactos en diferentes rubros económicos como la castaña, el cacao, el asaí y el majo, las pesquerías locales y las actividades

de turismo, afectando la provisión de recursos que la población, especialmente campesinos e indígenas, utilizan en la vida doméstica (plantas medicinales, leña, fibras, frutos silvestres, a caza de subsistencia, etc.).

A largo plazo, la degradación de hábitats y la pérdida y contaminación del agua en los escenarios TEND y ACEL pueden poner en riesgo el bienestar de la población y los propios beneficios económicos de la agricultura y la ganadería que motivan estas transformaciones. En el escenario ECOS, el VNP de la ganadería y la agricultura se incrementa sin afectar sustancialmente la integridad del paisaje y su capacidad de proveer bienes y servicios para el desarrollo de estas y otras actividades económicas y culturales.

Adaptación al cambio: diversificación de la producción

Frente al cambio climático y otras incertidumbres futuras (como cambios en los mercados), los sistemas productivos que ofrecen mayores oportunidades de adaptación son los diversificados, por su menor dependencia de insumos externos y su mayor flexibilidad ante condiciones rápidamente cambiantes.

Actualmente, la funcionalidad del paisaje de Moxos no solo da soporte a los diferentes medios de vida, sino que mantiene el valor de opción<sup>2</sup> y, por tanto, el potencial de diversificación y adaptación de los sis-

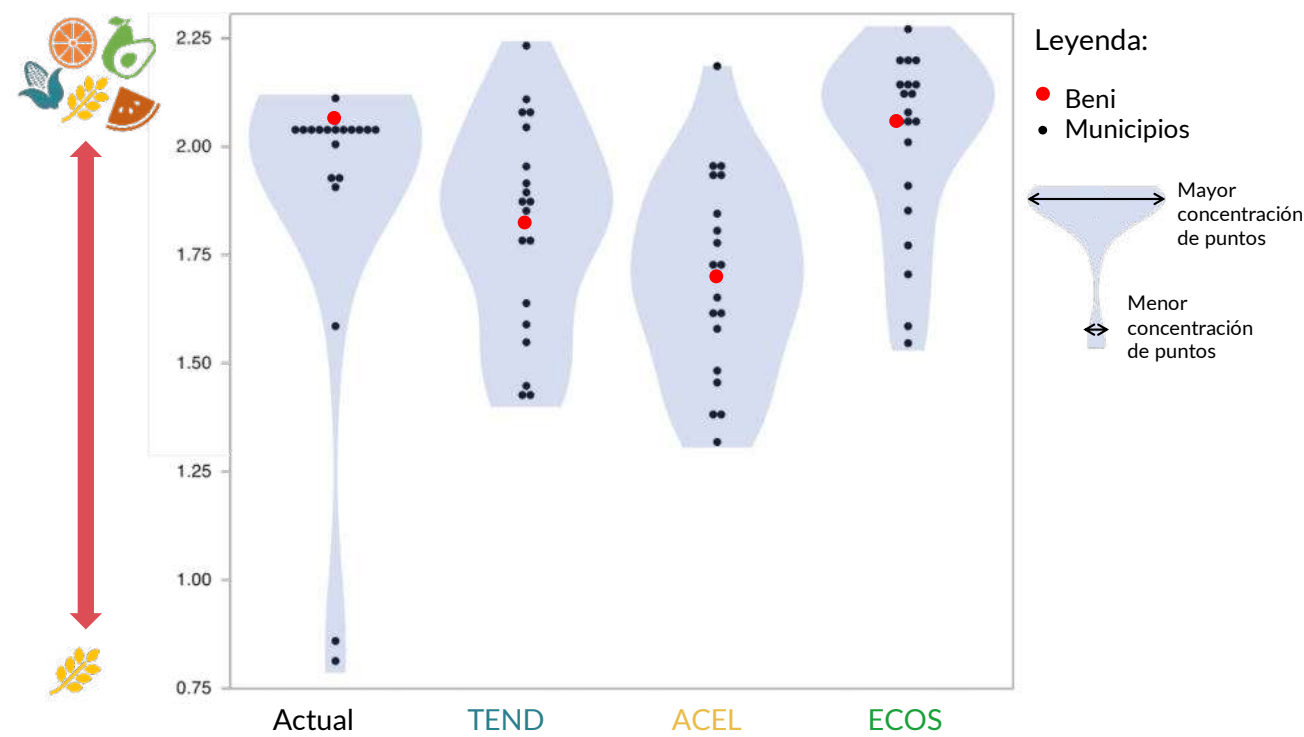
<sup>2</sup> El valor que asignan las personas a un bien o servicio por la posibilidad de poder usarlo en el futuro, aunque no lo usen actualmente (Ecosystem Valuation, 2005).



temas de producción y actividades económicas que será cada vez más importante en un contexto de clima cambiante y mercados inciertos.

La tendencia a la homogeneización del paisaje en los escenarios TEND y ACEL reduce sustancialmente el valor de opción incrementando la vulnerabilidad al cambio. Por su parte, los sistemas de aprovechamiento predominantes en el escenario ECOS, basados en

sistemas de producción diversificados, que en el caso de la agricultura se traduce en un incremento en la diversidad de cultivos, aportan al mantenimiento del valor de opción del paisaje y a la adaptación a condiciones cambiantes y un clima incierto (Figura x). La diversificación en la producción agrícola facilita, a su vez, el control natural de plagas, la mitigación de riesgos frente a extremos climáticos (siembra escalonada) y mejorar la gestión de suelos y agua.



### ¿Qué futuro para los Llanos de Moxos?

Está en manos de los actores locales del Beni orientar el desarrollo de la región para mejorar el bienestar y la calidad de vida presentes y futuros de su población. Los distintos actores sociales del Beni difieren en sus preferencias por los bienes y servicios que provee la naturaleza, y estas diferencias pueden entrar en conflicto si no se toman en consideración, junto a sus efectos a largo plazo, en las planificaciones a nivel de paisaje.

Los escenarios presentados ilustran los efectos futuros de estas visiones en el paisaje de los LdM y en el departamento del Beni, y cómo podrían afectar a las prioridades compartidas entre los diferentes actores:

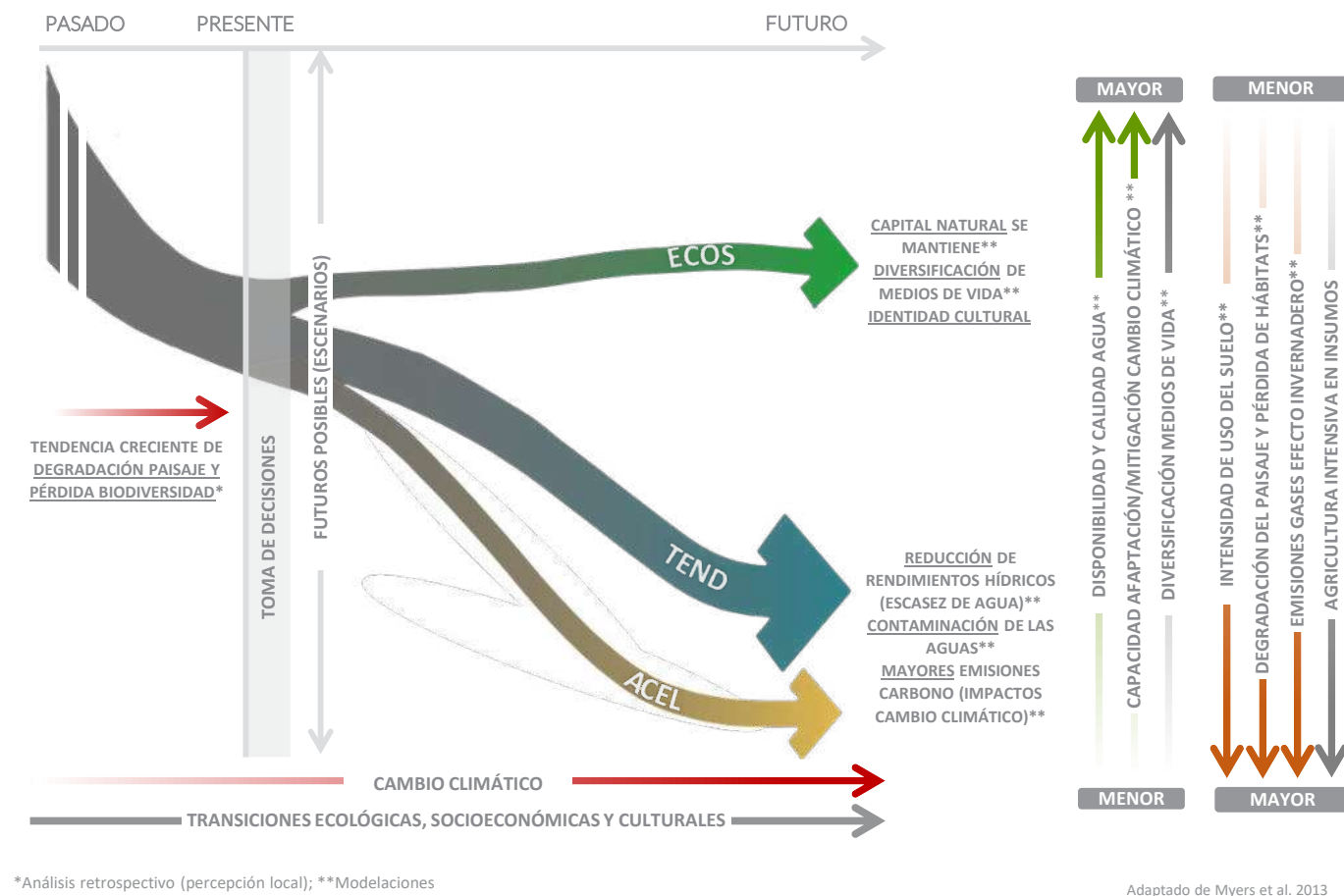
1. La disponibilidad de agua como necesidad primordial para la reproducción de la vida,
2. La importancia de la calidad ambiental (especialmente disponer de agua y aire de calidad),
3. La necesidad de generar ingresos, y

4. La conservación de espacios de esparcimiento y de disfrute de la naturaleza, intrínsecos a la cotidianidad en los LdM.

En general, los escenarios TEND y ACEL transforman el paisaje para conseguir aumentos de los valores de producción agrícola y ganadera, pero a costa de una pérdida masiva de hábitats, de la contaminación del agua y del aire, de la pérdida de diversidad de los sistemas de producción y de las fuentes de ingresos, y de un grave recorte de las opciones de futuro. En cambio, el escenario ECOS ofrece una alternativa que equilibra el desarrollo económico con el mantenimiento del capital natural de Moxos, garantizando las opciones de futuro y fortaleciendo la capacidad de mitigación y adaptación al cambio climático (Figura xi). **El mantenimiento de opciones, la diversidad de cultivos y medios de vida y la menor dependencia en insumos externos, dan lugar a una economía y una sociedad mejor equipadas para adaptarse a los retos que conlleva un clima cambiante.**







**Figura xi.** Resumen de posibles transiciones del paisaje Llanos de Moxos en tres escenarios futuros (ECOS, TEND y ACEL) mostrando potenciales efectos sobre el capital natural y varias contribuciones de la naturaleza a las personas según los resultados de este estudio.

## Recomendaciones

Para garantizar el bienestar a largo plazo de la población y transitar hacia un futuro sostenible para los LdM, deben generarse condiciones que permitan frenar las graves amenazas que enfrenta este paisaje biocultural único: el cambio climático, el cambio de uso del suelo, la contaminación y la sobreexplotación de recursos naturales, agravados por causas socioeconómicas subyacentes como la pobreza y la falta de oportunidades.

Durante los talleres con los actores de los LdM, se recogieron sus perspectivas respecto a las condiciones requeridas para caminar hacia un futuro sostenible. Entre ellas destacan:

1. El fomento y apoyo de actividades económicas diversificadas (por ejemplo, ganadería sostenible, cacao silvestre, castaña, asaí, sistemas agroforestales, turismo, artesanías, etc.) que mantengan la funcionalidad del paisaje para la provisión de los bienes y servicios requeridos;
2. La recuperación y revalorización de los conocimientos tradicionales que permiten el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la reproducción cultural;
3. La formación de recursos humanos que puedan apoyar y capacitar a los distintos actores a implementar estos modelos de desarrollo sostenible eficientes;
4. El establecimiento de planes de manejo para recursos con potencial de mercado;
5. La dotación de infraestructura e insumos para el desarrollo del turismo, la agregación de valor (como frigoríficos, plantas procesadoras) y de la investigación científica;
6. Un mayor control para evitar la sobreexplotación generalizada de recursos (incluyendo frenar el avance de la minería ilegal);
7. El desarrollo de mecanismos de incentivos que permitan retribuciones por la conservación, la gestión sostenible y la restauración de hábitats;



Carla Jaimes Betancourt/ Universidad de Bonn

8. La generación y difusión de información respecto a: i) los impactos de las actividades económicas sobre las contribuciones de la naturaleza a las personas y el bienestar de la población a corto y largo plazo; ii) las prácticas recomendadas para la preservación de recursos naturales;
9. La armonización de la normativa en los diferentes niveles para fomentar y proteger las actividades sostenibles;
10. La vinculación de los esfuerzos locales con la planificación de la adaptación al cambio climático a escala nacional para canalizar recursos hacia el desarrollo de sistemas de producción más sostenibles en los LdM.





# Informe técnico



Jesús Martínez/WCS

## Introducción

El complejo paisaje de los Llanos de Moxos (LdM) es el resultado de su posición única como el mayor ecosistema de sabanas y humedales de la Amazonía, su historia de ocupación humana de más de 10.000 años, así como su rica diversidad biológica y cultural. Este extenso sistema de humedales, llanuras aluviales, sabanas y bosques es el hogar de 18 pueblos indígenas y aproximadamente medio millón de personas. Milenios de ocupación y adaptación humana en los LdM han dado lugar a un conjunto diverso de sistemas de aprovechamiento adaptados a este paisaje cambiante. Actividades como la pesca, la ganadería extensiva, la producción agrícola, el ecoturismo y el aprovechamiento de productos forestales maderables y no maderables (como el cacao – *Theobroma cacao*, la castaña – *Bertholletia excelsa* – y el asaí – *Euterpe precatoria*) son parte importante de los medios de vida locales y de una creciente economía regional.

Hoy en día, la base de la economía de las personas que viven en los LdM depende en gran medida del uso directo de los recursos naturales y del mantenimiento de la integridad y funcionalidad del paisaje que los sustentan.

Sin embargo, el paisaje de los LdM está experimentando una rápida transformación. Esto es el resultado de una combinación de presiones entre las que destacan el cambio climático, los cambios en el uso del suelo en las cabeceras andinas de los ríos que alimentan los LdM, la conversión de bosques y sabanas hacia tierras de cultivo y ganadería intensiva, y la demanda creciente de recursos. Se prevé que el cambio climático provoque un aumento de las temperaturas y, en general, una menor disponibilidad de agua en los LdM, ya sea almacenada en las llanuras de inundación, acuíferos subterráneos o cauces fluviales. Todas estas presiones combinadas amenazan la integridad y el funcionamiento de los ecosistemas y, en consecuencia, la capacidad de la naturaleza de contribuir al bienestar, los medios de vida y las actividades económicas de la población local. Entre estas contribuciones se encuentran el suministro y la purificación del agua y el aire, la regulación de las inundaciones, el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la polinización y la dispersión de semillas, la recolección de plantas medicinales, leña y fibras, la pesca, los valores recreativos y turísticos y la mitigación del cambio climático, por nombrar sólo algunas. Su degradación tendría consecuencias negativas no solo en los LdM, sino también a escala regional.



Los LdM se enfrentan al reto de cómo mejorar el desarrollo social y económico de su región, fortalecer su resiliencia al cambio climático, mantener su identidad cultural y salvaguardar su capital natural. ¿Cómo puede la población de los LdM y el departamento del Beni gestionar estos cambios? La construcción de una visión conjunta y la modelación de escenarios de cambio futuro y sus posibles impactos en funciones ambientales de elevada importancia a escala local y regional son poderosas herramientas para integrar las presiones internas y externas y comprender las consecuencias a largo plazo de las decisiones que los habitantes de los LdM tomen hoy. Para ello, este estudio:

1. Investiga las CNP en los LdM desde la perspectiva de diferentes grupos de interesados (autoridades municipales y departamentales, organizaciones indígenas, asociaciones de ganaderos, agricultores, pescadores, empresas turísticas, etc.), su contribución al bienestar, sus tendencias y amenazas;
2. Desarrolla un modelo de la hidrología y el almacenamiento de agua en la llanura de inundación para evaluar el impacto de los cambios climáticos y de uso del suelo en la hidrología de la región;
3. Simula escenarios de transformación del paisaje al 2050 mediante el desarrollo de modelos de

cambio de uso del suelo que reflejan las diferentes prioridades expresadas por las partes interesadas a nivel departamental y municipal;

4. Evalúa el impacto de estos escenarios en la extensión de los hábitats naturales, la cantidad y calidad del agua, el almacenamiento de carbono y los medios de vida; y
5. Examina las implicaciones de estos escenarios en la vulnerabilidad y el riesgo de las poblaciones de los LdM y del departamento del Beni ante el cambio climático.

Los resultados de este estudio pueden ser útiles para informar las decisiones de diversos actores locales en sus ámbitos de acción (planificación, fomento, inversión, producción, gestión territorial, legislación, etc.). Conocer los potenciales beneficios e impactos futuros de los cambios que resulten de las decisiones que se tomen en el presente, y evaluar y reorientar estas decisiones en función de las prioridades y la protección del bienestar de la población.



Daniel Barroso/ Faunagua



Héctor Angarita/NatCap

## Los Llanos de Moxos: un paisaje biocultural único conectado por el agua

Los LdM cubren una extensa área de aproximadamente 120.000 km<sup>2</sup> dominada por humedales y sabanas inundables en el noreste de Bolivia. La mayor llanura de inundación de la cuenca amazónica donde se interconectan importantes ríos que nacen en los Andes, como el Mamoré y el Beni, y ríos originados en las planicies amazónicas. Un paisaje único en la Amazonía resultado de la combinación de diversos factores naturales y culturales que se han ido moldeando entre sí a lo largo de la historia.

La interacción entre la actividad tectónica (levantamiento de la superficie en la zona norte y hundimiento en la zona sur), el régimen hidroclimatólogico (inundaciones estacionales y fluctuaciones del agua subterránea), la topografía, el continuo aporte de altas cargas de sedimentos desde los afluentes andinos y los suelos de baja capacidad de drenaje, dan lugar a una gran actividad fluvial que se expresa en el paisaje a través de numerosos cauces abandonados, humedales interfluviales y llanuras de inundación. Un paisaje de sabanas periódicamente inundadas atravesado por bosques ribereños en los diques naturales de los ríos, formando bosques inundados de aguas blancas (várzea) o negras (igapó), que en la zona noroeste, con suelos mejor drenados y un relieve más heterogéneo, transita hacia una vegetación similar a la del Cerrado brasileño (el Cerrado beniano) con un mayor componente arbóreo.

Este complejo y cambiante paisaje, con una elevada diversidad de hábitats, interconexiones y transiciones, hace de los LdM un nodo de biodiversidad e integridad ecológica a escala amazónica. Entre los inventarios de biodiversidad disponibles (relativamente recientes y aún incompletos), destaca la presencia de 967 especies de peces (el 68,8% de la ictiofauna conocida para la cuenca del Madera) y 647 de aves, además del papel clave de los LdM en los movimientos migratorios anuales de varias especies de ambos grupos. Paralelamente, otros autores identifican este espacio como un centro de riqueza de especies de gramíneas y mencionan la presencia de centros regionales de diversidad para varios grupos (murciélagos, reptiles, palmeras, anfibios) junto a la importancia de los endemismos que alberga (GTLM, 2022).

Las características únicas de este paisaje conectado por el agua no sólo influyen en la vegetación y en la fauna, sino también en los diferentes modelos de ocupación desde los pueblos precolombinos. Los LdM albergan la mayor densidad de sitios arqueológicos precolombinos de toda la cuenca amazónica, testimonio de la ocupación humana de casi 10.000 años de esta región que en su adaptación a las características del paisaje lo fueron modelando, convirtiendo los LdM en un paisaje biocultural único. Esta diversidad de expresiones culturales se manifiesta en diferentes formas



de construcciones en tierra, muchas relacionadas con el manejo del agua, junto a las más de 4000 islas de bosque que salpican la llanura de inundación, un legado de los primeros pobladores de estas extensas sabanas. En la actualidad, los LdM son el hogar de 18 pueblos indígenas y de una diversidad lingüística excepcionalmente alta, destacando la presencia de siete lenguas aisladas únicas en el mundo (GTLM, 2022).

Por su extensión y posición, los LdM desempeñan un papel crucial en el ciclo hidrológico del sur de la Amazonía, en particular en la cuenca del río Madera. La variación del nivel del agua en los LdM es el resultado de la variabilidad de las precipitaciones en las cuencas de los ríos Beni, Mamoré, Iténez (Guaporé) y Madre de Dios, cuya área combinada es casi un millón de km<sup>2</sup>. La parte superior de estas cuencas se encuentra entre las regiones más lluviosas del mundo, incluyendo áreas con precipitaciones entre 4.000 y 6.000 mm/año en el piedemonte andino. Estas zonas son particularmente importantes en la producción de caudales y sedimentos de los Andes que influyen en la disponibilidad de sedimentos y nutrientes para los ríos de las zonas bajas de la Amazonía, como el Mamoré, el Madera y el Amazonas (Figura 1).

Una característica de los LdM es la gran variabilidad del paisaje acuático a lo largo del año. Durante la estación seca hay una reducción sustancial del agua superficial que transita por el paisaje. Durante este período, los principales hábitats acuáticos permanentes de la región son los ríos Mamoré y Beni, sus afluentes andinos (Sécure, Isiboro e Ichilo) y de aguas negras, las lagunas de los bosques de galería de los ríos Mamoré y Beni, y las numerosas lagunas tectónicas. En cambio, durante la estación húmeda, los hábitats acuáticos de los LdM se expanden hasta cubrir una gran fracción del paisaje. Durante este período se producen inundaciones de aguas blancas<sup>3</sup> en las llanuras de los ríos Beni y Mamoré y sus afluentes, que ocupan los cauces abandonados y los bosques ribereños, y de aguas negras provenientes de los ríos Iténez y San Martín y otros tributarios de las zonas bajas. Al mismo tiempo, durante este período el nivel freático se desborda y las lluvias locales se acumulan en las depresiones de las zonas con suelos de baja capacidad de drenaje. Cuando ambos procesos convergen, los grandes ríos generan un efecto de remanso hidráulico en las

llanuras de Moxos, causando la inundación del paisaje durante cuatro a cinco meses, con superficies que típicamente alcanzan unos 110.000 km<sup>2</sup> y que pueden alcanzar los 160.000 km<sup>2</sup> durante condiciones extremas (la más reciente ocurrió en el año 2014). La gran capacidad de regulación hídrica de las extensas sabanas inundables de los LdM se evidencia en el ciclo anual de los caudales. Este sistema típicamente almacena unos 20.000 millones de m<sup>3</sup> de agua superficial (y hasta 40.000 millones en un año extremo húmedo). Esta capacidad de almacenamiento genera un retraso de unos tres meses entre las lluvias y los picos de caudales en el río Madera y otros ríos de las zonas bajas.

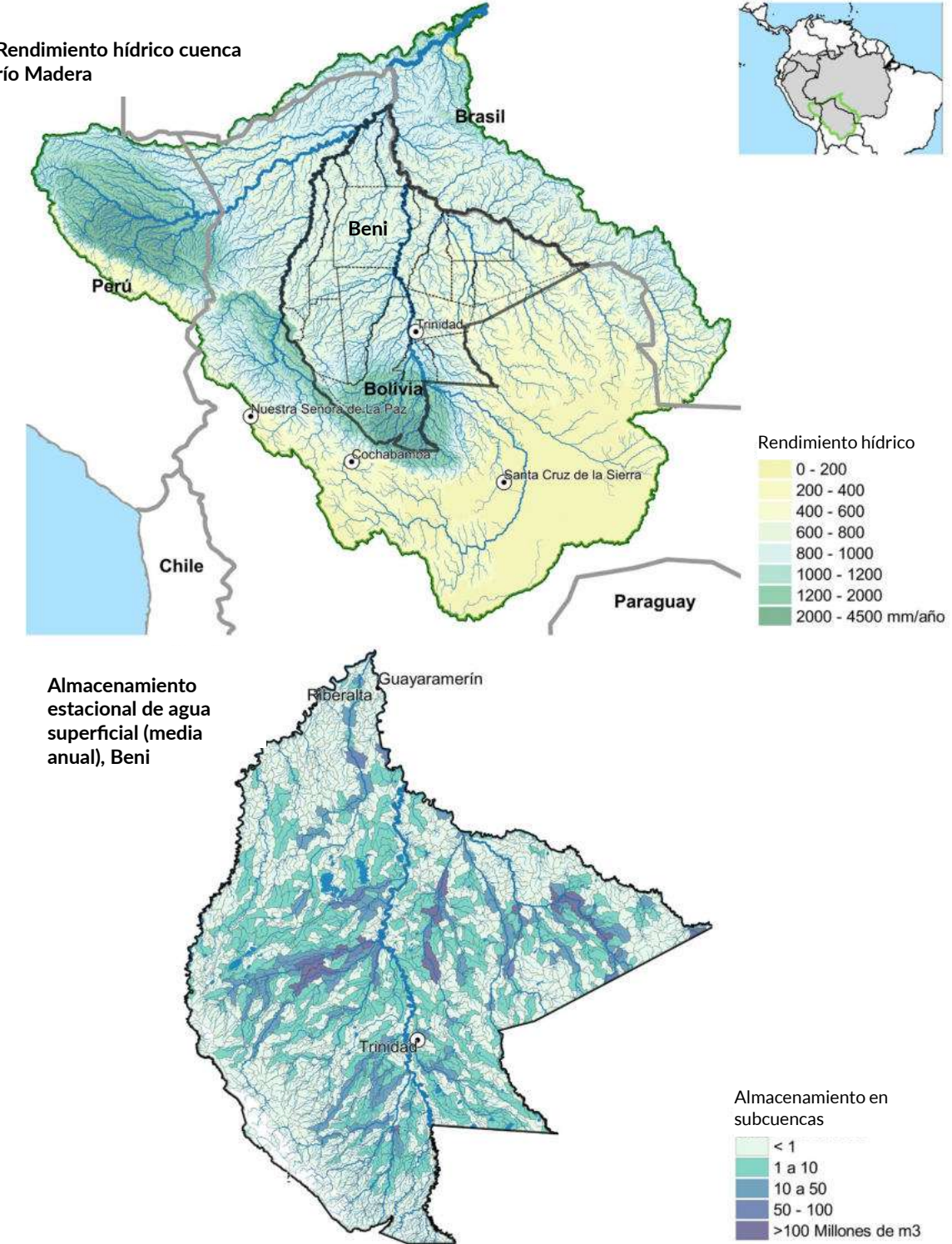
Las extensas sabanas inundables de la región, y los demás componentes de su paisaje acuático, son centrales en la funcionalidad y productividad de los ecosistemas y, a su vez, son reconocidos por las poblaciones locales como de gran importancia para el soporte de las formas de vida y el bienestar local. Los pulsos anuales de crecida y recesión de las aguas son esenciales para mantener el suministro continuo de agua para las personas y actividades económicas y garantizar la fertilidad de los suelos. A su vez, mantienen la heterogeneidad de los hábitats y las historias de vida de la biodiversidad de agua dulce que sustenta una de las pesquerías más productivas de la Amazonía.

Con objeto de salvaguardar el patrimonio biocultural de los LdM, sus valores naturales y culturales y favorecer modelos de desarrollo sostenibles, extensiones importantes de este paisaje han sido declaradas bajo diferentes figuras legales: alrededor de 5,5 millones de ha tituladas a favor de 18 territorios indígenas, unas 7,5 millones de ha repartidas entre 22 áreas protegidas nacionales y subnacionales, y tres sitios Ramsar con más de 6,9 millones de ha (GTLM, 2020).

El marco conceptual de un paisaje biocultural, base del Programa de Conservación y Desarrollo Sostenible de los Llanos de Moxos, propone entender los paisajes como sistemas socioecológicos integrados, centrándose en las relaciones entre las personas y la naturaleza, entre los paisajes naturales y culturales. Este estudio adopta este marco conceptual y pretende visibilizar los estrechos vínculos que existen entre los sistemas naturales y el bienestar humano a través de las contribuciones de la naturaleza a las personas.

Para ello integra la valoración de los tres componentes del paisaje: ecológico, económico y sociocultural. Desde lo ecológico, contempla el reconocimiento de los ecosistemas como proveedores de múltiples beneficios; desde lo sociocultural, investiga la integridad y tendencias en los ecosistemas y su capacidad de contribuir al bienestar desde las percepciones de

los actores locales; y desde lo económico, considera el beneficio monetario que la población obtiene de ciertas CNP. El estudio analiza el estado actual del paisaje de los LdM desde estas perspectivas y cómo podrían cambiar estos componentes en diferentes escenarios futuros de cambio climático y uso del suelo.



**Figura 1.** Importancia de los LdM en el ciclo hidrológico del sur de la Amazonía: suministro de agua (arriba) y extensión y volumen de almacenamiento de la llanura de inundación (abajo).

<sup>3</sup>“Aguas blancas” (cargadas de sedimentos) se refiere a aguas neutras, turbias y de mediana conductividad de origen andino.



# Contribuciones de la naturaleza a las personas en los Llanos de Moxos

El **capital natural** se refiere a las tierras, las aguas y la biodiversidad de la Tierra: la “naturaleza” en sentido amplio.

Las contribuciones de la naturaleza a las personas<sup>4</sup> son los beneficios que fluyen desde (las reservas de) capital natural hacia las personas.

Los **enfoques del capital natural** combinan diversas disciplinas, perspectivas y acciones para:

1. Investigar y mapear dónde y cómo se generan los beneficios de la naturaleza y hacia quiénes fluyen, hoy y en escenarios alternativos;
2. Valorar los flujos de beneficios en términos biofísicos, sanitarios, culturales, monetarios y socioeconómicos;
3. Informar las políticas de desarrollo y la planificación del uso del suelo para apoyar el desarrollo sin perjudicar los sistemas naturales de los que depende la población.

El paisaje, a través de su capital natural, tiene la capacidad de generar un flujo de diferentes bienes y servicios (CNP) de los que los humanos obtienen beneficios, tanto por su uso directo (p.ej. agricultura, ganadería, madera), como indirecto (p.ej. regulación de la calidad del aire, del agua, identidad cultural).



























Para la evaluación de los múltiples **beneficios que la naturaleza provee a las personas que viven en los LdM**, se establecieron una serie de indicadores adaptados a las necesidades de los diferentes análisis:

- A través de talleres con actores sociales de los 19 municipios del Beni, se recopiló información sobre 26 contribuciones de la naturaleza al bienestar de la población de los LdM (Tabla 1), su estado actual y sus tendencias.
- Junto al análisis desde la percepción local, el estudio cuantifica, mediante el uso de modelos, los beneficios asociados a un conjunto de estas CNP fundamentales en el paisaje LdM: la provisión de agua suficiente y continua (que en la región depende de fuentes superficiales y subterráneas), el

mantenimiento de hábitats de agua dulce saludables (que sustentan gran parte de la biodiversidad de los LdM y las pesquerías de la región), la regulación de la magnitud de los pulsos estacionales de inundación (que aportan nutrientes provenientes de los ríos andinos, favoreciendo la formación y mantenimiento de la fertilidad de los suelos) y la capacidad de almacenamiento de carbono del paisaje (con implicaciones en la regulación del clima a escala local y regional) (Tabla 2).



**Tabla 1.** Resumen de contribuciones de la naturaleza a las personas analizadas en este estudio indicando el ícono utilizado para su representación.

CONTRIBUCIONES DE LA NATURALEZA A LAS PERSONAS*		Ícono utilizado en el informe
Abastecimiento (alimento, comercio, suministros)	Agricultura de consumo: cultivos para provisión de alimentos y venta de excedente	
	Agricultura comercial: cultivos para comercio	
	Ganadería extensiva	
	Caza de subsistencia	
	Cacao, castaña y frutos amazónicos (asaí, etc.)	
	Recolección (fibras, plantas medicinales, leña, otros)	
	Madera comercial	
	Pesca de subsistencia	
	Pesca comercial	
	Acuicultura	
Regulación y soporte de procesos ambientales	Agua para consumo, riego, ganado, otros (considera disponibilidad, p.ej. recarga de aguas subterráneas)	
	Biodiversidad (variedad de la vida, recursos genéticos = equilibrio ecosistema)	
	Regulación natural de organismos dañinos para humanos (p.ej. control de plagas)	
	Formación, mantenimiento y/o fertilidad del suelo	
	Amortiguación de inundaciones	
	Calidad del agua/purificación	
	Mitigación del cambio climático (regulación clima)	
	Regulación de la calidad del aire	
Culturales	Polinización (y dispersión de semillas y propágulos)	
	Sitios/lugares arqueológicos, valor de legado	
	Identidad cultural y conocimiento local (sitios que mantienen la cultura viva)	
	Recreación, disfrute de la biodiversidad (valoración intrínseca) y valores estéticos	
	Opciones de ecoturismo	
	Educación ambiental	
Global	Ciencia e investigación	
	Mantenimiento de opciones	

\*Distribución en categorías referencial, varias CNP pueden encajar en más de una de las categorías presentadas.

<sup>4</sup> El informe adopta la consideración de IPBES (2022) para referirse a los servicios ecosistémicos (los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, Millennium Ecosystem Assessment, 2005) como “contribuciones de la naturaleza a las personas”.



**Tabla 2.** Indicadores de los componentes de las contribuciones a las personas del paisaje Llanos de Moxos analizados en las modelaciones en función de la situación actual y escenarios futuros.

Componente		Beneficiarios	Indicador/es
Agua	Regulación hídrica: suministro continuo y estable de agua durante el año y atenuación de eventos extremos de inundación	Usuarios domésticos	Rendimientos hídricos
		Agricultores	Almacenamiento de agua en acuíferos y humedales
		Ganaderos	
		Población en general	
		Cuenca amazónica	
	Disponibilidad de hábitats de agua dulce: soporte a la biodiversidad acuática	Pescadores	Magnitud y duración del almacenamiento de agua en los humedales
		Población en general	
		Cuenca amazónica	
	Regulación de la calidad del agua: alteración de la química del agua y conectividad de nutrientes	Población en general	Cambios en las cargas de fertilizantes aplicadas en la agricultura y cambio en concentraciones de nutrientes en el agua.
		Agricultores	
		Ganaderos	Nitrógeno aplicado respecto a la oferta hídrica
		Cuenca amazónica	
Clima y calidad del aire	Cambios en el almacenamiento de carbono: emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a la deforestación y las quemas	Población local, nacional, internacional	Emisiones de CO <sub>2</sub> e al horizonte 2050 (millones de toneladas)
Agricultura y ganadería	Generación y distribución de ingresos	Productores y consumidores	Superficies destinadas a diferentes tipos de producción agrícola o ganadera
	Diversidad de cultivos y prácticas	Población local, nacional, internacional	Valor Neto de Producción (VNP)
	Provisión de alimentos y seguridad alimentaria	Sector industrial	Diversidad de cultivos (índice Shannon)
		Sector industrial	Distribución del ingreso agropecuario (índice Gini)



Héctor Angarita/NatCap

Resultados clave

I. Contribuciones de la naturaleza y medios de vida en los Llanos de Moxos

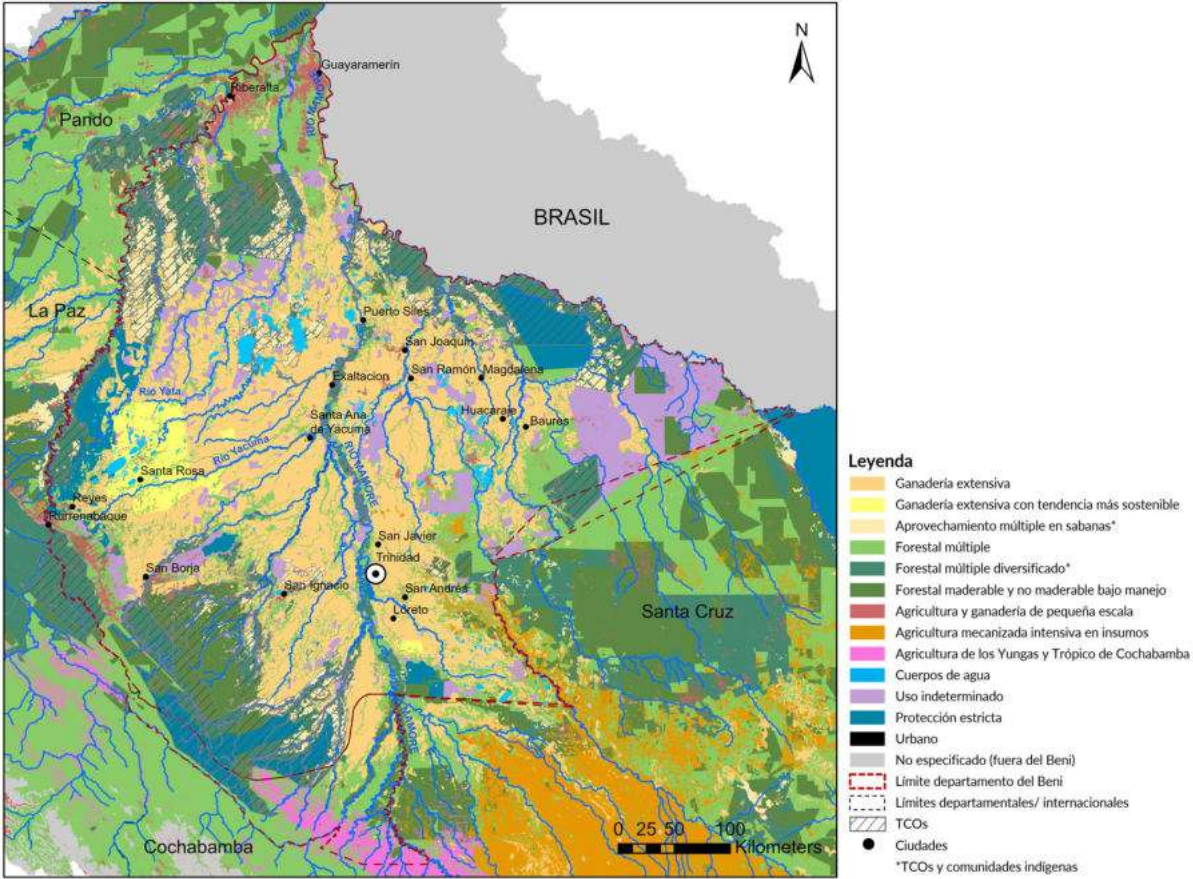


Figura 2. Sistemas de aprovechamiento de los Llanos de Moxos.

Medios de vida

**Resultado clave 1:** El bienestar y la calidad de vida de la mayoría de las personas que habitan los Llanos de Moxos dependen en gran medida de disponer de ecosistemas sanos (sabanas, bosques y humedales). La diversidad de sistemas de aprovechamiento desarrollados en respuesta a ello, sumada a la hidrología única de la región, resultan en un complejo paisaje biocultural.

Las estrategias de vida de las familias y comunidades en los LdM están íntimamente vinculadas al aprovechamiento y gestión de los ecosistemas que componen el paisaje de la región. A través de distintos tiempos históricos, los habitantes de los LdM han de-

sarrollado sistemas de aprovechamiento adaptados a las singulares características ecológicas e hidrológicas de la región. En la actualidad, es posible identificar una gran diversidad de sistemas de aprovechamiento y producción que se benefician de los recursos naturales de sabanas, bosques, cuerpos de agua y humedales (Figura 2, Tabla 3). Entre estas actividades se destacan: la ganadería extensiva (principal actividad económica del Beni), el aprovechamiento de productos maderables y no maderables (como castaña, cacao silvestre, asái, majo y muchos otros que forman parte de la economía local y departamental), la pesca, la cacería de subsistencia, la agricultura (principalmente de pequeña escala) y el turismo, entre otras. Todas estas actividades económicas dependen del buen funcionamiento de los ecosistemas de los LdM.



**Tabla 3.** Descripción de los principales sistemas de aprovechamiento de los Llanos de Moxos.

Sistema de aprovechamiento	Descripción
Ganadería extensiva	Cría de ganado bovino en sabanas con forrajes naturales y/o pastos sembrados. Baja densidad de animales y escaso nivel de manejo, reflejado en altas tasas de mortalidad y baja natalidad. Uso del fuego para la regeneración de pastos y control de plagas y enfermedades. Suele mantener coberturas de bosque (incluyendo islas) y de sabana y ser compatible con actividades turísticas y de aprovechamiento múltiple.
Ganadería extensiva con tendencia más sostenible	Cría de ganado bovino en sabanas exclusivamente con forrajes nativos. Densidad similar a la ganadería extensiva con mayor nivel de manejo - especialmente la rotación de potreros para la gestión de pasturas. Menores tasas de mortalidad y mayor natalidad. Eliminación progresiva del uso del fuego a raíz de la mejor gestión de pastos. Enfatiza la conservación de coberturas de bosque (incluyendo islas) y de sabana y promueve actividades turísticas y de aprovechamiento múltiple.
Agricultura y ganadería de pequeña escala	Sistemas complejos y diversos que combinan ganadería y agricultura, principalmente en pequeñas superficies (tanto privadas, como comunidades campesinas y/o indígenas) habilitadas por roza, tumba y quema. Los sistemas productivos agrícolas integran árboles y cultivos anuales en rotaciones de corto y largo plazo, alternados con periodos de descanso. La producción se destina principalmente al consumo de las familias productoras, con venta de los excedentes. Algunas unidades de producción tienen sistemas agroforestales (SAF), caracterizados por una mayor proporción de plantas perennes o multianuales, incluyendo maderables. Las familias también pueden tener sistemas de cría de animales menores, generalmente a cargo de las mujeres.
Aprovechamiento múltiple en sabanas (comunidades indígenas y TCOs)	En Tierras Comunitarias de Origen (TCO) y comunidades indígenas. Este tipo de aprovechamiento puede incluir ganadería extensiva en una pequeña parte de la superficie, así como actividades de pesca, cacería de subsistencia y aprovechamiento de diversos productos maderables y no maderables.
Forestal múltiple	Aprovechamiento principalmente (pero no exclusivamente) de productos maderables y leña en distintos tipos de bosque (continuos, de ribera/inundables, bosques isla) y de propiedades.
Forestal múltiple diversificado (comunidades indígenas y TCOs)	En Tierras Comunitarias de Origen (TCO) y comunidades indígenas. Aprovechamiento forestal múltiple al que se le suman la cacería de subsistencia y la recolección de una diversidad de productos maderables y no maderables (como frutos silvestres, plantas medicinales, ornamentales, fibras, etc.).
Forestal maderable y no maderable bajo manejo	Aprovechamiento forestal regido por un plan de manejo formal.
Agricultura mecanizada intensiva en insumos	Sistema de producción agrícola mecanizado, con alto uso de insumos químicos como fertilizantes, herbicidas y plaguicidas. Baja diversidad de cultivos, todos destinados al mercado nacional o internacional (principalmente arroz y soya).
Agricultura de los Yungas y Trópico de Cochabamba	Sistemas de producción que combinan agricultura y ganadería de pequeña escala, característicos de la ecorregión de los Yungas, con cultivos de mayor altura (p. ej. coca y café). Localizados en las zonas más altas del Beni, en las fronteras con Cochabamba y La Paz.
Protección estricta	Zonas de protección estricta incluidas en la zonificación de las áreas protegidas destinadas a la conservación.

En este estudio se evaluaron algunos de los beneficios económicos de varios de estos sistemas de aprovechamiento, en específico, los derivados de la agricultura, la ganadería y la recolección de castaña y cacao silvestre. Es importante recalcar que estos no reflejan los medios de vida de la población de forma integral, y muchos de los beneficios (económicos y no económicos) que las familias obtienen de los ecosistemas (como la pesca o la recreación, por ejemplo) ameritan ser cuantificados para tener una visión más completa de los aportes actuales del paisaje al bienestar, así como potenciales afectaciones futuras a los mismos.

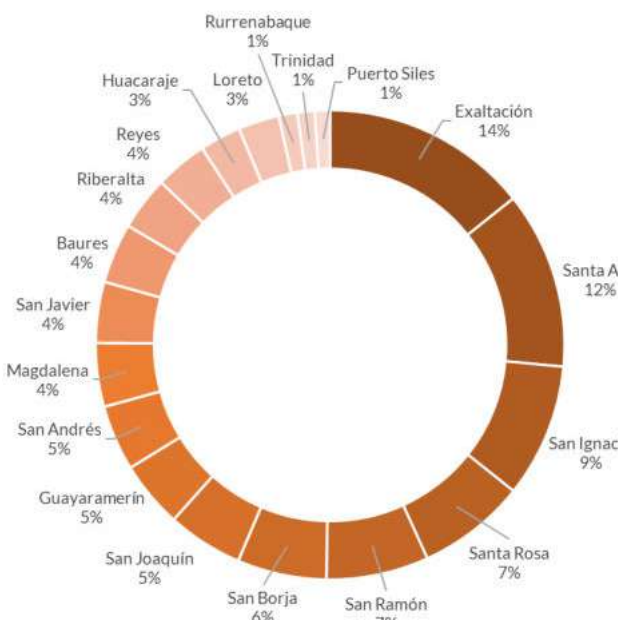
La ganadería y la agricultura - especialmente la agricultura de consumo - generan recursos económicos importantes para la población de los LdM.

Para la ganadería, extensiva y de pequeña escala, se ha estimado que el Valor Neto de Producción (VNP) alcanza los 947,6 millones de bolivianos anuales. Los municipios que más contribuyen a este valor son Exaltación de la Santa Cruz (Exaltación), Santa Ana del Yacuma (Santa Ana), San Ignacio de Moxos (San Ignacio), Santa Rosa del Yacuma (Santa Rosa) y San Ramón, por sus grandes extensiones de sabanas dedicadas a la actividad (Figura 3). La producción de carne está destinada principalmente al mercado nacional y local. Las familias con hatos ganaderos también aprovechan una pequeña parte para su consumo.

En lo que respecta a la agricultura, se ha estimado que el Valor Neto de Producción (VNP) alcance los 686,7 millones de bolivianos anuales. Cerca del 63% de ese valor, proveniente de sistemas diversificados enfocados en la producción de alimentos, se destina al autoconsumo de las familias. Los municipios que más VNP agrícola destinado al consumo generan son San Borja, Riberalta, Guayaramerín, Los Santos Reyes (Reyes) y San Ignacio (Figura 4). El restante 37% del VNP se destina al mercado local y nacional (generado sobre todo en San Andrés, San Borja, San Javier, Riberalta y Reyes).

Por otro lado, la recolección de castaña y cacao silvestre, si bien no se da en todos los municipios, también

es fuente considerable de ingresos para las familias recolectoras. El potencial de recolección de castaña ronda los 273 millones y el de cacao silvestre los 35 millones de bolivianos anuales<sup>5</sup> (Figura 5). Estas actividades permiten un aprovechamiento de tipos diversos de bosque sin transformarlos ni generar grandes impactos.



**Figura 3.** Distribución por municipios del Valor Neto de Producción (VNP) de la ganadería extensiva y de pequeña escala en el Beni.



Márton Hardy/WCS

<sup>5</sup> Estos valores para el cacao silvestre y la castaña son valores potenciales, no incluyen costos de recolección. Para el cacao es también importante mencionar que este valor no incluye el cacao sembrado. Se refiere solo a la recolección de cacao silvestre en espacios "naturales". El cacao sembrado se ha tomado en cuenta junto con la producción agrícola.



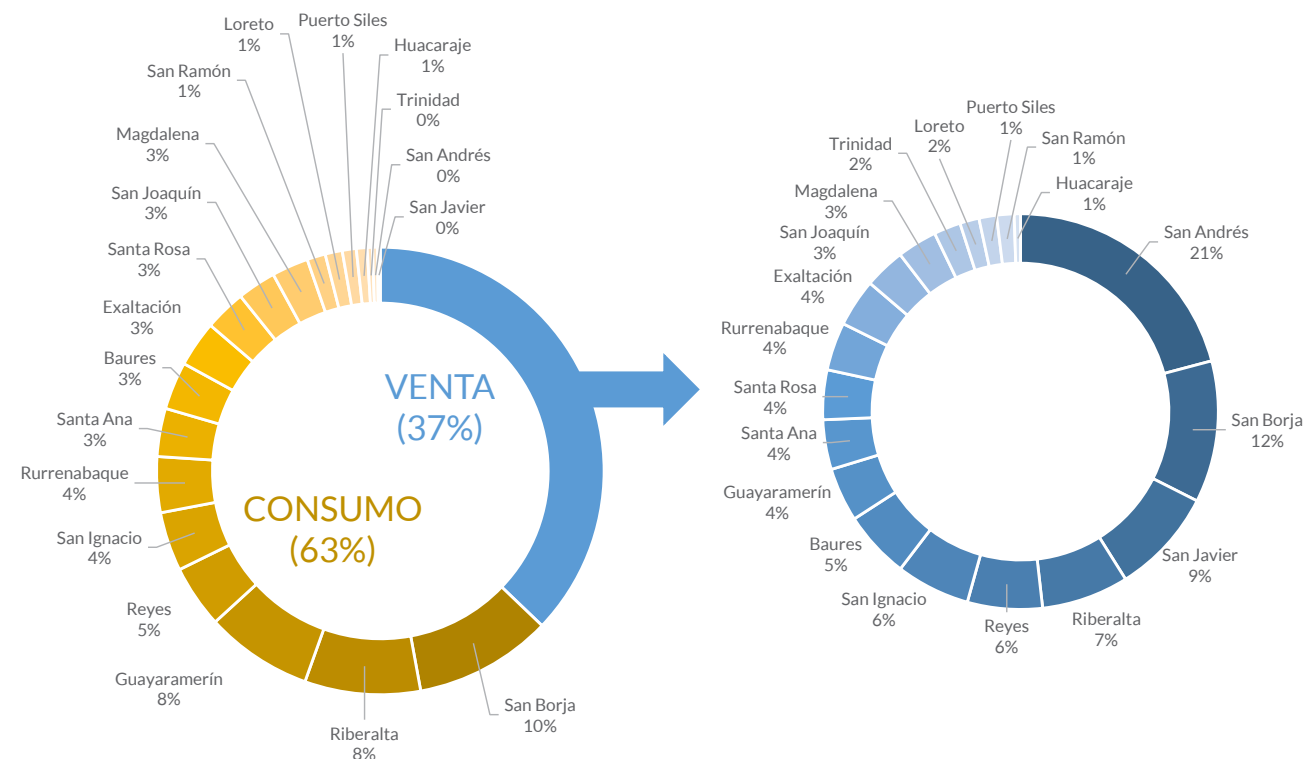


Figura 4. Distribución por municipios del Valor Neto de Producción (VNP) de la agricultura en el Beni.

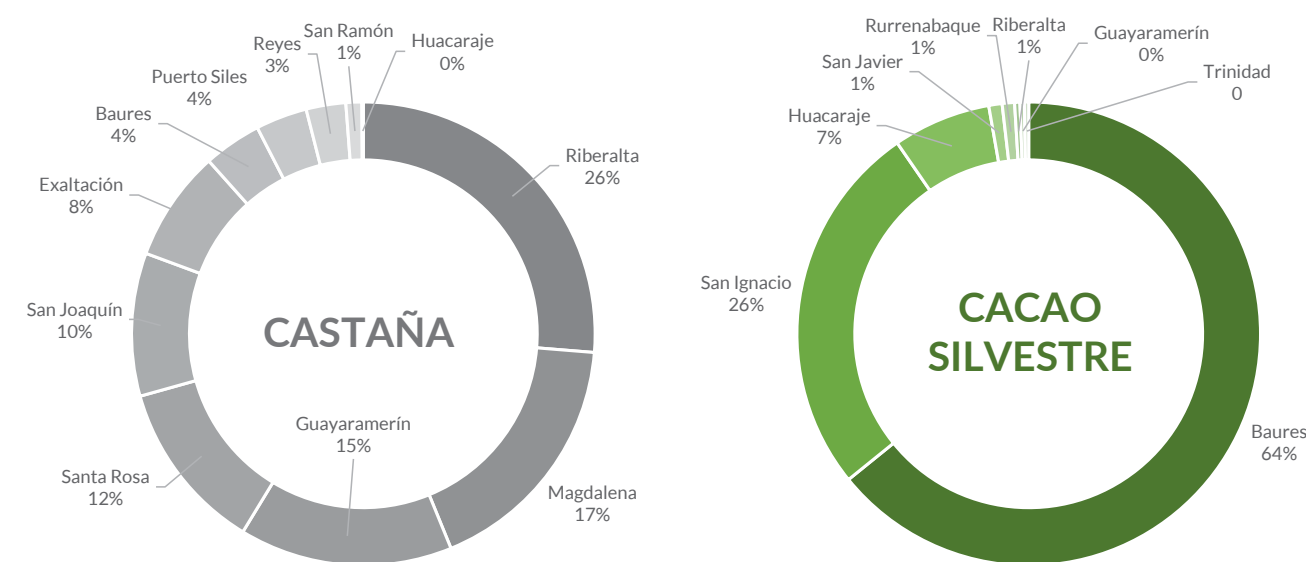


Figura 5. Distribución por municipios del potencial de recolección de castaña y cacao silvestre.

Junto al valor de producción, es importante considerar que la distribución de los ingresos de las dos actividades que brindan un valor neto de producción de más de 1.634 millones de bolivianos anuales - la ganadería y la agrícola - no es homogénea en los Llanos de Moxos ni el Beni. Para mostrar estas diferencias se calculó el índice de Gini a nivel municipal y departamental (Figura 6). De forma general, tanto los municipios con grandes extensiones de ganadería como los que presentan una mayor proporción de agricultura mecanizada, reflejan menor equidad en la distribución de ingresos agropecuarios en comparación a aquellos municipios donde hay una mayor proporción de pequeñas unidades de producción dedicadas a una producción diversificada. Sin embargo, estos datos no reflejan la distribución de ingresos totales de las familias, al no considerar otras fuentes de ingresos monetarios y no monetarios como el aprovechamiento de productos maderables y no maderables, la pesca, el turismo, etc.

Similarmente, la diversidad de cultivos en los espacios agrícolas (referida tanto a cultivos a gran escala como en pequeñas unidades de producción), aspecto fundamental para la resiliencia de la agricultura al cambio climático, también varía entre municipios: aquellos con predominancia de

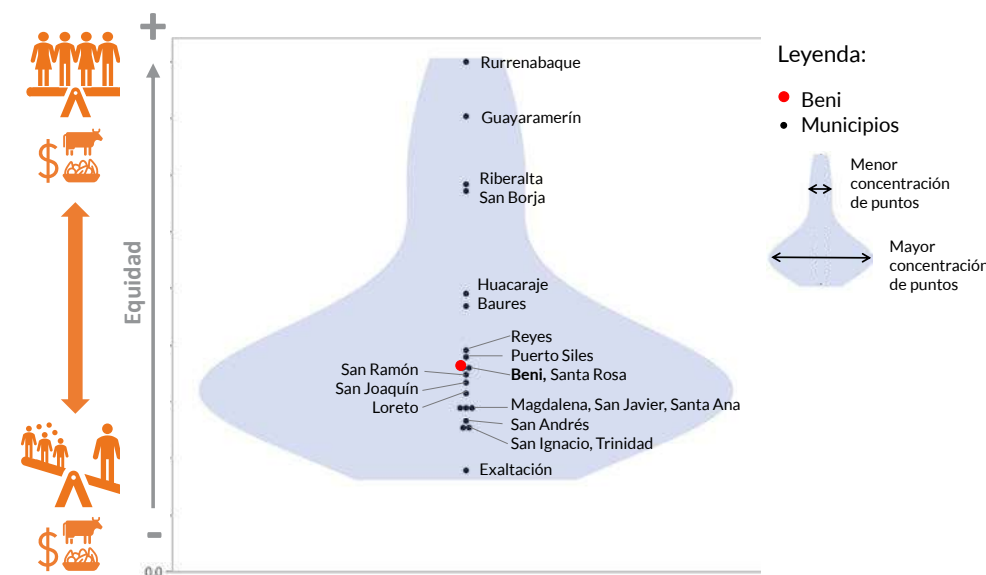


Figura 6. Índice de la distribución del Valor Neto de Producción (VNP) de la ganadería y la agricultura en el Beni (calculado a partir del índice de Gini aplicado a los resultados de VNP).

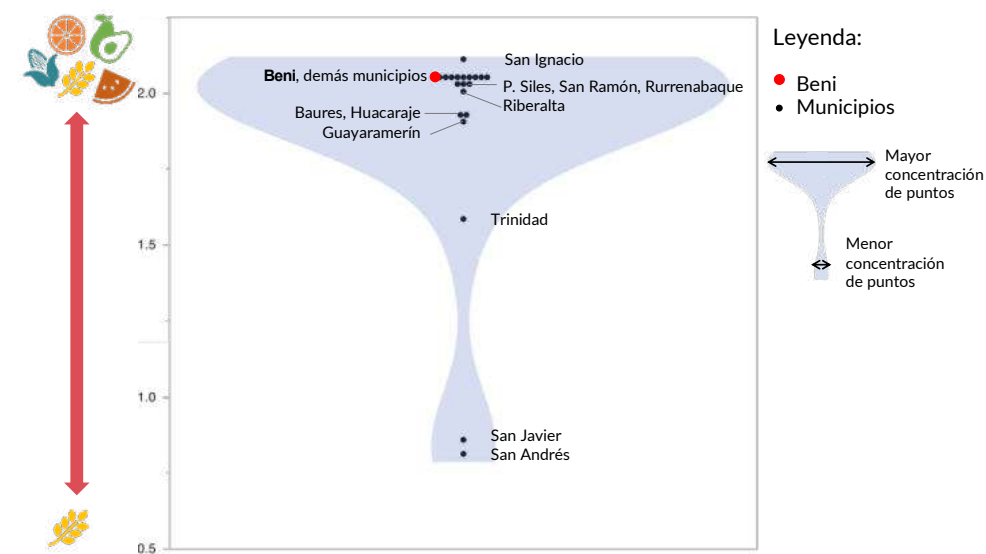


Figura 7. Diversidad de cultivos en áreas de producción (índice de Shannon aplicado a la totalidad de sistemas de aprovechamiento agrícola; mayor valor del índice refleja mayor diversidad).

agricultura mecanizada alta en insumos tienen una menor diversidad reflejada en un menor índice de Shannon (Figura 7).



Contribución del paisaje de los Llanos de Moxos al bienestar desde la percepción local

**Resultado clave 2:** La población del Beni reconoce la importancia de los beneficios que brinda la naturaleza, pero las percepciones y el nivel de dependencia varían según el lugar y el grupo de interesados. No obstante, todos coinciden sobre la importancia para el bienestar de disponer de agua en cantidad y calidad suficiente.

Obtener una visión general de cómo los diferentes actores dependen o se benefician de las CNP, recogiendo sus visiones y percepciones, permite vincular no sólo el paisaje y las personas, sino los ecosistemas que conforman este paisaje (y su estado) con el bienestar humano. En otras palabras, esta valoración permite reflejar las realidades percibidas y visibilizar los estrechos vínculos que existen entre los sistemas naturales y el bienestar humano a través de los servicios de los ecosistemas (Palomo et al. 2012).

La incorporación del componente sociocultural es un aspecto importante en la valoración integral de un paisaje biocultural como los LdM, un sistema socioecológico conformado a través de la interacción naturaleza-ser humano a lo largo del tiempo. En este contexto, junto a los componentes sociales y ecoló-

gicos, las interacciones entre ambos cobran especial relevancia.

Si bien todos los habitantes de Moxos se benefician directa o indirectamente de los bienes y servicios que brinda este paisaje, y su bienestar puede verse afectado por la disponibilidad (o no disponibilidad) de estos, metodológicamente no es posible trabajar con todos ellos. Sin embargo, es necesario incorporar a los diferentes grupos de interesados o actores sociales en los procesos de diagnóstico, para así poder captar la diversidad de percepciones y relaciones con el paisaje. Para dar respuesta a esta necesidad, se elaboró un mapa de actores sociales del paisaje de los LdM que permitió la identificación y categorización de las distintas partes interesadas, seleccionando para los análisis aquellos considerados clave en la gestión, el uso y la conservación de los LdM y el departamento del Beni (apartado “Recursos adicionales”). Como resultado, cinco grandes grupos de actores formaron parte de los diagnósticos: autoridades municipales (gestores de cada municipio), pueblos indígenas, ganaderos, campesinos y pescadores (estos últimos con menor representatividad).

Para el análisis de las CNP se establecieron una serie de indicadores formulados como “beneficios” potenciales de ser valorados por los actores en relación a su aporte al bienestar. La tipología establecida (Tabla 1) contempla las distintas categorías de bienes y servicios, permitiendo captar tanto los beneficios tangibles como los intangibles del paisaje.

Divergencia y convergencia en las valoraciones

Dos aspectos destacan en la valoración global de la importancia de las CNP para el bienestar de la población de los LdM desde la percepción de sus principales actores: la importancia atribuida al agua (tanto disponibilidad como calidad) y a las funciones de regulación del paisaje en general (Figura 8).

Al comparar las valoraciones obtenidas sobresale la gran variabilidad en la percepción sobre la importancia relativa asignada a los distintos bienes y servicios del paisaje (Figura 9). Esta variabilidad se observa: a) entre los diferentes grupos de actores sociales (go-

biernos municipales, pueblos indígenas, ganaderos, campesinos y pescadores); b) dentro de cada uno de estos grupos de actores (entre las diferentes organizaciones indígenas, entre los 19 gobiernos municipales, entre las asociaciones de ganaderos y entre las agrupaciones campesinas); c) dentro de cada municipio, considerando la percepción de los diferentes actores que aglutina como una unidad de gestión; y d) entre regiones del departamento.

Sin embargo, junto a esta variabilidad de percepciones entre actores, reflejo en parte de la gran diversi-

dad sociocultural y ambiental del paisaje de los LdM, de los diferentes medios de vida que alberga y de los intereses y conocimientos divergentes de sus actores sociales, destacan ciertas constantes identificadas a través del paisaje:

- 1. La priorización de la **disponibilidad de agua** entre todos los actores: considerado como la CNP más importante en su aporte al bienestar (gobiernos municipales) o la segunda más importante, priorizada después de aquellas CNP directamente relacionadas con los medios de vida (ganadería en el



Daniel Barroso/ Faunagua

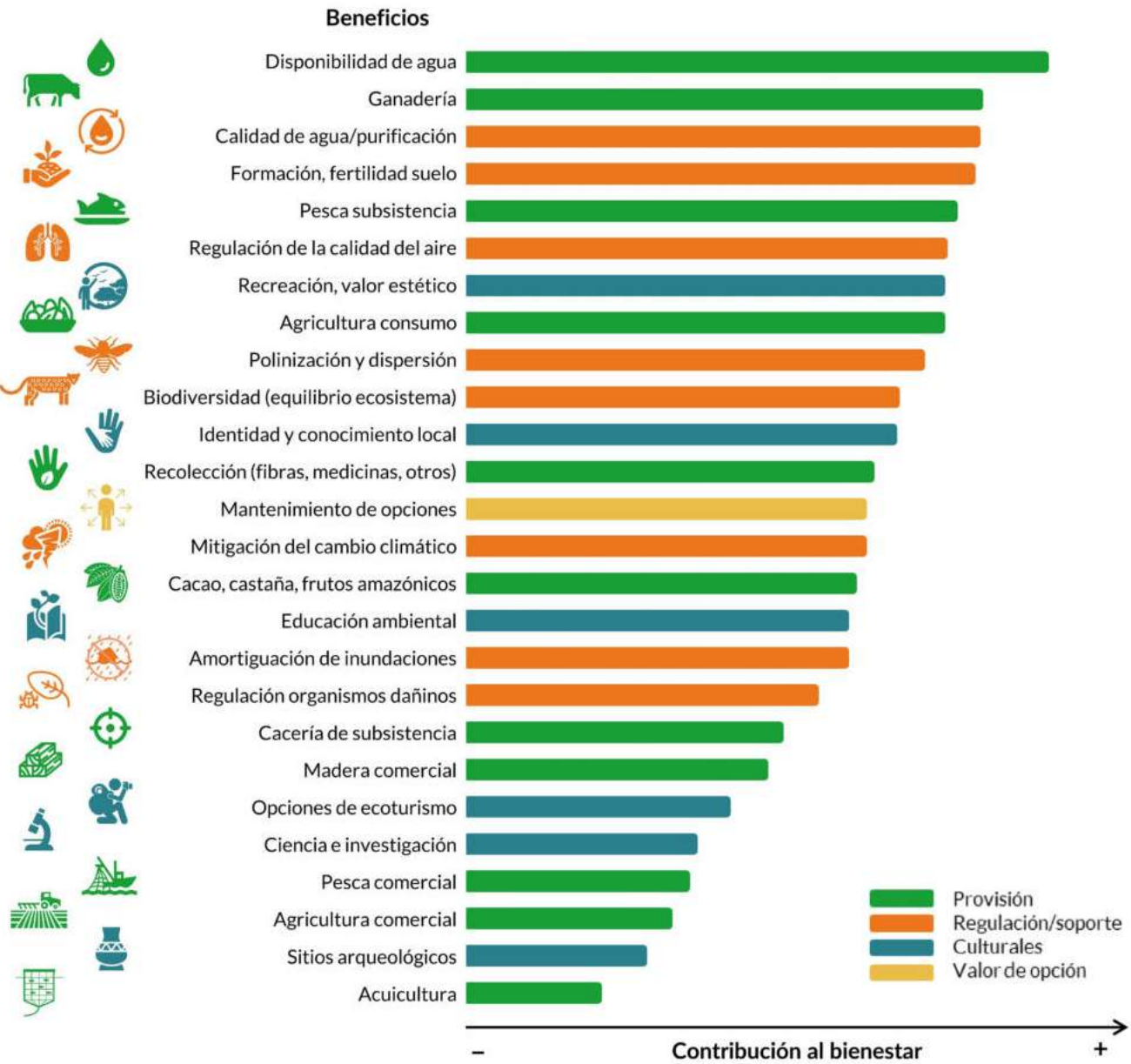


Figura 8. Aporte actual al bienestar de 19 contribuciones del paisaje Llanos de Moxos (y del Beni) a las personas desde la percepción de sus principales actores.



- caso de los ganaderos y agricultura de consumo y formación del suelo en el caso de pueblos indígenas y campesinos respectivamente).
- 2. La importancia otorgada a los **servicios/funciones de regulación**, destacando la regulación de la calidad del agua y el aire y la formación del suelo.
  - 3. La escasa priorización de los **servicios culturales** en su aporte actual al bienestar.
  - 4. La valoración, entre los servicios culturales, de la **recreación** (entendida como disfrute de la na-

turalidad y por su valor intrínseco), percibido por todos los actores como el servicio cultural que más aporta al bienestar, con excepción de los gobiernos municipales que priorizaron la identidad cultural por encima de la recreación, aunque con valores muy próximos.

Estas divergencias y convergencias en las valoraciones de los diferentes actores son fundamentales en la comprensión de la vinculación de CNP específicas con diferentes partes interesadas (quiénes tienen un interés en determinados servicios y por qué) (Tabla 4).

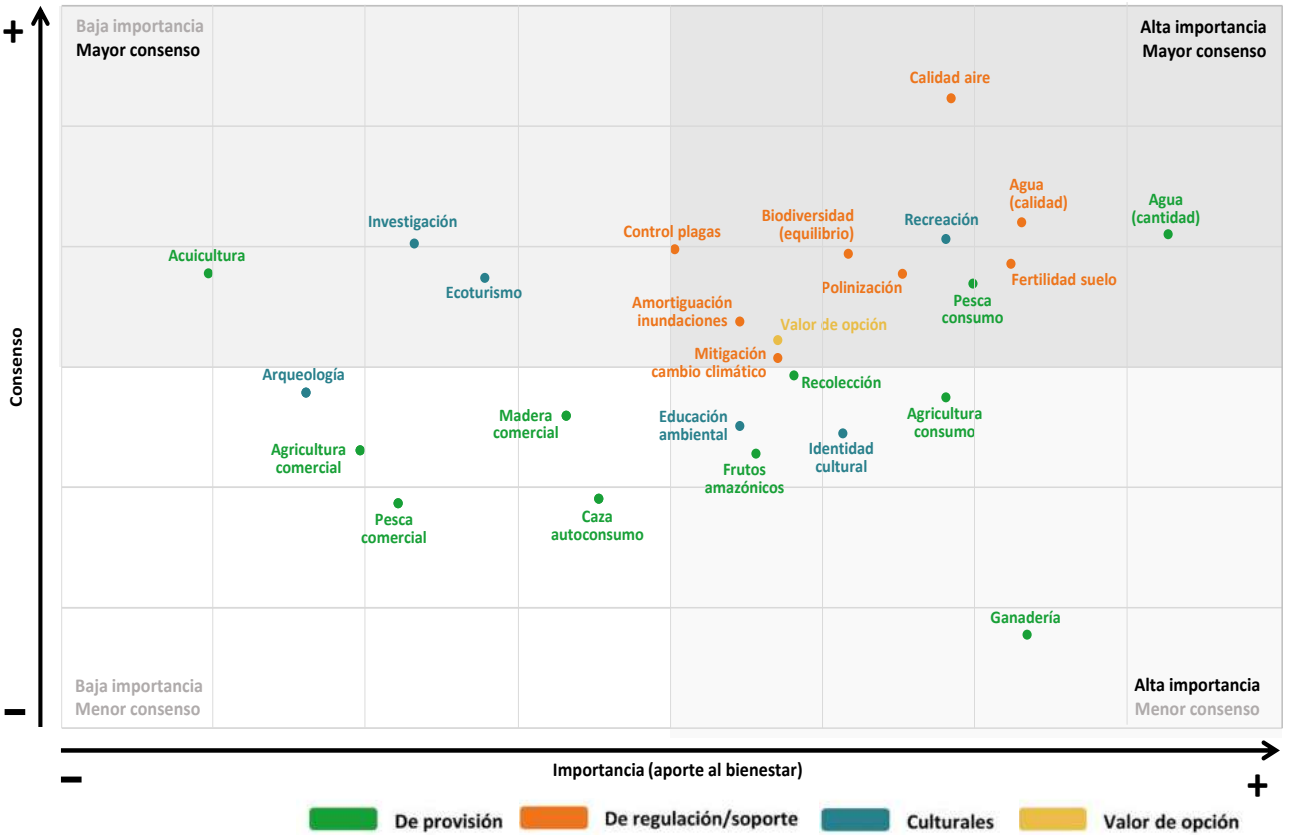


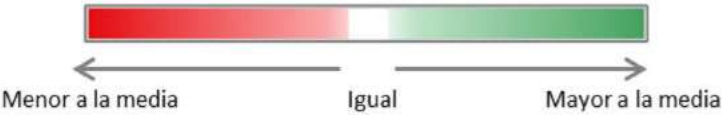
Figura 9. Prioridad versus consenso de las contribuciones de la naturaleza evaluadas mostrando la alta variabilidad entre las percepciones.



Marton Hardy/Amonía

Tabla 4. Divergencias en relación a la media global de las percepciones de los diferentes actores sobre la importancia de los contribuciones del paisaje en relación al bienestar (P: provisión, RS: regulación/soporte, C: culturales, V: valor de opción).

Contribuciones de la naturaleza a las personas		Media total	Gobiernos municipales	Ganaderos	Pueblos indígenas	Campesinos	Pescadores
P	Disponibilidad agua	1,58	1,72	1,80	1,29	1,67	1,00
P	Ganadería	1,06	1,33	2,90	-0,29	0,17	1,50
RS	Calidad agua	1,04	1,44	0,80	0,71	1,17	0,50
RS	Formación suelo	1,00	0,83	1,40	0,64	1,67	1,00
P	Pesca subsistencia	0,86	0,83	0,20	1,21	0,83	2,00
RS	Regulación calidad del aire	0,78	0,78	0,90	0,79	0,50	1,00
P	Agricultura consumo	0,76	0,33	0,10	1,64	1,67	-1,00
C	Recreación	0,76	0,28	0,70	1,14	0,83	2,50
RS	Polinización y dispersión	0,60	0,67	0,80	0,64	0,33	-0,50
RS	Biodiversidad	0,40	0,61	0,60	0,14	0,00	0,50
C	Identidad cultural	0,38	0,33	0,20	0,86	-0,17	0,00
P	Recolección	0,20	-0,33	-0,50	1,00	1,00	0,50
RS	Mitigación cambio climático	0,14	0,17	1,10	-0,50	0,33	-1,00
V	Mantenimiento de opciones	0,14	-0,06	-0,10	0,36	0,67	0,00
P	Cacao, castaña, frutos	0,06	0,11	-0,50	0,57	-0,17	-0,50
RS	Amortiguación inundaciones	0,00	0,28	0,20	-0,36	-0,33	0,00
C	Educación Ambiental	0,00	-0,28	-0,10	0,07	0,50	1,00
RS	Control plagas	-0,24	-0,22	-0,10	-0,43	-0,33	0,50
P	Cacería subsistencia	-0,52	-0,89	-1,10	0,71	-1,17	-1,00
P	Madera comercial	-0,64	-0,44	-0,70	-0,93	-0,17	-1,50
C	Ecoturismo	-0,94	-0,67	-1,30	-0,93	-1,50	0,00
C	Ciencia e investigación	-1,20	-1,50	-0,40	-1,50	-0,83	-1,50
P	Pesca comercial	-1,26	-0,78	-1,60	-1,86	-1,83	2,00
P	Agricultura comercio	-1,40	-1,28	-1,20	-1,79	-0,67	-3,00
C	Sitios arqueológicos	-1,60	-1,44	-2,00	-1,36	-2,00	-1,50
P	Acuicultura	-1,96	-1,83	-2,10	-1,86	-2,17	-2,50



Factores que subyacen a la importancia relativa asignada a los diferentes servicios del paisaje

Se solicitó a los actores que priorizaran las CNP en relación a su aporte al bienestar, considerando este en un sentido amplio que incorpora aspectos relacionados con los ingresos, la salud, la seguridad (personal, de acceso a recursos, ante desastres), la libertad de acción y elección (ser y hacer) y la calidad de las relaciones sociales. Sin embargo, de manera general en las valoraciones primaron las consideraciones económicas, seguidas por aspectos relacionados con la salud y, de manera menos presente, el resto de componentes del bienestar. Esta percepción de qué componentes del bienestar son más importantes es reflejo, en parte, de la cultura y de las circunstancias locales, aunque no cabe duda que el término bienestar humano incluye varias facetas con interacciones complejas y la impor-

tancia respectiva de cada aspecto es difícil de identificar (MA, 2003; OCDE, 2011; IPBES, 2022).

En nuestro caso, las sinergias y divergencias observadas entre actores y regiones en las CNP priorizadas, aportan pautas interesantes de relación con el entorno, en especial si se consideran los componentes del bienestar que subyacen en las valoraciones:

- 1. La importancia percibida por los diferentes actores de los beneficios que reciben del paisaje se relaciona con la dependencia que estos beneficios tienen con sus medios de vida, mostrando de cuáles CNP dependen, directa e indirectamente, las actividades productivas y de subsistencia de-



sarrolladas en el paisaje Llanos de Moxos. Este aspecto es importante en un escenario de cambio al facilitar la identificación de posibles desequilibrios (ganancias y pérdidas) entre actores debido a modificaciones en la disponibilidad de CNP, por ejemplo, debidas a cambios en el uso del suelo.

2. Todos coinciden en que el agua es fundamental para su bienestar. De su disponibilidad dependen no sólo todas las actividades (y el mismo desarrollo humano), si no el mantenimiento de los diferentes componentes del paisaje. Pero la importancia atribuida a esta CNP refleja, además, la percepción de una tendencia gradual a su degradación y escasez, visibilizando entre los actores la importancia de este servicio del paisaje hasta hace poco abundante y “gratuito”.
3. Mientras que los gobiernos municipales y los ganaderos sitúan la ganadería entre las tres CNP más importantes, mostrando la importancia de esta actividad en la economía municipal (y departamental) y de los propietarios privados que la practican; indígenas y campesinos apenas consideran que aporte al bienestar. Estos actores - habitantes principalmente de zonas rurales (comunidades) - priorizan en su lugar la agricultura de consumo seguida de otros beneficios como la pesca de subsistencia y la recolección, mostrando su mayor dependencia de múltiples servicios del paisaje.
4. En su conjunto, las funciones de regulación son consideradas por todos los actores entre las CNP de mayor importancia para el bienestar. Este resultado contrasta con la tendencia habitual en la que las preferencias humanas hacia los beneficios

de los ecosistemas se centran primero en los de aprovisionamiento (seguidos de los de regulación y, por último, en los culturales), en parte por su carácter tangible, lo que los hace más fácil de identificar, y en parte porque satisfacen necesidades de manera más inmediata (Willaarts et al., 2012). Sin embargo, en el paisaje de Moxos, la regulación de la calidad del agua y del aire, y la formación/mantenimiento de la fertilidad del suelo se encuentran entre las diez CNP priorizadas en todos los casos, junto a la polinización (con excepción de campesinos) y la biodiversidad (en el caso de gobiernos municipales y ganaderos). Esta preferencia – además de mostrar un reconocimiento del paisaje y sus funciones, propio de sistemas de vida que mantienen una relación cercana con el entorno – también se relaciona con la percepción de pérdida o degradación de estas CNP y sus efectos directos sobre la salud (contaminación) y ciertas actividades productivas (agricultura, pesca).

Ciertos factores socioeconómicos pueden influir también en las valoraciones de los servicios de los LdM. Aproximadamente 40% de la población del Beni vive por debajo de la línea de pobreza (INE, 2020) y el 56,4% de sus hogares tienen necesidades básicas insatisfechas, frente al 44,9% a nivel nacional (Andersen et al., 2020). Es posible que estas carencias motiven la priorización de CNP que permitan cubrir necesidades básicas de forma más directa e inmediata frente a otras con mayor aporte a otros componentes del bienestar, aunque más investigación se requiere para entender las complejas relaciones entre prioridades y percepciones sociales, medios de vida y condiciones socioeconómicas.



Héctor Angarita/NatCap

## Tendencias y amenazas de las contribuciones de la naturaleza a las personas

**Resultado clave 3:** Muchos de los beneficios de la naturaleza que fueron priorizados por la mayoría de los actores se perciben en disminución.

En las últimas décadas, los habitantes de los LdM y del departamento del Beni han experimentado cambios negativos en la provisión de prácticamente todos los beneficios del paisaje priorizados, afectando a sus medios de vida y a su bienestar. Esta percepción del cambio en la capacidad del paisaje de brindar bienes y servicios hace referencia tanto a la cantidad como a la calidad de las CNP.

En este contexto, el análisis se centró en dos tipos de cambios: 1) la capacidad de la oferta actual (capital natural) de satisfacer la demanda de la población, y 2) la tendencia de cambio en el stock de beneficios del paisaje percibida por los actores.

### *Situación actual de las contribuciones de la naturaleza a las personas: el balance entre la oferta y la demanda*

Los resultados (presentados en detalle en los “Recursos adicionales”) muestran las diferencias regionales que caracterizan la provisión de bienes y servicios del paisaje LdM, sin embargo, también se observa la tendencia generalizada de CNP con demandas que superan la capacidad de los ecosistemas (Figura 10).

La escasez de ciertos servicios de provisión se ha solventado temporalmente con cambios en la ubicación de las áreas para su obtención, permitiendo mantener la demanda (o satisfacer las demandas crecientes), aunque en zonas de uso cada vez más alejadas de las poblaciones. Esta práctica ha sido posible gracias al relativo buen estado de conservación que todavía se observa en gran parte del paisaje LdM, pero sólo es aplicable a ciertas CNP y, en otras, limitada debido al avance en la degradación de los espacios de provisión (por ejemplo, madera). Los únicos servicios de provisión con un balance positivo son los frutos amazónicos (cacao, castaña, otros) y la recolección, considerados susceptibles de mayor aprovechamiento (mejora de tecnología, capacitación, mercado).



Robert Wallace/ WCS

En contraposición, todos los servicios culturales se perciben con un balance positivo, interpretado como un “excedente” desaprovechado y cuya valoración y promoción se debe impulsar, junto al valor de opción, diversificando e innovando posibles aportes al bienestar (beneficios) del paisaje aún no explorados.

Este balance entre la demanda y la capacidad de los ecosistemas para proveer bienes y servicios describe la situación actual del paisaje y refleja las preferencias y la importancia que los diferentes actores asignan a los beneficios que reciben de los ecosistemas, pero también la dependencia que estos tienen con sus medios de vida (resultado clave 1). Así mismo, estas demandas pueden influir en las presiones sobre el entorno y en el flujo de las contribuciones de la naturaleza a los beneficiarios.





### Tendencias en las contribuciones del paisaje Llanos de Moxos al bienestar desde la percepción local

Al explorar las percepciones sobre la evolución en las últimas décadas de las diferentes CNP, se observa un declive importante en prácticamente todos los beneficios relacionados con la provisión y la regulación (13 de los 19 analizados), con especial incidencia en los primeros a excepción de la ganadería (Figura 10). Esta pérdida gradual afecta principalmente a CNP importantes para el mantenimiento de las economías de subsistencia que caracterizan a gran parte de la población del departamento: cacería y pesca de subsistencia, disponibilidad de agua y agricultura de consumo, junto a la madera con fines comerciales, de cuyo aprovechamiento se beneficia un espectro más amplio de actores. Entre las funciones de regulación con mayores tendencias de pérdida gradual destacan la regulación de la calidad del agua y del aire, la mitigación del cambio climático y la biodiversidad; y entre los culturales, el mantenimiento de culturas vivas (identidad cultural) sería el único considerado en declive.

Pocas CNP se perciben con tendencias (moderadas) de incremento. Este es el caso de la ganadería y la agricultura comercial, junto al cacao, la castaña y otros frutos amazónicos, y la acuicultura en menor medida (posiblemente relacionado con el incremento de proyectos de inversión desde el gobierno destinados a esta actividad).

Algunos aspectos clave desde la percepción local:

1. Los principales actores sociales de los LdM perciben un deterioro gradual del paisaje y una reducción en su capacidad de provisión de CNP, afectando al bienestar.
2. Las demandas de determinadas CNP, impulsadas a través de diferentes políticas y/o preferencias de mercado, pueden influir en las presiones ecológicas y en el flujo de los beneficios de la naturaleza a las personas, generando múltiples impactos.
3. El declive de las funciones de regulación es especialmente preocupante porque presagia el futuro declive de otras CNP en un contexto en el que los principales impulsores de cambio (cambio en el uso del suelo, sobreexplotación, contaminación y cambio climático) se intensifican.

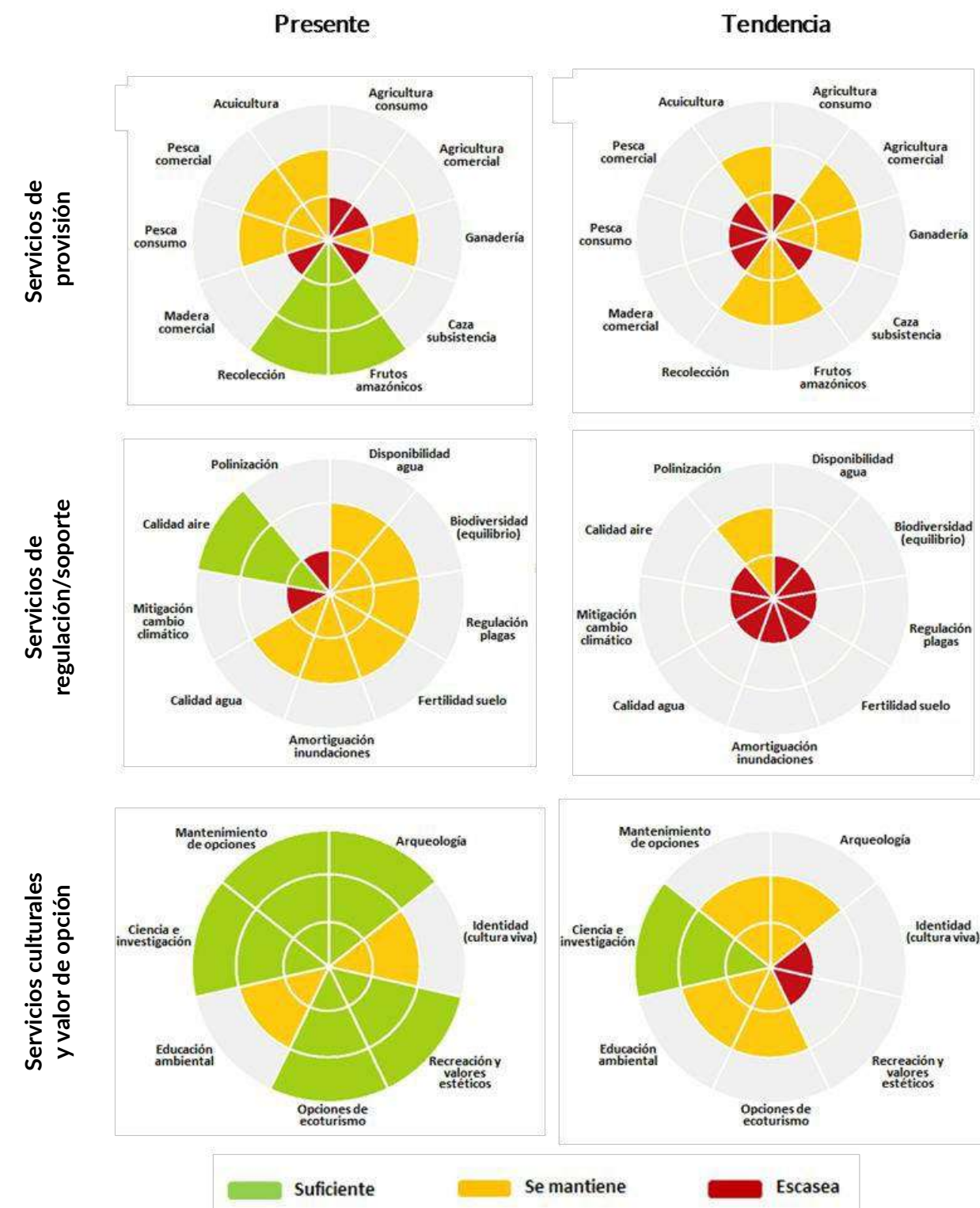


Figura 10. Síntesis de la situación actual de las contribuciones de la naturaleza a los personas en el departamento del Beni y sus tendencias en el futuro próximo desde la percepción local.



Contribuciones de la naturaleza críticas

Los servicios del paisaje o CNP sometidos a una fuerte demanda y con tendencias crecientes a su reducción, requieren de especial atención, y aquellos priorizados por su aporte al bienestar podrían considerarse como contribuciones críticas del paisaje LdM para el bienestar. La representación de los datos de priorización de CNP y su vulnerabilidad permite dividir estas en cuatro categorías (Figura 11):

- 1. CNP consideradas de gran importancia para el bienestar y muy vulnerables: agrupa a más del 42% de las CNP evaluadas, destacando la disponibilidad y calidad del agua, la formación/fertilidad del suelo, la pesca, los cultivos para consumo y la calidad del aire, seguidos por la recreación, la identidad cultural y la biodiversidad.
- 2. CNP priorizadas, pero poco vulnerables: ganadería, polinización, recolección, valor de opción, frutos amazónicos y educación ambiental.
- 3. CNP muy vulnerables y poco priorizadas: con tres servicios de provisión (madera y pesca comercial

y cacería de subsistencia) y uno de regulación (control de plagas).

- 4. CNP poco vulnerables y poco priorizadas: incluye varios servicios culturales junto a dos servicios de provisión (agricultura comercial y acuicultura).

En este sentido, la **disponibilidad y calidad del agua** (niveles más altos de priorización y vulnerabilidad) se convierten en **las CNP más críticas del paisaje de los LdM y del Beni**. Desde la percepción local, si bien el agua todavía es abundante, las zonas afectadas por su escasez están aumentando y su calidad se está reduciendo a escala del paisaje. Estos beneficios del paisaje podrían verse aún más afectados con la tendencia al crecimiento en la demanda de otros servicios como la agricultura comercial intensiva y en escenarios de cambio climático (resultado clave 4).

El agua es un elemento fundamental en los Llanos de Moxos, a través del cual se pueden explicar sus paisajes, condicionando todos los aspectos ecológicos, sociales y económicos. Su pérdida y degradación tendría importantes implicaciones a nivel del paisaje.



Figura 11. Contribuciones de la naturaleza a las personas críticas en el departamento del Beni desde la percepción local.

Principales impulsores de cambio en el paisaje Llanos de Moxos

Desde la percepción de los diferentes actores locales, son numerosos los impulsores de cambio y sus efectos en las diferentes CNP analizadas, así como las interrelaciones y sinergias entre ellos. El análisis ha procurado agrupar estos factores de cambio identificando las principales relaciones causa-efecto, y centrándose en los vínculos entre los ecosistemas y el bienestar humano.

En este contexto, nos referimos a impulsores de cambio (directos o indirectos) para identificar a aquellos factores externos, tanto naturales como de origen antropogénico, que afectan a la prestación de las CNP y, como consecuencia, al bienestar.



Entre los principales impulsores directos de cambio identificados por los actores se encuentran (aquellos que fueron mencionados más veces a nivel de paisaje encabezan la lista):

**Cambio de uso del suelo, promovido principalmente por la expansión agrícola:** considerado el motor de cambio con mayor repercusión negativa en las CNP y con mayor tendencia al crecimiento. Responsable de facilitar otros impulsores de cambio negativos, entre ellos la sobreexplotación, las quemas y la contaminación del agua y el aire. Paralelamente, la conversión de los ecosistemas naturales en agrícolas está reduciendo las capacidades de regulación naturales del paisaje (regulación del clima, calidad del agua, calidad del aire), intensificando los efectos directos. Esta degradación y pérdida de hábitats afecta directamente

al capital natural de los LdM y a su biodiversidad y, por tanto, a su capacidad de mantener las CNP actuales y futuras (p. ej. cacería de subsistencia y pesca; recreación y opciones de ecoturismo; y el valor de opción).



**Falta de planificación e incremento de infraestructuras** (comunicación vial, atajados, desvíos de cuerpos de agua): aunque las infraestructuras son importantes para el desarrollo económico, la falta de planificación se percibe como un aporte a la degradación del entorno y a la modificación de los flujos de agua (pérdida de cuerpos de agua y su disponibilidad, inundaciones). Los impactos de la infraestructura sobre ciertas CNP como la cantidad y la calidad del agua han sido identificados incluso en lugares muy alejados de las obras o modificaciones de los cursos de agua.



**Sobreexplotación** (extracción de un recurso natural por encima de su capacidad de regeneración): por intensificación del aprovechamiento directo (mayor presión sobre los recursos), extracción selectiva y aprovechamiento ilegal, afectando tanto a la fauna terrestre (reducción de la cacería de subsistencia) como acuática (reducción de la pesca comercial y de



subsistencia por sobrepesca) y a los bosques (tala ilegal, selectiva, habilitación de tierras para cultivos). está intensificando la importancia de este impulsor, acelerando el agotamiento de los recursos y, por tanto, afectando a diferentes componentes del bienestar.



**Contaminación (principalmente del agua, pero también del aire):** dos aspectos principales se relacionan con este impulsor, los incendios y los agroquímicos. En el primer caso, a la contaminación del aire por el humo (y sus efectos asociados sobre la salud), se suma la contaminación por cenizas de los cuerpos de agua, asociada a elevadas mortandades de peces. Los pesticidas y fertilizantes escurren desde el suelo hasta las aguas y pueden además contaminar el aire si son aplicados por métodos aéreos, generando riesgos para la salud humana y degradación del entorno. En ambos casos, se considera el incremento de la agricultura comercial como uno de los principales responsables, junto a la ganadería por su sistema de gestión tradicional (quema anual de pastos), aunque también por



el incremento de pastos cultivados especialmente en ciertas regiones (tratamientos con pesticidas y fertilizantes). En otras regiones (como Baures y las zonas aledañas al río Beni) se menciona la contaminación de aguas por mercurio procedente de las prácticas de la minería aurífera.



**Cambio climático:** impulsor que intensifica los efectos de otros impulsores. Los principales efectos percibidos por los actores de los LdM son cambios en los calendarios agrícolas, incremento en la frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos (sequías e inundaciones) e inestabilidad estacional de los suministros de agua, afectando a numerosas actividades. También se destacan incrementos en la temperatura y su relación potencial con el incremento en el número y gravedad de los incendios (en especial forestales).



Según la percepción local, estos impulsores han sufrido un incremento gradual en los últimos años, con una tendencia a acelerar la transformación del paisaje y reducir su capacidad de proveer beneficios, al tiempo que afectan directamente a determinadas CNP y al propio bienestar humano (Figura 12).

Estos factores o motores de cambio son en gran medida resultado de una serie de **impulsores indirectos**, causas socioeconómicas (y políticas) subyacentes, entre las que los actores destacaron las políticas prioritizadas de desarrollo (principalmente relacionadas con los modelos de ocupación del territorio, ocupando un lugar destacado el incremento de asentamientos, el cambio en el uso del suelo y el incremento de infraestructuras asociadas), la pobreza (falta de oportunidades), la débil gobernanza (asociada a conflictos de uso, débil control e ilegalidad) y las deficientes condiciones de acceso a mercados (o débil competitividad).

Los diferentes impulsores, directos e indirectos, interactúan entre sí de maneras complejas, generando efectos acumulativos o intensificándolos. Por su parte, la demanda creciente de recursos naturales, tangibles e intangibles, y la transformación y degradación gradual del paisaje, también afectan a su capacidad de generar bienes y servicios y, por tanto, al bienestar humano. En la Figura 13 se muestran algunas de las interacciones entre los principales impulsores de cambio identificados por los diferentes actores, aunque sólo refleja una parte simplificada de la complejidad de estas interacciones.

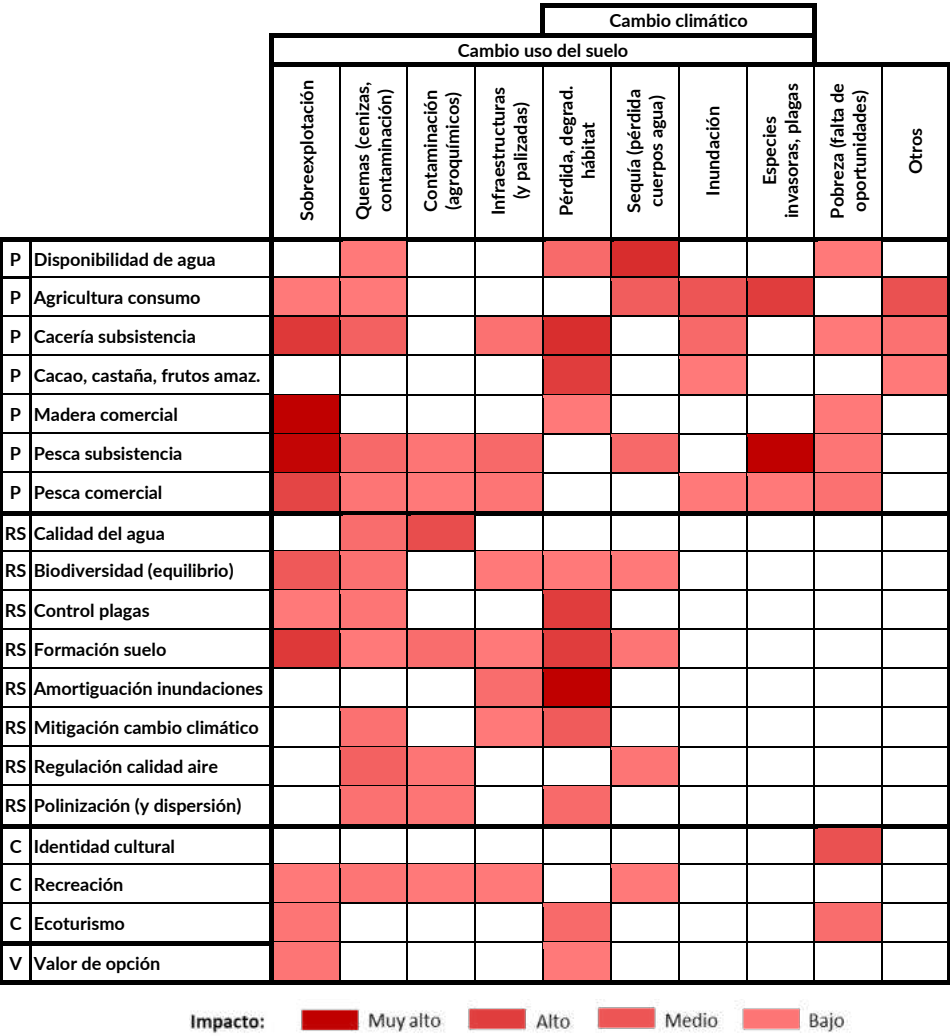
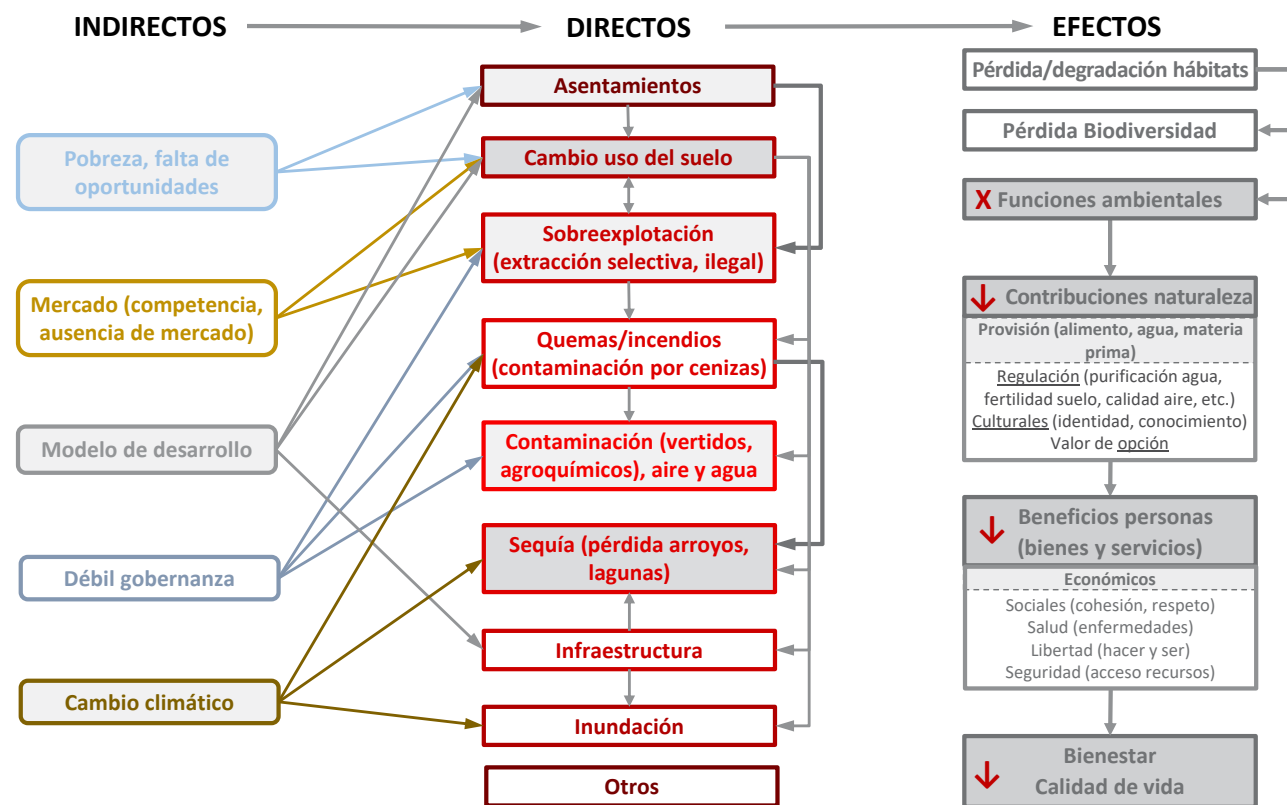


Figura 12. Principales impulsores de cambio y su incidencia en las contribuciones de la naturaleza a las personas desde la perspectiva de los actores sociales.







**Figura 13.** Resumen de interrelaciones entre impulsores directos e indirectos y sus principales efectos desde la percepción local.



Héctor Angarita/ NatCap

# II. El futuro de los Llanos de Moxos

## Vías potenciales de desarrollo

**Resultado clave 4:** Las decisiones que se tomen hoy respecto al uso del suelo y el manejo del paisaje encaminarán a los Llanos de Moxos hacia futuros muy distintos.

El paisaje de Moxos está cambiando. A partir de las visiones de futuro expresadas por los actores locales, para este proyecto se construyeron tres posibles escenarios futuros distintos para la región al 2050: un escenario representativo de la continuidad de las tendencias actuales, un escenario de cambio acelerado y un escenario en el que se priorizan las alternativas basadas en las potencialidades de los ecosistemas. Estos escenarios difieren entre sí principalmente en las prioridades y preferencias de uso del suelo y los sistemas de aprovechamiento predominantes en el paisaje. Los supuestos y la metodología para la elaboración de los escenarios se pueden consultar en la sección Resumen de métodos.

### Escenario “tendencia actual” (TEND)

El primer escenario representa la continuación de las tendencias actuales durante las próximas décadas. Este escenario supone que las transformaciones y cambios que se vienen observando en la región seguirán ocurriendo al mismo ritmo en los próximos 30 años.

Estos cambios consisten principalmente en la conversión parcial de las pampas dedicadas a la ganadería extensiva hacia la agricultura mecanizada intensiva en insumos y la extensión de la agricultura y ganadería de pequeña escala sobre áreas de bosque (Figura 14). Estas transformaciones del paisaje significan una reducción considerable de las coberturas de las sabanas y de diversos tipos de bosques. Las áreas de protección estricta de las áreas protegidas se mantienen en gran medida, pero sufren algunas pérdidas sobre todo por la penetración de la agricultura y ganadería de pequeña escala.

Frente a esta transición, algunos municipios y actores locales optan por opciones diferentes en las que las áreas de ganadería extensiva transitan hacia la ganadería extensiva sostenible e incluso certificada, o hacia la agricultura de conservación articulada a la ganadería semi-intensiva (Tabla 5).



Sam Beebe/Flickr



Sam Beebe/Flickr



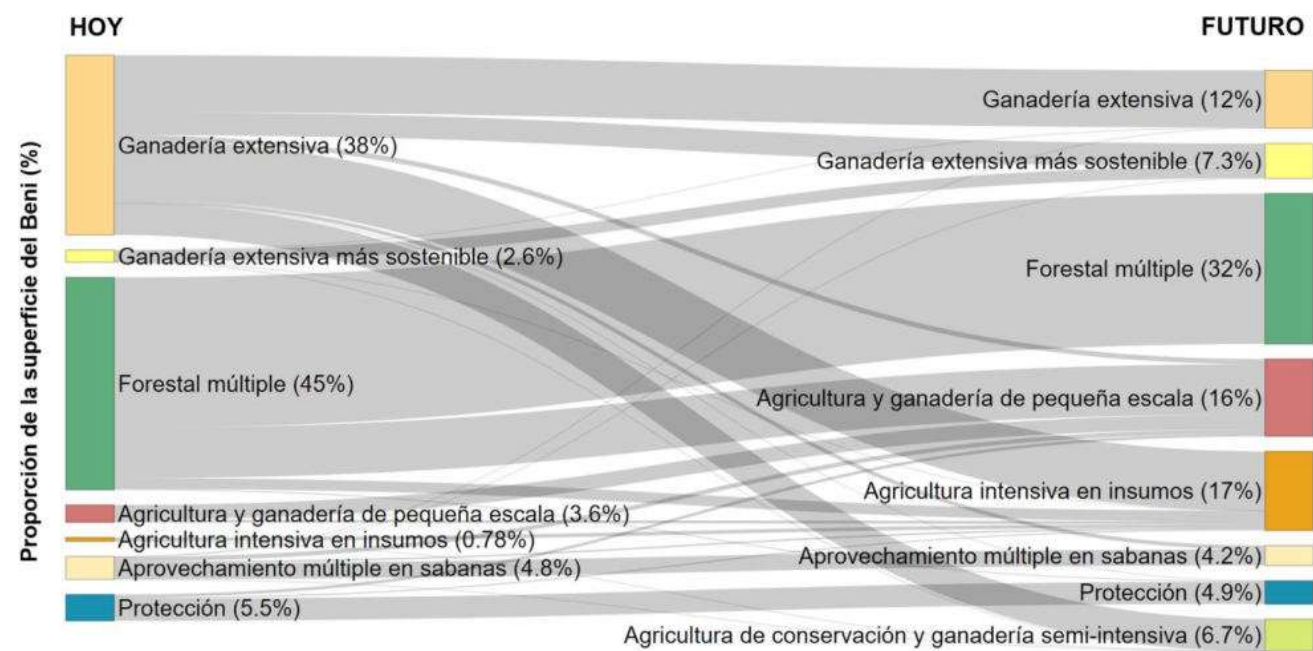


Figura 14. Transformaciones en los sistemas de aprovechamiento del paisaje en el escenario “tendencia actual” (TEND).

Tabla 5. Descripción del sistema de aprovechamiento: agricultura de conservación y ganadería semi-intensiva.

Sistema de aprovechamiento	Descripción
Agricultura de conservación y ganadería semi-intensiva	La agricultura de conservación se enfoca en la prevención de la pérdida de suelos, el aprovechamiento del agua y la eficiencia en el uso de nutrientes gracias a prácticas como la siembra directa o la rotación con cultivos de cobertura. Puede ser mecanizada. Es más diversificada que la agricultura convencional. En este sistema de aprovechamiento, parte de la producción agrícola se destina a la complementación de la alimentación animal, permitiendo así la intensificación parcial de la ganadería asociada.



Silvia Ten/CIBIOMA-UABJB

### Escenario “cambio acelerado” (ACEL)

El segundo escenario, denominado “cambio acelerado”, es similar al escenario de “tendencia actual”, pero las transformaciones suceden a un ritmo acelerado, es decir, alcanzan una mayor escala en el mismo horizonte de tiempo.

Los principales cambios en este escenario también consisten en la conversión de las sabanas en tierras dedicadas a la agricultura mecanizada intensiva en insumos y la extensión de la agricultura y ganadería de pequeña escala sobre áreas de bosque. Estos cambios

se dan sobre una superficie aún mayor que en el escenario de tendencia actual, dando lugar a una intensa transformación del paisaje con pérdida de 44% de las extensiones actuales de bosques y sabanas (Figura 15). Las áreas de protección estricta de las áreas protegidas sufren pérdidas por la incursión de la agricultura y ganadería de pequeña escala.

En este escenario, los sistemas de aprovechamiento más alineados a las potencialidades de los ecosistemas, como la ganadería extensiva con tendencia sostenible, los sistemas agroforestales o la agricultura de conservación, prácticamente no se implementan.

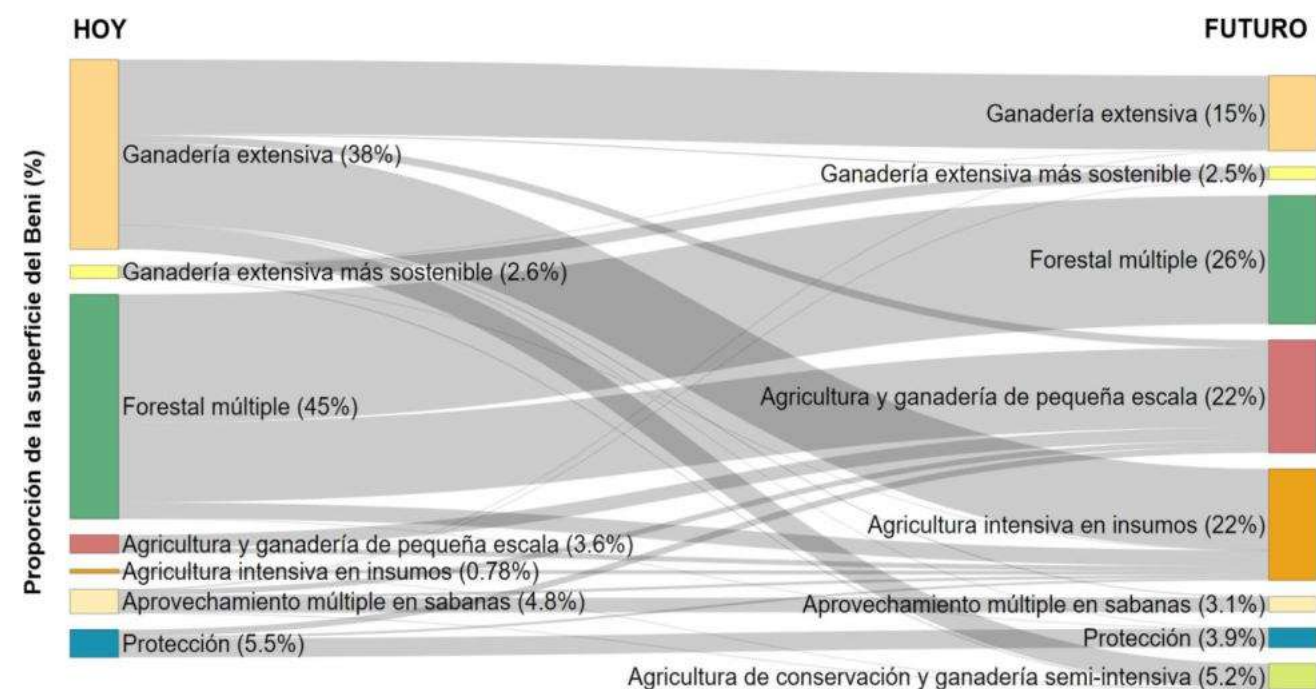


Figura 15. Transformaciones en los sistemas de aprovechamiento del paisaje en el escenario “cambio acelerado” (ACEL).



Sam Beebe/Flickr



Silvia Ten/CIBIOMA-UABJB



Escenario “alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas” (ECOS)

El tercer escenario, denominado “alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas” (ECOS), difiere considerablemente de los dos anteriores. En este escenario, los sistemas y prácticas de aprovechamiento que se impulsan consideran las potencialidades del paisaje, manteniéndose la funcionalidad del paisaje de los LdM.

En este escenario, los diferentes actores del Beni priorizan sistemas diversificados que se apoyan en las sabanas, los bosques y los humedales. La principal transformación de las áreas de ganadería extensiva consiste en un cambio de manejo hacia la ganadería extensiva con tendencia más sostenible (con rotación de potreros y manejo sin fuego; Figura 16).

La agricultura y ganadería de pequeña escala se extienden de forma moderada y transitan hacia sistemas más diversificados agroforestales. La agricultura se implementa en superficies moderadas y prioriza sistemas de cultivos basados en la agricultura de conservación fomentando el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, el uso eficiente del agua y la diversificación de los cultivos.

El mosaico de sabanas, bosques y humedales se mantiene en gran medida junto a las actividades ganaderas, agrícolas y agroforestales, mientras que las áreas

protegidas, y en especial las áreas de protección estricta, se conservan para cumplir con sus funciones. El mantenimiento de la integridad y funcionalidad de gran parte del paisaje permite el desarrollo de actividades diversificadas consuntivas y no consuntivas, actuales o con potencial demanda futura (p.ej. mantenimiento de las pesquerías, actividades turísticas, recreación, investigación).

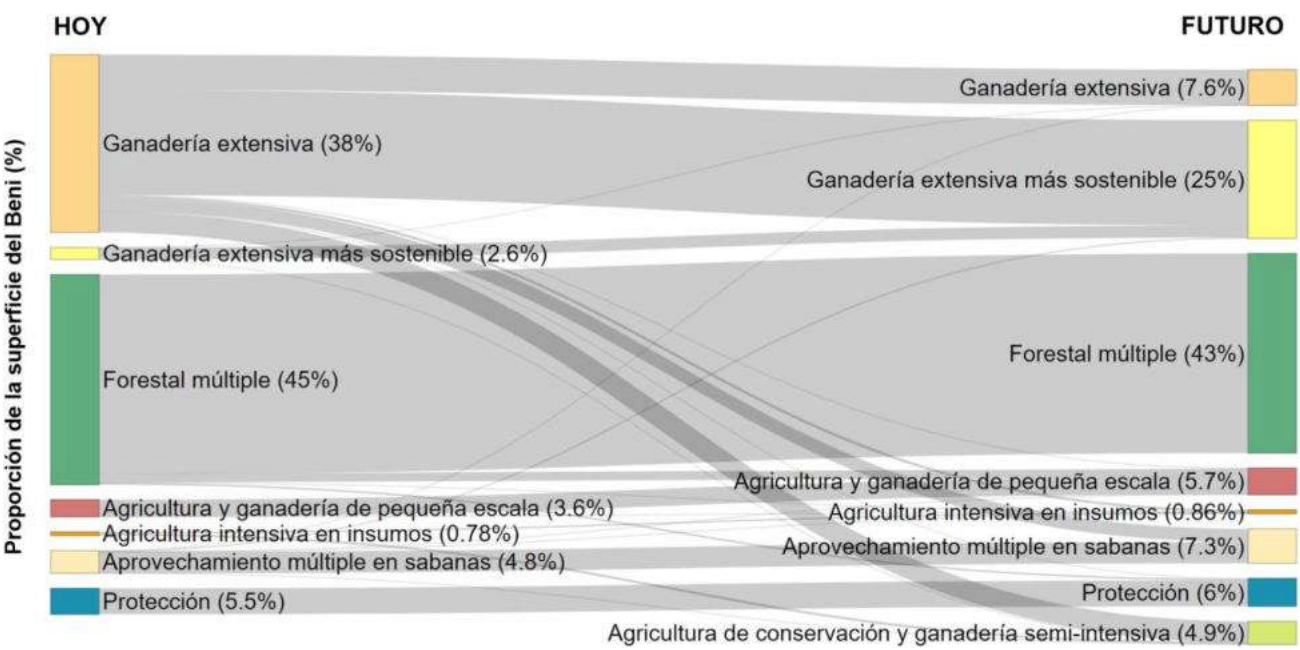


Figura 16. Transformaciones en los sistemas de aprovechamiento del paisaje en el escenarios “alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas” (ECOS).





Cambio climático

**Resultado clave 5:** Independientemente de las decisiones de los actores locales y del diseño de las políticas públicas del Beni, el cambio climático será uno de los principales factores de transformación durante las próximas décadas.

Cambios esperados en la temperatura y la precipitación y su efecto en los procesos de circulación de agua que ocurren a escala de la cuenca del río Madeira y, localmente, en el departamento del Beni (la escorrentía, evaporación, transpiración y almacenamiento de humedad en el suelo y en las sabanas inundables), generarán alteraciones en las funciones de sus ecosistemas. Estas alteraciones afectarán a los beneficios que ofrece el paisaje a las personas y a las actividades que se desarrollen en la región.

Utilizando como punto de partida las proyecciones más recientes del Panel Intergubernamental de Naciones Unidas para el Cambio Climático IPCC (IPCC, 2019-2020, Proyecto CMIP6), evaluamos los impactos potenciales de diferentes escenarios de clima futuro en varios aspectos del ciclo de agua de la región, considerando horizontes climatológicos de corto (2015-2045) y medio término (2045-2075) y de fin de siglo (2075-2100) (Figura 17). Cada uno de estos periodos de 30 años (formalmente denominados climatologías), dan una perspectiva de la magnitud de los cambios promedio esperados en horizontes de corto y largo plazo. El proyecto adopta como climatología de referencia para los indicadores de cambio las condiciones correspondientes al periodo 1985-2015. Las proyecciones presentadas en el documento corresponden a las proyecciones del periodo 2015-2045.

El **primer escenario** de cambio climático considerado corresponde a la trayectoria más moderada, es decir, la más optimista que podría esperarse en la región. Este escenario considera la implementación de manera coordinada, a nivel global, de las políticas de acción

climática para alcanzar la neutralidad de carbono<sup>6</sup> a 2050 y mantener el calentamiento global por debajo de +2 °C (SSP 1-2,6). En otras palabras, este escenario presenta los aspectos del cambio climático que ya son inevitables y, por lo tanto, ilustra cambios inminentes en el clima en la región, como:

- 1. Incremento de las temperaturas en aproximadamente +1,9 °C a mitad de siglo (+1,8 °C a fin de siglo).
- 2. Reducción de las precipitaciones anuales entre -2 y -4% (hasta -3 y -6%).
- 3. Disminución del número de días lluviosos en el año entre -3 y -4% (hasta -3 y -6%).
- 4. Reducción de las rachas de días con lluvia entre -3 y -8% (entre -4 y -10%).
- 5. Incremento de la magnitud y frecuencia de las precipitaciones extremas (R95<sup>7</sup>) en hasta 2% (+4%).

El **segundo escenario** corresponde a la condición más pesimista de cambio climático (SSP 5-8,5). En contraste al primero, este escenario es el resultado de la no implementación a nivel global de acciones para la mitigación del cambio climático, con lo que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) se mantienen o incrementan. El resultado es una desestabilización del sistema climático a gran escala. Para el caso particular de los LdM, las proyecciones indican cambios como:

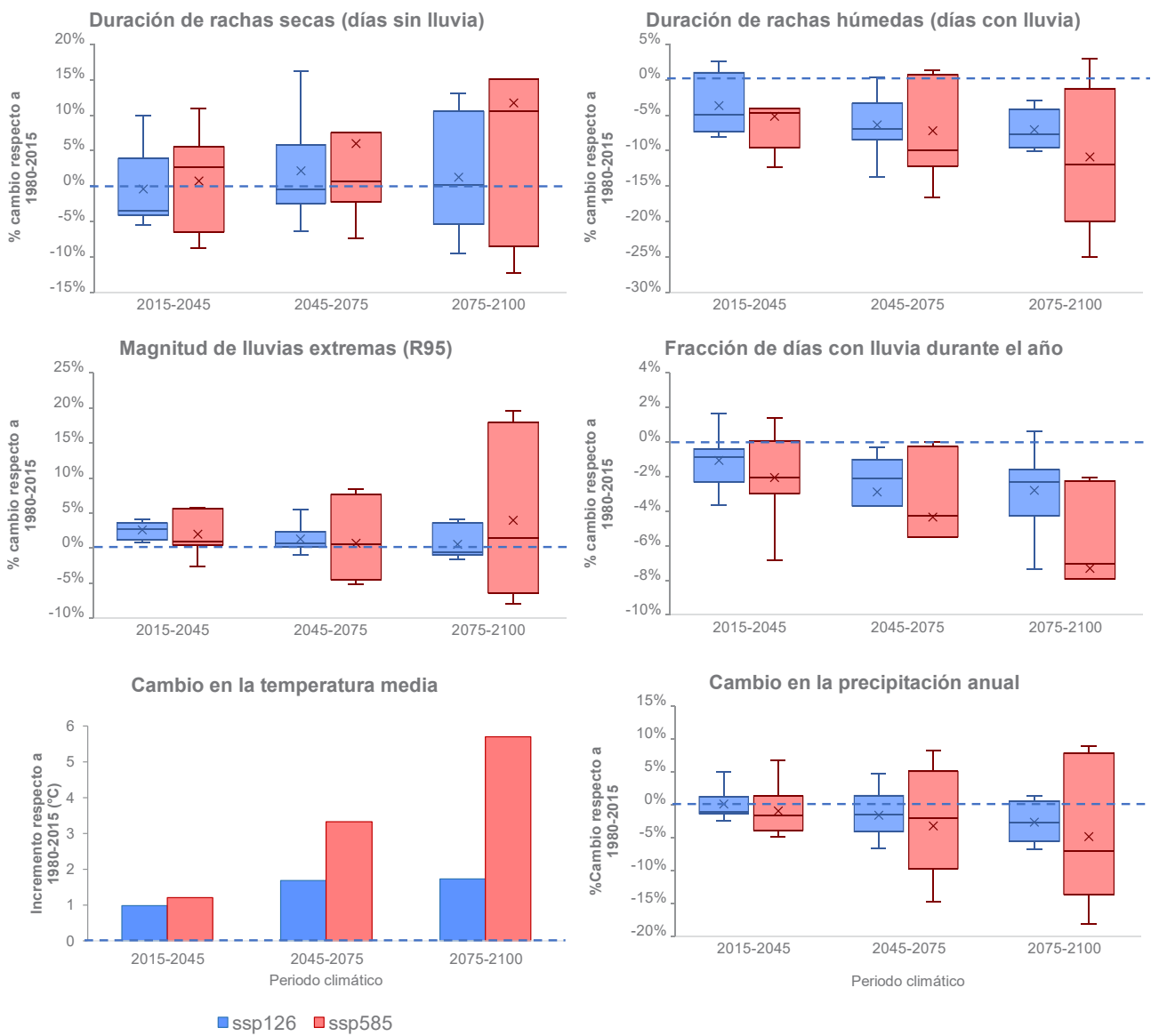
- 1. Incrementos en la temperatura de aproximadamente +3,3 °C (+5,7 °C),
- 2. Reducción de las precipitaciones anuales entre -3 y -10% (entre -5 y -14%),
- 3. Disminución del número de días lluviosos en el año entre -3 y -5% (hasta -5 y -8%),
- 4. Reducción de las rachas de días con lluvia entre -6 y -11% (entre -12 y -20%),
- 5. Incremento de la magnitud y frecuencia de las precipitaciones extremas (R95) en hasta 8% (+18%).

<sup>6</sup> La neutralidad de carbono se consigue cuando se emite la misma cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) a la atmósfera que la que se retira por distintas vías, lo que deja un balance cero.

<sup>7</sup> Indicador para cuantificar la magnitud de los eventos más extremos de lluvia. Hace referencia a los eventos de lluvia que corresponden al percentil 95% de los valores registrados en un periodo de 30 o más años.

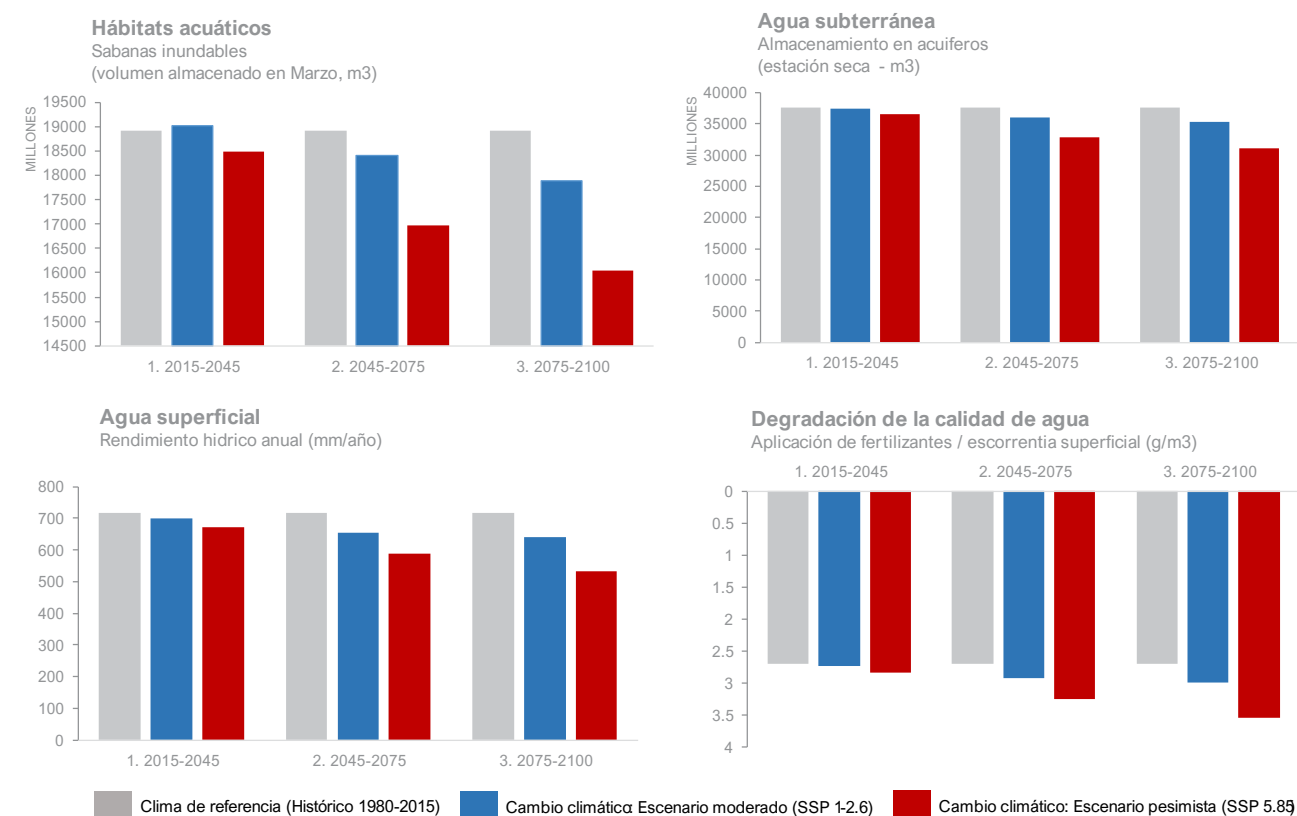
Estas señales de cambio climático, a su vez, tendrán impactos potenciales relacionados con el funcionamiento hidrológico de la cuenca, en los ecosistemas y en los beneficios que actualmente proveen a las personas en el Beni. Al evaluar los diferentes indicadores (Tabla 2), los resultados muestran una clara tendencia a la reducción del suministro de servicios relacionados con el agua (Figura 18). Por ejemplo, a mitad de siglo se proyectan reducciones entre 10 a 15% en indicadores asociados a los rendimientos hídricos y en los almacenamientos de agua superficial y subterránea en el sistema.

Si bien existe un nivel de incertidumbre sobre cuál será el nivel de transformación del clima y de los efectos locales, los resultados muestran sin lugar a dudas que, en las próximas décadas, el departamento del Beni experimentará cambios en las características del clima. En este contexto, la planificación de las decisiones relacionadas con el uso del paisaje debe considerar criterios de mitigación y adaptación a dichos cambios y, a su vez, orientarse a la adopción de medidas que reduzcan la vulnerabilidad a estos cambios de los diversos modos de vida y sistemas de aprovechamiento presentes en la región.



**Figura 17.** Resumen de los principales cambios en los patrones climáticos en la región de los Llanos de Moxos según las proyecciones del IPCC-CMIP6 para los escenarios moderado-optimista (SSP 1-2,6) y pesimista (SSP 5-8,5). Los resultados mostrados sintetizan los rangos de proyecciones de 9 modelos globales del proyecto CMIP6 evaluados para la región.





**Figura 18.** Principales cambios en indicadores de servicios hidrológicos en los Llanos de Moxos bajo los escenarios de cambio climático.



Daniel Barroso/Faunagua

### III. Capital natural y bienestar social: el balance entre las ganancias y las pérdidas en escenarios futuros de desarrollo

**Resultado clave 6:** Las orientaciones de desarrollo que se escojan en los Llanos de Moxos tendrán un impacto directo sobre el bienestar y la calidad de vida futura de la población en términos de recursos hídricos, almacenamiento de carbono, capacidad de adaptación y mitigación del cambio climático y disponibilidad de recursos naturales para el beneficio y desarrollo local.

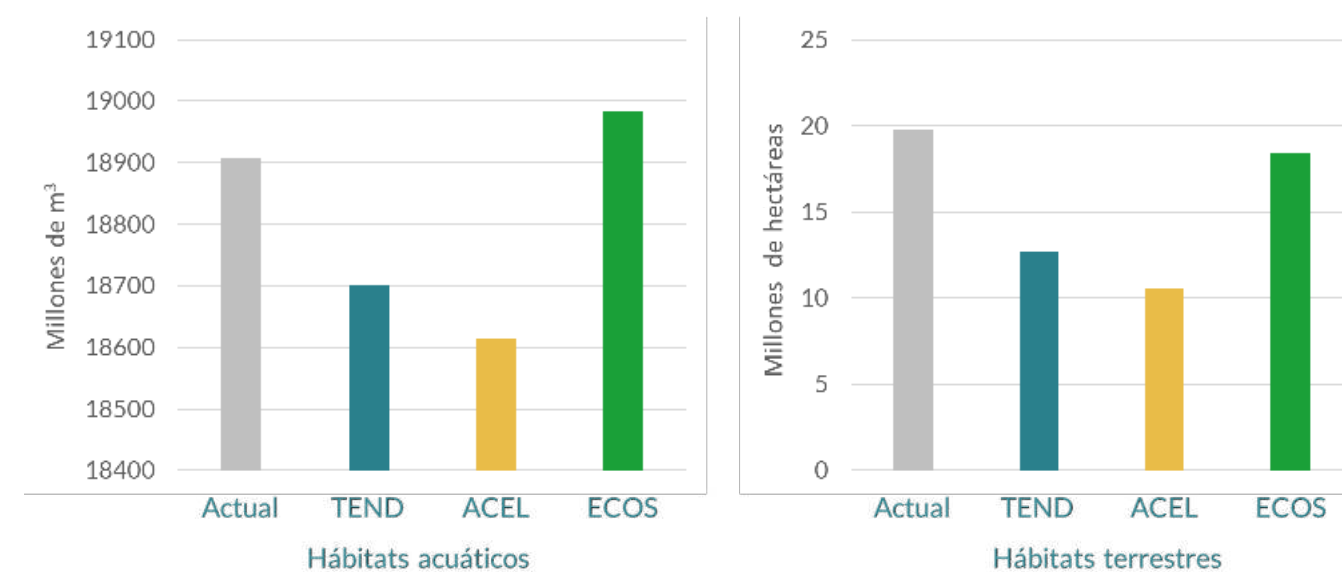
#### Hábitats y servicios asociados

Una de las diferencias más significativas entre los tres escenarios futuros es la extensión de la pérdida de hábitats, tanto terrestres como acuáticos, del paisaje LdM. Estas pérdidas, impulsadas principalmente por la demanda de unas pocas CNP (destacando la expansión explosiva de la agricultura), son muy altas en los escenarios que reflejan la continuación de las tendencias actuales (TEND) y en el que estas tendencias se aceleran (ACEL), y comparativamente bajas en el escenario que prioriza las alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas (ECOS) (Figura 19).

Esta pérdida acelerada de hábitats en los escenarios TEND y ACEL pone en riesgo el capital natural de los LdM y la capacidad del paisaje de proveer bienes y servicios para el bienestar y el desarrollo de la población.



Fabián Meijer/Armonía



**Figura 19.** Impactos de los escenarios de transformación (aprovechamiento) en la extensión futura de los hábitats acuáticos y terrestres en el Beni.

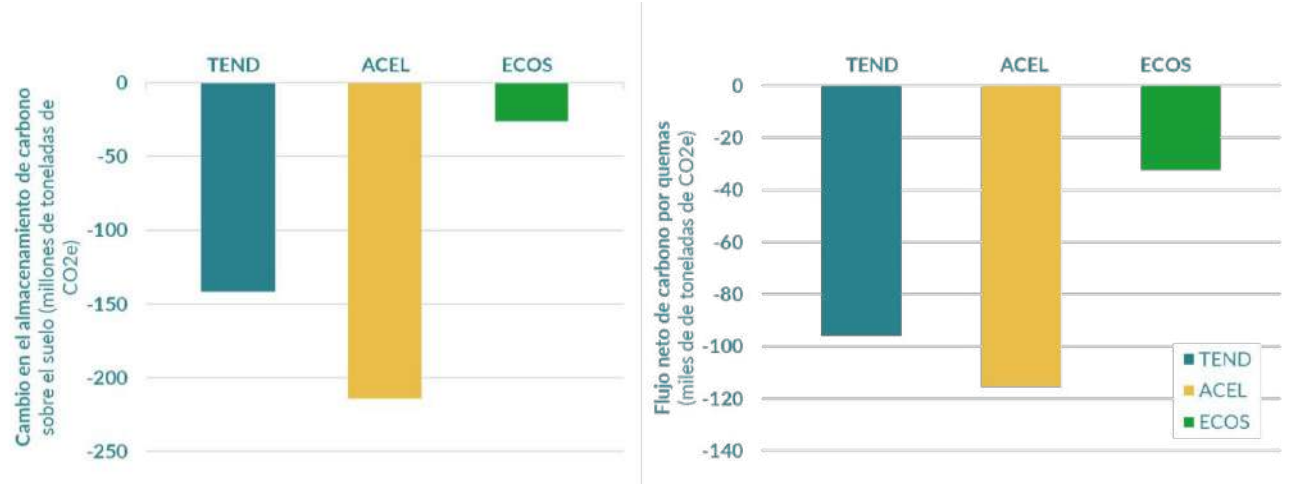


Mantenimiento de los almacenamientos de carbono

Las extensas zonas de ecosistemas terrestres y humedales de los LdM y su paisaje circundante de bosques amazónicos son grandes reservorios de carbono que se almacena en la biomasa de las plantas (en la madera, las hojas y las raíces), los suelos y en la materia orgánica muerta. Estos ecosistemas contribuyen a mantener el carbono fuera de la atmósfera, donde de otra manera aportaría al cambio climático. La capacidad de almacenar carbono es por lo tanto un importante servicio de los ecosistemas. Al perturbar estos sistemas con la conversión de la vegetación (por ejemplo, al deforestar los bosques) o implementar ciertas prácticas de manejo (el uso de fuego), se liberan grandes cantidades de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), un GEI importante.

En los LdM, el cambio proyectado del almacenamiento de carbono presenta grandes diferencias en los escenarios de cambio de uso del suelo (Figura 20). En los **escenarios TEND y ACEL se estiman emisiones de GEI equivalentes a 140 y 220 millones de toneladas de carbono (MT CO<sub>2</sub>e)** respectivamente, principalmente por efecto de la pérdida del carbono actualmente almacenado en grandes extensiones de bos-

ques y sabanas que serían transformadas a zonas de producción agrícola intensificada hacia el año 2050. Estas emisiones serían entre 7 y 10 veces más elevadas que las emisiones anuales de GEI estimadas para toda Bolivia en el 2020, unos 20,6 MT CO<sub>2</sub>e asociadas principalmente a la pérdida de vegetación nativa en regiones como la Chiquitanía y los Yungas. Puede verse que los escenarios TEND y ACEL implican la continuación a largo plazo de las tendencias recientes de emisiones por deforestación, con implicaciones tanto a escala local como nacional, contribuyendo sustancialmente a las emisiones de GEI a escala nacional, dificultando el logro de los objetivos climáticos del país y agravando los efectos del cambio climático. En contraste, en el **escenario ECOS se estiman emisiones de aproximadamente 26 MT CO<sub>2</sub>e al horizonte 2050, un 88% inferiores que el escenario ACEL**, demostrando la importancia de la gestión de los paisajes para el almacenamiento y el secuestro de carbono, el cumplimiento de los objetivos climáticos y la mitigación de los impactos locales. A su vez, mantiene la posibilidad de acceder a recursos de proyectos de mitigación del cambio climático enfocados en evitar la emisión del carbono almacenado en los ecosistemas.



**Figura 20.** Cambios en el almacenamiento de carbono. Izquierda: pérdida del almacenamiento neto por cambio en la vegetación. Derecha: flujo neto de carbono por la práctica de quema asociada a diferentes modelos de manejo (nota: los valores negativos son emisiones desde la vegetación a la atmósfera).



Héctor Angarita/NatCap

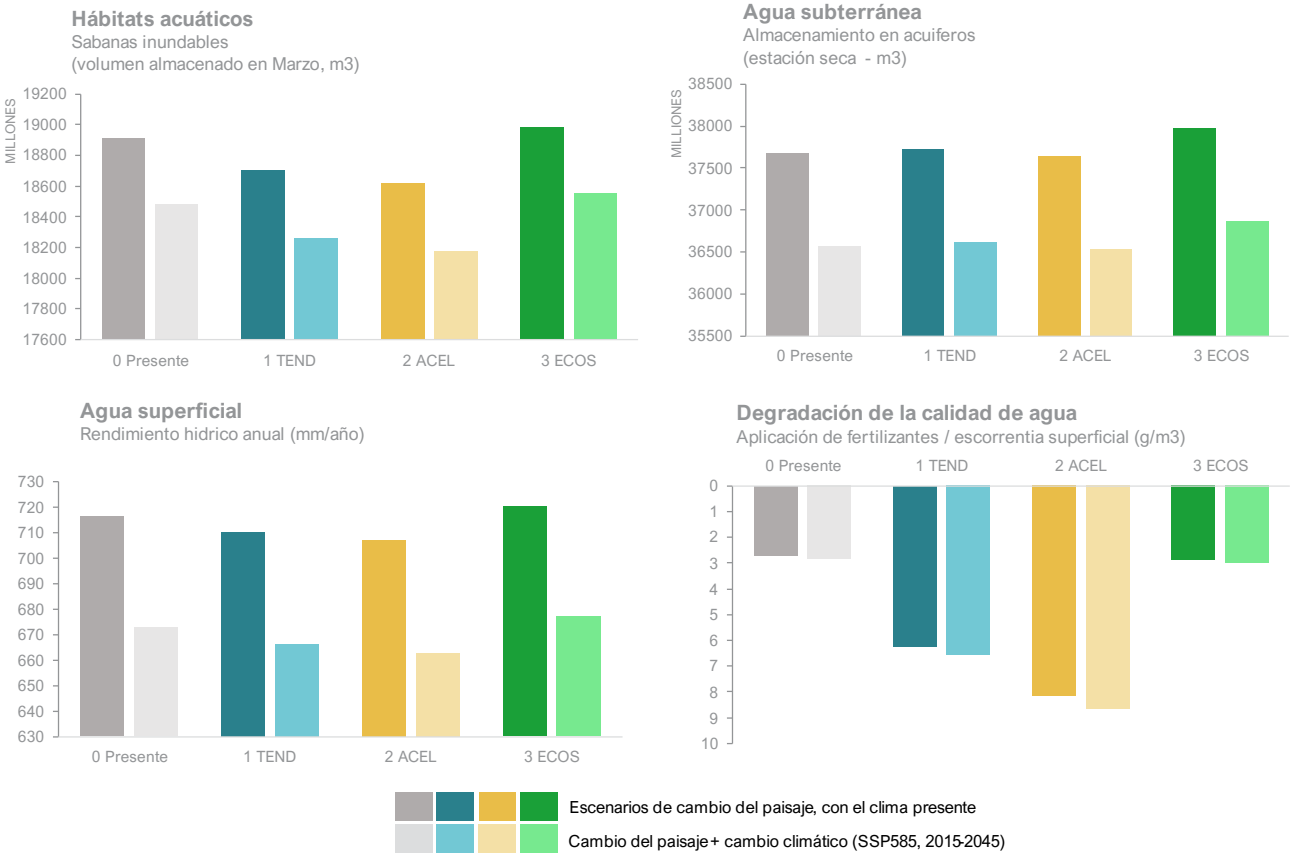
Cantidad y calidad de agua

El cambio climático por sí solo tendrá un impacto importante sobre la disponibilidad de agua dulce de la región y, en menor medida, sobre su calidad (Resultado clave 5, Figura 18). Por su parte, las políticas de desarrollo y las decisiones de los actores locales incidirán en la mayor o menor transformación y degradación del paisaje (Resultado clave 4), pudiendo amplificar o atenuar los efectos del cambio climático en la disponibilidad de recursos hídricos en cantidad y calidad suficiente según los diferentes escenarios (Figura 21):

En los **escenarios TEND y ACEL**, la sustitución de grandes extensiones de vegetación en bosques y sabanas por zonas de agricultura intensiva en insumos y, en menor medida, por agricultura a pequeña escala, se traduce en una **tendencia de reducción en los rendimientos hídricos** (cantidad de agua que es aportada desde el paisaje a los ríos, humedales y acuíferos) y en los volúmenes de agua estacionalmente almacenados en el paisaje de llanuras inundables y humedales interfluviales.

Paralelamente, como resultado del aumento significativo de áreas dedicadas a agricultura bajo modelos de manejo que requieren la aplicación repetida de fertilizantes, y su eventual arrastre por las lluvias y aguas de inundación hacia las aguas superficiales y subterráneas, estos dos escenarios **concentran los mayores impactos por pérdida de la calidad del agua, con incrementos promedio en los niveles de nitrógeno a nivel del Beni que pueden alcanzar hasta tres veces los valores actuales**.

Al evaluar de manera conjunta los efectos del cambio climático y los escenarios de uso futuro, se observa que los **escenarios TEND y ACEL tienden a amplificar los efectos del cambio climático**, generando cambios acumulativos que acentúan los impactos negativos en los indicadores analizados relacionados con el agua en la región: rendimientos hídricos, oferta de hábitats de agua dulce, disponibilidad de aguas subterráneas y degradación de la calidad del agua (Figura 21).



**Figura 21.** Impactos de los escenarios de transformación (aprovechamiento y cambio climático) en indicadores hidrológicos de los Llanos de Moxos comparando la condición presente y la pesimista (clima proyectado al horizonte 2015-2045).

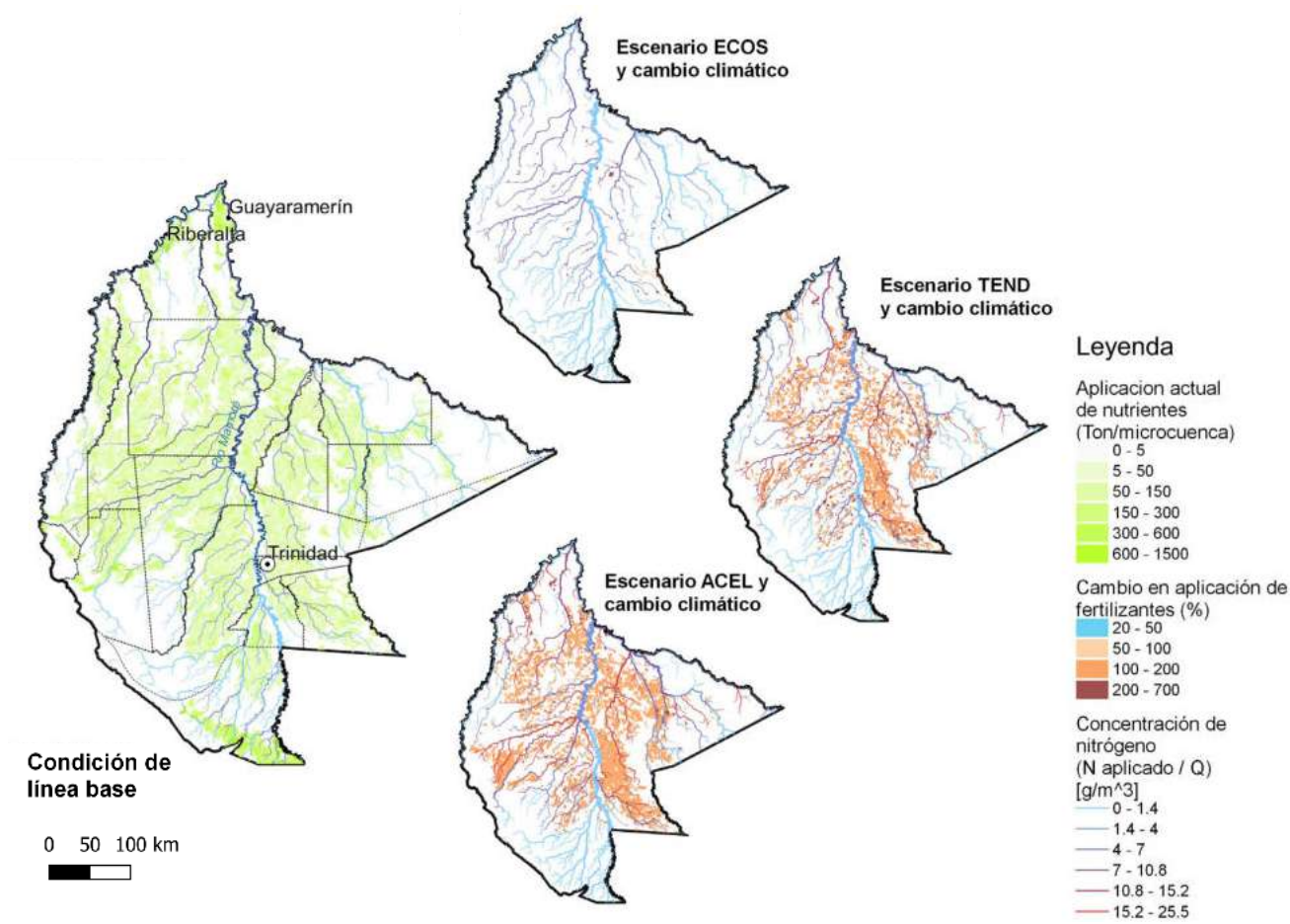


Los incrementos en los niveles de nitrógeno y las reducciones en la oferta estacional de agua en los ríos y planicies son factores que afectarán negativamente la integridad de los hábitats y el funcionamiento de los ecosistemas de agua dulce. El **desbalance** en la cantidad y en la química del agua puede generar condiciones desfavorables para algunos organismos, como peces que no toleran niveles altos de ciertas formas de nitrógeno. También puede propiciar cambios en las comunidades de plantas y algas del sistema, generando condiciones que conlleven a la **eutrofización** y **pérdida de hábitats**. Se limitan así las opciones de aprovechamiento para actividades como la pesca, la recreación o el uso del agua para consumo, y se incrementan los riesgos para la salud humana.

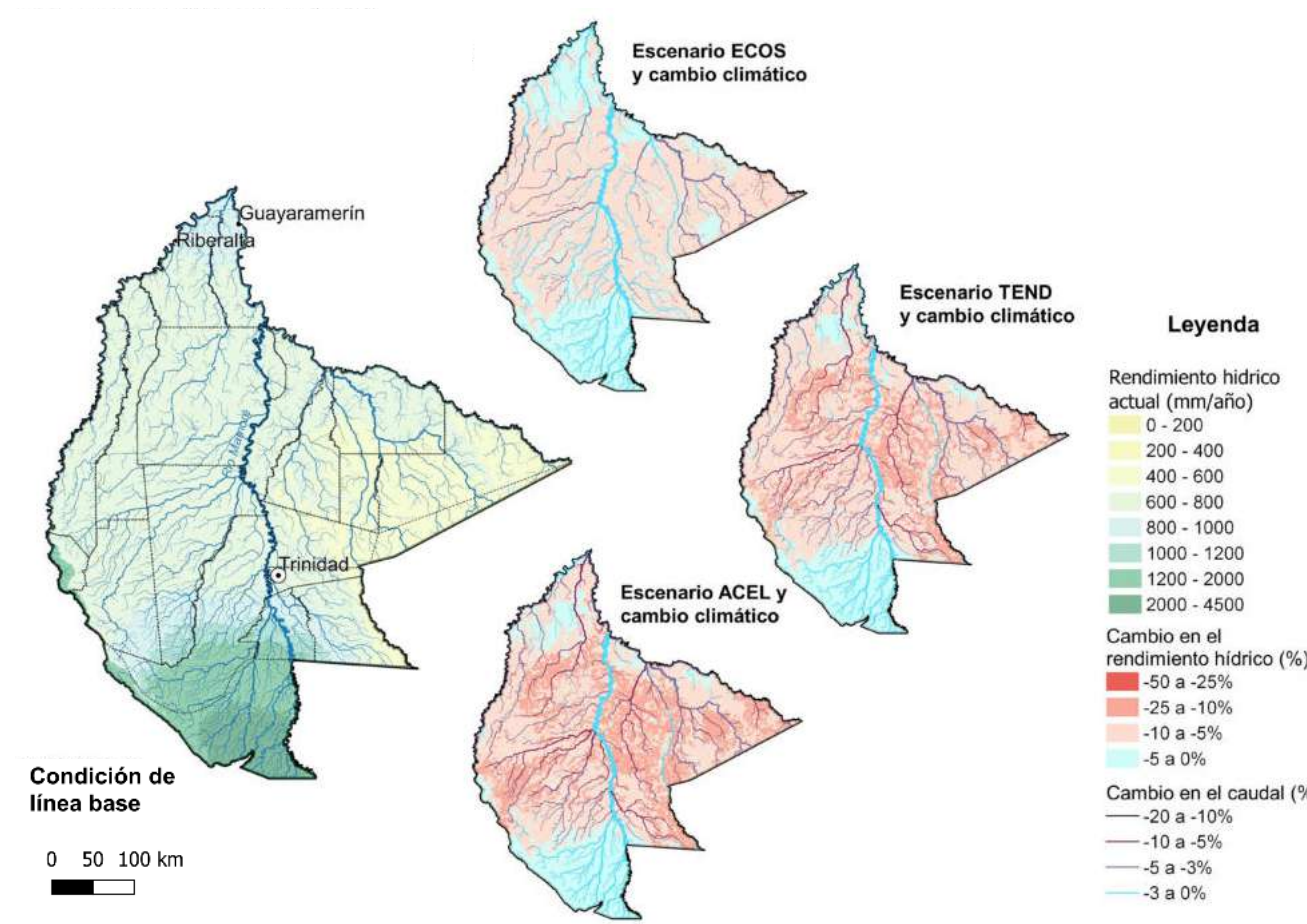
En el **escenario ECOS**, al considerar prácticas de producción que reducen la transformación del paisaje y la aplicación de fertilizantes, e incorporar mecanismos para evitar la migración de los nutrientes fuera de las áreas agrícolas, **no se altera** en gran medida la **funcionalidad hidrológica actual del sistema y los niveles actuales de calidad del agua se mantienen** (Figura 22). Actualmente, los niveles de contaminación por nutrientes (nitrógeno) en los LdM son relativamente bajos, asociados principalmente a las actividades de ganadería extensiva en sábanas y de agricultura en zonas deforestadas para este fin. A los anteriores se suma el aporte desde otras regiones localizadas en las cuencas tributarias de los ríos que ingresan a los LdM (como el Pirai y el Grande).

Es importante destacar la variación a lo largo del paisaje de los LdM de los cambios proyectados en la calidad del agua y los rendimientos hídricos. En el primer caso, los efectos serán mucho más pronunciados en los ríos menores y arroyos circundantes a las zonas de expansión agrícola, pudiendo provocar incrementos de hasta 10 veces los niveles actuales de nitrógeno (Figura 21). Mientras que las pérdidas de rendimiento hídrico (y reducciones de caudal) serán considerablemente más pronunciados en los ríos y cuerpos de agua que se originan en las zonas bajas (como los ríos Yacuma, Itonama y San Martín), o provenientes de regiones semiáridas (como la cuenca del río Grande, cuyas cabeceras están en la región andina y atraviesa los departamentos de Cochabamba y Santa Cruz antes

de ingresar a los LdM). En estas zonas, el efecto combinado del cambio climático (que proyecta mayores temperaturas, menor precipitación y mayor evapotranspiración) y los cambios de vegetación (que suponen cambios en la demanda de agua de la vegetación, la respuesta de la superficie a la lluvia y la potencial recarga de las aguas subterráneas), intensificará la reducción de la oferta del agua en el paisaje (Figura 23).



**Figura 22.** Impactos potenciales de los escenarios de transformación (aprovechamiento y cambio climático) en la calidad del agua por efecto acumulativo de la aplicación de fertilizantes (nitrógeno) en zonas de agricultura intensiva en insumos, horizonte ~2050, escenario climático pesimista (SSP % -8,5).





**Figura 23.** Impactos de los escenarios de transformación (aprovechamiento y cambio climático) en los rendimientos hídricos, con horizonte a ~2050. Escenario climático pesimista SSP 5-8.5.






### Los hábitats del paisaje Llanos de Moxos también son fundamentales para:

 **La conservación de la biodiversidad.** La biodiversidad no sólo ofrece numerosos beneficios para las personas – proteína animal, polinización y dispersión, regeneración de bosques, atractivos turísticos, regulación de plagas, etc. – sino que es fundamental para el funcionamiento de los ecosistemas y, por tanto, para el mantenimiento del flujo de bienes y servicios de los cuales dependen las personas. La destrucción y fragmentación de hábitats (escenarios TEND y ACEL) pone en riesgo esta diversidad y el propio equilibrio de los ecosistemas o, como mencionan Del Val et al. (2020), la pérdida de biodiversidad reduce la resiliencia ecológica y la pérdida de integridad de los ecosistemas aumenta la vulnerabilidad socioecológica.


 **La regulación de la cantidad y calidad de agua para la cuenca amazónica.** Los LdM ocupan una posición central en la interconexión de los procesos hidrológicos de los Andes y las zonas bajas de la cuenca amazónica. La gran escala de los extensos humeda-

les interfluviales de la región ejerce influencia sobre las cantidades de agua que fluyen estacionalmente en grandes ríos del sur de la Amazonía, como el Mamoré, el Iténez y el Beni (y en alguna medida el Madre de Dios), atenuando la variabilidad de las lluvias estacionales. De esta manera, contribuyen a la estabilidad en el suministro de agua durante todo el año. Los humedales de los LdM almacenan entre 3,8 y 6,8% de la escorrentía anual del río Madera. Al considerar su rol en la regulación de las aguas subterráneas - pues generan las condiciones para la recarga estacional de los acuíferos de la región - los LdM proveen una capacidad de almacenamiento muchas veces superior que cualquier infraestructura de almacenamiento de agua construida en Sudamérica. La integridad de procesos bióticos y físicos a escala amazónica está ligada a la capacidad de almacenamiento de agua de la región. Por ejemplo, la región actúa como un receptor neto de sedimentos y biomasa originados en los Andes. Su capacidad de regulación hidrológica genera las condi-

ciones de hábitats de agua dulce esenciales para las historias de vida de peces que realizan migraciones por el río Madera hacia las cabeceras andinas, surcando los ríos Mamoré e Iténez y sus numerosos tributarios. El éxito de estos esfuerzos reproductivos está ligado a la disponibilidad de humedales, ya que son lugares necesarios para el desarrollo y crecimiento de los alevines y juveniles de los peces.

 **El mantenimiento de las identidades culturales propias de los LdM.** Las diversas identidades culturales de los LdM están fuertemente vinculadas al paisaje, a sus hábitats terrestres y acuáticos, desde las múltiples culturas indígenas hasta la identidad gana-

dera e, incluso, en el contexto urbano. Estas identidades reposan sobre profundos conocimientos locales de manejo de este paisaje de extremos y una alta valoración de la coexistencia con la naturaleza (valor intrínseco de la naturaleza, recreación, valor estético).

 Y, en general, **el mantenimiento de un flujo suficiente de CNP** capaz de satisfacer las demandas actuales y futuras de la población en los diferentes componentes del bienestar: económicos, salud, sociales, culturales. En escenarios de cambio acelerado del paisaje, todas estas funciones se ven amenazadas.

### Algunos efectos sobre los medios de vida: ingresos económicos y adaptación al cambio

Los medios de vida actuales y futuros de la población de la región dependen del buen funcionamiento de los hábitats acuáticos y terrestres, por ejemplo para: la provisión de productos maderables y no maderables (como medicinas, materiales de construcción, etc.); la provisión de frutos silvestres con potencial de mercado como el cacao silvestre, la castaña, el asaí, el majo, etc.; el mantenimiento de las pesquerías; la formación y mantenimiento de la fertilidad de los suelos o el desarrollo de actividades turísticas, entre otros.

Las decisiones que se tomen sobre el uso del suelo también tendrán **efectos sobre los medios de vida** de la población de los LdM al alterar la disponibilidad de las diferentes CNP que los sustentan.

#### *Impactos económicos: el caso de la agricultura y la ganadería*

En todos los escenarios se incrementa el Valor Neto de Producción (VNP) de la agricultura y la ganadería. En los escenarios de mayor transformación (TEND y ACEL), este aumento se debe a la gran expansión de la superficie agrícola sobre el paisaje y a la intensificación de los sistemas ganaderos con pastos sembrados. En el escenario ECOS, el crecimiento del VNP proviene principalmente de la diversificación de los sistemas agrícolas (mayor valor de producción por hectárea) y al incremento de los indicadores técnicos de la ganadería sostenible (mayores tasas de natalidad y menores tasas de mortalidad).

Sin embargo, **la alta pérdida de hábitats terrestres en los escenarios TEND y ACEL reduce la capacidad del paisaje de sostener otros medios de vida.** La expansión de la superficie agrícola y otros sistemas intensivos en los escenarios TEND y ACEL sobre alrededor de 7,1 y 9,2 millones de ha respectivamente, implica la no disponibilidad de esta superficie del departamento para otros sistemas de aprovechamiento. La degradación y pérdida masiva de hábitats acuáticos y terrestres en estos **escenarios reduce los recursos disponibles para sostener los medios de vida actuales y las opciones de aprovechamiento futuro (valor de opción)**, con inevitables pérdidas económicas asociadas a la reducción del recurso pesquero, los atractivos turísticos, productos forestales maderables y no maderables (majo, asaí, otros), etc. Esta pérdida y degradación de hábitats, sumada a la contaminación del agua en los escenarios TEND y ACEL pueden poner en riesgo el bienestar de la población y los propios beneficios económicos de la agricultura y la ganadería que motivan estas transformaciones.

**La buena salud de la economía y el bienestar humano** están en el largo plazo supeditados al **mantenimiento de la integridad y la resiliencia de los ecosistemas que la engloban.** En el escenario ECOS, el mantenimiento de la integridad de gran parte de los hábitats y de las funciones ambientales del paisaje, aporta al mantenimiento de la capacidad de la naturaleza de contribuir al bienestar de las personas en escenarios futuros de cambio,



Distribución de ingresos de la ganadería y la agricultura

Las decisiones respecto al uso del suelo y manejo del paisaje también influyen sobre la equidad en la distribución de los ingresos, pudiendo ser más equitativa (los ingresos se reparten entre más personas) o menos (los ingresos se concentran en pocas personas). Los resultados del análisis de escenarios proporcionan una perspectiva de cómo los ingresos de la ganadería y la agricultura llegarán a los habitantes de los LdM.

Entre los escenarios evaluados, el menos equitativo en la distribución de ingresos agropecuarios es ACEL (Figura 24). Esto se debe especialmente a que la agricultura mecanizada intensiva en insumos requiere de inversiones que no están al alcance de todos. Los productores alquilan sus tierras a quienes tienen el capi-

tal para estas inversiones, conservando una pequeña parte del ingreso, pero cargando con los costos a largo plazo de la degradación de los suelos. En el escenario actual, muchos municipios tienen valores de equidad en la distribución de los ingresos agropecuarios similares a lo observado en el escenario ACEL. En cambio, en el escenario ECOS no solo mejora el valor del índice de equidad para todo el departamento, sino también en más municipios (Figura 24).

Sin embargo, este indicador no captura los ingresos locales de forma integral. Con las transformaciones del paisaje en los escenarios TEND y ACEL, otras fuentes de ingresos importantes (como la pesca, la recolección o el turismo), se verían afectadas también.

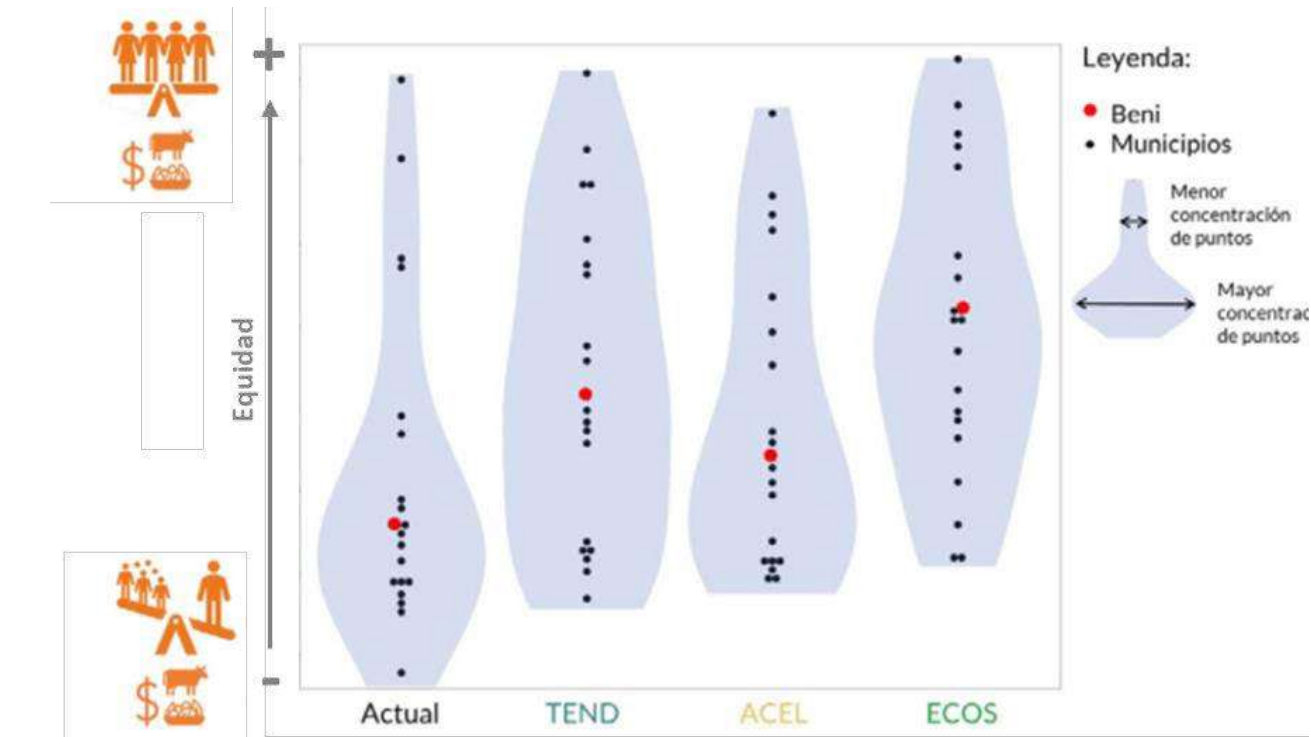


Figura 24. Evolución del índice de equidad (índice de Gini) en la distribución del Valor Neto de Producción (VNP) de la ganadería y la agricultura en los distintos escenarios.

Diversificación de los medios de vida: ventajas adaptativas

Frente al cambio climático y a la incertidumbre de los mercados, la **diversificación de los medios de vida** y fuentes de ingreso (como pesca, agricultura, ganadería, cacería de subsistencia, recolección y productos del bosque, cacao, castaña, asaí, etc.) será cada vez más importante. Mantener el capital natural del paisaje de los LdM es la base de un paisaje resiliente y la clave para poder enfrentar el cambio climático.

De manera similar, los sistemas de aprovechamiento agrícola que mejor se adaptan al cambio son los más diversificados y que menos dependen de insumos externos. El único escenario que muestra un incremento en la diversidad de cultivos a nivel de todo el Beni en relación a la situación actual es el escenario

ECOS, mientras que en los escenarios TEND y ACEL este índice disminuye a nivel del Beni en la mayoría de los municipios (Figura 25). La mayor diversidad de cultivos permite un mejor control natural de plagas, reduce riesgos frente a las condiciones climáticas, escalona la producción y mejora la gestión de suelos y agua. En este sentido, los sistemas de aprovechamiento predominantes en el escenario ECOS están mejor equipados para enfrentar estos cambios en las condiciones climáticas a largo plazo.

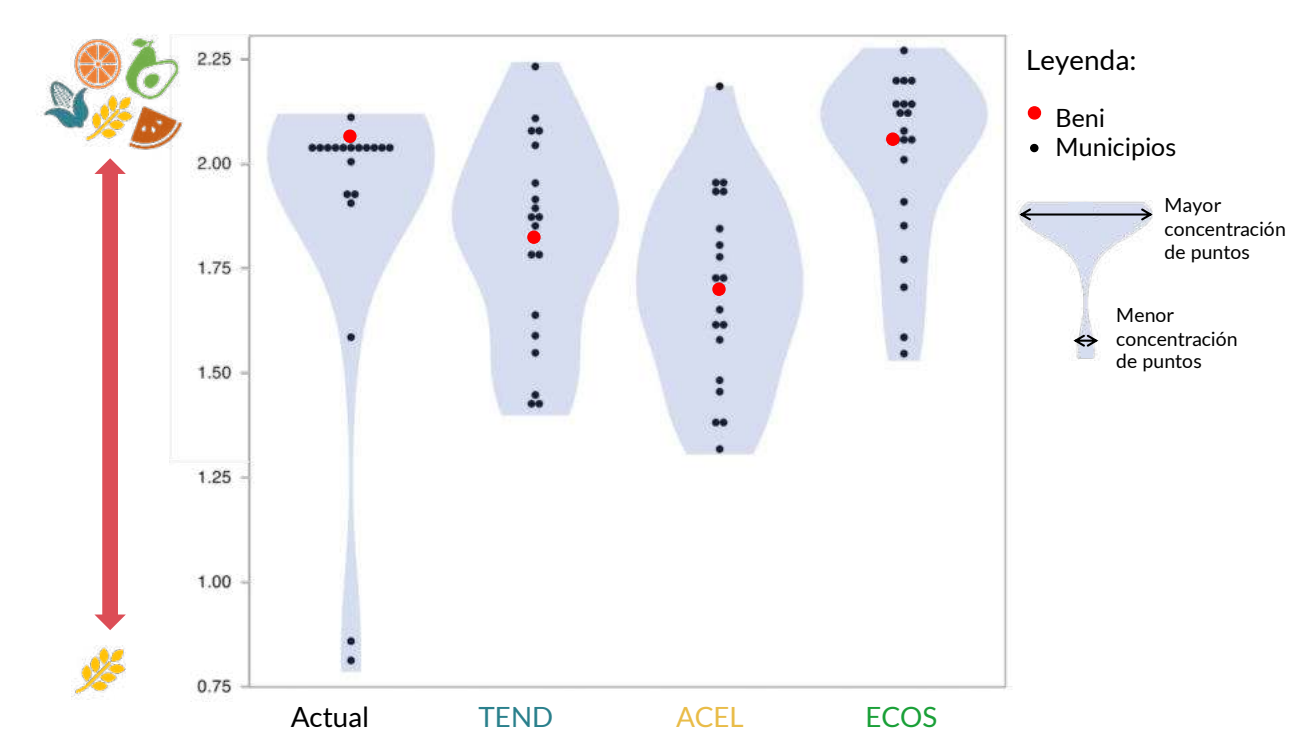


Figura 25. Evolución del índice de diversidad de cultivos (índice de Shannon) en espacios dedicados a la agricultura (mayor valor del índice refleja mayor diversidad).



Síntesis: ¿qué futuro para los Llanos de Moxos?

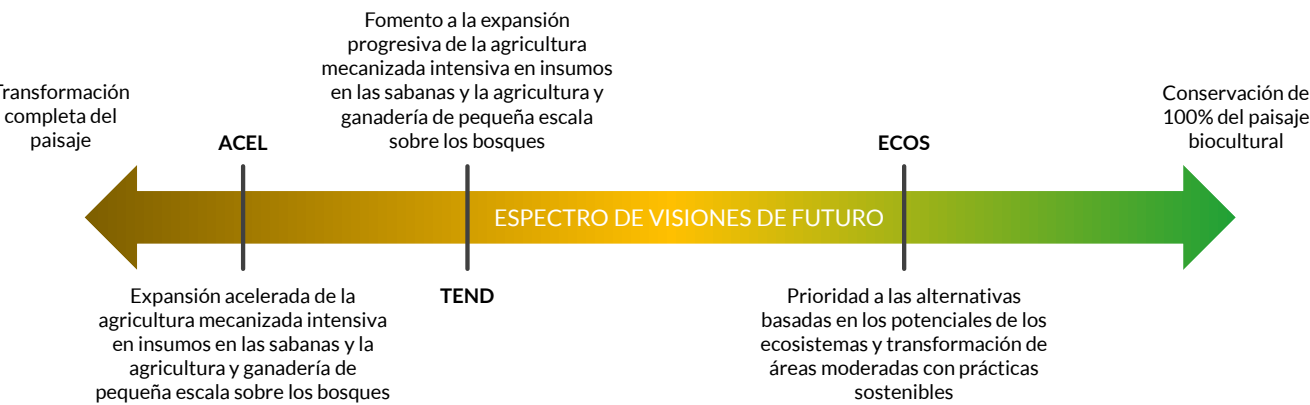


Figura 26. Esquema simplificado del espectro de visiones de futuro para los Llanos de Moxos.

Los actores del Beni asocian su bienestar a numerosos beneficios que obtienen de la naturaleza. Su mantenimiento depende de paisajes diversos y multifuncionales que garanticen un flujo diverso de CNP. Sin embargo, los diferentes actores difieren en sus preferencias por estas CNP, y estas preferencias dependen de múltiples factores: sus sistemas de conocimiento, sus valores culturales, sus sistemas de vida, el tipo de conexión con su entorno (p.ej., alta dependencia a la prestación ciertas CNP frente a baja dependencia), la posibilidad de acceder a determinadas CNP, sus necesidades, la información de la que disponen. Además, diferentes actores pueden utilizar el mismo servicio de la naturaleza para obtener diferentes beneficios. Estas diversas valoraciones, intereses y perspectivas de las CNP entre actores sociales pueden entrar en conflicto si no se toman en consideración en las planificaciones a nivel de paisaje.

Como consecuencia, las visiones de futuro varían entre actores y regiones, reflejando concepciones distintas de desarrollo y bienestar fruto de la diversidad sociocultural y natural del departamento. De forma simplificada, podríamos situar estas visiones en un espectro que tiene por extremos: la transformación completa del paisaje de los LdM en un paisaje de agricultura mecanizada intensiva en insumos por un lado y, por otro, la preservación del 100% de este paisaje biocultural. Los escenarios presentados se encuentran en este espectro, sin llegar a ninguno de sus extremos (Figura 26), e ilustran los efectos futuros de estas visiones en el paisaje y cómo podrían afectar a las

prioridades compartidas entre los diferentes actores:

1. La disponibilidad de agua como necesidad primordial para la reproducción de la vida,
2. La importancia de la calidad ambiental (especialmente disponer de agua y aire de calidad),
3. La necesidad de generar ingresos, y
4. La conservación de espacios de esparcimiento y de disfrute de la naturaleza, intrínsecos a la cotidianidad en los LdM.

En general, los escenarios TEND y ACEL transforman el paisaje para conseguir aumentos sustanciales de los valores de producción agrícola y ganadera a costa de una pérdida masiva de hábitats, de la contaminación del agua y del aire, de la pérdida de diversidad de los sistemas de subsistencia y de otras fuentes de ingresos, y de limitar las opciones de futuro (Figura 27).

La priorización de unas pocas CNP en estos escenarios puede poner en riesgo la provisión de otros beneficios priorizados por el conjunto de la población. Evaluar estos balances y tendencias en su conjunto debe formar parte del proceso de toma decisiones para garantizar la inclusión de los diferentes actores y sus modos de vida, y que los modelos de desarrollo seleccionados se traduzcan en los resultados esperados que los impulsan.

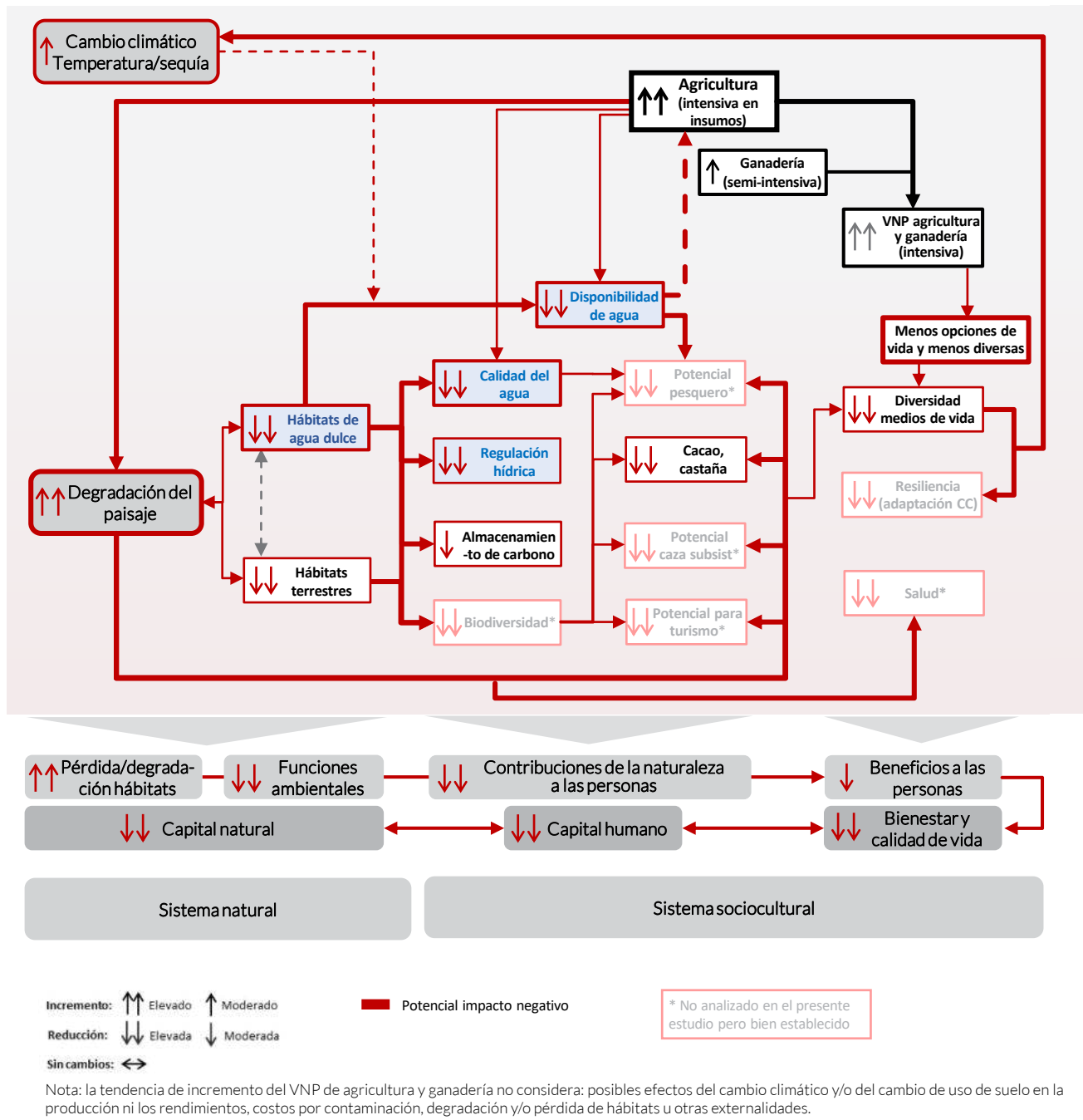
El escenario ECOS muestra una visión de futuro que permite satisfacer las necesidades e intereses priorizados por el conjunto de la población a través del fomento de actividades económicas compatibles con el

mantenimiento del capital natural de Moxos y los beneficios que provee a la población. El manejo del paisaje en este escenario se enfoca en la sostenibilidad de los ingresos a través de la preservación de las bases de las que dependen (suelos, agua, biodiversidad, regulación del clima, polinización, etc.). El mantenimiento de opciones, la diversidad de cultivos y medios de vida y la menor dependencia de insumos externos, contribuyen a una economía próspera y una sociedad mejor equipada para adaptarse a los retos que conlle-

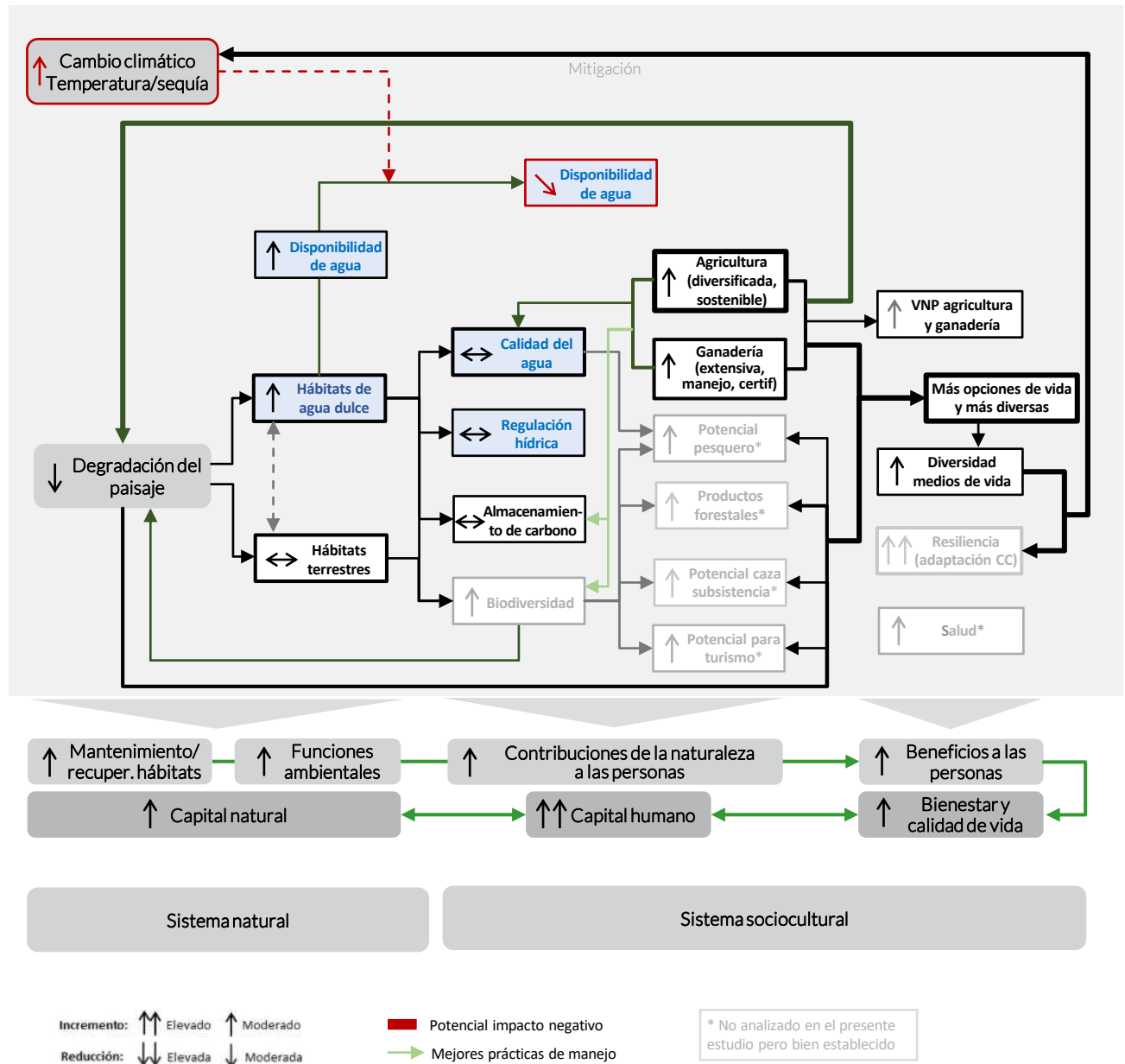
va un clima cambiante (Figura 28).  
**La buena salud de la economía y el bienestar humano están en el largo plazo supeditados al mantenimiento de la integridad y la resiliencia de los ecosistemas que la engloban.** Las poblaciones actuales de Moxos juegan un papel clave en la conformación de estos paisajes futuros, considerando un contexto en que las influencias externas ejercen una presión cada vez mayor sobre las economías locales.

	Tendencia actual (TEND)	Cambio acelerado (ACEL)	Alternativas basadas en el potencial de los ecosistemas (ECOS)
<div>Transformación del paisaje</div> <div>↓</div>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Degradación de 34 (TEND)-44% (ACEL) del paisaje del Beni (pérdidas de hábitats con implicaciones para la biodiversidad).</li><li>• Mayor homogeneización del paisaje (grandes extensiones con cultivos).</li><li>• La remoción del suelo amenaza el legado arqueológico único de la región.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• El paisaje se conserva en gran medida (preservación de hábitats para la biodiversidad y sus beneficios asociados).</li><li>• Mayor diversificación de cultivos.</li><li>• Se conserva el legado arqueológico con su valor histórico y cultural.</li><li>• La riqueza natural y cultural del paisaje brinda oportunidades para el turismo y otras actividades diversificadas.</li></ul>
<div>Cantidad y calidad de agua</div>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Todos concuerdan con que el agua es esencial para el bienestar y que se está perdiendo.</li><li>• La degradación del paisaje amplifica los efectos del cambio climático, reduciendo la disponibilidad de agua.</li><li>• La aplicación de fertilizantes y agroquímicos contamina el agua.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• La conservación del paisaje aporta a mantener el funcionamiento de los hábitats de agua dulce y la oferta hídrica.</li><li>• Los sistemas de aprovechamiento casi no utilizan insumos químicos y reducen el uso de fuego limitando la contaminación del agua.</li></ul>
<div>Capacidad de enfrentar el cambio climático</div>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La simplificación del paisaje disminuye las acciones posibles de mitigación y adaptación al cambio climático.</li><li>• Se emiten 141 (TEND)-214 (ACEL) millones de toneladas de CO<sub>2</sub>e por la transformación de bosques y sabanas y por las quemadas.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• La diversidad en el paisaje le da más opciones a la población para mitigar y adaptarse al cambio climático.</li><li>• Se emiten 88% menos GEI, manteniendo oportunidades de acceder a recursos de proyectos de mitigación del cambio climático enfocados en mantener el carbono almacenado en los ecosistemas.</li></ul>
<div>Ingresos y medios de vida</div>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Ingresos por la extensión de las superficies de los sistemas agropecuarios (el estudio solo aborda las fuentes de ingresos provenientes de la agricultura, la ganadería y la recolección de castaña; pero estos escenarios pueden tener implicaciones sobre otras fuentes importantes de ingreso).</li><li>• Incertidumbre respecto a la rentabilidad a largo plazo por la degradación de los suelos y el agua.</li></ul>		<ul style="list-style-type: none"><li>• Los sistemas de aprovechamiento diversificados incrementan los ingresos económicos por unidad de área y suponen menos riesgos futuros ante el cambio climático.</li><li>• Se mantiene el potencial de generar ingresos por el turismo y pesca, entre otros.</li></ul>
<div>Bienestar</div>	<p>A pesar de la incertidumbre respecto a potenciales impactos, la mayor presencia de humo, cenizas y agroquímicos aumenta el riesgo de impactos acumulativos sobre la salud.</p>		<p>La menor presencia de humo, cenizas y agroquímicos reduce el riesgo de impactos acumulativos sobre la salud.</p>





**Figura 27.** Representación simplificada de las interacciones entre varios componentes del paisaje Llanos de Moxos y sus potenciales consecuencias en términos de capital natural y contribuciones de la naturaleza para el bienestar de la población: escenarios TEND y ACEL.



**Figura 28.** Representación simplificada de las interacciones entre varios componentes del paisaje Llanos de Moxos y sus potenciales consecuencias en términos de capital natural y contribuciones de la naturaleza para el bienestar de la población: escenario ECOS.



**Tabla 6.** Resumen de los impactos de los escenarios de desarrollo, con referencia a los indicadores modelados en este estudio.

Componente		Indicador	Escenario climático (2050)	Escenarios			
				Presente	TEND	ACEL	ECOS
Agua	Regulación: suministro continuo y estable de agua durante todo el año	Rendimiento hídrico (mm/año) (ver mapa Figura 21)	Moderado	678	661	658	671
			Pesimista		634	631	644
		Almacenamiento en los acuíferos, al final de la época húmeda (millones de m³)	Moderado	23743	23628	23586	23767
			Pesimista		22944	22903	23083
	Disponibilidad de hábitats de agua dulce	Agua almacenada en humedales, al final de la época seca (millones de m³)	Moderado	220	209	209	209
			Pesimista		196	196	197
	Hábitats de agua dulce: degradación de la calidad del agua	Agua almacenada superficial en humedales (promedio anual, m³)	Moderado	7789	7695	7648	7839
			Pesimista		7397	7350	7542
Clima y calidad del aire	Pérdida almacenamientos de carbono asociada a la deforestación y quemas	Cargas de fertilizantes aplicadas (miles de toneladas N/año)	Referencia	386	850	1118	405
		Nitrógeno en fertilizantes (aplicado) respecto a la escorrentía superficial (ppm). (ver mapa Figura 20)	Moderado	2,7	6,3	8,3	2,9
Agricultura (Principales sistemas de producción)	Extensión de la agricultura en el departamento Beni - Transformación del paisaje		Pesimista		6,6	8,6	3,0
	Diversidad de cultivos	Emisiones de CO <sub>2</sub> e al horizonte 2050 (millones de toneladas)	Referencia	-	140	220	26
		Área destinada a agricultura intensiva (millones de ha - % dpto)	Referencia	0,13 (0,6%)	2,79 (13,6%)	3,73 (18,2%)	0,14 (0,7%)
		Área destinada a agricultura de conservación (millones de ha - % dpto)	Referencia	0 (0%)	0,03 (0,2%)	0,03 (0,1%)	0,24 (1,2%)
		Área destinada a agricultura de pequeña escala (millones de ha - % dpto)	Referencia	0,48 (2,3%)	2,15 (10,5%)	2,72 (13,3%)	0,8 (3,9%)
Ganadería	Extensión de la ganadería en el departamento Beni	Índice de Shannon (0: No diversidad)	Referencia	2,05	1,82	1,71	2,06
		Área de ganadería extensiva (millones de ha - % dpto)	Referencia	6,98 (34,1%)	2,58 (12,6%)*	3,13 (15,3%)*	1,7 (8,3%)
		Área de ganadería extensiva con prácticas más sostenibles (millones de ha - % dpto)	Referencia	0,53 (2,6%)	1,5 (7,3%)	0,52 (2,5%)	5,16 (25,2%)
		Área de ganadería de pequeña escala (millones de ha - % dpto)	Referencia	0,27 (1,3%)	1,18 (5,8%)	1,88 (9,2%)	0,36 (1,8%)
		Área de ganadería semi-intensiva (millones ha - % dpto)	Referencia	0,03 (0,1%)	1,96 (9,6%)**	1,85 (9%)**	0,79 (3,9%)**

\* Ganadería extensiva que incluye pastos sembrados  
 \*\* Ganadería que incluye zonas de agricultura intensiva dedicadas a la producción de alimentos para los animales



Silvia Ten/CIBIOMA-UABJB

## Propuestas de los actores locales para transitar hacia un futuro sostenible

Los **actores locales** han identificado numerosos factores que estarían aportando a la degradación de las contribuciones de la naturaleza a las personas y al bienestar. La mayoría de ellos se pueden agrupar en cuatro grandes impulsores de cambio relacionados entre sí cuyos efectos en el paisaje ya se observan: el cambio de uso del suelo, la sobreexplotación de recursos naturales, la contaminación y el cambio climático, agravados por causas subyacentes como la pobreza y la falta de oportunidades.

Para garantizar el bienestar a largo plazo de la población y transitar hacia un futuro sostenible para los LdM, deben generarse condiciones que frenen estas amenazas. Durante los talleres desarrollados con los actores de los LdM se recogieron sus **perspectivas** respecto a las condiciones requeridas **para caminar hacia un futuro sostenible**. Estas recomendaciones se resumen a continuación:

- El fomento y apoyo a actividades económicas diversificadas (p. ej., ganadería sostenible, cacao silvestre, castaña, asaí, sistemas agroforestales, turismo, artesanías, etc.) que mantengan la funcionalidad del paisaje y la provisión de las CNP requeridas. Este aspecto considera a su vez:
  - la consolidación de mercados, incluyendo de exportación, para acceder a precios diferenciados por la calidad,
  - el acceso a vías de transporte,
  - el acceso a financiamiento,
  - la infraestructura para agregar valor a la producción (como frigoríficos, plantas procesadoras), para el desarrollo de turismo y para la investigación, y
  - el establecimiento de planes de manejo para recursos con potencial de mercado.
- Un mayor control para evitar la sobreexplotación generalizada de recursos (p.ej. minería ilegal, tala, pesca, cacería indiscriminada);
- El desarrollo de mecanismos de incentivos que permitan retribuciones por la conservación, la gestión sostenible y la restauración de hábitats;

- La recuperación y revalorización de los conocimientos tradicionales que permiten el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y la reproducción cultural;



- Generar y difundir información (como la generada con este estudio) respecto a: i) los impactos de distintas actividades económicas sobre las CNP clave y al bienestar de la población a corto y largo plazo; ii) mejores prácticas disponibles para la implementación de actividades económicas basadas en el uso eficiente de los recursos, en especial el agua y el suelo;
- La formación de recursos humanos que puedan apoyar y capacitar a los distintos actores a implementar estos modelos de desarrollo sostenible eficientes;
- Frenar el avance de la minería ilegal;
- Disponer de espacios representativos de toma de decisiones conjuntas para la priorización de acciones de gestión y capacitación que permitan aprovechar mejor los recursos disponibles para la inversión y el fortalecimiento de capacidades;
- La armonización de la normativa en los diferentes niveles para fomentar y proteger las actividades sostenibles;
- Coordinar mejor entre sectores y agencias (mejorar la gobernanza);
- La vinculación de los esfuerzos locales con la planificación de la adaptación al cambio climático a escala nacional para canalizar recursos hacia el desarrollo de sistemas de producción más sostenibles en los LdM.





Paul Jones/Armonía

# Resumen de métodos

## Relevamiento de prioridades, tendencias y amenazas

En el marco conceptual de los sistemas socioecológicos (o paisajes bioculturales), metodológicamente el proyecto adoptó el modelo de análisis participativo. La ruta seguida fue:

- Identificación preliminar de actores** para los diagnósticos (Ten, 2021).
- Identificación y selección de variables e indicadores** para el análisis de priorizaciones y tendencias de las contribuciones de la naturaleza a las personas: análisis de mapas del área de estudio, identificación de principales unidades del paisaje y consulta a diferentes fuentes bibliográficas (p.ej. IPBES, 2019; MA, 2005; Nahuelhual et al. 2016; Rodríguez-Loinaz et al. 2015). Como resultado se seleccionaron 26 CNP expresadas como beneficios para formar parte de los diagnósticos.
- Selección de un conjunto de variables sociales y de bienestar humano:** se consideraron los 5 componentes comúnmente aceptados del bienestar humano (ingresos, salud, seguridad, calidad de las relaciones sociales y dignidad, libertad de acción y elección) (MA, 2005). En la Figura 29 se presenta un resumen de las variables seleccionados para el análisis de las CNP y el bienestar humano y su relación con el marco conceptual del proyecto.

- Implementación de la primera ronda de talleres de diagnóstico participativos** a nivel municipal y regional (septiembre a noviembre 2021), previa aprobación del consentimiento previo libre e informado por todos los participantes.
- Sistematización y análisis** de los resultados.
- Segunda ronda de talleres** (mayo a agosto 2022): presentación de resultados y retroalimentación.
- Difusión** de resultados finales.

Principales herramientas: Sistemas de Información Geográfica (SIG) participativos, Q-sort y entrevistas semi-estructuradas, acompañados de construcciones conceptuales, aproximaciones narrativas (storylines) y evaluación deliberativa:

- SIG participativos:** reconocimiento del espacio (interpretación de coberturas e identificación de CNP), mapeo de capacidades del paisaje para suministrar bienes y servicios (balance y tendencias) e identificación de amenazas.
- Metodología Q-sort:** priorización de CNP en función de las percepciones de los participantes sobre su contribución a diferentes componentes del bienestar.

En total se desarrollaron un total de 71 talleres y reuniones con diferentes actores sociales en los 19 municipios del Beni, de los cuales 50 formaron parte de los talleres de diagnóstico (18 gobiernos municipales,

10 asociaciones de ganaderos, 14 pueblos indígenas, 6 centrales/federaciones campesinas y 2 asociaciones de pescadores).

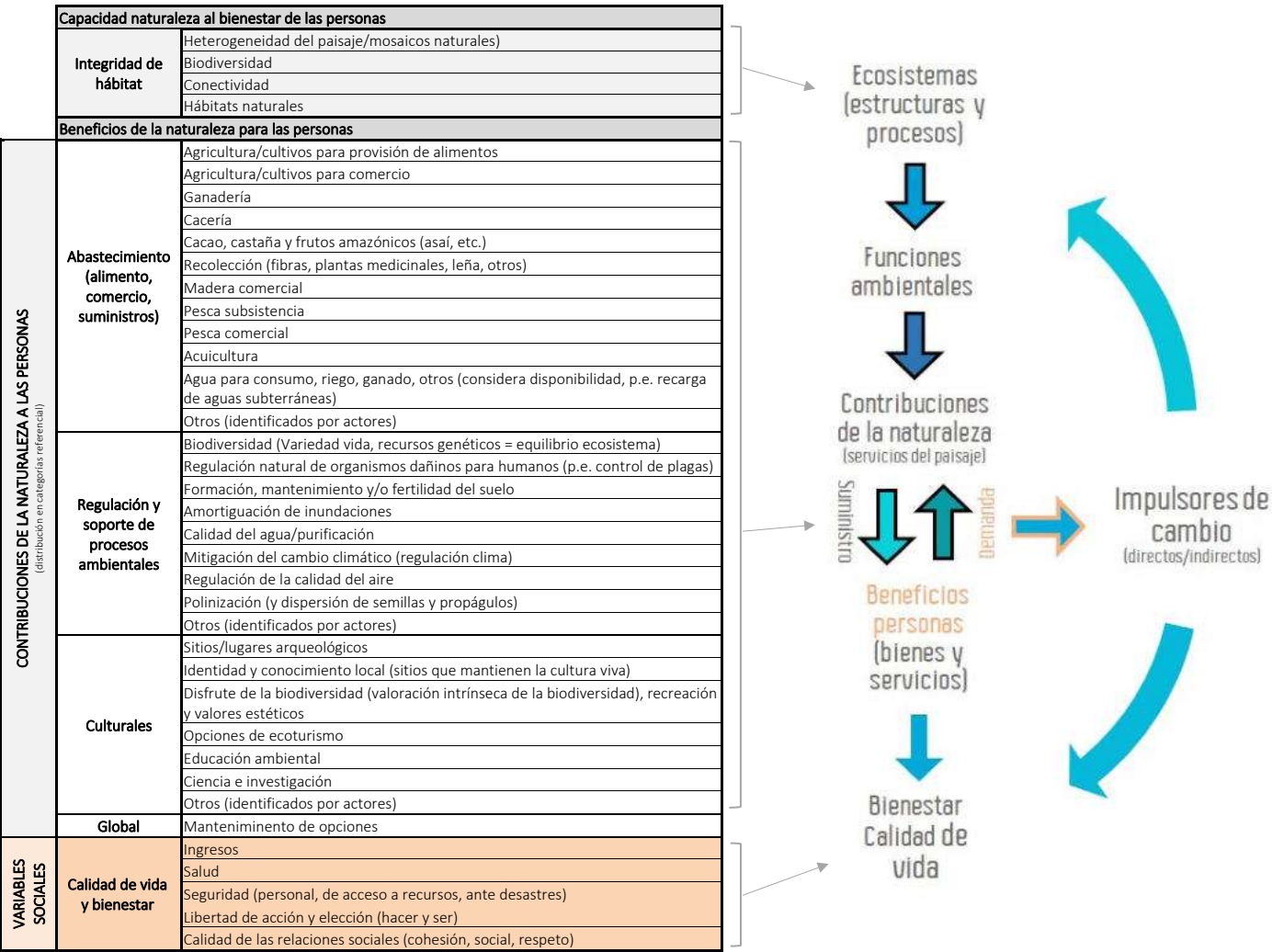


Figura 29. Marco conceptual y metodológico para el análisis de percepciones sobre las contribuciones de la naturaleza a las personas, sus tendencias e impulsores de cambio.



Hector Angarita/NatCap



Definición y caracterización de los sistemas de aprovechamiento

El proyecto implementa el concepto de **sistemas de aprovechamiento (SA)** para reflejar que el uso del espacio corresponde a un mosaico complejo de combinaciones de actividades de aprovechamiento y manejo de los ecosistemas, en el marco del paisaje biocultural. Para definir los SA a una escala tan grande como la del Beni se utilizaron dos variables: el tipo de cobertura vegetal y la tenencia de la tierra. La combinación de ambas variables permite asumir el uso principal del suelo y las actividades asociadas que componen los SA (p. ej. las propiedades privadas en pampas

son probablemente estancias ganaderas; los bosques en TCOs son probablemente aprovechados para un uso forestal múltiple diversificado, etc.).

Cada uno de estos SA ha sido caracterizado en base a información secundaria y conversaciones con expertos locales (Tabla 7). Para el cálculo de los VNP por hectárea de la agricultura y la ganadería se consideró: la distribución de cultivos, barbechos y pastos; la densidad de animales y la proporción de pastos nativos o sembrados; los rendimientos promedio; los precios de

Tabla 7. Resumen de la información utilizada para caracterizar los sistemas de aprovechamiento.

Datos		Principales fuentes	Tipo de información
Definición de los sistemas de aprovechamiento	Coberturas (vegetación)	Este estudio, con base en Navarro y Ferreira (2007) Hansen (2020) y MMAyA (2016)	Ráster (shp)
	Tenencia	INRA (2018)	Cartográfica (shp)
	Planes de manejo y concesiones forestales	Plan General de Manejo Forestal - ABT (2020); Concesiones Forestales - ABT (2020).	Cartográfica (shp)
	Áreas Protegidas	Mapa de Áreas Protegidas Nacionales de Bolivia - SERNAP (2018); Áreas Protegidas del Beni - CIBIOMA-UABJB (2021).	Cartográfica (shp)
Caracterización de los sistemas de aprovechamiento con componente de producción agrícola o pecuario	Tamaño de las unidades de producción y distribución de cultivos, barbechos y pastos	INE - Censo Nacional Agropecuario (2013), CIPCA (2017), Tito Velarde y Wanderley (2020), Armonía (2021).	Bases de datos
	Rendimientos	INE - Censo Nacional Agropecuario (2013), CIPCA (2017), Tito Velarde y Wanderley (2020), Armonía (2021), INE (2020a; 2020b).	Bases de datos
	Precios al productor	FAOSTAT (2018), CIPCA (2017), Agrositio.	Bases de datos/ datos puntuales
	Destino de la producción (mercado, consumo, semillas)	CIPCA (2017), Tito Velarde y Wanderley (2021), talleres.	
	Costos de producción	CIPCA (2017), Armonía (2021), Publiagro, Ortiz y Soliz (2007), Nallar et al. (2017).	
Potencial de recolección de cacao	Coberturas (ver arriba), Bazoberry y Salazar (2008), Helvetas (2019), ACPROCHOB (comunicación personal, talleres 2021)		Bases de datos/ datos puntuales
Potencial de recolección de castaña	Coberturas (ver arriba), Larrea-Alcázar et al. (2018), CIPCA (2020).		Datos puntuales

venta; los costos de producción y el destino de la producción (consumo familiar o mercado). El potencial de recolección de cacao y castaña se definió a partir de la información disponible sobre densidad de plantas por hectárea, producción en kilogramos por planta y precio al productor por kilogramo. En este caso, el VNP no considera los costos de cosecha.

Para calcular el **índice de distribución del ingreso agropecuario** se partió del VNP generado por cada SA en cada municipio. Este VNP fue redistribuido en función del SA y la tenencia de la tierra (tipo de propiedad). Para los sistemas predominantes en los que las familias producen en sus propiedades, se consideró que el 100% del VNP se mantiene dentro de unidad de producción (p. ej en sistemas de agricultura y ganadería de pequeña escala, sistemas diversificados, etc.). Sin embargo, para sistemas de aprovechamiento como la agricultura mecanizada e intensiva en insumos - que requieren fuertes inversiones - se asume que:

1. Los actores con menor capacidad de inversión (comunidades campesinas e indígenas) que han transicionado a estos sistemas lo han hecho a través del alquiler de tierras. Perciben el monto del alquiler y el restante del VNP generado por

cada hectárea pasa a manos de terceros. Si bien se trata de tierras comunales o TCO que existen precedentes y los escenarios buscan reflejar los potenciales impactos de estos procesos;

2. La redistribución de los montos percibidos por el alquiler se hace de forma equitativa dentro de las comunidades y territorios;
3. Quienes alquilan la tierra son propietarios privados del mismo municipio con propiedades medianas y/o grandes, por lo que el VNP generado se queda dentro del municipio. Este supuesto no incluye la posibilidad de que las tierras sean alquiladas a privados de otras regiones del país o de otros países, fenómeno ya observable en los Llanos de Moxos.

A partir de esta nueva distribución del VNP y con el número de unidades productivas dedicadas a cada SA en cada escenario, se calcula el coeficiente de Gini a nivel de cada municipio y de todo el Beni (Figura 30).

Para calcular el **índice de diversidad de cultivos** se aplicó el índice de Shannon a los espacios cultivados, tomando en cuenta la proporción dedicada a cada cultivo sobre el total dedicado a agricultura (Figura 31).

Para cada municipio, se consideraron los valores “y<sub>i</sub>” donde “i” varía entre 1 y “n” (“n” siendo el número de unidades de producción), “y” es el VNP asignado a cada unidad de producción y todos los valores han sido indexados en orden no-decreciente (y<sub>i</sub> ≤ y<sub>i+1</sub>):

$$G = \frac{1}{n} \left( n + 1 - 2 \frac{\sum_{i=1}^n (n + 1 - i) y_i}{\sum_{i=1}^n y_i} \right)$$




Figura 30. Fórmula índice Gini (G).

Para cada municipio, se consideraron los valores “p<sub>i</sub>” donde “i” varía entre 1 y “S” (“S” siendo el número de cultivos) y “p” es la proporción del área cultivada dedicada a cada cultivo:

$$H = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$




Figura 31. Fórmula índice de Shannon (H).





Carla Jaimes Betancourt/ Universidad de Bonn

Escenarios futuros

Partiendo del mapa generado de sistemas de aprovechamiento actual del departamento, se utilizaron diferentes fuentes de información contextual para diferenciar espacialmente la influencia de varios factores físicos, culturales y socioeconómicos (Tabla 8), junto a la información procedente de las narrativas propuestas por los actores locales. Esta información se analiza, en términos de preferencias y capacidades de cambio (definidas como ranqueo desde la opción preferible hasta la menos preferible) para cada escenario (TEND,

ACEL y ECOS). En la Figura 32 se resume la metodología seguida para generar los escenarios futuros de sistemas de aprovechamiento. El análisis utilizó como unidad de referencia parcelas de superficie máxima de 50 ha y media de 23 ha, representativas del tamaño de las unidades mínimas de cambio destinadas a diferentes tipos de aprovechamiento. Para la estimación de la probabilidad de transformación de cada unidad desde la condición presente (por ejemplo, ganadería extensiva) hasta los futuros analizados (por ejemplo,

Tabla 8. Resumen de la información utilizada para caracterizar factores contextuales (habilitantes y restricciones) en la simulación de escenarios de uso futuro.

Datos		Principales fuentes	Tipo de información
Físico	Rangos de elevación	Hydrosheds, modelo de Elevación Digital (3" de resolución), basado en SRTM.	Cartográfica (ráster)
Áreas protegidas.	Zonas de protección estricta y con planes de uso	CIBIOMA, Compilación de áreas protegidas del Beni (2020)	Cartográfica (shp)
	Sitios Ramsar	Localización de los sitios RAMSAR del Beni, MMAyA (2020)	Cartográfica (shp)
Sitios arqueológicos	Densidad de sitios arqueológicos	Sitios arqueológicos y áreas culturales del Beni, GTLM (2022)	Cartográfica (shp)
Red de caminos	Vías secundarias de Bolivia	GeoBol, 2020	Cartográfica (shp)
	Red vial fundamental (actual)	GeoBol, 2020	Cartográfica (shp)
	Red vial proyectada (Bolivia)	Red vial fundamental, ABC (2015) en Veizaga (2018)	Cartográfica (shp)
	Red vial internacional	Open Street map	Cartográfica (shp)
Población	Densidad poblacional en regiones adyacentes al Beni, Perú, y Brasil.	Worldpop (año de referencia 2012, base del censo poblacional de Bolivia)	Cartográfica (raster)
	Población del Beni	Comunidades censo nacional de población, INE (2012)	Cartográfica (vectorial)

agricultura mecanizada intensiva, agricultura de conservación, etc.), se consideraron diferentes factores facilitadores y limitantes (por ejemplo, cercanía a vías de comunicación, restricciones legales, valor cultural y/o natural, etc.) y las preferencias transmitidas por

los diferentes actores locales. Finalmente, las probabilidades de transformación se utilizan para generar mapas que son realizaciones posibles de transiciones de aprovechamiento del paisaje a un horizonte determinado.

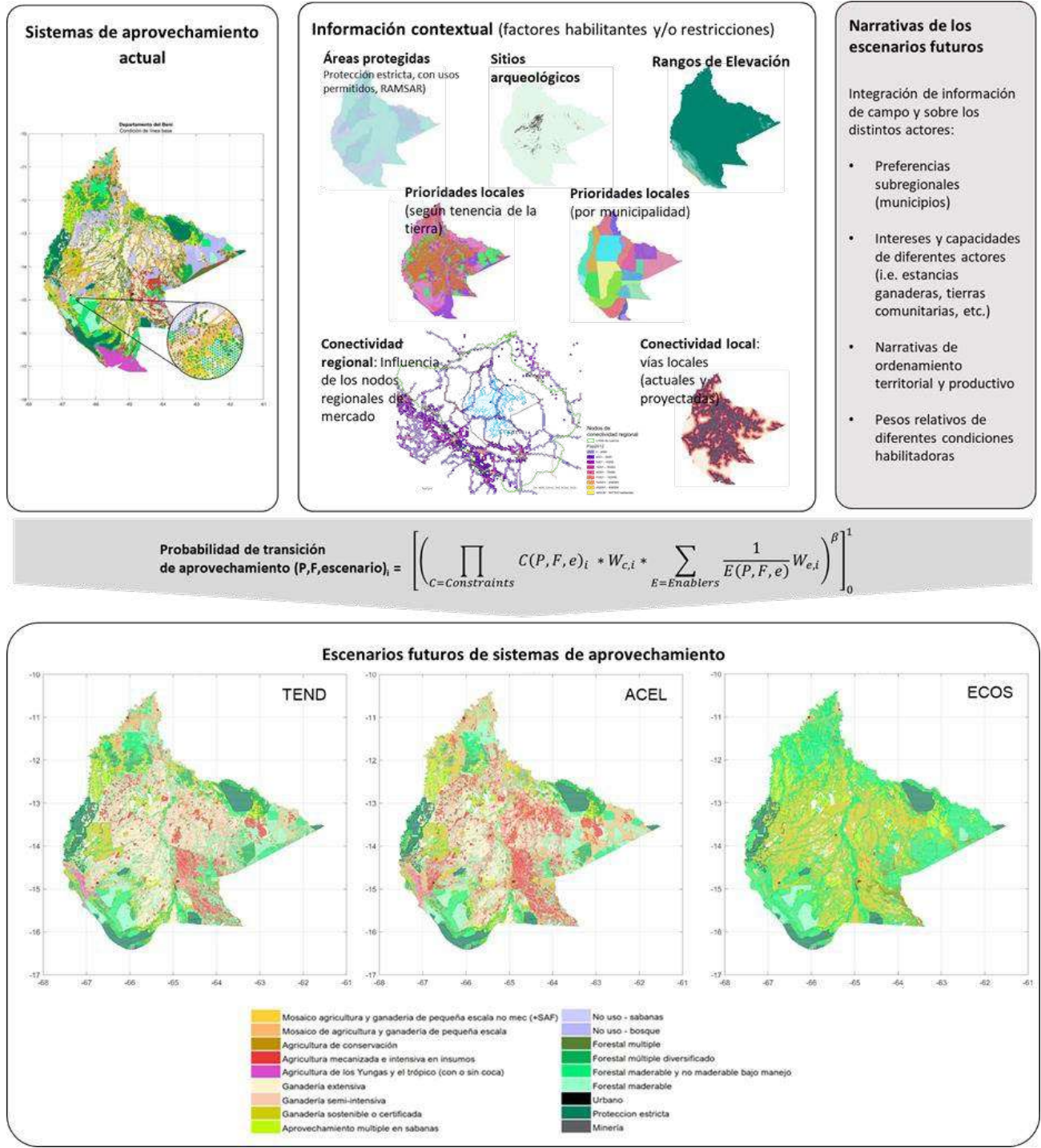


Figura 32. Esquema general del proceso utilizado para generar escenarios proyectados de sistemas de aprovechamiento.



Modelación del sistema hidrológico de los Llanos de Moxos y los escenarios de cambio climático

Una de las principales actividades del proyecto se enfocó en caracterizar los procesos hidrológicos, su relación con los ecosistemas de la región de los LdM y su rol en el suministro de diferentes CNP priorizadas por los actores locales. A su vez, en evaluar la posible respuesta de estos procesos y sus beneficios ante los diferentes escenarios prospectivos de **cambio climático y uso del suelo**.

Para abordar la diversidad de condiciones biofísicas de los LdM y cómo determinan los diversos beneficios y formas de vida de las personas de la región, el estudio consideró dos marcos de referencia (Figura 33). **Primero, el contexto amazónico determinado por la cuenca del río Madera**, que contiene las áreas tributarias del río Mamoré, principal corriente que surca los LdM, junto a otros ríos andinos (como el Beni, Grande, Ichilo, Pirai) y de zonas bajas que surcan la región (Iténez, Blanco, San Martín, entre otros). Este marco

de referencia es necesario para representar diversas particularidades biofísicas del contexto amazónico, por ejemplo, los patrones climáticos que determinan los ciclos estacionales de los humedales interfluviales y la influencia de las condiciones hidrológicas de los ríos aguas arriba y aguas abajo en los procesos de remanso hidráulico, es decir, en la capacidad de los grandes ríos como el Mamoré o el Iténez, que en la estación húmeda el nivel de sus aguas es una restricción hidráulica a la capacidad de transporte de los ríos y corrientes tributarias menores. A su vez, este marco es el escenario de la conectividad de hábitats, nutrientes y sedimentos entre los Andes y las zonas bajas de la Amazonía. **El segundo corresponde a la jurisdicción del Beni** que, en términos generales, enmarca la intersección entre la región biogeográfica de las sábanas inundables de los LdM y las zonas de competencia de las instituciones, poblaciones y actividades humanas que actualmente ocurren en la región. Esta zona deli-

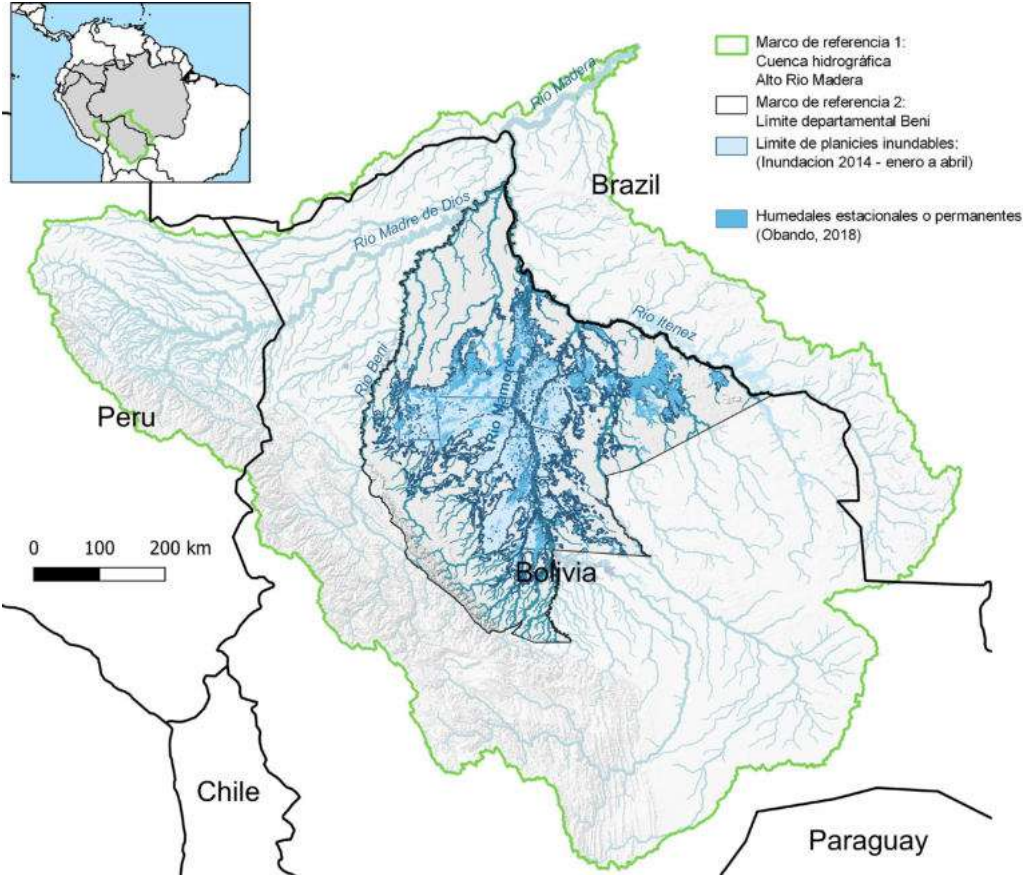
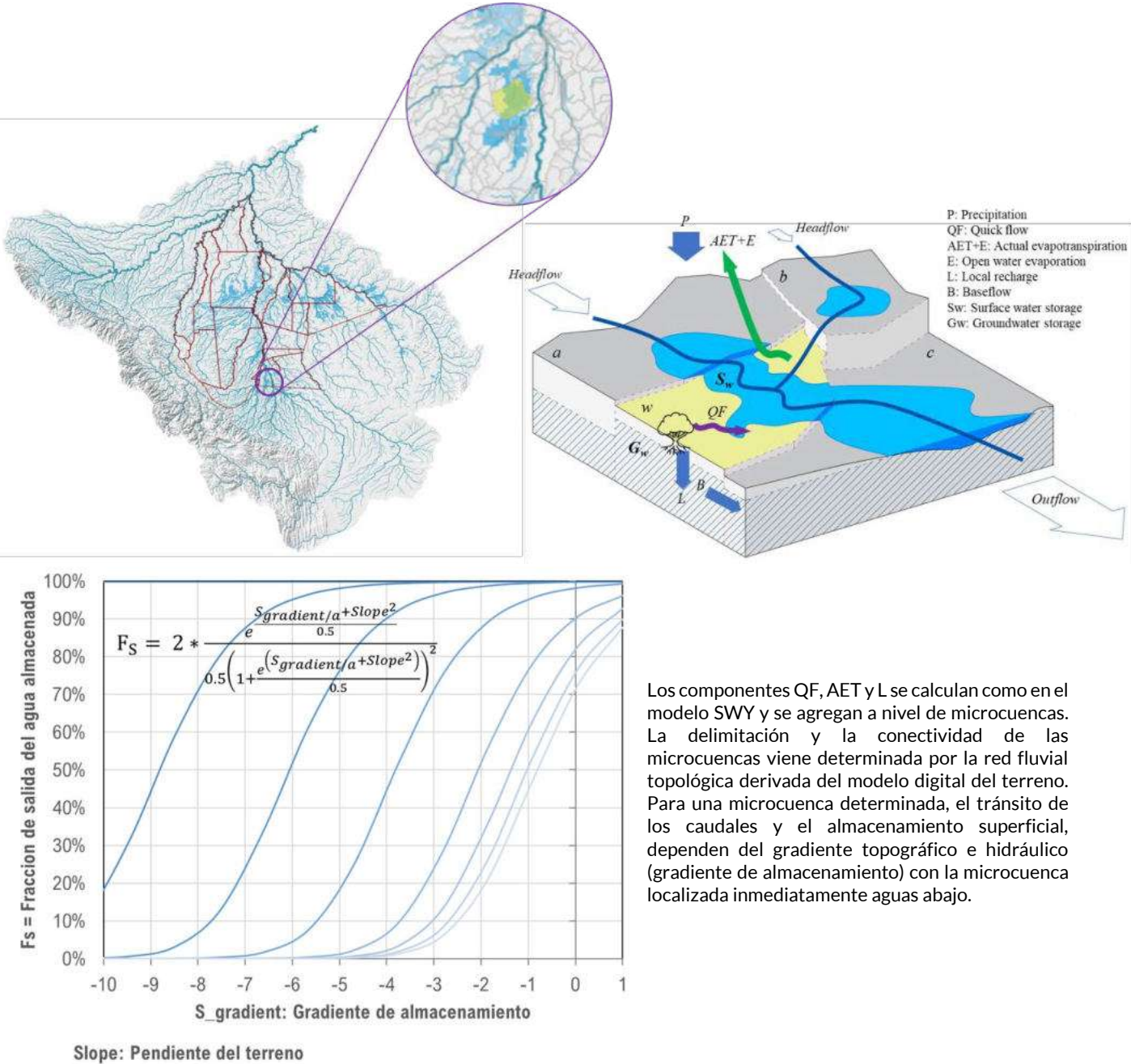


Figura 33. Marcos de referencia considerados en el estudio de la hidrología de los Llanos de Moxos y las contribuciones al bienestar asociadas.

mita las áreas de los escenarios de cambios potenciales del uso del suelo y la vegetación en los LdM, asociadas a los planes propuestos para la implementación de nuevas formas de producción en la región. Estos cambios locales se evalúan considerando los cambios fisiológicos y fisionómicos de la vegetación (es decir, del metabolismo de las plantas y de su forma y tamaño), y su influencia en el balance hídrico.

Para representar las particularidades del sistema de

planicies inundables de los LdM se desarrolló una herramienta de modelación basada en el modelo de **Rendimiento Hídrico Estacional (SWY)**, y se adicionaron funcionalidades para evaluar el tránsito hidrológico de almacenamiento superficial y subterráneo (Figura 34). En términos generales, la modelación desarrollada permite representar los siguientes componentes del balance hídrico y su respuesta ante condiciones de clima, suelos, tipo de vegetación y conectividad hidrológica:



Los componentes QF, AET y L se calculan como en el modelo SWY y se agregan a nivel de microcuencas. La delimitación y la conectividad de las microcuencas viene determinada por la red fluvial topológica derivada del modelo digital del terreno. Para una microcuenca determinada, el tránsito de los caudales y el almacenamiento superficial, dependen del gradiente topográfico e hidráulico (gradiente de almacenamiento) con la microcuenca localizada inmediatamente aguas abajo.

Figura 34. Representación simplificada del modelo de Rendimiento Hídrico Estacional (SWY) y las rutinas para modelar dinámicamente el componente de almacenamiento y tránsito superficial en los humedales y planicies inundables en el balance hídrico.

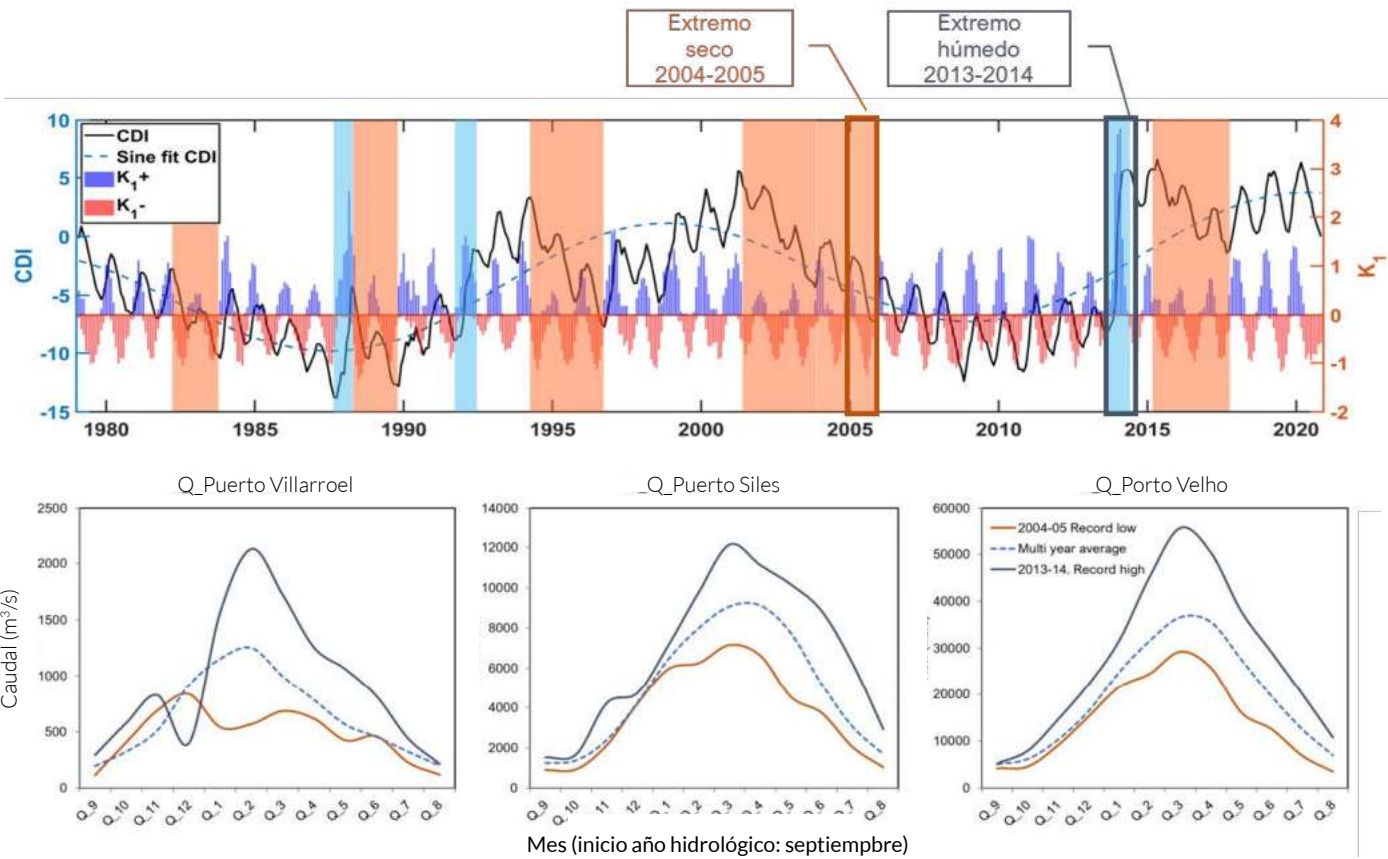


- 1. **Escurrentía superficial directa (QF):** aporte al agua superficial que ocurre poco después de los eventos de lluvia (quick flow);
- 2. **Recarga local (L):** contribución local a la recarga de agua subterránea;
- 3. **Caudal base (B):** caudales que transitan por el subsuelo y eventualmente contribuyen a mantener el agua superficial durante el tiempo seco (base flow);
- 4. **Tránsito hidrológico y remanso hidráulico (Q):** el efecto del almacenamiento superficial (Sw) en la velocidad de movimiento del agua a través del sistema. El remanso se refiere al efecto de retención que tienen los ríos localizados aguas abajo en el almacenamiento del agua en los tramos fluviales localizados aguas arriba;
- 5. **Almacenamiento de agua en acuíferos y regula-**

**ción de los caudales bajos:** se refiere al balance hídrico estacional de los acuíferos (Gw) y su interacción con las aguas superficiales a través de procesos de recarga o de aportes a los caudales base.

Esta herramienta de modelación se implementó para evaluar un total de 72 condiciones hidrológicas correspondientes a la combinación de:

- 1. **Tres condiciones hidrológicas:** correspondientes al año medio y a dos condiciones extremas identificadas a través del análisis de la variabilidad de largo plazo del sistema para identificar años secos y húmedos y evaluar el efecto de diferentes escenarios futuros en las condiciones hidrológicas extremas (Figura 35). A partir de este análisis se adoptaron como años hidrológicos<sup>8</sup> de referencia la sequía de 2004-2005, la inundación de 2013-2014 y el promedio del periodo 1985-2015;



**Figura 35.** Análisis de la variabilidad hidroclimatológica de largo plazo del sistema de Llanos de Moxos para identificar los años de referencia seco y húmedo utilizados en el análisis del modelo de Rendimiento Hídrico Estacional (SWY).

<sup>8</sup> Año hidrológico: periodo de tiempo de 12 meses en que los caudales están determinados por la precipitación precedente. En la región de los LdM inicia en septiembre (con el inicio de la transición de la época seca y las primeras lluvias del año) y termina en agosto (al final del periodo de recesión de los caudales).

- 2. **Tres escenarios de clima:** condición de clima de referencia (histórico) y dos escenarios prospectivos (moderado-optimista: SSP1-2,6 y pesimista SSP5-8,5) (IPCC-CMIP6, 2019);
- 3. **Dos horizontes prospectivos:** corto (2015-2045) y medio (2045-2075) término;
- 4. **Cuatro escenarios de cambios de uso del suelo:** sistema actual y tres escenarios futuros TEND, ACEL y ECOS.

Por otra parte, se estimaron los impactos en la **calidad del agua** asociados a la aplicación de fertilizantes calculando las cargas de nitrógeno aplicado y su eventual transporte a través de los componentes del balance hídrico. La aplicación de nitrógeno consideró de ma-

nera diferenciada la agricultura (valor de aplicación de nitrógeno para cada tipo de cultivo en toneladas/ha) y la ganadería (aporte de nitrógeno del estiércol y orina de bovinos en toneladas/unidad animal). La carga de nitrógeno total aplicado para cada sistema de aprovechamiento se calcula como el promedio ponderado por el porcentaje de distribución de cada cultivo o pasto en el tipo de uso del suelo:

$$N_{total} = (N_{cultivo1} \times \% \text{área}_{cultivo1}) + (N_{cultivo2} \times \% \text{área}_{cultivo2}) + \dots + (N_{cabezas} \times \# \text{animales/ha}) [t/año]$$

Finalmente, la concentración de nitrógeno se estimó a nivel de la red fluvial como el cociente entre la carga de nitrógeno aplicado aguas arriba y la escurrentía neta acumulada en cada tramo de la red fluvial.

**Tabla 9.** Resumen de la información utilizada para implementar la modelación hidrológica.

Dato		Año	Fuente	Formato
Clima e hidrología	Series de caudales en 24 estaciones hidrológicas localizadas en los ríos Mamoré, Beni, Madera, Madre de Dios, Iténez, y sus tributarios	1981-2018	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI, Bolivia)	Access DB (Hydraccess)
	Topografía	2013	HydroBasins DEM (Lehner and Grill, 2013), basado en el SRTM+	Ráster
	Extensión y ocurrencia de agua superficial en el paisaje	2018	Obando et al (2018), derivados de información de satélite (Misión de radar ALOS-PALSAR)	Raster dataset
	Polígonos de eventos de inundación histórica. Abril 2014.	2015	Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAyA)	Vectorial (SHP)
Clima	Precipitación histórica	1981-2022	Promedio mensual multianual y de años de referencia seco (2004-2005) y húmedo (2013-2014). Derivados de MSWEP 2.0. (Beck et al., 2019).	Raster (.NC Grids)
	Evapotranspiración de referencia - Histórica	Media multianual	CGIAR	Ráster
	Temperatura histórica	1981-2016	Promedio multianual derivado del producto GMET Bolivia (SEI, 2018) para el periodo 1995-2016	.NC Grid
	Proyecciones de cambio climático	2019	Proyecciones del IPCC (CMIP6) (precipitación y temperatura). Ensamble multimodelo de 9 modelos climáticos globales (CanESM5, CESM2-WACCM, CMCC-ESM2, CAS-FOALS, GFDL-ESM4, IPSL-CM6A-LR, MIROC-ESM-CHEM, MPI-ESM-LR, MIROC6); escenarios SSP 1-2.6 y SSP 5-8.5	Ráster
Calidad de agua	Los valores de aplicación de nitrógeno para cada tipo de cultivo y estiércol/orina de vaca		Principales cultivos (soya, maíz, arroz, etc.) – Plan nacional de fertilización y nutrición vegetal 2019-2025; Otros cultivos (piña, cacao, etc.) – Estudios de Bolivia cuando están disponibles, de lo contrario Brasil, Colombia y Ecuador; Ganadería – Datos de FAO para Bolivia	



## Modelación de los cambios en el almacenamiento de carbono

Las estimaciones de los cambios en el almacenamiento de carbono a nivel del departamento del Beni, y las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas, se elaboraron mediante la metodología de factores de emisión, es decir, emisiones referenciales por unidad de área basadas en el tipo actual y futuro de vegetación. Estos factores se multiplican por las extensiones de cada transformación de coberturas proyectados en cada escenario.

Específicamente se identificaron factores de emisión considerando dos procesos:

1. Los **cambios en el contenido de carbono almacenado** (toneladas/ha) entre las coberturas de vegetación nativa/tipos de uso presente y los usos proyectados en el futuro. Teniendo en cuenta que en la región no existen estudios oficiales relacionados con el almacenamiento en los diferentes reservorios de carbono (por ejemplo, diferenciando los tipos de bosques, sabanas, humedales, etc.)

se adoptaron como referencia los valores reportados en vegetación por Andersen et al. (2016) y de carbono en el suelo por Don et al. (2011), que proporcionan valores para un conjunto de tipos de bosques y otras coberturas y suelos aplicables al contexto local. Se utilizó el percentil 50 como valor de referencia. Este análisis diferenció 54 tipos de transiciones predominantes en el cambio entre el paisaje actual y las proyecciones de los escenarios TEND, ACEL o ECOS.

2. Las **emisiones asociadas a las prácticas de manejo** (toneladas/ha/año) en las coberturas futuras. Se adoptan como referencia las emisiones de CO<sub>2</sub> debidas a la quema reportadas por Guild et al. (2004) considerando el tipo de uso y el tipo de vegetación de base, y diferenciando emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por la quema de rozas del bosque primario, bosque en regeneración y la quema de pastos.



## Limitaciones

**Involucramiento de actores:** en este estudio se hizo un esfuerzo de identificación e involucramiento de actores relevantes en los LdM. Se implementaron dos rondas extensas de involucramiento en cada municipio y a nivel departamental después de consultas preliminares. Se recogieron las perspectivas de representantes de gobiernos municipales, asociaciones de ganaderos, organizaciones indígenas, centrales campesinas, asociaciones de pescadores, de recolectores, interculturales, sector turismo y responsables de áreas protegidas, entre otros. Sin embargo, no se pudo llegar a todos estos actores en todos los municipios, ni se pudo involucrar ampliamente a las bases sino principalmente a autoridades y representantes de cada sector.

**Agua y sistemas de agua dulce:** los resultados se basan en indicadores que permiten ilustrar la interacción entre diferentes factores de cambio (cambio climático y cambio de uso del suelo) y las tendencias de transformación futura en relación con la oferta de servicios. El estudio no profundiza en las relaciones entre la funcionalidad hidrológica y los procesos propios de los ecosistemas o la provisión de beneficios a las personas.

**Hidrología:** los cambios en la hidrología regional consideraron el efecto de los cambios de uso del suelo en términos de cambios en la fisiología y fisonomía de la vegetación. No obstante, no se consideró el efecto potencial adicional de medidas de manejo del agua, por ejemplo, asociadas a la implementación de infraestructuras de riego o drenaje y prácticas de irrigación en zonas que se destinen en el futuro a la agricultura intensificada. Estas medidas pueden amplificar impactos tales como la reducción de los hábitats de agua dulce, de la oferta de agua y de la calidad superficial y subterránea en los LdM.

**Calidad del agua:** los análisis presentados se enfocan en los efectos potenciales de la aplicación de fertilizantes, no considerando otros potenciales contaminantes relevantes en la actividad agrícola intensiva (herbicidas, plaguicidas) o asociados a otras actividades que se desarrollan en el departamento del Beni como el creciente uso del mercurio en la minería de oro en la región. Así mismo, si bien los análisis hidrológicos consideran la totalidad de la cuenca del río Madera, los escenarios de cambio de uso del suelo consi-

derados se limitan a la región del Beni, dejando de lado posibles transformaciones futuras en otras regiones de la cuenca, en particular aquellas localizadas aguas arriba y que tendrán efectos en la cantidad y la calidad del agua que transita por el sistema de los LdM.

**Distribución de ingresos de la ganadería y la agricultura:** el índice usado sólo considera la equidad en la distribución de ingresos agropecuarios (distribución del VNP de la agricultura y la ganadería) y no de otras fuentes de ingreso monetario y no monetario que pueden ser considerables para las familias.

**Cambio climático:** el estudio considera dos escenarios que ilustran un amplio rango de futuros posibles a escala regional. Estos escenarios tienen como propósito ilustrar los niveles de vulnerabilidad de la región ante los cambios en el clima en las próximas décadas, mostrando los rangos esperados entre las condiciones extremas optimista y pesimista. Para mitigar los niveles de incertidumbre, el estudio adopta un enfoque de ensamble multimodelo, enfocándose en aquellos cambios en donde las proyecciones climáticas muestran consensos claros (p. ej. cambios en las precipitaciones y en la temperatura). Sin embargo, estas proyecciones están sujetas a incertidumbres derivadas principalmente (aunque no únicamente) de la escala relativamente gruesa de los modelos globales y de la dificultad de predecir las prerrogativas sociales y económicas que pudieran conducir a la implementación de acciones de mitigación del cambio climático a nivel global. No obstante, la incertidumbre climática es algo que planificadores, tomadores de decisión y en general todos los actores locales deberán empezar a considerar cotidianamente. Este estudio aporta en esa dirección, pero también aconseja que se continúen investigaciones más detalladas, especialmente a nivel local y sectorial para profundizar en el entendimiento de los impactos potenciales del cambio climático y sus aplicaciones para mejorar la toma de decisiones.

**Contribuciones de la naturaleza a las personas:** para este estudio se consideró un número amplio de CNP o servicios del paisaje, priorizándose para cada análisis aquellos considerados más relevantes o representativos. Para el análisis con los actores locales sobre su contribución al bienestar, situación actual, tendencia



e impulsores de cambio asociados, se consideraron 26 de estos beneficios. Sin embargo, no todos fueron cuantificados para evaluar sus cambios entre la situación actual y los escenarios futuros. Por otra parte, las consecuencias de la pérdida o degradación de las CNP

sobre las diversas dimensiones del bienestar, como los impactos acumulativos sobre la salud, tampoco han sido cuantificadas. Complementar el presente estudio con estos datos daría una visión más completa de pérdidas y ganancias en cada escenario.

## Conclusiones y recomendaciones

Este documento resume los resultados de investigaciones sobre el paisaje biocultural de los Llanos de Moxos desarrolladas con el objeto de iluminar algunas de las relaciones entre las personas que habitan la región y su capital natural. Con este fin, el estudio implementó diversos métodos para evaluar estas relaciones en términos cualitativos (p. ej., a través de procesos participativos para identificar las preferencias, percepciones y aspiraciones declaradas por diferentes grupos de actores de la región) y herramientas de análisis cuantitativo, por ejemplo, mediante la modelación integrada de componentes biofísicos del paisaje (la vegetación, el clima, el agua, el carbono, etc.).

Estas herramientas han permitido avanzar en el conocimiento sobre varios aspectos del paisaje LdM, explorar los niveles de vulnerabilidad ante diferentes factores de cambio locales, regionales y globales, y las consecuencias de su transformación a largo plazo en los aportes al bienestar de las personas que habitan el Beni. A su vez, revela valores de la naturaleza que no han sido considerados en la formulación de los planes y propuestas existentes - como el Plan de Uso del Suelo del Beni -, contribuyendo a generar información clave a considerar en el desarrollo del departamento.

Sin embargo, es importante resaltar que los escenarios no son proyecciones ni prescripciones del futuro. Son herramientas para aportar a procesos de planificación y a la toma de decisiones. Los diferentes escenarios analizados proveen un marco de referencia para comparar y discutir futuros posibles, considerando el balance entre las ganancias y las pérdidas entre diferentes alternativas, y visualizar conflictos emergentes especialmente a horizontes de mediano y largo plazo. De esta manera, contribuyen a reconocer las tensiones y dilemas entre diferentes propuestas de desarrollo, identificar oportunidades y puntos de común entre las diferentes perspectivas, y avanzar en

la construcción de visiones conjuntas para satisfacer objetivos de diversos grupos y municipios.

Por tanto, los resultados presentados son un aporte para diferentes instrumentos que las instituciones públicas y privadas tienen a su disposición para promover el desarrollo sostenible de la región, especialmente a través de criterios a escala del paisaje. Algunas aplicaciones potenciales de estos resultados incluyen:

- Actualización o complementación de los planes de uso, considerando lineamientos productivos y estrategias de conservación orientados a evitar impactos acumulativos que deterioren los ecosistemas y sus contribuciones al bienestar prioritarias. Por ejemplo, adoptando aspectos relacionados con elementos del paisaje para la provisión y regulación del agua, las recargas de acuíferos, los almacenamientos de carbono, etc.
- A su vez, la vulnerabilidad identificada ante factores como el cambio climático y los efectos acumulativos del cambio en el uso del suelo, puede contribuir al diseño de criterios complementarios a la hora de definir el ordenamiento productivo y el diseño de incentivos basados en prácticas compatibles con el potencial del territorio y su diversidad, evitando la degradación de su capital natural y sociocultural.
- Diseño de políticas locales y departamentales coherentes con los objetivos de mitigación del cambio climático, en particular en lo relacionado con la reducción de emisiones de GEI.

Este trabajo se ha desarrollado en el marco de los esfuerzos del Grupo de Trabajo para los Llanos de Moxos que, en conjunto, ha realizado diversos estudios que amplían la comprensión de varias dimensiones del funcionamiento del paisaje de Moxos, incluyendo

nuevos datos y conocimientos sobre su biodiversidad, sus medios de vida y su riqueza arqueológica. Esta novedosa comprensión de la singularidad de cada uno de estos componentes está elevando el reconocimiento de la importancia del paisaje biocultural de los Llanos de Moxos para la Amazonia y la comprensión sobre modelos potenciales de desarrollo adaptados a su singularidad. A su vez, los estudios realizados ponen de manifiesto algunos vacíos y oportunidades avanzar en la comprensión de varios aspectos de la región como:

- Analizar las conexiones entre las condiciones hidrológicas y las contribuciones al bienestar asociadas al agua dulce: por ejemplo, efectos de la variabilidad hidrológica en la productividad y distribución de la pesca. De esta manera, es posible cuantificar el efecto de los escenarios de cambio en el sistema (integrando el cambio climático, las transformaciones del uso del suelo y ciertas infraestructuras) en CNP clave como la pesca, centrales en los medios de vida de muchas poblaciones locales.
- Evaluar los escenarios de cambio climático desde la perspectiva de su efecto en la viabilidad y vulnerabilidad de propuestas de desarrollo basadas en agricultura de gran escala y sus impactos acumulativos, incluyendo efectos sinérgicos como los incrementos potenciales de demanda de agua de los cultivos y los requerimientos de manejo de agua que pueden emerger de estas propuestas. Paralelamente, considerar cómo esta homogenización y pérdida de calidad ambiental del paisaje puede afectar a diferentes componentes del bienestar (salud, identidad cultural, ingresos económicos actuales y/o potenciales asociados a actividades de autoconsumo, de turismo, costos ambientales, otros).
- Incorporar en los análisis la consideración de contaminantes como el mercurio (asociado a las actividades de extracción aurífera).
- Identificar áreas prioritarias del paisaje LdM y en los procesos regionales (a escala de la cuenca) que puedan contribuir en el diseño de estrategias de conservación de los ecosistemas terrestres y de agua dulce y de la riqueza de beneficios que actualmente suministran a las personas. Estas áreas podrían incluir corredores de conectividad para la biodiversidad, áreas que interconectan procesos

terrestres y acuáticos, áreas de relevancia para mitigar los impactos del cambio climático (p. ej., atenuando o mitigando efectos esperados en la variabilidad extrema), etc.

- Profundizar en las barreras actuales para potenciar formas de producción basadas en las potencialidades del paisaje biocultural de Moxos.
- Relacionado con los dos puntos anteriores, desarrollar mecanismos de financiamiento para apoyar la gestión efectiva de áreas protegidas nacionales y subnacionales y el desarrollo y/o implementación de los Planes de Vida en los territorios indígenas que conforman el paisaje biocultural de LdM,
- Incorporar métodos y enfoques para visibilizar los diversos valores de la naturaleza. La forma en que se valora la naturaleza en las decisiones políticas y económicas es un factor clave y, hasta la fecha, estas decisiones han priorizado un conjunto limitado de valores de la naturaleza: las contribuciones materiales de la naturaleza a las personas que se comercializan en los mercados, en un enfoque de ganancias y crecimiento económico en el corto plazo. Estas valoraciones a menudo ignoran las externalidades asociadas a los impactos negativos sobre la biodiversidad y los ecosistemas (p.ej. procesos de degradación/pérdida, contaminación y sobreexplotación), y su impacto en la sostenibilidad a largo plazo. También suelen excluir otros valores de la naturaleza como las funciones de regulación o la identidad cultural. Paralelamente, estos valores de mercado tampoco reflejan adecuadamente cómo los cambios en la naturaleza afectan la calidad de vida de las personas o su bienestar (IPBES, 2022). Por tanto, es importante profundizar en modelos que faciliten reconocer, medir y hacer visibles los diversos valores de la naturaleza para su integración en las decisiones políticas y económicas.
- Y, en general, avanzar en la comprensión del sistema socioecológico de los Llanos de Moxos - un paisaje biocultural conformado a lo largo de miles de años de interacción entre sus paisajes naturales y culturales -, y de los estrechos vínculos que existen entre su capital natural y el bienestar humano a través de las contribuciones de la naturaleza a las personas.





## Referencias

Andersen, L.E., Canelas, S., Gonzales, A., y Peñaranda, L. (2020). Atlas municipal de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en Bolivia 2020. La Paz: Universidad Privada Boliviana, SDSN Bolivia.

Andersen L.E., Doyle A.S., del Granado S., Ledezma J.C., Medinaceli A., Valdivia M y Weinhold (2016). Net Carbon Emissions from Deforestation in Bolivia during 1990-2000 and 2000-2010: Results from a Carbon Bookkeeping Model. PLOS ONE, 11(3): e0151241. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151241>

Armonía (2021). Estudio sobre cadena de la carne en el Beni, comunicación personal, noviembre 2021. No publicado.

Bazoberry, O. y Salazar, C. (2008). El cacao en Bolivia: una alternativa económica de base campesina indígena. La Paz: CIPCA.

Beck, H. E., Wood, E. F., Pan, M., Fisher, C. K., Miralles, D. M., van Dijk, A. I. J. M., McVicar, T. R., y Adler, R. F. (2019). MSWEP V2 global 3 hourly 0.1° precipitation: methodology and quantitative assessment, Bulletin of the American Meteorological Society, 100(3), 473–500.

CIPCA (2017). Base de datos para el Beni del estudio de Ingresos Familiares Anuales de Campesinos e Indígenas rurales de Bolivia. Trinidad: CIPCA.

CIPCA (2020). Se llega al diálogo por el precio de la castaña para su comercialización 2020, pero el descontento continúa. CIPCA online, 31 de enero de 2021. Disponible en: <https://cipca.org.bo/noticias/se-llega-al-dialogo-por-el-precio-de-la-castana-para-su-comercializacion-2020-pero-el-descontento-continua>

Del Val, E., Benítez J. y Gavito M. (Eds) (2020). Biodiversidad e integridad ecosistémica. Boletín de la Sociedad Científica Mexicana de Ecología. Año 2020, número II.

Don, A., Schumacher, J. y Freibauer, A. (2011). Impact of tropical land use change on soil organic carbon stocks – A meta-analysis. Global Change Biology, 17, 1658 - 1670. 10.1111/j.1365-2486.2010.02336.x.

FAOSTAT (2018). Producer prices. Base de datos online. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/PP>

Guild, L. S., Kauffman, J. B., Cohen, W. B., Hlavka, C. A. y Ward, D. E. (2004). Modeling biomass burning emissions for Amazon forest and pastures in Rondônia, Brazil. Ecological Applications. 14(4): S232-S246

Grupo de Trabajo para los Llanos de Moxos (GTLM). (2022). Programa de conservación de los Llanos de Moxos (1era edición). Trinidad: GTLM. No publicado.

Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., ...y Townshend, J. R. G. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change, Science 342 : 850–53. Data available on-line at: <https://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>.

Helvetas (2019). El cacao silvestre boliviano es de alta calidad. Helvetas, 21 de abril de 2019.. Disponible en: [https://www.helvetas.org/es/bolivia/quienes-somos/siguenos/noticias/El-cacao-silvestre-boliviano-es-de-alta-calidad\\_pressrelease\\_5045](https://www.helvetas.org/es/bolivia/quienes-somos/siguenos/noticias/El-cacao-silvestre-boliviano-es-de-alta-calidad_pressrelease_5045)

Hess, L.L., Melack, J.M., Affonso, A. G., Barbosa, C., Gastil-Buhl, M. y Novo, E.M. L. M. (2015). Wetlands of the Lowland Amazon Basin: Extent, Vegetative Cover, and Dual-season Inundated Areas Mapped with JERS-1 Synthetic Aperture Radar. Wetlands, 35(4), 745–756. <https://doi.org/10.1007/s13157-015-0666-y>

IBGE (2014). Cobertura e Uso da Terra do Brasil na escala 1:250 000. Land cover and use map of Brazil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INE (2012). Censo Nacional de Población y Vivienda 2012. La Paz: Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Planificación y Desarrollo. Disponible: <http://censosbolivia.ine.gob.bo/censofichacomunidad/>

INE (2013). Censo Nacional Agropecuario 2013. La Paz: Instituto Nacional de Estadística, Ministerio de Planificación y Desarrollo. Disponible en: <http://sice.ine.gob.bo/censofichacna/>



- INE (2022). Bolivia: rendimiento año agrícola por departamento 1984-2021. La Paz: Instituto Nacional de Estadística. Disponible en: <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>
- IPBES (2016). The methodological assessment report on scenarios and models of biodiversity and ecosystem services. Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 348 pp.
- IPBES (2018): The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 744 pp.
- IPBES (2019). Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn: Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. 1144 pp. ISBN: 978-3-947851-20-1.
- IPBES (2022). Methodological Assessment Report on the Diverse Values and Valuation of Nature of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Balvanera, P., Pascual, U., Christie, M., Baptiste, B., and González-Jiménez, D. (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6522522>
- Larrea-Alcázar, D. M., Villanueva, G., Poma, A., Zenteno- Ruiz, F. S., Araujo-Murakami, A., Altamirano, S. y De Ugarte, C. (2018). El árbol de la castaña (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) en Bolivia: distribución geográfica e impacto de la deforestación 2010-2015. *Ecología en Bolivia*, 53(1): 16-30.
- Lehner, B., Verdin, K. y Jarvis, A. (2008): New global hydrography derived from spaceborne elevation data. *Eos, Transactions, AGU*, 89(10): 93-94.
- MA (Millennium Ecosystem Assessment). (2003). *Ecosystems and Human Well-Being: A Framework for Assessment*. Washington, DC: Island Press.
- MA (Millennium Assessment) (2005). *Ecosystems and Human Well-being. Synthesis*. Washington, DC: Island Press.
- McClain, M. y Naiman, R. (2008). Andean Influences on the Biogeochemistry and Ecology of the Amazon River, *BioScience*, 58(4), 325-338, <https://doi.org/10.1641/B580408>
- MMaYA (2017). Localización de Áreas Deforestadas gestión 2016. La Paz: Ministerio de Medio Ambiente y Agua/ Dirección General de Gestión y Desarrollo Forestal. [http://geo.gob.bo/download/?w=mdmaya&l=deforestacion\\_2016](http://geo.gob.bo/download/?w=mdmaya&l=deforestacion_2016)
- MMaYA (2018). Balance Hídrico Superficial de Bolivia 1980-2016. La Paz: Ministerio de Medio Ambiente y Agua. <http://vibh.mmaya.gob.bo/vibh/database/9>.
- Myers, S. S., Gaffikin, L., Golden, C. D., Ostfeld, R. S., H. Redford, K., H. Ricketts, T., Turner, W. R., & Osofsky, S. A. (2013). Human health impacts of ecosystem alteration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(47), 18753-18760. <https://doi.org/10.1073/pnas.1218656110>
- Nahuelhual, L., Laterra, P. y Barrena, J. (2016). Indicadores de servicios ecosistémicos. Una revisión y análisis de su calidad. Santiago: Ministerio de Medio Ambiente/ Gobierno de Chile. Doi: 10.13140/RG.2.2.26830.46403
- Nallar, R., Rolón, W. y Mollericon, J.L. (2017). Manual para la gestión de una ganadería sostenible. La Paz: WCS.
- Navarro, G. y Ferreira, W. (2007). Mapa de Vegetación de Bolivia. La Paz: RUMBOL SRL/ The Nature Conservancy (TNC)/ CONDESAN/ The NatureServe ISBN 978-99954-0-168-9. Depósito Legal 2-7-116-11.
- OECD (2011). *How's Life?: Measuring Well-being*. OECD Publishing, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264121164-en>
- ONU (2013). *Satoyama-Satoumi Ecosystems and Human Well-Being: Socio-Ecological Production Landscapes of Japan*. Nueva York: ONU. <https://doi.org/10.18356/5d7e4936-en>
- Ortiz, A. I. y Soliz, L. (2007). *El arroz en Bolivia*. Santa Cruz: CIPCA.
- Ovando, A., Martínez, J. M., Tomasella, J., Rodriguez, D. A., y von Randow, C. (2018). Multi-temporal flood mapping and satellite altimetry used to evaluate the flood dynamics of the Bolivian Amazon wetlands. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 69(January), 27-40. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2018.02.013>
- Palomo, I., Martín-López, B., López-Santiago, C. y Montes, C. (2012). *El Sistema Socio-ecológico de Doñana ante el Cambio Global: Planificación de Escenarios de Eco-futuro*. Madrid: Fundación Fernando González Bernáldez.
- Rodríguez-Loinaz, G., Alday, J.G., y Onaindia, M. (2015). Multiple ecosystem services landscape index: A tool for multifunctional landscapes conservation. *Journal of Environmental Management*, 147, 152-163. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2014.09.001>
- Tito-Velarde, C. y Wanderley F. (2020). Contribuciones de la Agricultura Familiar Campesina Indígena a la producción y consumo de alimentos en Bolivia. Cuadernos de investigación 91. La Paz: IISEC/ CIPCA.
- Veizaga, J.M. (2018). Caminos y automóviles en Bolivia: cambios, tendencias y correspondencias en el pasado reciente. *Revista Transporte y Territorio*, 18, 100-121. ISSN 1852-7175
- Villamagna, A.M., Angermeier, P.L. y Bennett, E.M. (2013). Capacity, pressure, demand, and flow: A conceptual framework for analyzing ecosystem service provision and delivery, *Ecological Complexity*, 15, 114-121. ISSN 1476-945X, <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2013.07.004>.
- Willaarts, B., González, J.A., Santos-Martín, F., Onaindia, M., López-Santiago, C. y Montes, C. (2012). Uncovering ecosystem service bundles through social preferences. *PLoS ONE*, 7, e38970. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0038970>.







Rodrigo Conte

## Recursos adicionales

Los resultados y productos del proyecto “Construyendo una visión conjunta de desarrollo sostenible para los Llanos de Moxos” se han complicado virtualmente para su fácil consulta.

Invitamos a todas las personas que deseen más información sobre las actividades y resultados del pro-

yecto a visitar estos espacios y acceder a los recursos disponibles: cartillas resumen de los resultados para cada uno de los 19 municipios del Beni, cartilla resumen de resultados a nivel departamental, resumen del diagnóstico y mapa de actores y una colección de mapas temáticos a escala municipal y regional.

Página del proyecto ““Construyendo una visión conjunta de desarrollo sostenible para los Llanos de Moxos”:  
[https://www.cibioma.edu.bo/proy\\_llanos.htm](https://www.cibioma.edu.bo/proy_llanos.htm)



Mapoteca de los Llanos de Moxos:  
<https://mapoteca.cibioma.edu.bo/>











Adrian Vogl/NatCap

