

ADAPTACIÓN BASADA EN ECOSISTEMAS EN LA AMAZONÍA BOLIVIANA

2024

El presente documento fue elaborado en el marco del proyecto “Promoviendo y escalando la diversificación dentro de la gestión de los recursos forestales amazónicos como una medida de Adaptación basada en Ecosistemas (AbE)”, implementado por la Asociación para la Investigación y Conservación de Ecosistemas Andino-Amazónicos (Conservación Amazónica-ACEAA) con financiamiento otorgado por Fondo Global EbA (GEF), fondo implementado conjuntamente por la UICN y el PNUMA y financiado por la Iniciativa Climática Internacional (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear de Alemania (BMU/IKI).

Autores: Indyra Lafuente Cartagena, Daniel Larrea-Alcázar.

Cita sugerida: Conservación Amazónica-ACEAA. 2024. Adaptación Basada en ecosistemas en la amazonía boliviana. Memoria Técnica. Asociación para la Investigación y Conservación de Ecosistemas Andino-Amazónicos (ACEAA-Conservación Amazónica), Fondo EbA Fund, La Paz, Bolivia, 31 p. (+ 3 sub-anexos)

Contenido

1.	Introducción	7
2.	Conceptos clave.....	8
3.	Las funciones y servicios ecosistémicos de la Amazonía	9
4.	Cambio climático	12
4.1.	Fuentes de GEI	13
5.	Efectos del cambio climático en la Amazonia	15
5.1.	Incremento en la temperatura	15
5.2.	Extensión de la duración del periodo seco.....	16
5.3.	Incremento en la frecuencia de eventos extremos.....	16
5.4.	Incremento en la frecuencia de incendios.....	17
5.5.	Incremento en la frecuencia de ventarrones extremos	18
5.6.	Reducción de la captura y almacenaje de carbono	19
5.7.	Cambios en la composición y distribución de especies.....	19
6.	Cambio climático en Bolivia.....	20
6.1.	Escenarios climáticos	21
6.2.	Cambio climático en el departamento de Pando	23
6.2.1.	Sobre los medios de vida de las comunidades.....	23
6.2.2.	Impactos percibidos del cambio climático	25
7.	¿Qué se está haciendo para afrontar el cambio climático?	31
8.	¿Qué es la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE)?	32
9.	Identificación de medidas de AbE	34
9.1.	Agricultura.....	36
9.1.1.	Árboles de sombreado	37
9.1.2.	Barreras rompevientos.....	38
9.1.3.	Coberturas vivas y abonos verdes	40
9.1.4.	Diversificación de cultivos y sistemas agroforestales	41
9.1.5.	Sistemas de riego.....	42
9.1.6.	Manejo integral de suelos	45
9.2.	Agua	48
9.2.1.	Reforestación de zonas riparias y ojos de agua	48

9.2.2. Pozos artesianos	50
9.3. Diversificación productiva	50
9.3.1. Ecoturismo.....	50
9.3.2. Uso de otros PFM.....	51
9.3.2.1. Majo	51
9.3.2.2. Palma real	53
9.3.3. Cría de peces.....	56
9.4. Ordenamiento territorial	61
10. Priorización de las medidas AbE por comunidad	64
11. Referencias y Recursos Adicionales.....	66

Figuras

Figura 1. Riqueza estimada de especies según Guayasamín et al. (2021).	11
Figura 2. Calentamiento global provocado por la sobreacumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera.	12
Figura 4. Pérdida de cobertura arbórea según causa en Bolivia entre 2001 y 2023. Fuente: GFW 2024.	14
Figura 5. Pérdida de cobertura arbórea entre 2001 y 2023.	14
Figura 3. Emisiones de GEI entre 1990 y 2023 a nivel global (a) y de Bolivia (b), según JRC-E et al. 2023.	15
Figura 6. Anomalías de temperatura media anual en Sudamérica.	16
Figura 7. Anomalías de precipitación en mm/mes de noviembre-febrero 2022-2023 (a) y en junio-septiembre de 2023 (b). Fuente: Espinoza et al. 2024	17
Figura 8. Ciclo de retroalimentación negativa entre el calentamiento global y los incendios forestales.	17
Figura 9. A: Eventos de ventarrones fuertes identificados a través de imágenes satelitales (a), el color verde representa áreas boscosas y b: Aumento medio del CAPE desde el clima actual (1990-2014) proyectado para 2070-2099 en el escenario SSP85, las cruces representan celdas donde los resultados de 10 modelos coinciden. Fuente: Feng et al. 2023.	19
Figura 10. Series de tiempo del Monitor de sequías de Bolivia para todo el país (a), y para el área de la Amazonía. Fuente: https://monitorsequias.senamhi.gob.bo/#/data/timeseries	21
Figura 11. Escenarios de cambio climático al 2040-2059 generados por el CMIP6, para temperatura media anual (a, b) y precipitación media anual (c, d) con respecto al periodo de referencia 1986-2014. Fuente: OFACC, 2024.	22
Figura 12. Límite de la Amazonía Boliviana entendida como cuenca hidrográfica (línea azul), ecorregión según Ibisch et al. (2003, línea naranja), región biogeográfica según Navarro y Ferreira (2009), relleno con líneas verdes) y límite constitucional (relleno gris).	23
Figura 13. Diagrama del sistema del hogar de la comunidad Villa Florida.	25
Figura 14. Línea de tiempo de eventos climáticos extremos percibidos por los pobladores de 8 unidades territoriales en el departamento de Pando.	27
Figura 15. Ponderación del impacto de las amenazas sobre los medios de vida y recursos priorizados en las 9 unidades territoriales.	28
Figura 16. Funciones y servicios ecosistémicos y su contribución al bienestar humano. Fuente: MEA (2005). Traducción libre.	33

Figura 17. Elementos y criterios de las acciones de Adaptación basada en Ecosistemas.	33
Figura 18. Aplicabilidad de las medidas y acciones de AbE identificadas en talleres con unidades territoriales del departamento de Pando.....	36
Figura 19. Datos del Banco Mundial (2024) de producción pesquera total y Producción acuícola entre 1960 y 2021.	57

Mapas

Mapa 1. Ubicación de las unidades territoriales analizadas. Diferenciadas según año de relevamiento de datos: 2022 en tonos azules, 2023 en tonos naranja y 2024 en tonos verdes.	26
--	----

Cuadros

Cuadro 1. El aporte de la Amazonia	11
Cuadro 2. Deforestación e incendios forestales en Bolivia	14
Cuadro 3. Criterios de priorización y viabilidad de medidas de Adaptación basada en Ecosistemas.	35
Cuadro 4. Aprovechamiento de palma real (Mauritia flexuosa) en Bolivia	55
Cuadro 5. Efectos de la piscicultura en Yapacaní	59
Cuadro 6. Consideraciones para una piscicultura sostenible.....	60
Cuadro 7. Consideraciones para que el Ordenamiento territorial en la Amazonía sea una medida de Abe.....	62

1. Introducción

La Amazonía, con su rica biodiversidad y sus complejos sistemas ecológicos, desempeña un papel crucial en la regulación del clima y la conservación de recursos naturales. Al igual que otros ecosistemas, la Amazonía enfrenta diferentes presiones para su mantenimiento, entre las que destaca el cambio climático. En Bolivia, los ecosistemas Amazónicos están presionados por la deforestación y las quemas para la conversión de bosques hacia actividades agropecuarias. Estas presiones generan la emisión de gases de efecto invernadero, retroalimentando el cambio climático que, en la Amazonía, se manifiesta como eventos de sequía prolongada e inundaciones extremas.

La Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE) en la Amazonía boliviana se presenta como una estrategia clave para enfrentar los desafíos del cambio climático y la degradación ambiental. La AbE busca fortalecer la resiliencia de estos sistemas naturales, mediante la integración de prácticas de manejo sostenible que promuevan la conservación de los bosques, la protección de los hábitats acuáticos y el mantenimiento de los servicios ecosistémicos. Este enfoque no solo contribuye a la mitigación de los impactos del cambio climático, sino que también apoya el bienestar de las comunidades locales que dependen directamente de los recursos naturales de la región.

En este documento se abordan las causas y consecuencias del cambio climático en la Amazonía boliviana, considerando los servicios ecosistémicos que este bioma brinda a las comunidades que habitan en ella y las opciones de AbE identificadas en 8 unidades territoriales del departamento de Pando, considerando los beneficios y limitaciones para su implementación.

2. Conceptos clave

A continuación, se presenta una lista de conceptos utilizados en el marco de la AbE:

- **Ecosistemas:** Comunidades de organismos vivos y su entorno físico, que interactúan como una unidad.
- **Resiliencia:** La capacidad de un ecosistema para recuperarse y adaptarse a cambios y perturbaciones y así regresar al nivel anterior de desempeño productivo o de crecimiento.
- **Servicios Ecosistémicos:** Beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas, como la provisión de agua limpia, polinización de cultivos y control de erosión.
- **Diversidad Biológica - biodiversidad:** Variedad de vida en todas sus formas, niveles y combinaciones, incluyendo diversidad genética, de especies y de ecosistemas.
- **Restauración de Ecosistemas:** Proceso de recuperar un ecosistema a un estado más cercano a su condición natural previa, con el objetivo de mejorar su funcionalidad y resiliencia.
- **Adaptación Climática:** Ajustes en sistemas naturales o humanos en respuesta a cambios climáticos reales o esperados, con el fin de moderar sus efectos negativos.
- **Manejo Sostenible:** Estrategias para gestionar los recursos naturales de manera que se mantengan su salud y funcionalidad a largo plazo.
- **Servicios de Regulación:** Funciones que los ecosistemas realizan para regular procesos ambientales, como el control de inundaciones, la captura de carbono y la regulación del clima.
- **Políticas y Gobernanza:** Marco normativo y de toma de decisiones que guía la implementación de estrategias basadas en ecosistemas y la colaboración entre diferentes sectores y partes interesadas.
- **Participación Comunitaria:** Involucrar a las comunidades locales en la planificación y gestión de proyectos de adaptación para asegurar que las soluciones sean pertinentes y sostenibles a nivel local.
- **Monitoreo y Evaluación:** Seguimiento de los cambios en los ecosistemas y la eficacia de las medidas de adaptación implementadas, para ajustar las estrategias según sea necesario.
- **Cambio Climático:** Alteraciones a largo plazo en los patrones de temperatura y precipitación que afectan a los ecosistemas y a las sociedades humanas.
- **Zonas Protegidas:** Áreas de terreno o mar que se gestionan para conservar su biodiversidad y ecosistemas, a menudo como parte de estrategias de adaptación basadas en ecosistemas.
- **Estrategias de Manejo Adaptativo:** Enfoques de gestión flexible que permiten ajustar las prácticas y políticas en respuesta a nuevas informaciones y condiciones cambiantes.

3. Las funciones y servicios ecosistémicos de la Amazonía

La Amazonía es el bosque tropical más extenso del mundo, con una superficie aproximada de 7'918.682,31 millones de km² que incluyen la cuenca del río Amazonas en aproximadamente 6 millones de km² (OTCA & CIIFEN 2021), abarcando 8 países y un territorio de ultramar. Esta cuenca alberga una asombrosa diversidad de ecosistemas, incluyendo bosques lluviosos, humedales, y ríos, que juntos sustentan una rica biodiversidad. Entre sus ecosistemas clave se encuentran:

- **Bosques de Montaña:** En las áreas más altas de la Amazonía, cerca de la cordillera de los Andes, se encuentran bosques de montaña. Estos bosques tienen una composición de especies diferente y están adaptados a las condiciones más frescas y húmedas de estas altitudes. Estos bosques son importantes para la regulación del clima y la provisión de agua.
- **Bosques de Tierra Firme:** se encuentran en áreas no inundables. Son los más extensos y diversos de la Amazonia, con una gran variedad de especies de árboles, plantas y animales. Tienen una estructura de dosel denso, con árboles altos que forman un estrato superior, y un estrato inferior con plantas más pequeñas. Estos bosques son vitales para la captura de carbono y la regulación del clima. Además de los recursos que sustentan diferentes medios de vida como la castaña o nuez amazónica (*Bertholletia excelsa*) y otras especies que brindan alimento y sustento económico a las comunidades.
- **Bosques Inundados (Várzeas):** también conocidos como bosques inundables, estos ecosistemas se encuentran en áreas que experimentan inundaciones estacionales debido a la subida del nivel de los ríos. Tienen una vegetación adaptada a las condiciones de inundación, como árboles que pueden soportar largos períodos bajo el agua. Son importantes para la biodiversidad y actúan como áreas de reproducción para muchas especies acuáticas.
- **Humedales (Igapós):** Estos son ecosistemas de bosques, arbustales y sabanas inundados por aguas negras (agua de baja calidad con poco contenido mineral), que se encuentran en regiones más secas de la Amazonia. Tienen una vegetación adaptada a las condiciones de agua ácida y baja en nutrientes. Son cruciales para la filtración del agua y el ciclo de nutrientes.
- **Ríos y Arroyos:** La red fluvial de la Amazonia, que incluye al río Amazonas y sus numerosos afluentes, son vitales para el transporte de nutrientes, la provisión de agua dulce, y el hábitat de muchas especies acuáticas, como peces y reptiles.
- **Sabanas o pampas:** Algunas áreas de la Amazonia están dominadas por vegetación de sabana, localmente conocidas como pampas, especialmente en regiones de transición entre los bosques y otros ecosistemas. Estas áreas suelen tener vegetación más abierta y menos densa que los bosques, con una variedad de plantas adaptadas a condiciones menos húmedas.
- **Áreas de vegetación secundaria:** Estas áreas se desarrollan en lugares donde los bosques primarios han sido perturbados por actividades humanas, como la agricultura o la ganadería. Aunque no tienen la misma biodiversidad que los bosques primarios, aún desempeñan un papel en la regeneración de los ecosistemas y la provisión de hábitats.

Los diferentes ecosistemas de la Amazonía y su funcionamiento, proveen beneficios para las especies silvestres, y también son importantes para las personas que habitan

en ella, proveyéndolas de materias primas como madera y alimento, siendo fundamentales para la seguridad alimentaria y economía de muchas familias.

Cuadro 1. El aporte de la Amazonia

El ciclo del agua en la Amazonía, produce lluvias que se transforman en las mayores descargas de ríos en el planeta (entre el 16 y 22% de la descarga mundial), que corresponden a un volumen de 220000 m³/s que son vertidos al océano Atlántico a través del río Amazonas (IPCC 2021). Además, en los “ríos voladores”, el vapor de agua fluye por la atmósfera hacia el oeste, llegando hasta la cordillera de Los Andes, una barrera natural que permite que el vapor se condense y se desplace hacia el sur, contribuyendo con las precipitaciones hacia el sur de Sudamérica.

Contribuye en la estabilización del clima almacenando cerca de 150-200 mil millones de toneladas de carbono, tanto en el suelo como en la biomasa (plantas); lo que equivale a 367-700 GtCO₂ (gigatoneladas almacenadas de dióxido de carbono), por lo que su conservación es vital para lograr los objetivos climáticos de limitar el calentamiento a 1,5°C (Malhi et al. 2021).

En todo el territorio habitan cerca de 47 millones de personas, de las que 2,2 son indígenas, incluyendo algunas etnias que aún viven en aislamiento voluntario (Panel científico por la Amazonía 2021). Todos dependen de los diferentes ecosistemas amazónicos, para la provisión de alimentos, ya sean obtenidos del bosque como frutos y proteína animal (carne de monte y pescado), u obtenidos desde la agricultura, que depende del buen funcionamiento de los ecosistemas para funciones clave como la polinización, mantenimiento del suelo y control de plagas, entre otros.

La Amazonia alberga cerca del 10% de la diversidad biológica conocida del planeta, y se estima que cerca del 90% de las especies que la habitan aún no han sido identificadas. También tiene altos niveles de endemismo, es decir que algunas de las especies que viven allí, no pueden encontrarse en ninguna otra parte. Esto incluye al 34% de las especies de mamíferos amazónicos, 20% de las aves y 58% de los peces (Guayasamin et al. 2021). La cuenca amazónica alberga la mayor riqueza de peces de agua dulce del mundo, con 2716 especies (Aliaga-Rossel et. al 2023). Los peces constituyen parte fundamental de la dieta de muchas familias que habitan el bosque amazónico.

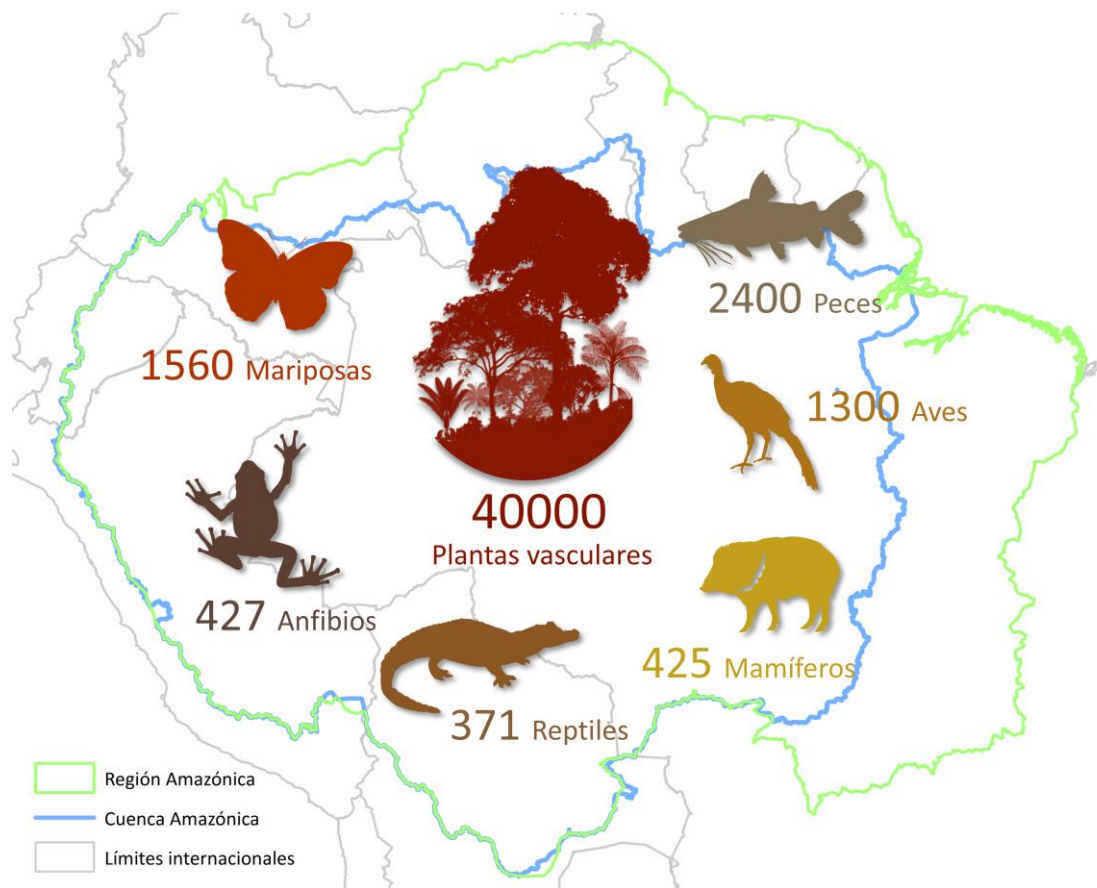


Figura 1. Riqueza estimada de especies según Guayasamin et al. (2021).

4. Cambio climático

El cambio climático se refiere a las variaciones significativas y duraderas en los patrones climáticos globales y regionales, especialmente el aumento de la temperatura media de la Tierra. Este fenómeno es en gran parte impulsado por la actividad humana, especialmente desde la Revolución Industrial a finales del siglo XVIII. Diferentes actividades humanas contribuyen con la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), que se acumulan en la atmósfera, atrapando el calor y contribuyendo al calentamiento global (Figura 2).

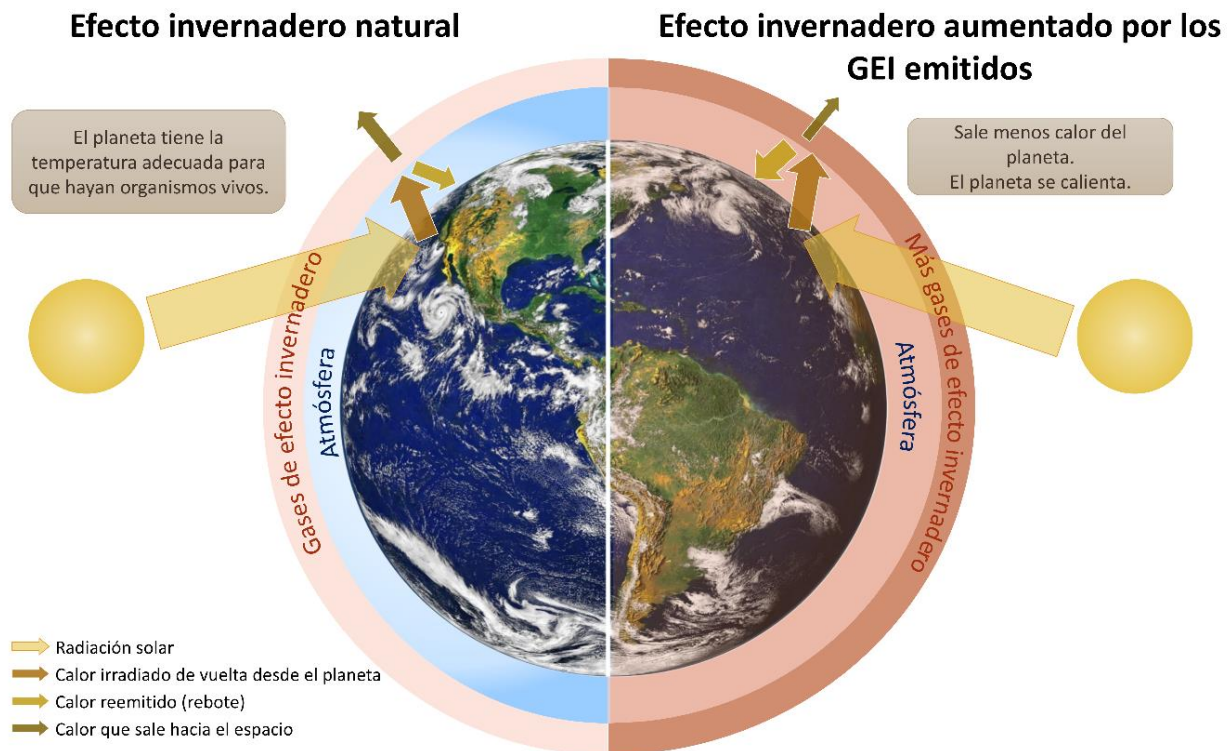


Figura 2. Calentamiento global provocado por la sobreacumulación de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Cada GEI tiene diferente Potencial de Calentamiento Global (PCG)¹, duración en la atmósfera (Tabla 1) y origen. La quema de combustibles fósiles (como carbón, petróleo y gas natural) para la generación de energía y el transporte libera grandes cantidades de dióxido de carbono (CO₂) y otros GEI en la atmósfera. Por otro lado, la tala de bosques para la agricultura, la ganadería y el desarrollo urbano reduce la capacidad de los ecosistemas para absorber CO₂, contribuyendo así al aumento de este GEI en la

¹ El potencial de calentamiento global (PCG) es la capacidad de diferentes GEI para atrapar calor en la atmósfera. Se utiliza el PCG del dióxido de carbono (CO₂) como una referencia para comparar el impacto del resto de GEI en un periodo de 100 años, lo que significa que, si otro GEI tiene un PCG de 28, este gas es 28 veces más efectivo que el CO₂ en atrapar calor durante un periodo de 100 años.

atmósfera (Houghton 2012), al mismo tiempo, el uso de fertilizantes sintéticos en la agricultura contribuye con la emisión de óxidos de nitrógeno (Smith et al. 2014) y los gases producidos por la digestión del ganado son fuente de metano. La producción industrial contribuye a las emisiones de GEI, principalmente a través de la energía utilizada en procesos de fabricación y en la generación de electricidad (Friedlingstein et al. 2023).

Tabla 1. Fuente y efectos de los principales Gases de Efecto Invernadero (GEI).

Gas	Fuente de Emisiones	Tiempo de Vida en la Atmósfera	Potencial de Calentamiento Global (PCG)
Dióxido de carbono (CO₂)	Quema de combustibles fósiles, deforestación	100+ años	1 (referencia base)
Metano (CH₄)	Agricultura (ganadería, cultivos), residuos	12 años	27-29 (en 100 años)
Óxido nitroso (N₂O)	Fertilizantes, procesos industriales	114 años	265-298
Vapor de agua	Evaporación, procesos naturales	Variable (minutos a horas)	Variable (efecto indirecto)
Hidrofluorocarbonos (HFC)	Refrigerantes, aerosoles	5 a 14 años	770 a 1500 (dependiendo del tipo)

Fuente: Elaboración propia con base en Myhre et al. 2013, IPCC 2021.

4.1. Fuentes de GEI

Las actividades humanas que generan las mayores emisiones de GEI, pueden ser clasificadas en 7 sectores (Figura 2). Las emisiones de GEI estimadas por el Centro de Investigación Conjunta de la Comisión Europea (JRC-EC et al. 2024), muestran que a nivel mundial 2 sectores (energético e industrial), son los que contribuyen con las mayores emisiones de GEI a nivel mundial (Figura 2a). En Bolivia, por otro lado, es el sector agricultura el que contribuye con las mayores emisiones de GEI (Figura 2b). En 2023 el GEI emitido en mayor proporción a nivel mundial fue el CO₂, representando el 73% de los GEI; mientras que, en Bolivia, este gas y el metano, fueron emitidos en casi la misma proporción (44% aprox., Figura 2b).

Cuadro 2. Deforestación e incendios forestales en Bolivia

Entre 2002 y 2023 Bolivia perdió 7.970.000 ha de cobertura arbórea (GFW 2024), una superficie mayor al departamento de Pando. El 54% de dicha cobertura correspondía a bosque primario. Esto representó una pérdida del 10% de este tipo de bosque entre 2002 y 2023. El año 2019 tuvo la mayor superficie de pérdida de cobertura arbórea, así como la mayor superficie con incendios (Figura 6).

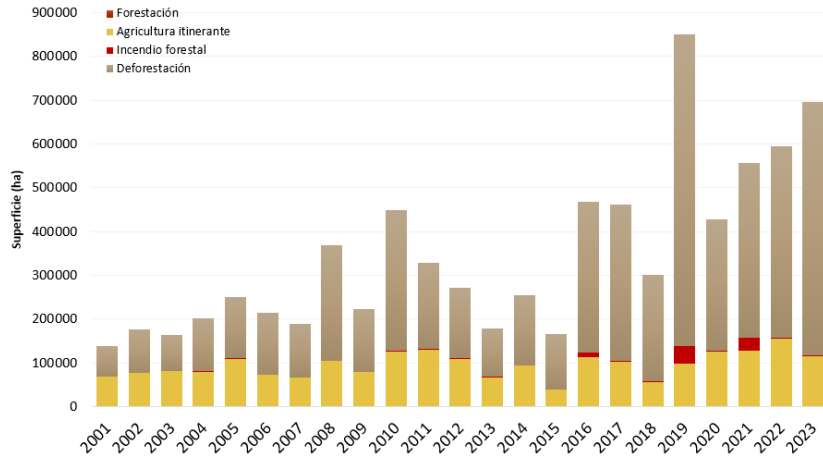


Figura 3. Pérdida de cobertura arbórea según causa en Bolivia entre 2001 y 2023. Fuente: GFW 2024.

La pérdida de cobertura arbórea entre 2013 y 2023 equivalió a la emisión de 2,32 Gt de CO₂e (GFW 2024). El sitio de mayor deforestación para conversión de bosque en la Amazonía boliviana es Santa Cruz (Berenguer et al. 2021). En el departamento de Pando se deforestaron 254.000 ha entre 2001 y 2022 (Conservación Amazónica 2023), siendo Cobija el municipio con el mayor porcentaje de pérdida de cobertura arbórea, respecto a su superficie, mientras que, respecto al área total deforestada, Bella Flor fue el municipio con mayor afectación (48.063 ha aproximadamente), alcanzando el 25% de la deforestación en ese periodo de tiempo.

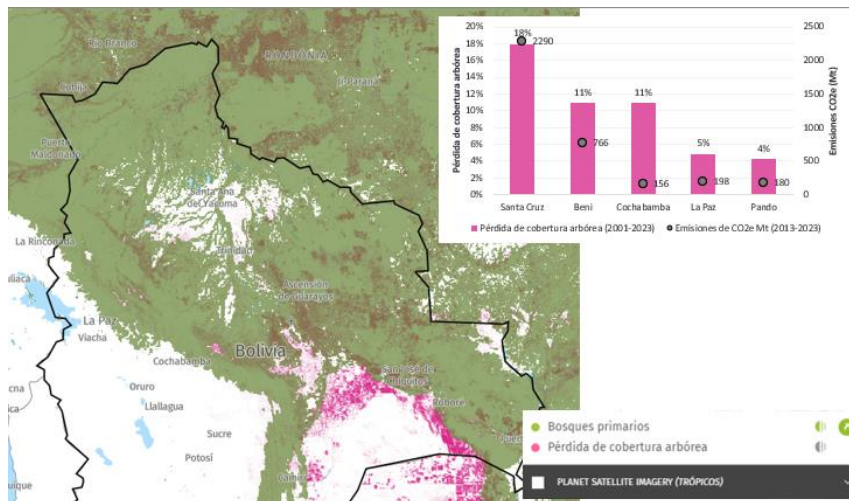


Figura 4. Pérdida de cobertura arbórea entre 2001 y 2023.

Los **incendios forestales** en Bolivia han incrementado en los últimos años. La mayor pérdida de cobertura arbórea por incendios se dio en 2019 y 2021 (Figura 6). Se estima que, en 2019, las áreas quemadas alcanzaron las 6435226 ha (FAN 2019), y afectaron principalmente la Chiquitanía, el Chaco y el Pantanal boliviano. En Pando entre 2001 y 2022 el 8% del departamento fue afectado por incendios (Conservación Amazónica-ACEAA 2023), siendo los municipios de El Sena y Bella Flor los más afectados con 32098 ha y 27082 ha, respectivamente.

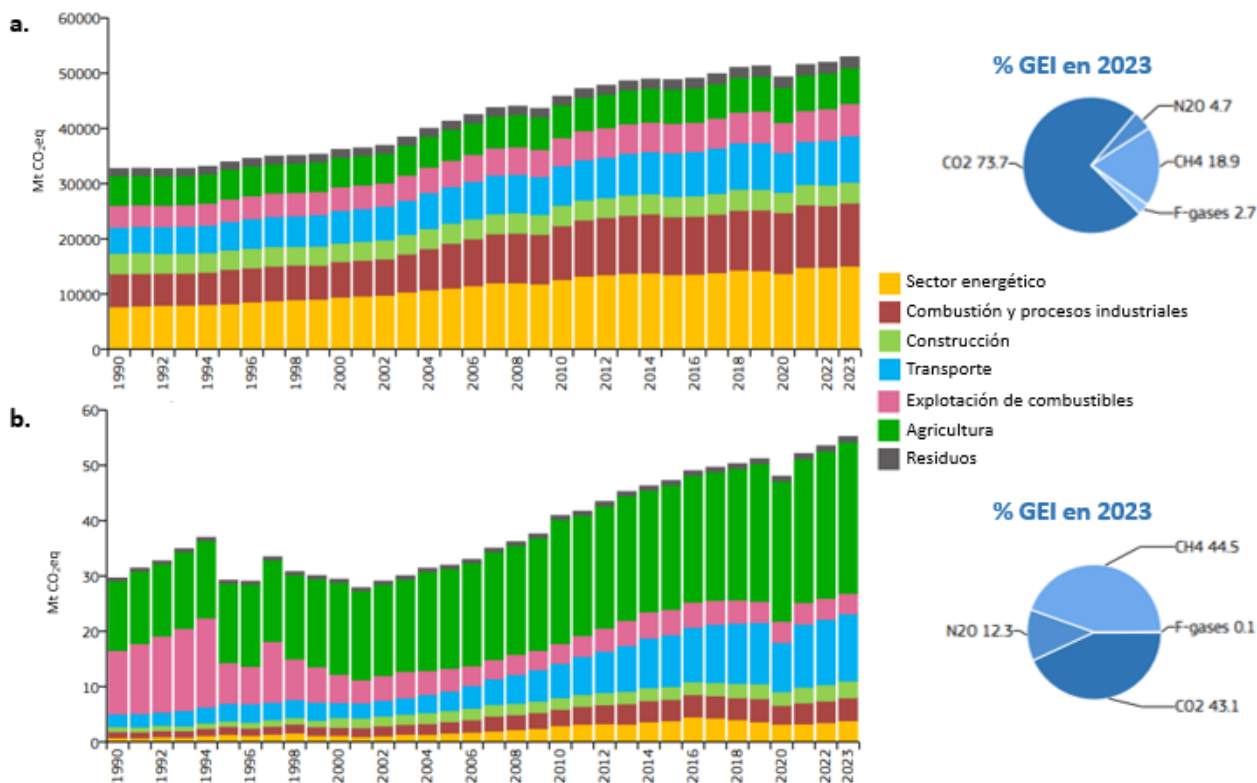


Figura 5. Emisiones de GEI entre 1990 y 2023 a nivel global (a) y de Bolivia (b), según JRC-E et al. 2023.

5. Efectos del cambio climático en la Amazonia

Los efectos del cambio climático a nivel global se están haciendo más evidentes desde la década de 1980. La Amazonía sufre impactos directos e indirectos del cambio climático y estos incluyen:

5.1. Incremento en la temperatura

Al igual que el resto del planeta, la Amazonía está experimentando un aumento en la temperatura. Para tener certeza de este hecho, se calcula el promedio de temperaturas registradas en el siglo 20 (entre 1850 y 2000 a nivel mundial y, entre 1910 y 2000 para Sudamérica), y este valor es comparado con la temperatura media anual; de esta manera, los grados de diferencia entre la media histórica y el año evaluado nos indica si la temperatura fue normal o no. Según los registros históricos, 2023 fue el año más caliente a nivel global y en Sudamérica (NOAA NCEI 2024). Los datos muestran que 9 de los 10 años más calientes en Sudamérica ocurrieron después del 2014, estando cerca de +1,2 °C por encima de la media (Figura 6), excepto en 2023 cuando alcanzaron +1,77 °C. Los meses de mayor temperatura en la Amazonía en 2023, fueron agosto, septiembre y octubre con un incremento promedio de temperatura de +1,8 °C, +2,2 °C y +2,7 °C, respectivamente (Espinoza et al. 2024).

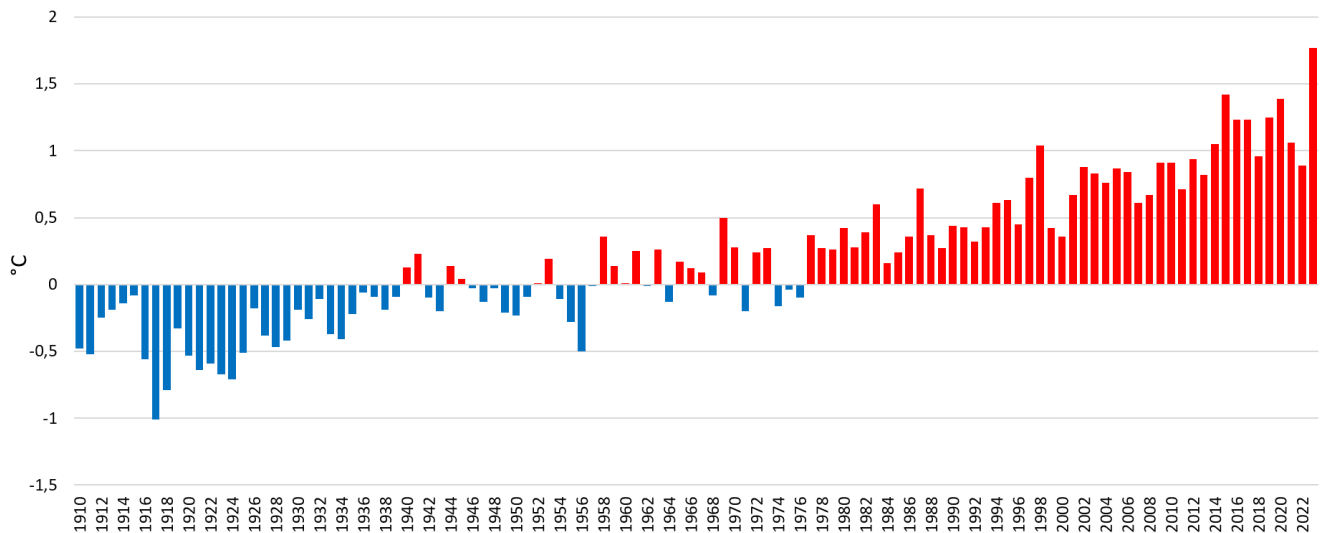


Figura 6. Anomalías de temperatura media anual en Sudamérica.

5.2. Extensión de la duración del periodo seco.

En la región amazónica se ha registrado un incremento en la duración de la época seca de aproximadamente 6,5 ($\pm 2,5$) días por década, desde 1980, es decir aproximadamente 1 semana por década. Al mismo tiempo, el final de la época seca se ha ido retrasando cerca de 4,5 días por década ($\pm 2,0$) (Fu et al. 2013). Muchos estudios han registrado que hay una relación del retraso del inicio de la época de lluvia y la corta duración de ésta, con el incremento de la deforestación (Butt et al. 2011; Fu et al. 2013), ya que la evapotranspiración de las plantas al final de la época seca es un factor clave para la concentración de lluvia, e inicio de la época de lluvias. Se estima que, con el incremento de 10% de la deforestación, el inicio de la época de lluvia se retrasa 4 días aproximadamente (Leite-Filho et al. 2019).

5.3. Incremento en la frecuencia de eventos extremos.

- **Inundaciones:** La primera mitad del siglo 20 los eventos de inundaciones ocurrían cada 20 años, sin embargo, desde el 2000 están ocurriendo cada 4 años y desde 2009 están ocurriendo eventos de inundaciones y sequías año por medio (Barichivich et al. 2018).
- **Sequías:** en la Amazonia 3 de las 5 sequías más extremas desde 1981 ocurrieron después del 2000 (en orden de gravedad: 1997-1998, 2023, 2015-2016, 2005, 1982-1983; Espinoza et al. 2024). Específicamente en el Sudoeste de la Amazonía (que incluye a Perú, Bolivia y los estados de Acre y Rondonia de Brasil) en la época de lluvia de 2023 (noviembre a febrero) se registraron anomalías negativas de precipitación, es decir, que en promedio llovió -44 mm menos cada mes, con referencia a la media histórica (entre 1982 y 2020, Espinoza et al. 2014).

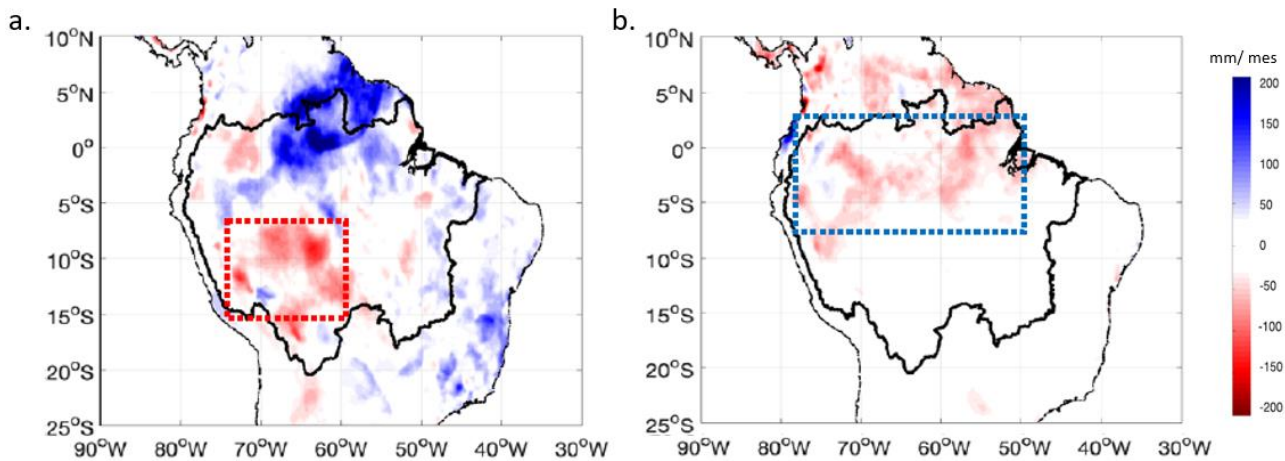


Figura 7. Anomalías de precipitación en mm/mes de noviembre-febrero 2022-2023 (a) y en junio-septiembre de 2023 (b). Fuente: Espinoza et al. 2024

5.4. Incremento en la frecuencia de incendios

El incremento en la temperatura y la duración de la época seca generan las condiciones ideales para la ocurrencia de incendios forestales en la Amazonía, de manera que el cambio climático podría incrementar la frecuencia y extensión de los incendios forestales en el bosque (Le Page et al. 2017, da Silva et al. 2018, Brando et al. 2019). Los incendios en el bioma amazónico son originados principalmente por acción humana y existe una retroalimentación negativa con el cambio climático (Figura 8).

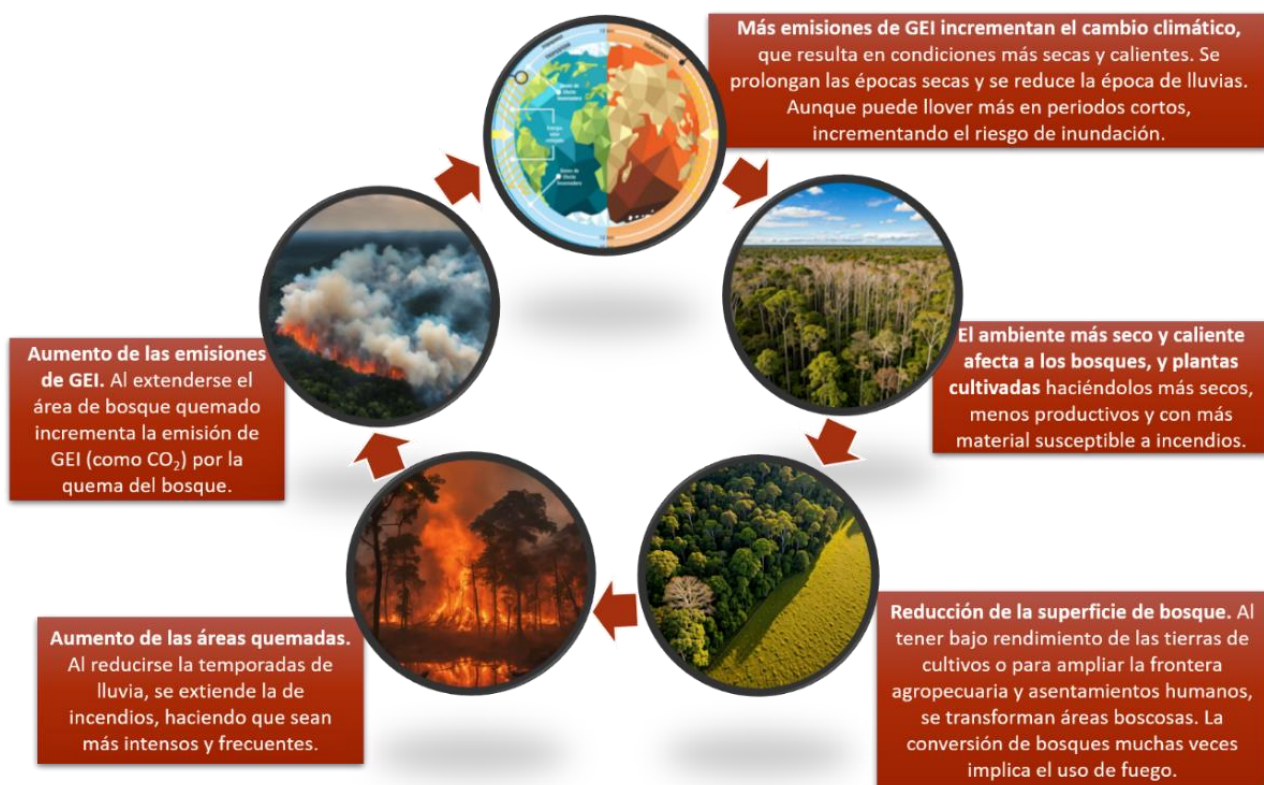


Figura 8. Ciclo de retroalimentación negativa entre el calentamiento global y los incendios forestales.

Durante los eventos de incendios la salud de las personas también se ve afectada, evidenciándose el incremento de enfermedades respiratorias (Ellwanger et al. 2019) y siendo particularmente peligroso para los grupos de riesgo, como niños y ancianos. También se registran infecciones oculares por el aire contaminado. Adicionalmente la materia particulada expone a las personas a un mayor riesgo de daño al ADN, mutaciones y cáncer (De Oliveira Alves et al. 2017, De Oliveira Galvao et al. 2018).

5.5. Incremento en la frecuencia de ventarrones extremos

Los vientos fuertes en los bosques tropicales contribuyen con el proceso de regeneración natural al crear espacios donde nuevos individuos pueden comenzar a crecer; sin embargo, el grado de afectación depende mucho de la salud del bosque. Algunas amenazas que reducen la densidad de árboles (p.ej. tala selectiva, deforestación y quemas), pueden provocar que un bosque sea menos resistente ante estos eventos. Por ejemplo, en bosques afectados por incendios, los vientos fuertes pueden retrasar la recuperación o regeneración natural al provocar la ruptura y desarraigo de los árboles sobrevivientes que, por el daño en su estructura, son menos resistentes a los vientos (Brando et al 2019, Silvério et al 2019).

Los eventos de ventarrones fuertes son causados por **tormentas convectivas extremas**, que son un tipo de fenómeno meteorológico que se forma cuando el aire caliente y húmedo se eleva rápidamente en la atmósfera, formando nubes cumulonimbos y una corriente descendente, que son las responsables de las tormentas eléctricas, lluvias intensas, granizo, tornados, ventarrones y rayos. La formación de estos eventos puede analizarse a través de la **energía convectiva potencial disponible** (CAPE, por sus siglas en inglés), que refleja las *condiciones propicias* para la formación de tormentas convectivas.

Un estudio mostró que los eventos de ventarrones fuertes (con daños causados en superficies superiores a 25000 km²) son frecuentes en la Amazonía, con una ocurrencia de 1012 eventos entre 1990 y 2019, principalmente en el centro y norte de la cuenca (Figura 9a). En modelos del sistema de la Tierra² el área con condiciones favorables para tormentas (CAPE) incrementa a medida que la temperatura del planeta aumenta (Seeley & Romps 2015, Singh et al 2017, Schumacher & Rasmussen 2020). Se estima que, para el periodo 2070-2099, el incremento de temperatura del planeta³ acrecentaría entre 26% y 33% la CAPE (Feng et al. 2023); además de expandir el área de estas condiciones favorables para tormentas hacia el suroeste (Figura 9b, Feng et al. 2023), expandiéndose de un 38% (actual) al 58% de la superficie de la Amazonía.

² Los modelos de sistemas de la Tierra (ESM) son herramientas científicas diseñadas para simular los múltiples aspectos del sistema terrestre, incluyendo procesos físicos, químicos y biológicos. Ayudan a entender temas cruciales como la disponibilidad de agua, sequías, cambios climáticos, y el comportamiento de las capas de hielo y los océanos.

³ En el escenario más pesimista del cambio climático (SSP85).

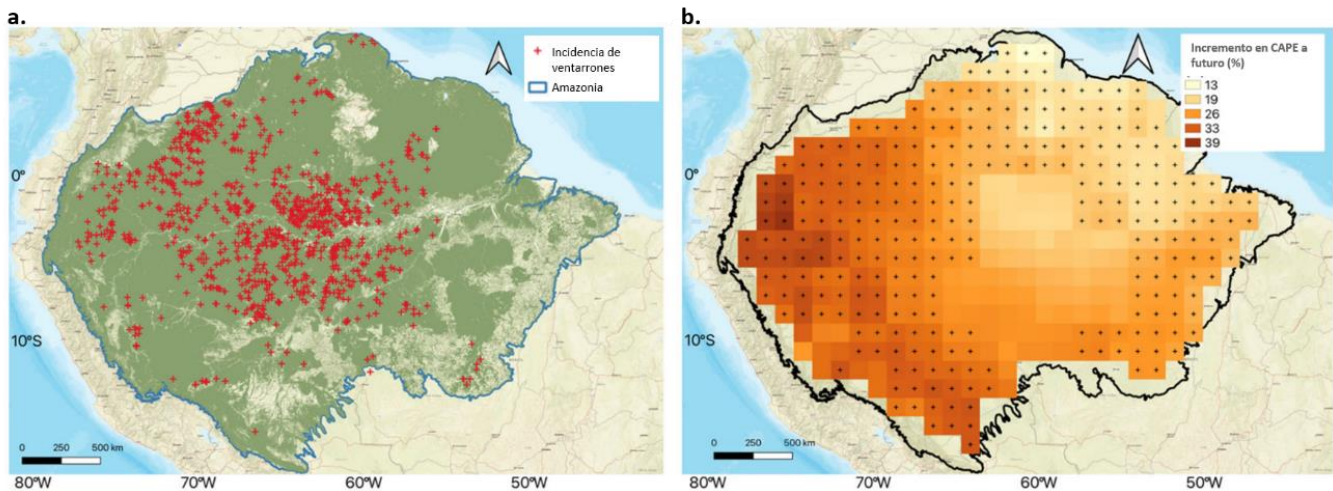


Figura 9. A: Eventos de ventarrones fuertes identificados a través de imágenes satelitales (a), el color verde representa áreas boscosas y b: Aumento medio del CAPE desde el clima actual (1990-2014) proyectado para 2070-2099 en el escenario SSP85, las cruces representan celdas donde los resultados de 10 modelos coinciden. Fuente: Feng et al. 2023.

5.6. Reducción de la captura y almacenaje de carbono

El cambio climático, sumado a el incremento en la degradación y la pérdida de bosques para habilitación de tierras de cultivo y ganadería, redujeron la capacidad de almacenamiento de carbono de la Amazonia en la década del 2010 a comparación de la década de 1990 (Artaxo 2022). Algunas proyecciones sugieren que todos los bosques tropicales están perdiendo la capacidad de almacenamiento de carbono, y en épocas de sequía pueden convertirse en fuente de carbono a causa de la mortalidad de árboles, la deforestación y las quemadas (Hubau et al. 2020; Brienen et al. 2015; Gatti et al. 2021).

Los efectos de las quemadas van más allá de la pérdida inmediata de árboles. Actualmente, los bosques que han sido quemados y se han recuperado almacenan 25% menos carbono que los bosques intactos (Silva et al. 2018). Por otro lado, estudios de regeneración han evidenciado la muerte de especies tolerantes a la humedad, y la sobrevivencia de especies tolerantes a sequías, lo que indica que la Amazonia puede estar convirtiéndose en un bosque más seco (Esquivel-Muelbert et al. 2019).

5.7. Cambios en la composición y distribución de especies

La mayor parte de las especies de plantas de bosques maduros se han expandido y adaptado a condiciones climáticas cambiantes en procesos que tomaron miles de años, por lo que es difícil que se adapten a los cambios rápidos en el ambiente que ocurren en el presente. Actualmente la principal amenaza para la diversidad de especies es la deforestación; pero los impactos del cambio climático podrían sobrepasar esta amenaza en algunas décadas, por la alteración de los patrones de humedad y temperatura.

Se estima que, para 2050, la pérdida del bosque Amazónico causada por la combinación entre deforestación y cambio climático puede causar la pérdida del 58% de las especies de árboles, y

que el área idónea para la distribución de muchas especies arbóreas reducirá hasta un 65% (Gomes et al. 2019). Estos cambios también afectarán a otros organismos como los insectos, por ejemplo, se estima que a causa del cambio climático la distribución del hábitat con condiciones adecuadas para los polinizadores de castaña (*Bertholletia excelsa*) reducirá en un 50%, disminuyendo un 80% la co-ocurrencia entre las poblaciones de castaña y sus polinizadores (Artaxo et al. 2021). El cambio climático también afectará la distribución de aves, murciélagos y otros mamíferos, como los primates, que contribuyen con la dispersión de semillas, polinización y control de plagas (Artaxo et al. 2021) las estimaciones proyectan una reducción promedio del 50% de la distribución actual de la mayor parte de las especies.

Si las tendencias actuales de deforestación y degradación del bosque continúan en la Amazonia, se alcanzará un “punto de inflexión” (Lovejoy & Nobre 2018), es decir un punto de no retorno, a partir del cual muchas especies vegetales de la Amazonía comenzarán a morir a gran escala, y sobrevivirán sólo las especies habituadas condiciones secas, de esta manera en 2050 gran parte de la Amazonía se convertiría en Sabanas o Pampas (Esquivel-Muelbert et al. 2019).

6. Cambio climático en Bolivia

Actualmente en Bolivia se ha registrado el *incremento de temperaturas* entre 0.9 °C y 1.2 °C desde 1890 (APMT 2023), las mayores anomalías de temperatura se registraron en septiembre de 2023, con mas de 4,5 y 5°C por encima de la media histórica en Riberalta y Cobija respectivamente (SENAMHI 2023).

También se ha registrado una mayor frecuencia de eventos extremos (APMT 2020). Entre 2005 y 2015, se dieron eventos fuertes de sequía e inundaciones cada año (Soluciones Prácticas 2016). Los reportes de este tipo de eventos son más evidentes en zonas con déficit hídrico como la zona Andina y Chaqueña, o departamentos y municipios con una fuerte vocación agropecuaria (Beni y Santa Cruz). Entre 2010 y 2021 el sector agropecuario fue afectado por inundaciones (34%), sequías (14%) e incendios forestales (2%, APMT 2023), generando daños materiales y pérdidas económicas. Debe resaltarse el incremento en la frecuencia de sequías severas y extremas en el país (Figura 10a), que afectan también a los municipios de la Amazonía Boliviana (Figura 10b).



Figura 10. Series de tiempo del Monitor de sequías de Bolivia para todo el país (a), y para el área de la Amazonía. Fuente: <https://monitoresequias.senamhi.gob.bo/#/data/timeseries>.

6.1. Escenarios climáticos

Los escenarios de cambio climático son representaciones a futuro del comportamiento del clima bajo diferentes concentraciones de Gases de efecto invernadero (GEI), estas concentraciones se proyectan según los “caminos a seguir”, es decir, si los países cumplen (o no) rápida y efectivamente la reducción de emisión de GEI y si alcanzan (o no) un desarrollo humano equitativo.

A continuación, se describen, de manera muy simplificada, las proyecciones para Bolivia bajo 2 escenarios:

- **Escenario SSP 2 Desafíos moderados para la mitigación y la adaptación.**
Este escenario proyecta una vía en la que las tendencias sociales, económicas y tecnológicas no cambian de los patrones históricos. El desarrollo e incremento de ingresos continúa siendo inequitativo y los objetivos de desarrollo sostenible (incluyendo educación y salud) se alcanzan lentamente. Continúa la degradación ambiental, aunque reduce la intensidad de uso de recursos y energía. El uso de combustibles fósiles reduce lentamente; la tecnología avanza, pero no se alcanzan innovaciones importantes para la optimización de la energía.
- **Escenario SSP5 Grandes retos para la mitigación, bajos retos para la adaptación.**
Este escenario proyecta una alternativa optimista en las tendencias de desarrollo humano, con inversiones similares en educación y salud (abordando los desafíos de adaptación), pero asume una economía fuertemente basada en el consumo de energía

y uso de combustibles fósiles. No existe un incremento progresivo hacia prácticas sustentables de desarrollo.

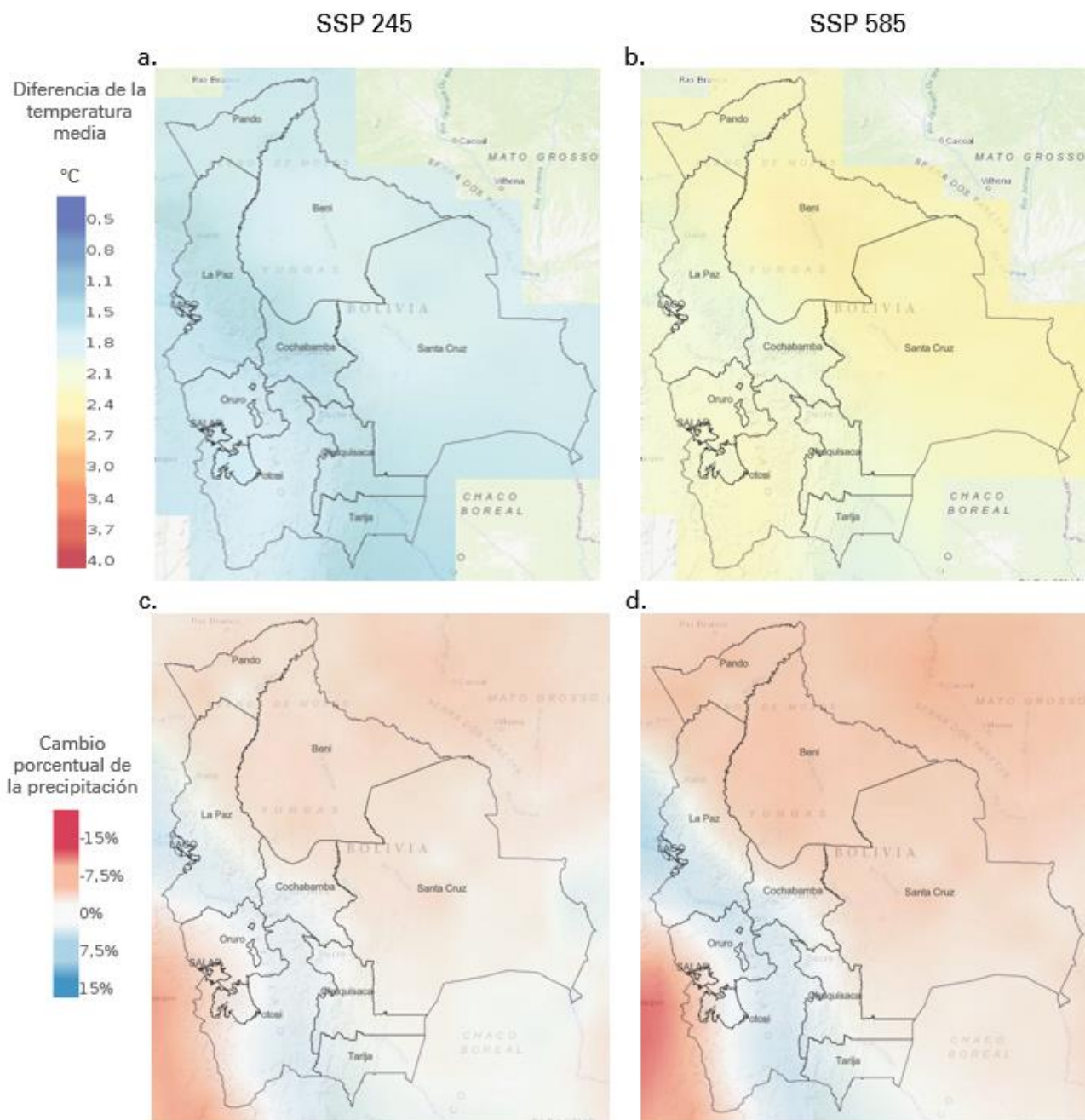


Figura 11. Escenarios de cambio climático al 2040-2059 generadas por el CMIP6, para temperatura media anual (a, b) y precipitación media anual (c, d) con respecto al periodo de referencia 1986-2014. Fuente: OFACC, 2024.

En los escenarios climáticos para el periodo 2040-2059 (Figura 11)⁴, se prevé un incremento de entre 1,5 °C y 1,8 °C (escenario de emisiones mundiales moderadas,

⁴ Los cambios en temperatura y precipitación se calculan con referencia al promedio de los registros entre 1986 y 2014.

Figura 11a) y de 2,1 °C a 2,6 °C (altas emisiones, Figura 11b) en la temperatura media anual. En ambos escenarios la precipitación decrece cerca de 5% (emisiones moderadas) y entre 5 y 7,5% (emisiones altas). Se prevé que la agricultura industrial tendrá pérdidas entre 17% y 11% del PIB sectorial, en ambos escenarios, respectivamente; mientras que la agricultura familiar tendría pérdida del 14% y 6%. Se prevé una pérdida de biodiversidad significativa en los bosques tropicales por la pérdida de humedad; a medida que avance el siglo, se estima la pérdida del 40% de especies de plantas y animales (APMT 2020).

6.2. Cambio climático en el departamento de Pando

6.2.1. Sobre los medios de vida de las comunidades

En Bolivia, la cuenca Amazónica ocupa el 75% del territorio, abarcando desde el Pantanal, los llanos de Moxos, la Chiquitanía, el bosque montano de la ladera este de la cordillera de Los Andes, hasta la Amazonía Norte (Figura 12). En esta última se encuentra el departamento de Pando, que posee bosques de tierra firme, bosques inundables, ríos y una pequeña proporción de sabanas, todas estas formaciones vegetales juegan un papel crucial en la regulación del clima, la captura de carbono y el mantenimiento del ciclo del agua, además de proporcionar hábitats vitales para una variedad de especies de flora y fauna, y proveer beneficios a las comunidades humanas.

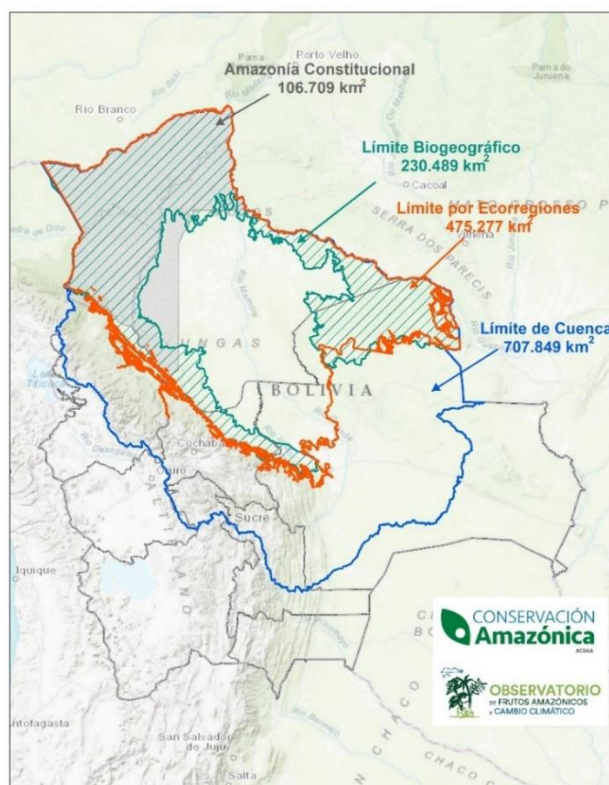


Figura 12. Límite de la Amazonía Boliviana entendida como cuenca hidrográfica (línea azul), ecorregión según Ibisch et al. (2003, línea naranja), región biogeográfica según Navarro y Ferreira (2009), relleno con líneas verdes) y límite constitucional (relleno gris).

La mayor parte de las familias de las comunidades pandinas depende del uso sostenible de los productos forestales no maderables (PFNM), principalmente la castaña (*Bertholletia excelsa*), especie de la que dependen los ingresos anuales de más de 17000 recolectores, entre indígenas y campesinos; representando cerca del 70% de los ingresos regionales del norte amazónico de Bolivia y genera alrededor de 22300 empleos directos e indirectos (Peralta et al. 2010). Las actividades productivas de las familias se realizan en función a la zafra (época de recolección de castaña), que se extiende de noviembre a marzo. Cuando esta actividad concluye las familias se dedican a otras actividades como la cosecha de productos de su chaco o del asaí silvestre, entre otras actividades.

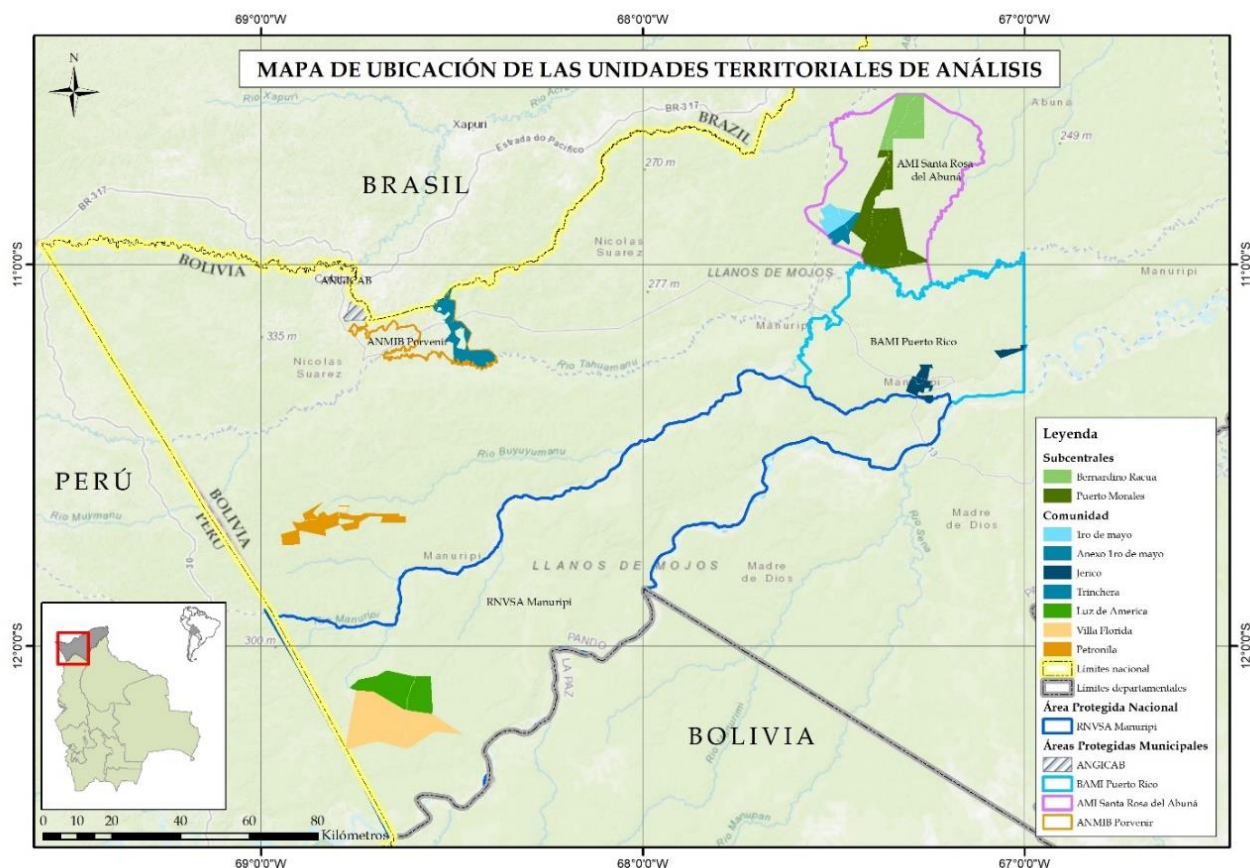
En los últimos años el auge en el mercado nacional e internacional del asaí ha impulsado el aprovechamiento de este fruto silvestre (*Euterpe precatoria*). El aprovechamiento de este recurso se da de forma independiente o en asociaciones productivas. Cada familia puede realizar la cosecha de asaí ya sea para la venta de frutos o autoconsumo y, por otro lado, en muchas comunidades se han formado asociaciones que trabajan en la transformación y venta de pulpa de asaí congelada. Aunque existen dos épocas de fructificación de asaí; de enero a marzo (asaí de bajo), y de abril a septiembre (asaí de altura), sólo se aprovecha el recurso de la época que no coincide con la zafra de castaña.

La agricultura en las comunidades es predominantemente familiar, es decir, de baja escala, y consiste en cultivos anuales, donde las principales especies cultivadas son el arroz (*Oryza sativa*), la yuca (*Manihot esculenta*), el plátano (*Musa sp.*) y el maíz (*Zea mays*), otras especies como frutales, cítricos, cacao y café son menos frecuentes y destinadas principalmente al autoconsumo, aunque algunas familias, realizan cultivos para la venta local o en Cobija (en el caso de comunidades cercanas). También realizan la cría de animales, principalmente gallinas y patos. Pocas familias tienen ganado vacuno y suelen ser menos de 20 cabezas. El destino principal es el autoconsumo o la venta local. Esta actividad toma fuerza fuera de la época de zafra de castaña, donde es menos probable que cuenten con dinero en efectivo para comprar carne.

En todas las comunidades se da la caza y pesca de subsistencia, siendo la segunda la más frecuente. Ambas actividades son parte fundamental de la seguridad alimentaria de las familias, aunque frecuentemente el valor de estas actividades no es ponderado correctamente al no percibir un ingreso monetario directo; sin embargo, en un estudio donde se calculó el valor monetario de las actividades familiares en comunidades de los departamentos de Pando y Beni (Vos et al. 2016), se evidenció la producción anual de las familias en el área analizada, bordeaba los 226.354.730 US\$ (dólares americanos), de los cuales el 30% provenía de PFNM, 12% de la producción agrícola, 10% de la cría de animales y 47% de la caza y pesca.

Las familias en las comunidades pandinas, perciben la importancia del bosque para sus medios de vida, lo que se ve reflejado en el diagrama de representación del sistema del hogar, donde un gran porcentaje de los insumos y recursos provienen del bosque y los cuerpos de agua (Figura 13).

la educación, la salud y otros frutos del bosque como el majo (*Oenocarpus bataua*) y la palma real (*Mauritia flexuosa*), también fueron identificados como recursos importantes.



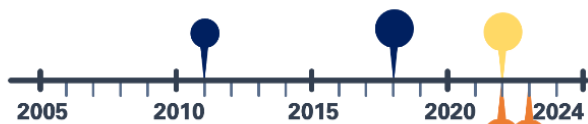
Mapa 1. Ubicación de las unidades territoriales analizadas. Diferenciadas según año de relevamiento de datos: 2022 en tonos azules, 2023 en tonos naranjas y 2024 en tonos verdes.

En general, los eventos climáticos extremos percibidos en las comunidades son el incremento del calor y las sequías, siendo más frecuentes en los últimos años (Figura 14). Sin embargo, se debe destacar que no hay un patrón marcado con relación a los años que se dan dichos eventos, coincidiendo sólo en la sequía de 2015-2016 y en el incremento de temperatura que se siente cada año independientemente de la época.

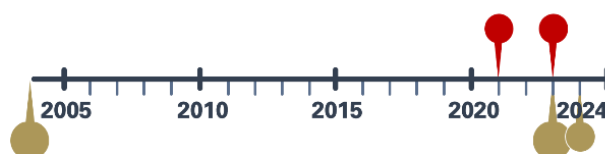
Con relación al inicio y duración de la época de lluvia no existe un consenso en la percepción local, en 3 sitios (Petronila, Villa Florida y Bernardino Racua) no percibieron un cambio, en 4 (Jericó, 1ro de mayo, Luz de América y Puerto Morales) notaron un retraso y reducción de la época de lluvia y, por el contrario, en Trinchera notaron un aumento en la época de lluvias, mencionando que actualmente llueve de octubre hasta abril.

Por otro lado, coinciden en que hay un cambio en la recurrencia de eventos de “Sur” (frente frío), que ahora son más frecuentes y, no se concentran en una época específica del año como ocurría antes, cuando ocurrían entre abril y agosto.

Villa Florida



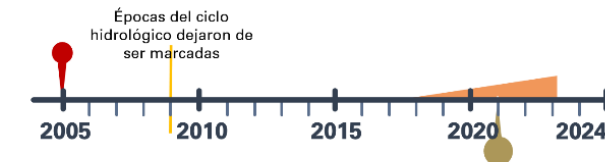
Luz de América



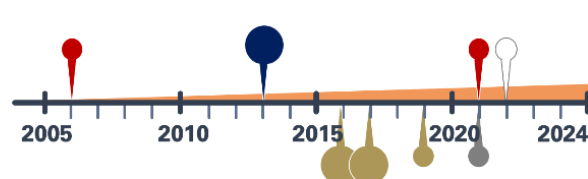
Petronila



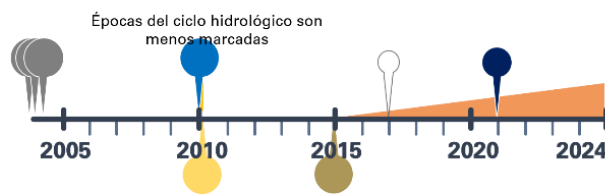
Trinchera



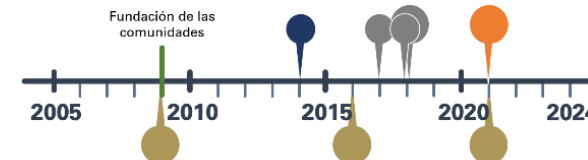
Jericó



1ro de mayo



SC Bernardino Racua



SC Puerto Morales

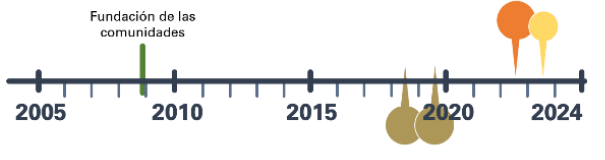


Figura 14. Línea de tiempo de eventos climáticos extremos percibidos por los pobladores de 8 unidades territoriales en el departamento de Pando.

Las amenazas de origen climático que más afectan a sus recursos y medios de vida son, en orden de gravedad, el incremento de temperaturas, la sequía y la incidencia de vientos fuertes (Figura 14); afectando tanto la salud de los diferentes integrantes de las familias, como a los recursos (p.ej. especies forestales no maderables que aprovechan) y medios de vida que tienen (p.ej. recursos del bosque y agricultura). En cambio, las inundaciones, que también fueron definidas como lluvias fuertes ocasionales, son percibidas ocasionalmente y los principales efectos son la afeción a los caminos, sin efectos directos sobre los recursos o medios de vida de las comunidades.

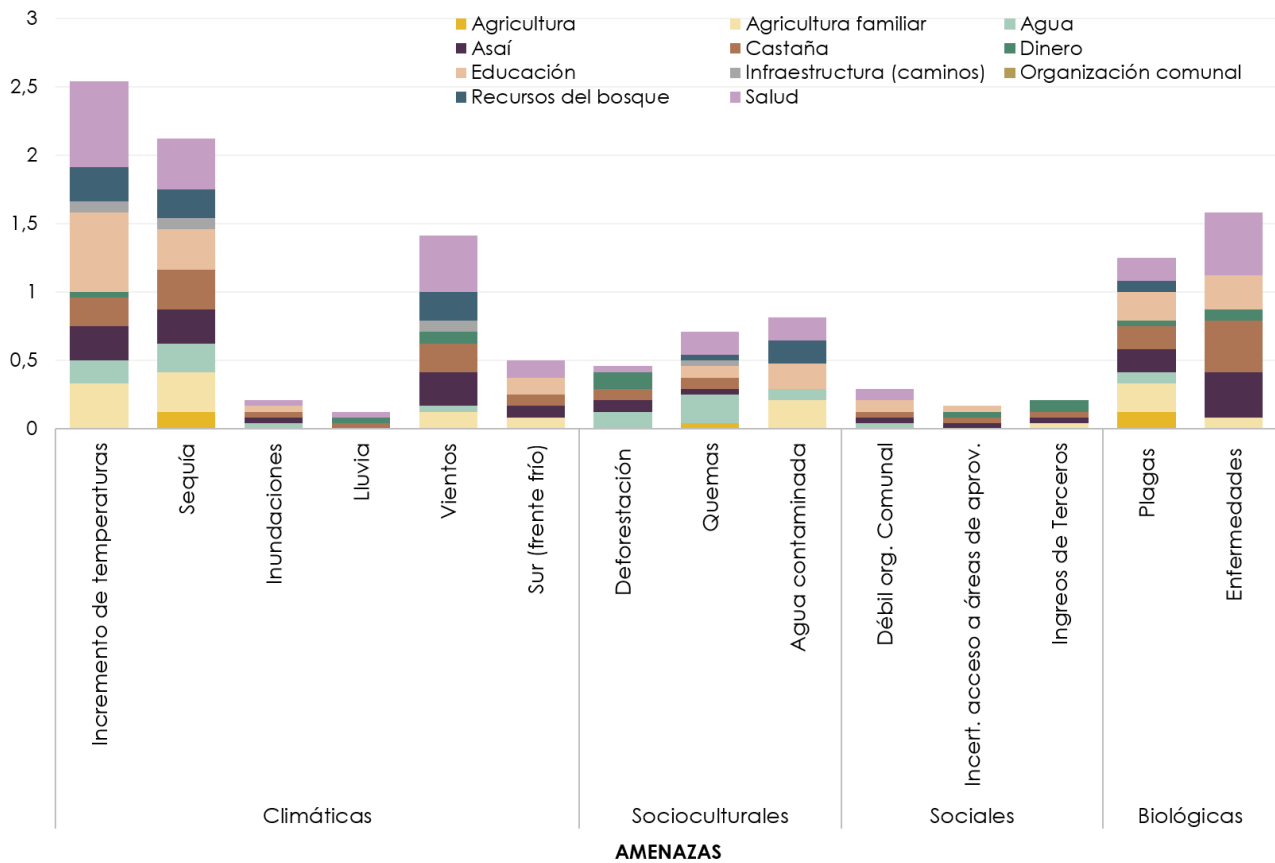


Figura 15. Ponderación del impacto de las amenazas sobre los medios de vida y recursos priorizados en las 9 unidades territoriales.

También fueron identificadas otras amenazas no directamente relacionadas con el cambio climático, pero que sí podrían acrecentarse con este, como los incendios, plagas y enfermedades. Si bien la relación de éstas últimas con el cambio climático no se ha medido directamente, se ha observado una correspondencia entre los eventos de lluvias intensas, y el incremento en la incidencia de enfermedades como la malaria y el dengue. Los comunarios observaron que durante el tiempo seco (época seca) incrementa la incidencia de enfermedades estomacales, por la reducción de agua en las fuentes de este recurso, al igual que para el inicio de la época de lluvia donde el arrastre de aguas previamente estancadas genera un pico en las enfermedades estomacales.

En las unidades territoriales analizadas actualmente implementan algunas acciones para lidiar con los efectos que reportaron de las diferentes amenazas (Tabla 2). Para lidiar con el incremento de temperatura han cambiado el horario de trabajo en sus chacos; antes solían dejar de trabajar a las 12:00 y retomaban su jornada a las 15:00, ahora en cambio, inician el trabajo más temprano y dejan de trabajar de 10:30 a 15:00; si bien esto les ha funcionado, perciben que no logran realizar la misma cantidad de trabajo. Respecto a la sequía, se han implementado diferentes estrategias para reducir el daño en los cultivos, resaltan el riego por goteo con el uso de botellas plásticas recicladas y el uso del agua del corno del plátano como fuente de agua en episodios de sequía.


Tabla 2. Efectos de las amenazas climáticas reportados y medidas que implementan actualmente en las 8 unidades territoriales analizadas. VF (Villa Florida), LA (Luz de América), P (Petronila, T (Trinchera), J (Jericó), 1M (1ro de mayo y anexo 1ro de mayo), Ber (Subcentral Bernardino) y PM (Subcentral Puerto Morales).

Amenazas	Efecto	Unidades territoriales								Medidas implementadas (Unidad territorial)
		VF	LA	P	T	J	1M	Ber	PM	
Incremento de temperatura	Dificultad en el trabajo en horas de mayor calor	x	x	x	x	x	x			Cambio de horas de trabajo (T, J)
	Afección a la salud	x	x		x	x	x			Compra de refrescos fríos/ mayor gasto en uso de electrodomésticos (LA)
	Afecta a los niños en la escuela	x	x	x	x	x	x			Abren las ventanas para refrescar el aula (T, VF) Los niños usan más áreas abiertas (P) Los niños llevan agua desde sus casas (LA)
Incremento de temperatura y sequía	Reducción en la producción de castaña	x	x	x	x		x	x	x	
	Reducción en la producción de asaí	x	x	x	x		x	x	x	
	Reducción en la producción de cultivos				x	x	x	x	x	Plantación de árboles semisombra (J) Riego por goteo con botellas plásticas (1M) Riego con tallo de plátano (1M) Acarreo de agua para riego (PM) Cambio en la época de siembra (T)
Sequías	Retraso de la época de siembra				x					
	Retraso del inicio de la zafra									
	Reducción del caudal de ríos y arroyos (fuentes de agua para lavado)	x	x	x	x		x	x		Control comunal para evitar desmonte cerca de arroyos (VF, Ber) Recolección de agua de lluvia (Ber) Recolección de agua de arroyos lejanos (1M, Ber) Reforestación de los ojos de agua (P) Elaboración de proyectos de acceso a riego y motobombas (Ber)
Vientos fuertes	Quiebre de plántulas de cultivos en crecimiento			x	x					
	Caída de árboles de castaña y palmeras de asaí	x	x	x	x					No se ingresa al bosque (VF)
	Pérdida de jornada de trabajo de cosecha e asaí	x	x							No se ingresa al bosque (LA)
	Enfermedades respiratorias y de la vista	x	x	x	x	x				Acuden a la posta de salud (T, LA)
Lluvias fuertes	Enfermedades estomacales	x		x						Atajados para consumo lejos del río (VF) Limpieza cerca de los atajados (T)

Amenazas	Efecto	Unidades territoriales								Medidas implementadas (Unidad territorial)
		VF	LA	P	T	J	1M	Ber	PM	
	Efectos puntuales en la educación por la limitación del transporte	x								Retraso en la hora de ingreso (VF)
	Retraso en la colecta de castaña y asaí por afección de caminos									Búsqueda de caminos alternos (castaña) (VF)
	Pérdidas en la zafra de castaña por cocos en mal estado	x		x						
	Retraso en la cosecha de asaí por dificultad en el trepado de la palmera	x								Salen más tarde a buscar asaí (P)
Sur (frente frío)	Enfermedades respiratorias						x			Abrigo. Acuden a la medicina tradicional y posteriormente a la posta de salud. (1M)
	"Quema" de frutos de asaí						x			
Quemas	Enfermedades respiratorias y oculares en épocas de chaqueo		x		x		x			Acuden a la posta de salud o a medicina tradicional (LA)
	Reducción de caudal de arroyos y ríos		x							Control comunal para evitar quemas cerca de arroyos (LA)
	Contaminación del agua por cenizas		x						x	
	Pérdida de árboles de castaña y palmeras de asaí		x						x	Evitan quemas cerca de monte alto (PM) Prácticas de manejo del fuego (PM)
Plagas y enfermedades	Insectos y hongos que afectan cultivos							x	x	Aplicación de plaguicidas naturales (1M, LA) Uso de plaguicidas (PM)
	Animales silvestres que "atacan" cultivos								x	
	Animales silvestres que afectan a la castaña								x	
	Aumento de casos de malaria y dengue		x					x	x	Acuden a la posta de salud (Ber, LA) Difusión de información para la prevención de picaduras en colegios (Ber) Limpieza para evitar criaderos (LA, PM)

 Cultivos

 Recursos del bosque

 Educación

 Salud

 Agua

7. ¿Qué se está haciendo para afrontar el cambio climático?

A nivel internacional, en 1992, se Estableció la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) que busca lograr la estabilización de las concentraciones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera a un nivel que no haga peligrar el sistema climático.

En 2015, se celebró la 21ª Conferencia de las Partes (COP 21), en París Francia, concretizando el **Acuerdo de París**, que busca evitar que el incremento de la temperatura media global supere los 2 °C, promoviendo esfuerzos para que este límite sea 1,5 °C. Cada país signatario del acuerdo establece su aporte para lograr esta meta y para lograr la adaptación de su población a los impactos del cambio climático. Estos aportes se denominan *Contribuciones Nacionalmente Determinadas* (NDCs por sus siglas en inglés).

Bolivia enmarcó sus **NDCs** en 4 sectores y 3 ejes estratégicos:

Sectores

- ✓ En el sector **bosques** busca reducir la deforestación ilegal entre 80% y 100%, y promover el manejo sostenible de los recursos.
- ✓ En el sector **agua**, busca promover el manejo integral de cuencas, conservando sitios importantes como los humedales Ramsar y mejorar la cobertura de agua potable y saneamiento.
- ✓ En el sector **energía**, se establece la mejora de la capacidad de generación eléctrica a partir de energías renovables y alternativas, para reducir las emisiones de GEI y mejorar la cobertura de electricidad.
- ✓ En el sector **agropecuario**, las metas se enfocan en la adaptación, para reducir la inseguridad alimentaria, recuperar superficies degradadas, e incrementar la producción y rendimiento de cultivos.

Ejes

- ✓ **Eje 1 - Enfoque conjunto de mitigación y adaptación para el manejo integral de los bosques y la Madre Tierra.** Para promover el manejo integral y el aprovechamiento sustentable de los bosques, la conservación, protección y restauración de los sistemas de vida, la biodiversidad y las funciones ambientales, facilitando usos óptimos del suelo, a través del desarrollo de sistemas productivos sustentables, incluyendo los usos agropecuarios y forestales y la combinación entre ellos, para enfrentar las causas y reducir la deforestación y degradación forestal, en un contexto de mitigación y adaptación a la crisis climática.
- ✓ **Eje 2 - Mitigación del Cambio Climático con énfasis en el sector energético, industrial y servicios relacionados a la mitigación climática.** Transitar hacia la transformación progresiva de la matriz energética del país, con fuentes renovables y más limpias. Lograr el cambio gradual de la matriz energética proveniente de recursos naturales no renovables; desarrollando planes y programas de generación de energías alternativas renovables priorizando las energías: solar y eólica, y las micro centrales hidroeléctricas; y

promover la implementación de tecnologías y prácticas que garanticen la mayor eficiencia en la producción

- ✓ **Eje 3: Adaptación al Cambio Climático y reducción de daños y pérdidas promoviendo la resiliencia climática en zonas y sistemas de vida.** Regular, proteger y planificar el uso, acceso y aprovechamiento adecuado, racional y sustentable del agua, con participación social. También se deben tomar acciones de gestión de riesgos, en el sector agropecuario, para prevenir la disminución de las capacidades de producción alimentaria del país, en el marco de la soberanía y seguridad alimentaria, con énfasis en las poblaciones y regiones más vulnerables.

Una de las opciones de adaptación se basa en el uso de la naturaleza, reconociendo que las poblaciones humanas son interdependientes de los ecosistemas; es decir que sin ecosistemas no existirían las poblaciones humanas. A este tipo de opciones se las denomina **Adaptación Basada en Ecosistemas**.

8. ¿Qué es la Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE)?

La Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) es un enfoque para abordar los desafíos del cambio climático y otras presiones, mediante la gestión y conservación de los ecosistemas naturales. Un ecosistema saludable y funcional proporciona servicios y beneficios vitales que pueden ayudar a las personas a adaptarse a los cambios como: la regulación del clima, la protección frente a eventos extremos y la provisión de agua y alimentos. Las funciones y servicios que brindan los ecosistemas al bienestar humano han sido categorizadas en 4 grupos principales: **soporte, regulación, provisión y culturales**, aportando diferentes beneficios a las personas y sus medios de vida (Figura 16).

La implementación de medidas de AbE requiere de ecosistemas sanos, por lo que las acciones de adaptación que utilizan este enfoque se basan en:

- **Conservación y Restauración:** Implica proteger y restaurar ecosistemas para asegurar que continúen ofreciendo sus servicios esenciales. Por ejemplo, restaurar humedales puede ayudar a controlar inundaciones y mejorar la calidad del agua.
- **Uso Sostenible de los Recursos:** Promueve prácticas que no solo beneficien a las personas, sino que también mantengan la salud de los ecosistemas. Esto incluye prácticas agrícolas sostenibles, pesca responsable, y manejo forestal.
- **Beneficios para las Comunidades:** La gestión de los ecosistemas debe considerar los beneficios directos e indirectos para las comunidades locales. Un ecosistema bien gestionado puede proporcionar oportunidades económicas, como el ecoturismo, y mejorar la calidad de vida.
- **Adaptación y Resiliencia:** Un ecosistema saludable es más resistente a los cambios y perturbaciones, por lo que puede ayudar a las comunidades a adaptarse a las nuevas condiciones climáticas y ambientales.

En otras palabras, la ABE busca mejorar la resiliencia de los sistemas naturales y humanos al integrar la gestión de los ecosistemas en los esfuerzos de adaptación al cambio climático. Una acción con enfoque de AbE debe responder a 3 elementos fundamentales, cumpliendo los criterios que componen a cada elemento (FEBA 2017, Figura 17).



Figura 16. Funciones y servicios ecosistémicos y su contribución al bienestar humano. Fuente: MEA (2005). Traducción libre.

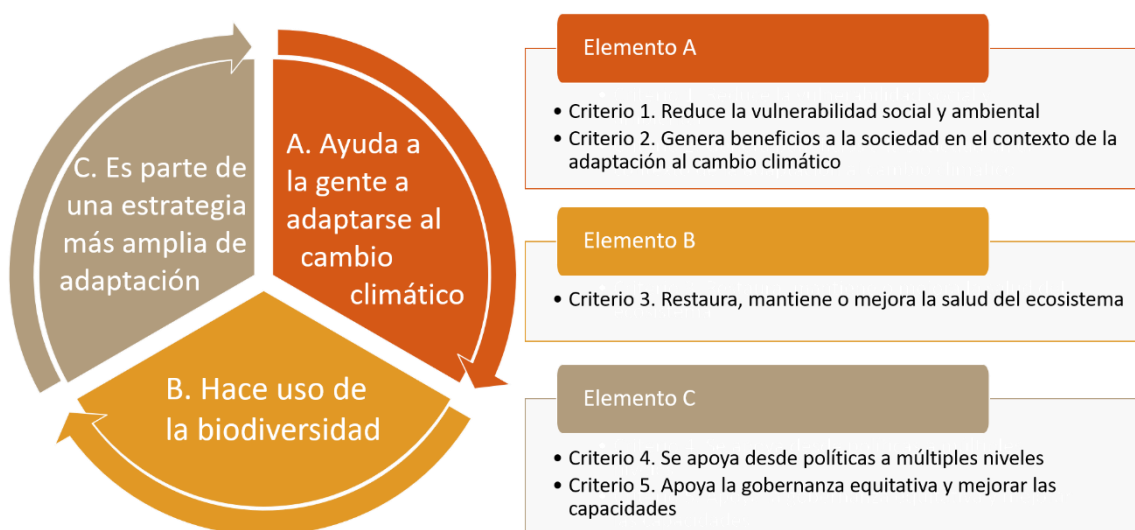


Figura 17. Elementos y criterios de las acciones de Adaptación basada en Ecosistemas.

Es decir, que una acción de AbE debe ayudar a las poblaciones humanas a reducir su vulnerabilidad, mediante la restauración y conservación de los ecosistemas, siendo parte de una estrategia amplia de adaptación al cambio climático.

9. Identificación de medidas de AbE

Una vez identificadas las amenazas climáticas más fuertes en las comunidades se elaboraron cadenas de impacto, para establecer las causas y consecuencias directas e indirectas de las principales amenazas. También se listaron posibles soluciones o acciones que pueden ser implementadas para reducir el efecto de la amenaza sobre sus diferentes medios de vida, reconociendo el conocimiento que tienen las familias sobre su contexto territorial, así como las capacidades actuales para implementar diferentes medidas de AbE. Los resultados de los talleres fueron complementados a través de la búsqueda de información secundaria sobre las medidas y acciones identificadas y otras que puedan ser implementadas considerando el contexto local, obteniendo una lista final con medidas y acciones de AbE. La aplicabilidad de las medidas identificadas fue evaluada con base en los criterios propuestos por PNUMA et al. (2018, Cuadro 3), según su prioridad y viabilidad de implementación.

De manera general, la mayor parte de las medidas identificadas se enfocan en un mejor manejo de la agricultura familiar (Figura 18), incorporando algunas acciones como la plantación de árboles para reducir el efecto de la temperatura sobre los agricultores o del viento sobre los cultivos. También se identificaron medidas relacionadas con el agua, para incrementar su disponibilidad para el consumo y mantener la cantidad y calidad de agua. Otras medidas que buscan aprovechar el potencial actual del bosque y contribuir con la diversificación de medios de vida son el aprovechamiento de otros PFNM y el ecoturismo. Finalmente es importante fortalecer el ordenamiento territorial y las normas comunales para el manejo eficiente y sustentable del territorio.

A continuación, se detallan los beneficios y posibles limitaciones de la aplicación de las diferentes medidas identificadas.

Cuadro 3. Criterios de priorización y viabilidad de medidas de Adaptación basada en Ecosistemas.

CRITERIOS DE PRIORIZACIÓN

- ✓ **Hace un uso sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos para aumentar la resiliencia.** La opción de AbE aprovecha los servicios del ecosistema para aumentar los beneficios que tienen los medios de vida de las personas y su capacidad para adaptarse al cambio climático de una manera y a un ritmo que no conduzca a la disminución de la salud del ecosistema.
- ✓ **Potencial para mejorar la capacidad de adaptación de la población al cambio climático.** La opción de AbE permite la adaptación al cambio climático, por ejemplo, mejorando la estabilidad en el acceso a recursos sensibles al clima, creando nuevas oportunidades de medios de vida que reducen los riesgos o mejorando los sistemas para gestionar los recursos naturales de manera que aumente la equidad en el acceso y el control.
- ✓ **Potencial para generar beneficios para los grupos sociales vulnerables y mejorar la igualdad de género.** La implementación de esta opción de AbE puede garantizar que los grupos sociales vulnerables puedan participar y beneficiarse de los resultados. Aborda las desigualdades sociales y de género que presentan barreras para la adaptación.
- ✓ **Potencial para reducir los riesgos asociados a los peligros y cambios climáticos actuales y futuros.** La opción de AbE aborda directamente los peligros climáticos, los cambios y la incertidumbre, teniendo en cuenta tanto las observaciones como las proyecciones del cambio climático. Se fundamenta tanto en la información científica como en los conocimientos tradicionales.
- ✓ **Mejorar la resiliencia de los ecosistemas ante los riesgos y cambios climáticos actuales y futuros.** La opción AbE equilibra la adaptación humana con la resiliencia del ecosistema al apoyar procesos naturales esenciales, así como las interconexiones entre los diferentes servicios del ecosistema. El uso de los servicios del ecosistema se realiza a un ritmo que no reduce la resiliencia a largo plazo del ecosistema.

CRITERIOS DE VIABILIDAD

- ✓ **Asequibilidad.** Hasta qué punto una opción de AbE propuesta puede hacerse posible, lograrse, realizarse o es razonable su implementación.
- ✓ **Factibilidad técnica.** La posibilidad de aplicar una opción de AbE teniendo en cuenta la tecnología necesaria, así como la ubicación, los materiales, la mano de obra y los conocimientos técnicos específicos.
- ✓ **Factibilidad política.** Este criterio debe utilizarse para predecir el probable apoyo político a una opción de AbE propuesta. Las opciones de AbE viables deben ser políticamente aceptables o, al menos, no inaceptables. Aunque puede incluir el apoyo económico no es determinante.
- ✓ **Factibilidad política.** Este criterio debe utilizarse para predecir el probable apoyo político a una opción de AbE propuesta. Las opciones de AbE viables deben ser políticamente aceptables o, al menos, no inaceptables. Aunque puede incluir el apoyo económico no es determinante.
- ✓ **Coste de mantenimiento.** El coste para mantener una opción AbE en buen estado o funcionamiento más allá de la vida útil del proyecto.
- ✓ **Puede ser monitoreado.** Es preferible que una opción AbE pueda supervisarse mediante indicadores para mostrar sus progresos.
- ✓ **Apoya a un gran número de beneficiarios.** El número de personas que pueden beneficiarse de una intervención. Deben preferirse las AbE (comparativamente) que beneficien a más personas y/o grupos.
- ✓ **Culturalmente apropiado.** Los cambios inducidos por nuevas estrategias también deben respetar la cultura local para ser viables; de lo contrario, es posible que los cambios no se adopten de forma generalizada. Esto no debería descartar todo tipo de cambios sustanciales, ya que un comportamiento profundamente arraigado puede ser a menudo parte del problema (p.ej. en el tema género).

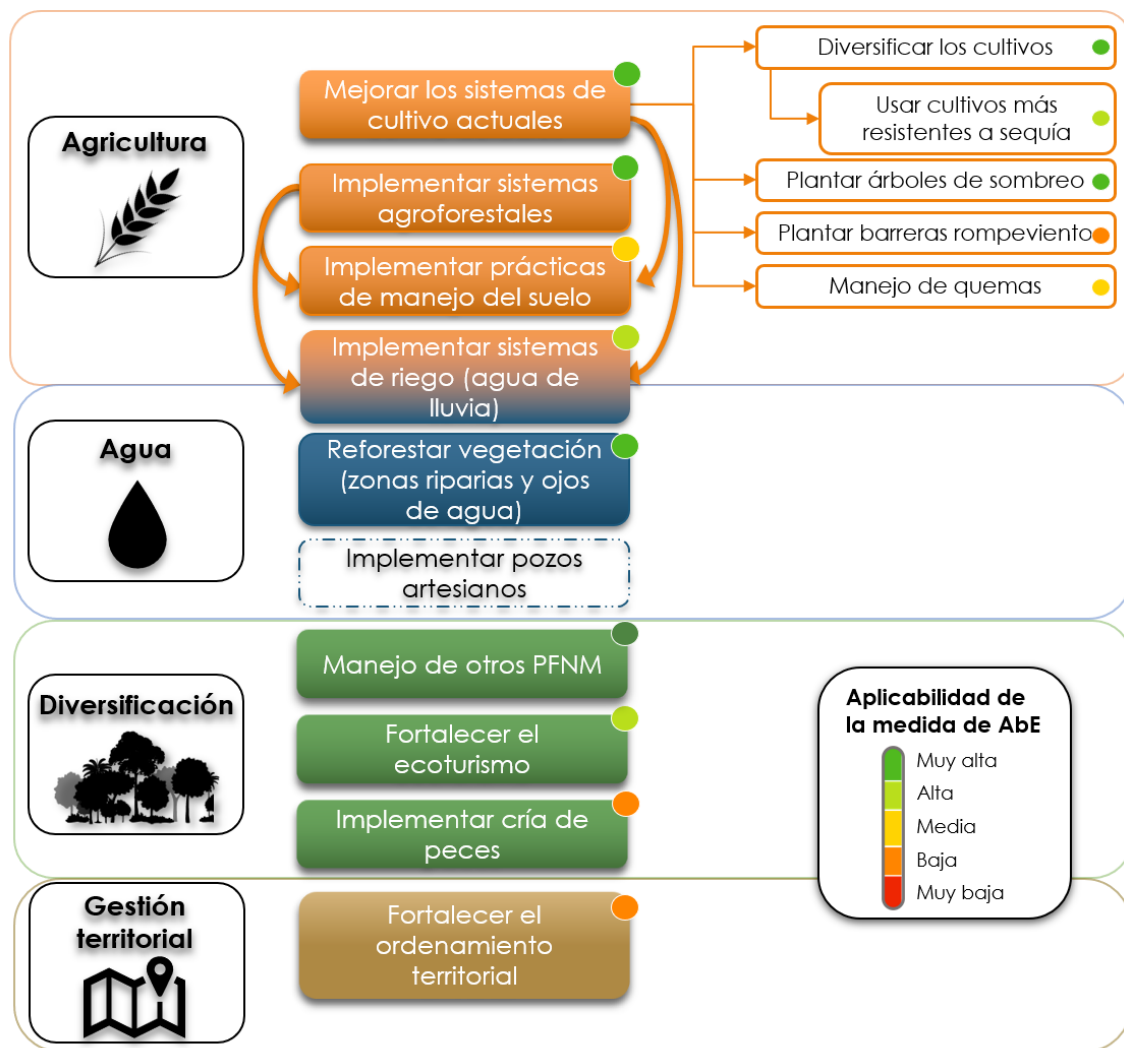


Figura 18. Aplicabilidad de las medidas y acciones de AbE identificadas en talleres con unidades territoriales del departamento de Pando.

9.1. Agricultura

Las familias de las unidades territoriales analizadas dependen en diferente medida de la agricultura familiar, dado que esta actividad contribuye a la seguridad alimentaria, es necesario implementar acciones que contribuyan con la adaptación a los efectos del cambio climático.

Algunas de las medidas identificadas se basan en complementar el sistema de cultivo actual de las familias (Figura 18), como el establecimiento de árboles de sombreado y barreras rompeviento, la diversificación de cultivos y selección de cultivos más resistentes a sequías; mientras que otras necesitarían la adopción de nuevos sistemas (p.ej. agroforestales), cuya implementación exitosa dependerá mucho de las capacitaciones y seguimiento que se dé a los pobladores, ya que, alcanzar los resultados y rendimientos estables de estos cultivos se consigue tras varios años de trabajo (Vos et al. 2015, Céspedes 2017).

La implementación de medidas de AbE, además de proveer los beneficios del ecosistema, deben otorgar una serie de co-beneficios, como:

- ✓ Manejar de manera sostenible los procesos ecológicos, como el ciclo de nutrientes, infiltración de agua y el secuestro de carbono
- ✓ Mejorar la productividad de los cultivos
- ✓ Reducir los impactos de eventos climáticos
- ✓ Reducir el riesgo de plagas y enfermedades
- ✓ Incrementar la seguridad alimentaria
- ✓ Diversificar la generación de ingresos
- ✓ costos de implementación y mano de obra asequibles

A continuación, se describe las medidas seleccionadas y cómo contribuyen a aminorar el efecto de las amenazas climáticas sobre los recursos.

9.1.1. Árboles de sombreado

El sombreado en cultivos anuales ha sido implementado tradicionalmente en países centroamericanos para la siembra de maíz y frijol, empleando árboles leguminosos provenientes de la regeneración natural del bosque (Martinez-Rodriguez et al. 2017). En este sistema, denominado “Quesungual” pueden plantarse de 14 a 140 árboles de sombreado por hectárea, deben ser establecidos en barbechos que hayan descansado de 6 a 12 años, con árboles y arbustos con DAP mayor a 10 cm, y se establecen antes del inicio de lluvias fuertes. Los principios de este sistema involucran:

- i) No tala ni quema, realizando poda parcial, selectiva y progresiva de la vegetación natural.
- ii) Cobertura permanente del suelo, con materia de los árboles, malezas, arbustos y residuos para que su descomposición contribuya a la mejora de las condiciones del suelo.
- iii) Mínima perturbación del suelo, técnicas de cero labranza y siembra directa con espeque.
- iv) Uso eficiente de fertilizantes, con dosis precisas y en el sitio correcto para su absorción.

Beneficios

- A comparación del sistema tradicional de roza y quema, estas parcelas pueden ser aprovechadas por más tiempo⁵ ya que mantiene las propiedades del suelo. La sombra de los árboles plantados ayuda a regular las temperaturas y reducir la pérdida de agua del suelo por evaporación excesiva; mientras que la cobertura de materia orgánica sobre el suelo que se mantiene en este sistema, contribuye a reducir el impacto de la lluvia directa en el suelo, evitando así su compactación y mejorando la productividad⁶ de los cultivos.

⁵ Se recomienda utilizar la parcela por un periodo de hasta 4 años y dejando un tiempo de descanso de 10 años.

⁶ La mejora en los rendimientos bajo este sistema de manejo se da a partir de los 10 años de trabajar la misma parcela, ya que el periodo de descanso permite que se recupere la fertilidad del suelo y se da un incremento de la humedad del suelo.

- Estos beneficios permiten evitar la ampliación de la frontera agrícola que es potenciada por el sistema tradicional de roza y quema, que ocupa una parcela por poco tiempo y luego requiere habilitación de nuevas tierras.
- El sombreado también puede ofrecer co-beneficios dependiendo de los árboles acompañantes plantados, por ejemplo, frutas y leña. La leña también puede originarse a través del manejo y control de la regeneración natural en las parcelas. Los árboles pueden ofrecer sitios de anidamiento a aves que pueden contribuir con el control de plagas de los cultivos. La reducción en la temperatura por la sombra también aporta al bienestar de los agricultores durante el trabajo en la parcela.

Limitaciones

- Algunas especies de aves que utilicen los árboles pueden dañar los cultivos. Esto se potencia cuando se implementa este tipo de sistemas en zonas muy degradadas, ya que la parcelas se constituyen en el único sitio de refugio de aves.
- El manejo del terreno requiere más tiempo y mano de obra, al ser netamente manual. Por la disposición de los árboles y con el fin de mantener las propiedades del suelo, la preparación del terreno no debe emplear arado o tracción animal.
- Debe realizarse la poda de raleo para evitar la retención excesiva de humedad, especialmente en época de lluvia. Esta poda debe realizarse antes de la siembra de los cultivos básicos para evitar que la sombra perjudique el crecimiento del cultivo y con tiempo suficiente para que la biomasa de la poda se degrade y aporte nutrientes al suelo.

9.1.2. Barreras rompevientos

Se trata de árboles sembrados en línea para proteger los cultivos de los vientos fuertes y la erosión. Los árboles para este tipo de barreras deben tener una copa con follaje cerrado, tener ramas resistentes a los vientos, raíces fuertes y ser de crecimiento rápido, y vida larga. Idealmente deben plantarse de 2 a 4 hileras de árboles con diferentes especies, algunas con copas altas y otras con ramas bajas (Martínez-Rodríguez et al. 2017). La barrera debe estar orientada de forma perpendicular a la dirección de los vientos predominantes

Beneficios

- Las cortinas rompeviento ayudan a regular el microclima de las parcelas y reducir la erosión del suelo por acción del viento. Adicionalmente, dependiendo de las especies plantadas, pueden generar otros beneficios como la provisión de frutos y leña. También provee hábitat y recursos para animales silvestres.
- Considerando que existe la probabilidad de un incremento en la frecuencia de ventarrones fuertes en la Amazonía el establecimiento de barreras rompeviento puede ayudar a reducir los impactos sobre los cultivos. También es conocido el efecto de las cortinas sobre la temperatura del viento, haciendo los vientos calientes más frescos y los fríos más templados, contribuyendo también con el bienestar de las personas.

Limitaciones

- Las especies de sombreado pueden tener competencia con las plantas cultivadas más cercanas a la barrera.

- El área ocupada por la barrera puede reducir el área disponible para cultivo.

Tabla 3. Especies de plantas potenciales para el establecimiento sistemas agroforestales y cortinas rompevientos en la Amazonía. Fuente: Carden (2010).

Nombre común	Nombre científico	Usos adicionales											
		Alim. animal	Alim. humana	Cercos Vivos	Abono	Madera Comercial	Postes muertos - alambrado	Cortinas Rompevientos	Sombra	Biocombustible	Melífera	Ramoneo	Carbón - Leña
Aceituno*	<i>Syzygium cumini</i>			X		X	X	X	X		X	X	X
Bambu Amarillo*	<i>Bambusa arundinacea</i>					X	X	X					X
Casuarina*	<i>Casuarina cunninghamiana</i>			X	X		X	X	X				X
Chamba*	<i>Leucaena leucocephala</i>			X	X	X	X	X		X	X	X	X
Coco*	<i>Cocos nucifera</i>		X							X			
Cuchi verde*	<i>Glyricidia sepium</i>			X	X		X	X	X	X	X	X	X
Curupaú**	<i>Anadenanthera colubrina</i>				X	X	X		X	X		X	
Gallito	<i>Erythrina spp</i>		X	X	X	X	X	X				X	X
Grevillea*	<i>Grevillea robusta</i>							X	X				X
Lantana	<i>Lantana camara</i>				X					X	X		
Macororó*	<i>Ricinus communis</i>								X				
Manga*	<i>Mangifera indica</i>		X		X				X	X		X	
Mistol**	<i>Zyziphus mistol</i>		X		X				X			X	
Momoqui	<i>Caesalpinia pluviosa</i>					X	X		X		X	X	
Pacay	<i>Inga edulis; Inga spp.</i>	X	X		X	X	X		X	X		X	
Paichané	<i>Vernonia patens</i>									X			
Palto	<i>Persea americana</i>		X			X			X	X		X	
Paraiso*	<i>Melia azedarach</i>					X		X	X	X		X	
Piñon**	<i>Jatropha curcas</i>									X			
Siete copas*	<i>Terminalia catappa</i>		X		X	X	X	X	X	X		X	X
Tacuara	<i>Guadua latifolia</i>		X			X	X	X					X
Tajibo	<i>Tabebuia impetiginosa</i>					X	X		X			X	
Tajibo	<i>Tabebuia serratifolia</i>					X	X		X			X	
Tamarindo*	<i>Tamarindus indica</i>		X		X		X		X	X		X	
Tipa**	<i>Tijuana tipu</i>				X	X		X	X			X	

*Especies exóticas, ** Especies nativas de Bolivia, pero de otras regiones.

9.1.3. Coberturas vivas y abonos verdes

Se trata de la implementación de especies herbáceas específicas⁷ para luego incorporarlas al suelo, ya sea mediante corte y entierro o dejándolas en la superficie como cobertura; en este último caso son denominadas “coberturas vivas”. En el caso de los abonos verdes, se realiza el corte o entierro de las plantas antes de su floración para evitar que utilicen los nutrientes del suelo para la formación de flores.

Beneficios

- Enriquecen el suelo con materia orgánica y nutrientes, especialmente nitrógeno, cuando se utilizan leguminosas (como frijol o trébol) que fijan este elemento en el suelo, esto incrementa la fertilidad y reduce los costos por el uso de fertilizantes sintéticos. Este proceso ayuda a mantener el ciclo de nutrientes del subsuelo, haciéndolos disponibles para cultivos posteriores.
- Las leguminosas suelen mantenerse como coberturas vivas. Se ha visto que, el rendimiento del maíz, aumenta un 12% a partir del segundo año de producción; y los productos derivados del rastrojo para forraje en este tipo de sistemas también tenían más proteína comparado con los sistemas tradicionales (Pinto et al. 2009, Martínez-Rodríguez et al. 2017).
- La cobertura vegetal protege el suelo de la erosión causada por viento y agua, ayudando a conservar su estructura. Las raíces de los abonos verdes y de las coberturas vivas ayudan a des compactar el suelo, promoviendo su aireación y su capacidad de retención de agua.
- El mantener una cobertura ayuda a controlar las malezas, ya que compiten por espacio, luz y nutrientes, reduciendo la necesidad y uso de herbicidas. Además, algunas especies de abonos verdes pueden actuar como biofumigantes, liberando compuestos naturales que reducen poblaciones de patógenos en el suelo, reduciendo la incidencia de plaga y enfermedades para los cultivos principales.

Limitaciones

- El establecimiento puede implicar costos iniciales como semillas, mano de obra y maquinaria. Además, los abonos verdes requieren un tiempo adicional en el manejo, para ser cultivados en el período antes de la siembra del cultivo principal, lo que puede ser un desafío en sistemas agrícolas intensivos.
- En el caso de las coberturas vivas en el primer año de implementación se da una reducción del rendimiento de cultivos de granos, causado por la competencia con las leguminosas. Si no se manejan adecuadamente, pueden competir con cultivos principales en sistemas de rotación o intercalado.
- Si la incorporación de los abonos verdes al suelo, (para liberar los nutrientes), no se realiza con cuidado puede generarse emisiones de carbono si no se maneja

⁷ Mayormente se implementan especies leguminosas como el frijol canavalia (*Canavalia ensiformis*) u otras de los géneros *Dolichos*, *Crotalaria*, entre otras; aunque también pueden incluirse especies crucíferas y gramíneas.

adecuadamente. Por otro lado, si no se incorporan en el momento correcto, pueden causar problemas como inmovilización temporal de nitrógeno (cuando el material verde es muy rico en carbono).

- Algunas especies de abonos verdes pueden hospedar plagas o patógenos si no se seleccionan adecuadamente para el contexto local. Lo que puede incrementar la severidad de enfermedades causadas por hongos en algunos cultivos.

9.1.4. Diversificación de cultivos y sistemas agroforestales

Esta medida puede reducir la vulnerabilidad de los agricultores ante los efectos de un evento negativo sobre un solo tipo de cultivo, y complementarlo con especies frutales y maderables con valor comercial como el cacao (*Theobroma cacao*) y el café (*Coffea arabica*). En Pando el cultivo de café ha tomado fuerza en los últimos años, aunque la producción aún es de pequeña escala (OAP 2021); pero se está promoviendo la comercialización de café, especialmente con iniciativas como la construcción de una planta procesadora de café en el municipio de Filadelfia.

Debe considerarse las experiencias previas de proyectos con este enfoque, así como la falta de visión a largo plazo y necesidades de muchas familias que eligen los beneficios rápidos que pueden ofrecer los monocultivos sobre los beneficios a largo plazo de sistemas más complejos como los agroforestales. Aún más, muchas de las familias no poseen los recursos suficientes ni la capacidad administrativa para incluir la compra de insumos como parte de los gastos proyectados.

Beneficios

- Los SAF pueden mejorar la resistencia de los cultivos frente a fenómenos climáticos extremos (Muschler 2016), como sequías o inundaciones, que son comunes en la región amazónica. La combinación de árboles y cultivos ayuda a mantener la humedad del suelo y a regular el microclima.
- Los árboles en los SAF capturan carbono, contribuyendo a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Reducen la fragmentación de los ecosistemas, favoreciendo los corredores biológicos.
- La descomposición de la materia orgánica de los árboles mejora la calidad del suelo y reduce la necesidad de fertilizantes químicos. Disminuyen la erosión del suelo gracias a las raíces de los árboles.
- Los SAF permiten obtener ingresos de múltiples fuentes (madera, frutos, resinas, cultivos), lo que beneficia la economía de los agricultores y son compatibles con productos típicos de la región, como la castaña (nuez amazónica) y el cacao.
- Al diversificar los cultivos, se asegura la disponibilidad de alimentos durante todo el año, reduciendo la dependencia de monocultivos vulnerables al clima.

Limitaciones

- Implementar SAF puede requerir inversiones iniciales elevadas (compra de semillas, herramientas, etc.) y conocimientos técnicos que no siempre están disponibles para los pequeños agricultores.

- Las comunidades pueden enfrentar problemas relacionados con derechos de propiedad y uso del suelo, especialmente en zonas con presiones por deforestación o expansión agrícola.
- Algunos árboles tardan años en generar beneficios económicos, lo que puede desincentivar su adopción por parte de agricultores con recursos limitados.
- Las comunidades locales pueden estar acostumbradas a sistemas agrícolas más tradicionales (como monocultivos o ganadería extensiva), lo que requiere esfuerzos en capacitación y sensibilización.
- La transición de un sistema tradicional a uno agroforestal puede generar incertidumbre en los rendimientos iniciales, lo que afecta la seguridad alimentaria de familias vulnerables.
- En muchos casos, las políticas públicas y los programas gubernamentales no priorizan los SAF o no ofrecen incentivos suficientes para su implementación.

La implementación de esta medida de AbE requiere de procesos de capacitación técnica y asistencia técnica para agricultores y comunidades locales. Los sistemas agroforestales deben estar basados en especies locales (castaña, cacao, asaí) y prácticas tradicionales para garantizar su sostenibilidad ecológica y cultural, por lo que es imprescindible involucrar a las comunidades en el diseño y monitoreo de los proyectos, respetando sus conocimientos tradicionales y promoviendo su participación activa. La implementación de SAF puede acompañarse con políticas de incentivos económicos, como subsidios o créditos accesibles, para fomentar la adopción de SAF.

9.1.5. Sistemas de riego

La agricultura actual en la Amazonía es a secano y por tanto es altamente dependiente de las lluvias. Con las proyecciones actuales de reducción en la precipitación, se estima que será necesario tener sistemas de riego para la producción agrícola (Lathuillière et al. 2016), una necesidad que las comunidades ya tienen presente. Para que el riego sea sostenible en la Amazonía, deben implementarse prácticas agrícolas que sean respetuosas con el medio ambiente y adaptadas a las condiciones locales. La educación sobre el manejo sostenible del agua y la biodiversidad es fundamental para mitigar los efectos negativos del riego en esta región.

Lathuillière et al. (2016) también sugieren que implementar sistemas de riego en áreas de cultivos puede ayudar a mantener el proceso de reciclaje de precipitaciones que se da de forma natural en el bosque por la evapotranspiración, contribuyendo al ciclo del agua en la Amazonía. Algunas técnicas como el riego por goteo o subsuperficial podrían minimizar la pérdida de humedad del suelo por evaporación, mejorando la disponibilidad de este recurso para las plantas (Tabla 4).

Tabla 4. Tipos de sistema de riego y consideraciones para su implementación en la Amazonía boliviana.

Pros	Contras	Consideraciones en la Amazonía
Riego por Goteo Es un sistema de riego que distribuye agua de manera localizada y controlada mediante goteros, aplicando el agua directamente en la base de la planta.		
<p>Eficiencia en el uso del agua: Debido a su baja tasa de evaporación y la distribución directa a las raíces, es uno de los sistemas más eficientes en cuanto al uso del agua.</p> <p>Reducción de enfermedades: Al evitar mojar el follaje, disminuye la probabilidad de enfermedades fúngicas y bacterianas.</p> <p>Adaptabilidad: Puede utilizarse en terrenos irregulares y en cultivos de alto valor.</p> <p>Bajo impacto ambiental: Menos consumo de agua comparado con otros sistemas de riego</p>	<p>Costos de implementación iniciales: Es costoso instalar el sistema de tuberías, goteros y demás infraestructuras.</p> <p>Mantenimiento elevado: Los goteros pueden obstruirse fácilmente, especialmente si el agua tiene sedimentos o si el sistema no es adecuadamente filtrado.</p> <p>Requiere monitoreo constante: A medida que la selva crece y cambia, se deben hacer ajustes en el sistema para evitar que se obstruyan los emisores.</p>	<p>Costos elevados: La implementación de este sistema en el Amazonas sería costosa debido a la lejanía de las zonas agrícolas y la dificultad para transportar materiales.</p> <p>Acceso y mantenimiento: El acceso limitado a muchas áreas y la alta humedad pueden hacer que los goteros y otros componentes se descompongan rápidamente.</p>
Riego por Aspersión. Este sistema distribuye el agua a través de una red de tuberías que alimentan aspersores que "llueven" agua sobre los cultivos de manera similar a la lluvia natural.		
<p>Cobertura amplia: Es adecuado para cultivos extensos y terrenos planos.</p> <p>Menor costo inicial: Comparado con el riego por goteo, el sistema de aspersión puede ser más barato de instalar.</p> <p>Automatización: Puede ser fácilmente automatizado para riegos programados.</p>	<p>Alta evaporación: En climas cálidos, el sistema de aspersión pierde mucha agua por evaporación, lo que lo hace menos eficiente en términos de consumo de agua.</p> <p>Desperdicio de agua: Si no está bien diseñado, puede generar un riego desigual y pérdidas por escurrimiento.</p> <p>Daño a cultivos: En condiciones de viento, los aspersores pueden generar un riego descontrolado, afectando el cultivo y desperdiciando agua.</p>	<p>Ajuste del sistema: En la selva tropical, las altas precipitaciones y la humedad pueden reducir la eficiencia de los aspersores, ya que el suelo puede no necesitar riego frecuente.</p> <p>Mantenimiento en condiciones extremas: La vegetación densa puede obstruir los aspersores, y la alta humedad aceleraría el deterioro de los componentes.</p>
Riego Subterráneo o por Tuberías Perforadas. Este sistema utiliza tuberías perforadas que se colocan bajo el suelo para liberar agua directamente en las raíces de las plantas.		
<p>Eficiencia en el uso del agua: Evita la evaporación y el escurrimiento superficial, entregando agua directamente a las raíces.</p> <p>Menos exposición al clima: Al estar enterrado, no se ve afectado por factores como el viento o la radiación solar.</p> <p>Menor riesgo de enfermedades: El agua no moja el follaje ni las partes aéreas de las plantas</p>	<p>Costo elevado de implementación: Requiere una instalación más compleja y el uso de tecnología especializada para enterrar las tuberías.</p> <p>Problemas de obstrucción: Las tuberías perforadas pueden bloquearse debido a la sedimentación, especialmente en áreas con agua turbia.</p> <p>Difícil mantenimiento: Reparar una fuga o una obstrucción puede ser costoso y complicado debido a la ubicación subterránea de las tuberías.</p>	<p>Viabilidad en terrenos irregulares: La selva amazónica tiene una topografía variable, y el acceso a ciertas áreas es difícil. Esto haría que la instalación y mantenimiento de este sistema fueran costosos y complicados.</p> <p>Impacto ambiental: El uso de agua subterránea puede afectar el equilibrio hídrico de la región, un factor crítico en el Amazonas, que depende de sus ecosistemas acuáticos.</p>
Riego por Surcos o Canales Es un sistema tradicional en el que el agua se canaliza por surcos o zanjas abiertas en el suelo, permitiendo que se infiltre en la tierra.		
<p>Bajo costo inicial: Es un sistema relativamente barato de instalar.</p>	<p>Pérdidas de agua: La evaporación y el escurrimiento pueden generar una gran pérdida de agua.</p>	<p>Difícil control del agua: La excesiva lluvia y la naturaleza permeable del suelo amazónico pueden hacer que el</p>

Pros	Contras	Consideraciones en la Amazonía
<p>Simple mantenimiento: El mantenimiento suele ser sencillo y no requiere mucha tecnología. Eficiencia en suelos permeables: Puede ser eficaz en terrenos con buen drenaje y en áreas donde el agua subterránea está disponible.</p>	<p>No es ideal para terrenos irregulares: Requiere de una pendiente moderada para funcionar correctamente. Desigual distribución del agua: A menudo no distribuye el agua de manera uniforme, lo que puede generar zonas de exceso de humedad y otras de sequedad.</p>	<p>sistema de surcos pierda eficacia, ya que la infiltración no se controla bien en todos los tipos de suelo. Impacto ambiental: La creación de canales o surcos puede alterar el flujo natural de los ríos y arroyos, impactando negativamente los ecosistemas circundantes.</p>
<p>Riego de Inundación (Riego por Gravedad). Consiste en inundar los campos con agua a través de canales, permitiendo que el agua fluya y se distribuya por toda la superficie del cultivo</p>		
<p>Simplicidad: Este sistema no requiere tecnología avanzada y puede ser manejado por las comunidades con pocos recursos. Bajo costo inicial: Su implementación es sencilla y de bajo costo comparado con otros sistemas más sofisticados.</p>	<p>Alta demanda de agua: Requiere grandes cantidades de agua, lo que puede no ser sostenible en áreas con recursos hídricos limitados. Ineficiencia: Mucha del agua se pierde por evaporación y escurrimiento, y no siempre llega a todas las plantas por igual. Posibilidad de daño al suelo: Si no se gestiona bien, puede llevar a la compactación del suelo y la erosión</p>	<p>Viabilidad limitada: En muchas partes del Amazonas, el agua ya es abundante, pero el control de las inundaciones no sería eficiente en áreas con suelos muy drenantes o donde las precipitaciones ya son muy altas. Desajustes ecológicos: Cambiar el ciclo natural de inundación podría tener efectos adversos sobre la biodiversidad local, incluyendo los peces y otras especies acuáticas.</p>

La implementación de sistemas de riego debe ser parte de un enfoque integrado de gestión del agua, que combinando el riego con prácticas de conservación del ciclo del agua. Incluyendo la protección de ecosistemas naturales como humedales y bosques, para asegurar el mantenimiento del ciclo hidrológico. Además, los cultivos deberían combinar riego y agrosilvicultura para aumentar la evapotranspiración del sistema cultivado; eligiendo al mismo tiempo, cultivos que se adapten al clima local. La captación de agua de lluvia puede contribuir a la implementación de sistemas de riego reduciendo la dependencia de aguas subterráneas y superficiales.

Beneficios

- El riego puede mejorar significativamente el rendimiento de los cultivos, lo que puede contribuir a la seguridad alimentaria y al sustento de las comunidades locales. También permite el cultivo de especies que requieren más agua, diversificando así la producción y fomentando la economía local. Si se implementan adecuadamente, los sistemas de riego pueden ayudar a gestionar el recurso hídrico de manera más eficiente.

Limitaciones

- La implementación de sistemas de riego para cultivos, también debe contemplar los efectos negativos de esta actividad, principalmente si no se desarrollan capacitaciones para evitarlos. Algunos de los efectos negativos del riego son la degradación del suelo, causado por el uso excesivo del riego, que puede derivar en la salinización y erosión del suelo, afectando su fertilidad a largo plazo. También puede potenciar la dependencia de las comunidades al agua, haciéndolas aún más vulnerables ante episodios de sequía severa.
- Los sistemas de riego también pueden tener efectos adversos sobre los ecosistemas; por un lado, si los agricultores utilizan fertilizantes o pesticidas en la agricultura, el arrastre de agua por riego puede contaminar las fuentes de agua, impactando tanto la fauna como la salud humana. Por otro lado, la construcción de canales de riego y la captación de agua puede alterar los ecosistemas acuáticos y terrestres, afectando la biodiversidad.

9.1.6. Manejo integral de suelos

Los suelos de la Amazonía boliviana, como en gran parte de la cuenca amazónica, son ácidos a causa de procesos de lixiviación (pérdida de nutrientes) por las intensas lluvias, especialmente en zonas donde la precipitación media anual es mayor a 1900 mm (Franco et al. 2019). En la mayor parte del departamento de Pando el suelo es arcilloso y de baja capacidad para proveer nutrientes a las plantas (OTCA & CIIFEN 2021), además, la capa fértil del suelo es superficial, delgada y depende de la materia vegetal en descomposición. Por esta razón son altamente frágiles y propensos a la erosión, especialmente cuando se elimina la cobertura vegetal, lo que ocurre cuando se habilitan tierras para otro tipo de uso, como la ganadería y la agricultura. Estas prácticas reducen en 60% y 51% la macrofauna y microbios del suelo aún más si no aplican prácticas de manejo de suelo (Franco et al. 2019).

La aptitud agrícola en la Amazonía pandina es mala o regular (OTCA & CIIFEN 2021), por lo que la falta de prácticas adecuadas de manejo de suelo en la Amazonía tiene consecuencias significativas, tanto para la salud del ecosistema como para la sostenibilidad de la agricultura. La principal consecuencia es la degradación del suelo, causada por la erosión, la pérdida de nutrientes y la compactación del suelo. Además, la degradación del suelo

puede generar la desertificación en algunas áreas, que ocurre por la reducción de la capacidad de infiltración de agua del suelo afectando la recarga hídrica. La degradación disminuye la fertilidad y hace difícil el cultivo a largo plazo. Cuando la productividad de los cultivos reduce, la economía y la seguridad alimentaria de las familias se ven afectadas; a su vez, la degradación de las parcelas agrícolas y ganaderas genera la necesidad de habilitación de nuevos espacios, incrementando la pérdida de áreas boscosas.

La conversión de tierras forestales en tierras agrícolas sin un manejo adecuado puede contribuir a la liberación de gases de efecto invernadero como carbono, metano y óxido nitroso, almacenado en el suelo, contribuyendo al cambio climático (FAO 2016). El uso excesivo de agroquímicos y la falta de prácticas de conservación pueden llevar a la escorrentía y contaminación de cuerpos de agua cercanos, afectando tanto la calidad del agua como la vida acuática.

Con el fin de evitar la degradación del suelo en las parcelas agrícolas es imprescindible realizar prácticas de manejo del suelo. Estas contribuyen a evitar la degradación, al contribuir con el mantenimiento de nutrientes en el suelo y evitar su erosión. De esta forma se mantiene la productividad, beneficiando a la agricultura y permitiendo la conservación de los servicios ecosistémicos que brindan los suelos saludables, servicios como la retención de agua y el almacenamiento de carbono. Las prácticas de manejo de suelo ayudan a mitigar impactos como sequías o lluvias intensas, reduciendo riesgos para la agricultura.

Entre las prácticas de manejo del suelo en la Amazonía se pueden citar las siguientes:

- ✓ **Rotación de Cultivos.** Se alternan diferentes cultivos en el mismo terreno en diferentes temporadas. Esta práctica ayuda a mejorar la estructura del suelo con diversos tipos de raíces, prevenir la acumulación de plagas y enfermedades, mejora la fertilidad del suelo y minimiza el agotamiento de nutrientes. La elección de los cultivos a rotar es específica de cada área y depende en gran medida de los datos históricos del clima y la productividad.
- ✓ **Labranza cero y labranza de conservación.** La labranza cero, también conocida como agricultura sin labranza o siembra directa, es una práctica agrícola en la que se evita el arado o la remoción del suelo antes de la siembra. En su lugar, las semillas se siembran directamente en el suelo no perturbado, utilizando equipos especiales diseñados para cortar y plantar a través de los residuos de cultivos anteriores o de abono verde. En esta práctica se mantienen los residuos de cultivos anteriores, formando una capa protectora del suelo. La labranza de conservación por otro lado, busca limitar el número de labranzas y al mismo tiempo aumentar la protección frente a la erosión cubriendo la tierra con vegetación. El objetivo de reducir la labranza es evitar la pérdida del carbono retenido en el suelo y no dejar suelo desnudo, es decir, sin cubierta vegetal, para que no sea afectado por el viento ni el agua.
- ✓ **Conservación de Materia Orgánica.** Implementar prácticas que mantengan o incrementen la materia orgánica en el suelo, como el uso de compost, estiércol y residuos de cultivos aumentará la capacidad del suelo para retener nutrientes y agua, además de mejorar su estructura.
- ✓ **Manejo Integrado de Plagas.** Uso de métodos biológicos, culturales y físicos para controlar plagas en lugar de depender únicamente de pesticidas químicos. Los pesticidas afectan tanto a las plagas como a los microorganismos que viven en suelo y ayudan en el proceso

de degradación de nutrientes. Esta técnica reduce el uso de químicos, protege la biodiversidad y mejora la salud del ecosistema.

- ✓ **Agroforestería.** Combina cultivos agrícolas con árboles y plantas perennes. Esta práctica ayuda a mejorar la calidad del suelo, aumentar la biodiversidad y proporcionar sombra y nutrientes a los cultivos. Este sistema permite mejorar la retención de agua, reduce la erosión y proporciona un hábitat para la fauna (Ver secciones previas).
- ✓ **Uso de Coberturas Vegetales y abono verde.** Esta práctica reduce la erosión del suelo, mejora su estructura y ayuda en el control de malezas (Ver secciones previas).

Estas prácticas no solo son clave para la productividad agrícola, sino que también ayudan a conservar los recursos naturales y proteger el ecosistema único de la Amazonía. Al implementar un manejo sostenible del suelo, se busca garantizar que las comunidades locales puedan mantener sus medios de vida sin comprometer la salud del medio ambiente.

Beneficios

- Al mejorar la salud y fertilidad del suelo, se aumenta su capacidad para almacenar agua, nutrientes y carbono, contribuyendo a mantener los servicios ecosistémicos esenciales en la Amazonía.
- Prácticas como el uso de abonos orgánicos, cultivos de cobertura, y sistemas agroforestales pueden mejorar los rendimientos agrícolas sin depender de insumos químicos, favoreciendo la seguridad alimentaria de las comunidades locales.
- Al hacer que las tierras agrícolas sean más productivas y sostenibles, se disminuye la presión para expandir la frontera agrícola hacia bosques prístinos, contribuyendo a la reducción de la deforestación y degradación
- Suelos sanos almacenan más carbono, ayudando a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyendo con la mitigación del cambio climático.
- Estas prácticas deben implicar la participación activa de las comunidades, promoviendo su empoderamiento y transmisión de conocimientos tradicionales combinados con ciencia moderna, fortaleciendo sus capacidades para el manejo agrícola
- Prácticas como los sistemas agroforestales y la rotación de cultivos pueden promover la coexistencia entre la producción agrícola y la biodiversidad.

Limitaciones:

- Muchas comunidades carecen de acceso a capacitación adecuada para implementar estas prácticas, especialmente en áreas remotas. Por lo que deben realizarse programas de formación para agricultores sobre prácticas sostenibles y manejo de suelos.
- Las comunidades pueden ser reticentes a abandonar prácticas agrícolas tradicionales (como el chaqueo o quema) que consideran efectivas en el corto plazo. Es común que exista una desconexión entre los conocimientos tradicionales de las comunidades locales y los enfoques científicos, lo que puede dificultar la implementación y aceptación de estas prácticas.
- Algunas prácticas, como la incorporación de sistemas agroforestales o la restauración de suelos degradados, requieren inversiones iniciales que pueden ser difíciles de asumir para pequeños agricultores.
- Aunque las prácticas de manejo de suelos mejoran la resiliencia, eventos extremos como lluvias torrenciales o sequías prolongadas pueden limitar su efectividad.
- En muchos casos, la promoción de estas prácticas no cuenta con políticas públicas claras o financiamiento suficiente para garantizar su implementación a largo plazo.

- Si bien estas medidas son efectivas localmente, pueden no ser suficientes para contrarrestar amenazas más amplias como la expansión de monocultivos, minería o deforestación a gran escala.

9.2. Agua

Con relación a las medidas de AbE identificadas para el manejo del agua, destaca la reforestación en zonas riparias y fuentes de agua para mejorar las funciones de abastecimiento y filtración de este recurso.

9.2.1. Reforestación de zonas riparias y ojos de agua

La reforestación es el proceso de plantar árboles o restaurar bosques en áreas donde anteriormente existían, pero que han sido deforestadas o degradadas por incendios, sequía o enfermedades. Este proceso puede llevarse a cabo de manera natural, promoviendo el crecimiento espontáneo de vegetación, o de forma artificial, mediante la plantación activa de árboles. El objetivo principal de la reforestación es recuperar o mejorar la cobertura forestal de una región, con el fin de restaurar los ecosistemas, proteger la biodiversidad, mitigar el cambio climático y mejorar diversos servicios ecosistémicos como la regulación del agua, la protección del suelo, la absorción de carbono, entre otros.

La reforestación debe llevarse a cabo con un enfoque integral, sostenible y adaptado a las realidades sociales, ecológicas y climáticas locales. A continuación, se detallan los principales factores y consideraciones que deben tomarse en cuenta para implementar proyectos de reforestación en este contexto:

- **Selección adecuada de especies.** La reforestación debe basarse en especies nativas y autóctonas, ya que estas son las que mejor se adaptan a las condiciones locales y soportan los procesos ecológicos del ecosistema. Especies no nativas pueden afectar negativamente los esfuerzos de adaptación, ya que en algunos casos pueden consumir más agua que la vegetación nativa y afectar la recarga de agua subterránea (Binns et al. 2001), mientras que la vegetación nativa contribuye a la recarga de acuíferos (Gates et al. 2011). Las técnicas de conservación del suelo, que incluyan la incorporación de vegetación baja, pueden también contribuir a mantener los servicios de acumulación y filtrado del agua (IGRAC et al. 2014).

Las especies seleccionadas deben ayudar a regenerar el ecosistema de manera natural, por tanto, deben incluirse especies de rápido crecimiento o aquellas que favorecen la colonización de otras especies. Es importante seleccionar una variedad de especies para asegurar la biodiversidad y resiliencia del bosque ya que algunas especies pueden ser más resistentes a las sequías o a las temperaturas más altas, mientras que otras pueden ser sensibles a esos cambios. Se debe evaluar cómo las especies de árboles reaccionarán a las fluctuaciones climáticas en el futuro.

- **Involucramiento de comunidades indígenas y locales.** La reforestación debe considerar las necesidades, conocimientos y prácticas tradicionales de las comunidades locales e indígenas. Estas comunidades tienen un conocimiento profundo sobre las especies nativas, las condiciones locales y las técnicas de manejo

de los ecosistemas que pueden ser muy valiosas para el éxito de los proyectos de reforestación.

Es necesario ofrecer capacitación en técnicas de manejo forestal sostenible, así como en la gestión de los proyectos de reforestación. Las comunidades deben ser capacitadas en prácticas de reforestación, seguimiento del crecimiento de los árboles y monitoreo de la salud del ecosistema.

- **Monitoreo ecológico.** Es clave realizar un seguimiento continuo del estado del ecosistema restaurado para evaluar la efectividad de las actividades de reforestación. El monitoreo puede incluir el uso de tecnologías como sensores remotos, drones y fotografías aéreas para observar el crecimiento de la vegetación, la biodiversidad y la calidad del suelo.

También es importante evaluar los impactos socioeconómicos y ecológicos de los proyectos de reforestación, y ajustarlos según sea necesario. Esto incluye la evaluación de cómo los ecosistemas restaurados contribuyen a la resiliencia comunitaria y la adaptación al cambio climático.

- **Consideraciones económicas y financieras.** La reforestación debe ser parte de un modelo económico sostenible que incluya fuentes de financiación a largo plazo. Esto puede incluir la venta de productos forestales, o ingresos secundarios generados mediante el ecoturismo, la producción de productos no maderables como frutos, resinas, y productos medicinales, o mediante la creación de empleos en actividades relacionadas con la restauración y el manejo forestal sostenible.

Beneficios

- Las acciones de reforestación bien orientadas contribuyen con los procesos de infiltración del agua en el suelo, facilitando la recarga de acuíferos y la regulación de los flujos de agua superficial, evitando al mismo tiempo la erosión de los suelos.
- Las zonas reforestadas pueden servir como barreras de protección frente a eventos extremos como inundaciones, sequías y deslizamientos de tierra. Los ecosistemas forestales restaurados proporcionan hábitats para una amplia gama de especies, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad y mejorando los servicios ecosistémicos, como la polinización y el control de plagas.
- La reforestación puede generar beneficios económicos directos (p.ej. venta de frutos) e indirectos (p.ej. ecoturismo, control de plagas) a las comunidades. Entre los beneficios indirectos está la mitigación del cambio climático, ya que las áreas reforestadas actúan como sumidero por la absorción de CO₂ de la atmósfera.

Limitaciones

- Las iniciativas de reforestación pueden ser costosas, tanto en términos de la preparación del terreno, la plantación, el mantenimiento a largo plazo y el monitoreo. Además, en áreas de difícil acceso o con altos niveles de deforestación, los costos pueden incrementarse significativamente.
- La eficacia de la reforestación no está garantizada en todos los contextos, no todos los terrenos o regiones son adecuados para la reforestación. Algunas zonas pueden ser más aptas para otros tipos de medidas de adaptación. Se debe tener especial atención a las especies seleccionadas, si no se seleccionan especies nativas y adecuadas para las

condiciones locales, los esfuerzos de reforestación pueden tener efectos negativos en la biodiversidad, como la invasión de especies exóticas que alteren el equilibrio ecológico.

- En algunos casos, los proyectos de reforestación pueden generar tensiones con las comunidades locales si no se consideran sus necesidades y derechos. Es fundamental un enfoque participativo que garantice la integración de las comunidades en el proceso ya que el terreno destinado a la reforestación podría competir con otras actividades productivas, como la agricultura o la ganadería, especialmente en áreas donde los recursos son limitados y las comunidades dependen de esos usos para su subsistencia
- La reforestación puede llevar años o incluso décadas para alcanzar su máximo potencial en términos de restauración ecológica, lo que significa que los beneficios no siempre son inmediatos, lo cual puede ser un obstáculo en escenarios donde se requiere acción urgente.

9.2.2. Pozos artesianos

La instalación de pozos artesianos no es una medida de AbE, ya que se trata de una medida con infraestructura “gris”, aunque puede ser incluida respondiendo a una estrategia de adaptación más amplia, como una solución complementaria, siempre que no altere negativamente los ecosistemas naturales ni interfiera con los servicios ecosistémicos esenciales. Esta medida puede ser útil en comunidades con sequías o fluctuaciones en la disponibilidad de agua; sin embargo, su implementación debe ser cuidadosamente planeada y gestionada, teniendo en cuenta varios factores ecológicos, sociales, económicos y técnicos.

Debe ser complementada con el uso eficiente del agua, para asegurar que el agua subterránea no se extraiga de manera excesiva, y prácticas que aseguren la recarga del acuífero como la conservación de ecosistemas naturales (p.ej. bosques, humedales y cuencas) que favorecen la infiltración de agua en el suelo. Entre éstas prácticas están la restauración de zonas de vegetación natural o plantar especies autóctonas que ayuden a estabilizar el suelo y mejorar la infiltración de agua.

Los ecosistemas como los humedales y bosques de ribera actúan como reguladores del ciclo hídrico y pueden contribuir a la recarga natural de los acuíferos. Integrar la protección de estos ecosistemas en las estrategias de adaptación puede ayudar a evitar la dependencia excesiva de los pozos artesianos. También se requiere la complementación con otras fuentes de agua, como la captación de agua de lluvia, sistemas de riego eficiente, y el uso de aguas residuales tratadas. Esta diversificación reduce la presión sobre los acuíferos y contribuye a la resiliencia general del sistema hídrico.

9.3. Diversificación productiva

9.3.1. Ecoturismo

El ecoturismo puede ser una medida de AbE cuando se enfoca en la conservación y restauración de ecosistemas naturales. Esta medida debe tener un enfoque de turismo responsable que minimice los impactos negativos sobre el medio ambiente, al mismo tiempo que promueva la preservación de los recursos naturales y el bienestar de las comunidades locales.

Beneficios

- El ecoturismo puede incentivar la conservación de áreas naturales y ecosistemas importantes, que son vitales para la regulación del clima local, la conservación de la biodiversidad y la protección de recursos hídricos.
- A través del ecoturismo, las comunidades locales pueden obtener ingresos sostenibles que les permitan depender menos de actividades destructivas para los ecosistemas (como la agricultura intensiva o la tala ilegal), lo cual mejora su capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático.
- El ecoturismo puede servir como una plataforma para educar a los turistas y a las comunidades locales sobre la importancia de los ecosistemas para la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad. La concientización sobre la importancia de los ecosistemas saludables puede generar un mayor apoyo a las políticas de conservación.
- Los ingresos generados por el ecoturismo pueden destinarse directamente a proyectos de conservación y manejo sostenible de los ecosistemas. Esto ayuda a financiar medidas de adaptación y mitigación, como la gestión del agua, la protección de especies en peligro, y la rehabilitación de áreas degradadas.
- El ecoturismo fomenta la creación de infraestructuras sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, como alojamientos ecológicos, senderos interpretativos y otras instalaciones que minimizan el impacto ambiental y apoyan la conservación del paisaje.

Limitaciones

- Si no se maneja de manera sostenible, el ecoturismo puede generar un impacto negativo sobre los ecosistemas, como la sobreexplotación de recursos, la degradación de hábitats o la alteración de las especies locales debido a la masificación de turistas.
- En algunos casos, el ecoturismo puede generar conflictos con otras actividades económicas de las comunidades locales, como la agricultura o la ganadería. Para que funcione como medida de adaptación, debe garantizarse que sea una fuente complementaria de ingresos y no una amenaza para las actividades tradicionales.
- El ecoturismo depende de factores externos, como la estabilidad política, el acceso a mercados internacionales y la infraestructura turística adecuada para la accesibilidad, e internos (infraestructura para servicios turísticos). En algunos lugares, la falta de estos elementos puede limitar el éxito de la actividad y su contribución a la adaptación.

9.3.2. Uso de otros PFSM

En las comunidades amazónicas existen productos forestales no maderables con mucho potencial de aprovechamiento, que al igual que el asaí puede generar beneficios adicionales por la conservación del bosque en pie. En las unidades territoriales analizadas identificaron como frutos potenciales al majo (*Oenocarpus bataua*), la palma real o aguaje (*Mauritia flexuosa*), el cacao silvestre (*Theobroma cacao*), aunque este último es el recurso considerado más escaso de los tres.

9.3.2.1. Majo

El majo es una palmera conocida por su fruto comestible, que tiene varios usos en la alimentación y la industria cosmética, lo que le confiere un alto potencial como fuente de ingresos sostenibles para las comunidades locales. Las palmas de majo son parte integral

del paisaje de la Amazonía, y las comunidades locales han utilizado sus frutos durante años para la obtención de alimentos, bebidas y otros productos.

La densidad de esta planta varía entre tierra firme y bosque de bajo, en el primer tipo se puede encontrar de 1 a 16 individuos/ha, mientras que en bosque de bajo entre 7 a 48 indiv./ha (Shanley & Medina 2005, Peralta & Tonore 2009). En los machones de palmeras o “majotusales”, donde se maximiza la densidad de plantas, se pueden encontrar entre 68 y 100 indiv./ha (Shanley y Medina 2005, Peralta y Tonore 2009). Otros estudios (Isaza et al. 2016) encontraron densidades más altas, en bosque de tierra firme (200 individuos y 4 adultos /ha) comparado con bosque inundado (menos de 100 indiv. y 4 adultos/ha). En Bolivia, al norte de La Paz, se registraron entre 230-280 indiv. y 1 adulto/ha (Miranda et al. 2009). Cada palmera puede producir de 1 a 6 racimos, siendo el promedio 2 (Shanley & Medina 2005, Miranda et al. 2008, Miranda et al. 2009). El peso de los racimos, oscila entre 13 y 84 kg (Shanley & Medina 2005, Miranda et al. 2009), con un promedio entre 38 y 40 (Miranda et al. 2009), de los que cerca del 83% corresponde a frutos (Balick 1992).

Peralta & Tonore (2009) estimaron la cantidad de frutos aprovechables en diferentes comunidades de Pando y Beni que tenían áreas productivas entre 4000 y 163000 ha; en estas la cantidad de frutos aprovechables estimada oscilaba entre 36 kg/ha y 406 kg/ha, mientras que Vos (2017) encontró estimaciones de entre 200 a 1856 kg/ha. Para el departamento de Pando, Vos (2017) estimó que podrían existir 41,4 millones de palmeras de majo con una producción estimada de 993 mil toneladas de frutos, este volumen podría representar ingresos de hasta \$US 427 millones (Bs 2978 millones; considerando 50% de rendimiento de frutos por racimo, 30% de mermas en la cadena productiva y Bs 2,75 por kg). Si bien existe potencial productivo en el bosque, el aprovechamiento es muy bajo, con reportes de entre 25 % y 2 % de las familias que aprovecharon esta palmera en el año, aunque la mayor parte lo cosecha para su consumo, algunas familias se dedican a la comercialización, ya sea en fruto, pulpa o como “leche de majo” en la comunidad u otras áreas cercanas (CIPCA 2011 en Vos 2017, Conservación Amazónica-ACEAA 2024 a, b, c); de forma que, el ingreso obtenido por la venta de este fruto puede variar entre Bs 290 y 4000 por familia (\$US 42 – 575) (Peralta et al. 2008, Conservación Amazónica-ACEAA 2024b). Vos (2017) estimó que el aprovechamiento actual de este fruto en Pando es de 2538 toneladas representando un valor de \$US 350234 (Bs 2392101).

Si bien el fruto es bastante consumido en su preparación como “leche de majo”, algunos estudios sugieren un mayor potencial de aprovechamiento como aceite (Días & Ávila 2002). Estudios de mercado para el majo indican que, en Cobija, un alto porcentaje (89%) de la población conoce y consume el majo como “leche”, y el 46% conoce el aceite (Lorini 2015). En esta ciudad entre el 40% y 50% de los encuestados prefiere adquirir majo una vez a la semana, y un 32% lo compra una vez al mes, cuando está disponible (Conservación Amazónica 2022). En el estudio de mercado en Riberalta y La Paz realizado por Lorini (2015), el 93% de la población de Riberalta conocía el majo, el 88% lo había consumido alguna vez como leche de majo, y un tercio de los encuestados conocía también el aceite de majo. En la ciudad de La Paz, por otro lado, solo el 16% de los encuestados conocía el majo, y de ellos sólo 9% lo habían consumido (Lorini 2015). El potencial de mercado para aceite de majo es llamativo en Cochabamba y Santa Cruz, con estimaciones de 240 litros al

año, aunque deben abordarse las limitaciones en cuanto a la manipulación y transporte del producto, para ofrecer calidad y un precio competitivo (Lorini 2016).

Tabla 5. Estimaciones de productividad de majo por municipio y aprovechamiento de majo por familia. Fuente: Vos 2017.

Provincia	Municipio	Árboles (N)	Producción (Tn)	Potencial (Bs)	N° Fam prod.	Aprov. (Tn.)
Abuná	Ingavi	3237293	77695	233085065	327	35
	Santa Rosa del A.	2348364	56361	169082206	488	53
Federico	Nueva Esperanza	2984434	71626	214879279	522	56
Román	Santos Mercado	5634888	135237	405711913	546	59
	Villa Nueva	2147822	51548	154643185	497	54
Madre de Dios	Pto. Gonzalo M.	559664	13432	40295829	1595	258
	San Lorenzo	2066489	49596	148787182	1724	186
	Sena	4853570	116486	349457051	1723	186
Manuripi	Filadelfia	8633469	207203	621609733	1455	157
	Puerto Rico	2593261	62238	186714782	763	82
	San Pedro	860556	20653	61960010	802	87
Nicolás Suárez	Bella Flor	2922216	70133	210399568	972	420
	Bolpebra	1800624	43215	129644927	656	213
	Cobija	172184	4132	12397224	1156	375
	Porvenir	549558	13189	39568151	977	317
TOTAL		41364392	992744	2978236105	14203	2538

Además del uso comestible, la palmera de majo es utilizada en construcción (p.ej. horcones), elaboración de artesanías (p.ej. posavasos con la raquilla de las palmeras), y las palmeras caídas son usadas como sustrato para cría de larvas de coleópteros “tuyu tuyu” que son consumidos con fines alimenticios (Peralta et al. 2020).

9.3.2.2. Palma real

La palma real es una especie que crece en áreas inundables y en bosques tropicales de la Amazonia, siendo una de las palmeras más importantes por sus múltiples usos y el valor biocultural que tiene para muchas comunidades (Macía et al. 2011, Horn et al. 2012). En Bolivia, la palma real se encuentra principalmente en los departamentos de Pando, Beni, Santa Cruz Cochabamba y La Paz (Moraes et al. 2020), tanto en bosque continuo como en sabanas, pero principalmente en zonas permanente o estacionalmente inundadas con aguas negras. Esta palma no forma parte de la dieta de las familias bolivianas, por lo que no es aprovechada actualmente, y en los estudios de mercado realizados para este fruto, se vio que, en la ciudad de Cobija, sólo el 5% de los entrevistados reportó conocer el fruto (Conservación Amazónica-ACEAA 2022),

En países como Perú, Brasil, Colombia y Venezuela el aprovechamiento de esta palmera está consolidado. El fruto, rico en vitamina C, carotenoides, antioxidantes y otros nutrientes (Cândido et al. 2015), se utiliza en la preparación de jugos, dulces, mermeladas y se comercializa fresco en mercados locales y regionales (Rojas-Ruiz et al. 2001). El aceite extraído de la palma real tiene un alto valor comercial en cosméticos y productos alimenticios, debido a su alto contenido de ácidos grasos insaturados. La fibra obtenida de

las hojas de la palma real también se puede utilizar en la fabricación de productos artesanales, como cestas, sombreros y otros artículos artesanales (Cattani & Baruque-Ramos 2016, Mesa et al. 2017). En Brasil también se ha asociado esta palmera con sistemas silvopastoriles dedicados a la cría de ganado porcino, dedicados tanto al autoconsumo como a la venta (Sampaio et al. 2012).

Cada palmera tiene entre 4 a 8 racimos que pueden llegar a medir hasta 2 m (Moraes et al. 2020, Goulding & Smith 2007), con un promedio de producción anual por planta entre los 71 y 200 kg (Isaza 2013). Esta especie puede encontrarse en palmares monoespecíficos, es decir donde sólo haya palma real (palmares “puros”) o en palmares mixtos, donde se encuentre asociado a otras especies de palmas y árboles, con densidades variables. En Colombia se han reportado densidades de entre 138 y 275 adultos/ha en palmares “puros” y entre 80 a 90 adultos/ha en palmares mixtos (Isaza 2013); y en Iquitos (Perú) se han registrado 93,3 adultos/ha. En Bolivia, en el departamento de La Paz, se han registrado densidades de 27 plantas con DAP >2,5 cm en bajíos (Paniagua-Zambrana 2005), y 5 indiv. (DAP > 10 cm) /ha en sitios no inundables y 14 en sitios inundables (Cabrera & Wallace 2007). La palma real es dioica, es decir que hay palmeras masculinas y femeninas, se estima que el ratio o proporción de sexos es de 1:1, entonces de las palmeras presentes en una hectárea, la mitad producirá frutos. Cabe destacar que en Perú el aprovechamiento tradicional de esta palma se realizaba mediante el corte de la planta, lo que resultó en el desbalance de la proporción de hembras llegando a registrarse proporciones de 3,8-10:1 machos/hembra (Horn et al. 2012), haciendo que los cálculos de productividad sean muy variables.

La productividad también varía según el tipo de bosque, en Colombia, Isaza (2013) recopiló variaciones de entre 3,4 a 9 t/ha en palmares “puros” y una estimación de 1,5 t/ha en palmares mixtos (considerando entre 19 a 23 hembras por ha, 3 racimos por palma y 71 kg/palma). La producción promedio de frutos en Ucayali (Perú) fue de 6,5 t/ha (Khan & De Granville 1992). La demanda de frutos de palma real varía entre 22 y 150 t al mes en Perú y Colombia (Delgado et al. 2007, Isaza et al. 2013).

Según Weigend et al. (2015), considerando una proporción de sexos 1:1, el volumen de la cosecha de fruto para la región oscila entre 142 y 2200 kg /ha por año. El precio de venta del fruto por kg en Perú oscila según la disponibilidad del fruto, siendo de \$US 0,07 en época de máxima cosecha y entre \$US 1,5 y 1,7 en época baja, por lo que se estima que el valor del fruto sin procesar está entre 9 y 37410 \$US/ha/año (Weigend et al. 2015). El aprovechamiento de este fruto se posiciona entre el 3er y 6to lugar entre las actividades productivas que generan ingresos en comunidades de Perú (Manzi & Coomes 2009, Horn et al. 2012).

Cuadro 4. Aprovechamiento de palma real (*Mauritia flexuosa*) en Bolivia

En 2024 la Federación Departamental de Asaí y Frutos Amazónicos de Pando (FEDAFAP) con apoyo de Conservación Amazónica-ACEAA, inició la prueba de arneses de trepado de palma real, así como pruebas piloto para el despulpado de este fruto, generando las capacidades necesarias para el aprovechamiento; y entre 2024 y 2025 se realizarán estudios de potencial productivo en las comunidades que integran la FEDAFAP.

En 2024 se publicó la Norma Boliviana NB 36024 con requisitos para la producción de pulpa de palma real refrigerada o congelada, consolidando los pasos para la transformación y comercialización de este fruto.

Beneficios del aprovechamiento de otros PFNM

- Diversificación de ingresos. La promoción de estas especies podría ofrecer una fuente alternativa de ingresos para las familias, reduciendo la dependencia exclusiva de la castaña (*Bertholletia excelsa*). El *majo* y la *palma real* producen frutos que tienen aplicaciones tanto para consumo local como para mercados nacionales e internacionales.
El *majo* se utiliza en la elaboración de productos como aceites, jugos y otras aplicaciones culinarias. Por otro lado, la *palma real* es muy valorada por su fruto, que tiene un alto contenido de vitamina C y se utiliza en la preparación de bebidas, mermeladas y suplementos nutricionales
- Resiliencia ante el cambio climático. Ambas especies son propias de la región amazónica y están adaptadas a las condiciones de los ecosistemas tropicales, lo que las hace más resistentes a los cambios climáticos extremos, como las sequías o las inundaciones, en comparación con cultivos más vulnerables. Mitigando el impacto de eventos climáticos extremos, contribuyendo a la seguridad alimentaria y económica.
En la cuenca del río Orinoco se ha estimado que los palmares de *Mauritia flexuosa* almacenan hasta 95,91 kg/m² de carbono (Vegas-Vilarrubia *et al.* 2010)
- Mejora de la seguridad alimentaria. El *majo* y la *palma real* producen frutos comestibles que pueden ser una fuente importante de alimentos tanto para el consumo local como para el mercado. Estos frutos, son ricos en nutrientes y vitaminas, lo cual puede mejorar la dieta de las comunidades rurales.
- Conservación de la biodiversidad. Fomentar el aprovechamiento de especies nativas como el *majo* y la *palma real* puede contribuir a la conservación de los ecosistemas locales, al incentivar el manejo sostenible de los bosques y recursos naturales. La reforestación con estas especies puede ayudar a mantener la biodiversidad y los servicios ecosistémicos esenciales, como la regulación del agua y la protección del suelo.
- Sostenibilidad. Estas especies son naturales de la región y su manejo sostenible puede ser una alternativa más ecológica y menos destructiva que otros cultivos comerciales. Al integrar estas especies en sistemas agroforestales, se pueden proteger los bosques y su biodiversidad mientras se aprovechan sus recursos de manera responsable.

Limitaciones

- Las limitaciones para el aprovechamiento de estos frutos, son las capacidades de manejo. Aunque ambas especies son nativas, el conocimiento sobre su manejo, cosecha y comercialización puede ser limitado en algunas comunidades. Fomentar la producción

sostenible de *majo* y *palma real* requiere capacitación y asesoría técnica en su manejo en el bosque, cosecha, manejo post-cosecha y comercialización.

- El manejo en el bosque permitirá aprovechar los frutos de forma sostenible, sin dañar las palmeras y asegurando la regeneración poblacional. Aunque estas especies son nativas y adaptadas a los ecosistemas amazónicos, su aprovechamiento intensivo puede generar impactos negativos si no se maneja de manera sostenible. Por ejemplo, la recolección excesiva de frutos o la plantación masiva sin planificación adecuada podría llevar a la degradación del ecosistema.
- También debe trabajarse en la capacitación para la cosecha, ya que no todas las familias que aprovechan majo realizan el trepado de la palmera. En algunos casos, cuando la palmera es baja realizan el golpeado del racimo para posteriormente recoger los frutos del suelo, y en otros casos la forma usual de cosecha es a través del corte de la palmera (Peralta et al. 2009). La palma real por otro lado, no es aprovechada para el consumo en las comunidades de Bolivia, por lo que el aprovechamiento iniciaría desde cero, sin embargo, se debe prever que la cosecha de este fruto no implique el corte de la palmera como ocurrió en Perú y Colombia en el auge del aprovechamiento de esta especie.
- El manejo post cosecha debe ser adecuado para que ambos frutos lleguen al comprador (primario o final) en buen estado, ya sea como fruto, o procesado. La transformación de estos productos (como la producción de jugos o aceites) requiere conocimientos técnicos y acceso a tecnologías, lo que podría ser un obstáculo para las comunidades locales que no cuenten con el apoyo adecuado. La producción de *majo* y *palma real* podría ser limitada por la falta de infraestructura para procesar y transportar estos productos.
- La comercialización también podría ser un reto. La infraestructura y los canales de distribución en regiones remotas, como Pando, pueden ser limitados, lo que dificultaría la venta de estos productos en mercados más grandes, por lo que se requiere trabajar en la consolidación de mercados y promoción del consumo local.

9.3.3. Cría de peces

El cambio climático afecta la temperatura, el nivel y la calidad del agua de los ríos y lagos, afectando a especies no adaptadas a las altas temperaturas y provocando la muerte masiva de peces (Braz-Mota & Val 2024), por lo que se espera que a futuro habrá una reducción en la diversidad y abundancia de peces. Esto sumado a otras amenazas como la sobrepesca, la contaminación de cuerpos de agua por actividades mineras, la construcción de megarepresas y la invasión del paiche (*Arapima gigas*) pone una fuerte presión a las comunidades de peces amazónicos en Bolivia (FJMP 2006, Van Damme et al. 2023), con potenciales repercusiones para las comunidades humanas pesqueras y las que dependen de la pesca de subsistencia. En las comunidades de análisis han notado una disminución de la cantidad de peces, y creen que las causas son las malas prácticas de pesca (p.ej. sobre pesca y pesca con barbasco).

La carne de pescado en la Amazonía es una de las principales fuentes de proteína para muchas familias, proveyéndoles de micronutrientes como las vitaminas A, B y D, yodo, hierro, zinc y calcio (ONU-Nutrición 2021), y es especialmente relevante para la dieta en esta región que está fuertemente basada en carbohidratos. Según la FAO (2024) el consumo promedio per cápita de proteína de pescado es de 20 kg/año a nivel mundial, sin embargo, en Bolivia el consumo per cápita promedio es de 2,6 kg/año, muy por debajo de la media global y la más baja de la región (Mikkola 2024). Aunque, en la mayoría de las

comunidades ribereñas de tierras bajas el consumo de carne de pescado es mayor variando entre 9 a 80 kg/año (Miranda-Chumacero et al. 2011, Camburn 2011, Pérez et al. 2014).

Bajo este contexto la piscicultura bien gestionada puede ser una forma de adaptarse a los efectos del cambio climático sobre la pesca comercial y de subsistencia, al utilizar especies que sean resistentes a variaciones en el entorno. Para que sea efectiva, debe alinearse con los principios de sostenibilidad ecológica, reducir los impactos negativos y centrarse en el fortalecimiento de los ecosistemas locales como una forma de aumentar la resiliencia de las comunidades. Esta actividad está creciendo anualmente a nivel mundial; en 2022 la acuicultura continental (desarrollada fuera de la costa o el mar) contribuyó al 62% de los animales acuáticos criados (FAO 2024)⁸ y, se estima que, ese mismo año, por primera vez la producción de la acuicultura representó el 51% de la producción acuícola mundial, y el 57% de este tipo de producción destinada al consumo humano (FAO 2024).

Los datos del Banco Mundial (2024) para Bolivia muestran el incremento de la producción pesquera, acercándose a las 12000 t/año desde 2018 (Figura 19), mientras que la producción acuícola incrementó significativamente entre 2014 y 2015, acercándose a las 4000 t/año desde 2016. En Bolivia los datos pesqueros no están centralizados, pero según la línea de base realizada en 2016 por el IPD-Pacú (Institución Pública Descentralizada enfocada en la pesca), en la cuenca Amazónica la producción piscícola rondaba las 2000 t para la pesca de subsistencia, 4046 t para la pesca comercial y 2694 t para la acuicultura (Van Damme et al. 2023). Los datos del IPD-Pacú están cerca de 1,5 t y 1 t por debajo de lo reportado por el Banco Mundial, para la producción acuícola total y la piscicultura respectivamente.

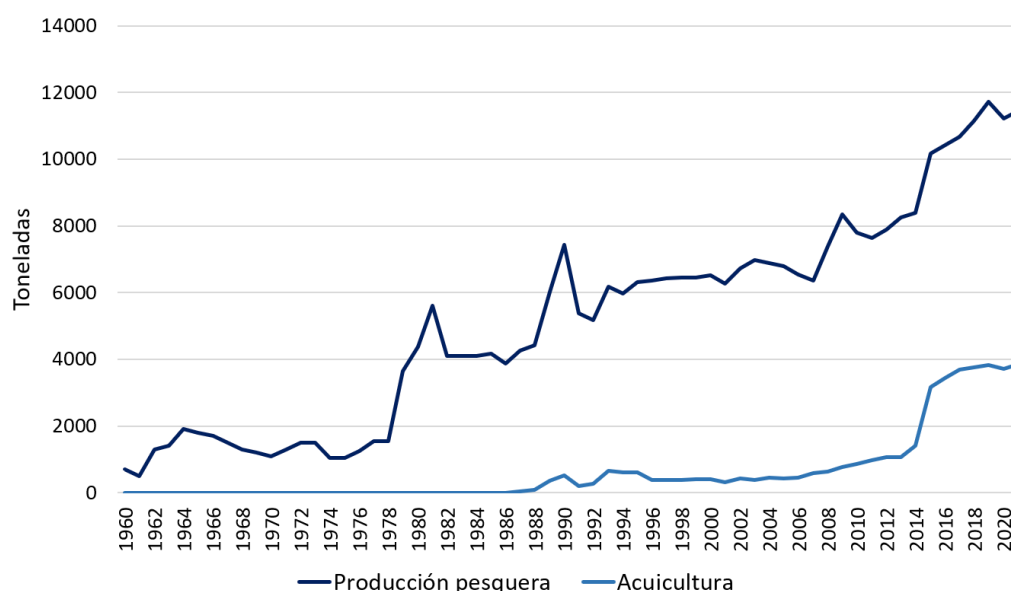


Figura 19. Datos del Banco Mundial (2024) de producción pesquera total y Producción acuícola entre 1960 y 2021.

⁸ Estos datos incluyen la cría para consumo y la cría de peces ornamentales.

En Bolivia la piscicultura por muchos años estuvo basada en la cría de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y desde 2001 inició el cultivo de pacú (*Colossoma macropomum*) y tambaquí (*Piaractus brachypomus*), en comunidades de tierras bajas, superando la producción de trucha para 2013 (Valladão 2016). Los datos sobre la piscicultura en el departamento de Pando son escasos, sin embargo, en 2006 hubo un estudio de Factibilidad de la acuicultura (FJMP 2006) resaltando el alto potencial de implementación de este tipo de actividades si se cubrían las necesidades para la correcta gestión, producción y comercialización. Vega et al. (2018), identificaron que la mayor parte de este departamento tiene idoneidad de media a alta para la implementación de este tipo de producción. Según el Proyecto Peces para la Vida II (PPV-II et al. 2018), hasta 2018 se establecieron estanques para la cría de pacú (*Colossoma macropomum*) en el municipio de Cobija, coincidiendo con el crecimiento de hasta 3 veces la cantidad de familias que se dedicaban a esta actividad en el país desde 2008 (Irwin et al. 2023). En los últimos 6 años (2019-2024) se ejecutaron proyectos apoyados por entidades públicas (Ministerios y Gobernación) y por organizaciones de la sociedad civil para la instalación de pozas en comunidades campesinas e indígenas (MDRyT-VDRA 2019, Velásquez 2024).

Algunos análisis han estimado una productividad de 2500 kg/ha/año para la piscicultura en el departamento de Pando (FJMP 2006), en criaderos extensivos familiares con superficies de 2000 m², esto podría equivaler a un ingreso anual de cerca de 15000 Bs, si se consideran pérdidas del 30% del peso estimado. Otras estimaciones calculan un ingreso neto de cerca de 50000 Bs (Irwin et al. 2023), que pone a la acuicultura como una fuente de ingreso alternativa a la agricultura o ganadería. Existe mercado a nivel local (comunidades) y en las ciudades intermedias, pero el mercado más grande está en el eje troncal del país: Santa Cruz, Cochabamba y La Paz, a los que el acceso del pescado pandino es difícil por la logística de transporte. La acuicultura semi intensiva resulta menos sostenible económicamente en Pando si no se logra la apertura de mercados internacionales.

Cuadro 5. Efectos de la piscicultura en Yapacaní

En la localidad de Yapacaní el Proyecto “Peces para la Vida” promovió la mejora de la piscicultura, abordando la rentabilidad, sostenibilidad y participación de género. Con este proyecto la participación de familias en esta actividad incrementó de 40 a 130 familias, cada una con 3 estanques, incrementando el suministro de peces de 50 t/año a 400 t/año, de las que el 70% es consumida localmente y el porcentaje restante es comercializado en otras regiones del país. Adicionalmente se promovió el policultivo, es decir, la cría de más de una especie en el mismo estanque, incorporando al sábalo (*Prochilodus nigricans*), que contribuye con la mejora de la calidad del agua del estanque al consumir algas y material en descomposición, que de otra forma se descompondría al fondo del estanque.

El incremento en la disponibilidad de peces repercutió en el consumo per cápita de 3,8 kg/año a 5,6 kg/año para 2014 en esta localidad.

Se estima que el incremento de la piscicultura en Yapacaní ha repercutido en el incremento de los ingresos de 3000 \$US en promedio provenientes de la pesca a 15000 \$US anuales por familia generados por la piscicultura. Un beneficio adicional de este proyecto fue el fortalecimiento de capacidades y participación de las mujeres en esta actividad llegando a ser el 90% de las socias de la Asociación de Piscicultores del Norte Integrado en Yapacaní (APNI), y llegando a promover de forma particular, es decir sin ayuda externa, el establecimiento de nuevos estanques.

Fuente: Rainville et al. 2014

Cuadro 6. Consideraciones para una piscicultura sostenible.

La piscicultura sostenible en la Amazonía debe incluir una variedad de prácticas que busquen maximizar la producción de peces, mientras preservan el ecosistema. Algunas de estas prácticas son:

- ✓ **Acuicultura Polivalente.** Implica cultivar diferentes especies de peces juntos lo que ayuda a mantener el equilibrio ecológico y mejora la productividad del sistema. Los sistemas polivalentes suelen tener mayor producción que la que la piscicultura monovalente y también mejora la calidad del estanque (Baldisserotto & Carvalho 2005 en Rainville 2014, Garcia et al. 2011).
- ✓ **Incorporación de Plantas Acuáticas.** Se puede utilizar plantas acuáticas para mejorar la calidad del agua y proporcionar refugio y alimento natural a los peces, promoviendo un ambiente saludable.
- ✓ **Rotación de Cultivos.** Implementar técnicas de rotación, donde se alternan las especies cultivadas en los estanques, ayuda a prevenir la acumulación de patógenos y a mantener la salud del ecosistema.
- ✓ **Manejo Integrado de Recursos.** Esto implica la combinación de la piscicultura con la agricultura y la silvicultura, creando sistemas agroecológicos donde los residuos de una actividad alimentan a otra, como usar desechos de pescado para fertilizar cultivos.
- ✓ **Formación y Capacitación Comunitaria.** Enseñar a las comunidades sobre prácticas de pesca responsable y sostenibles, así como técnicas de manejo de recursos, ayuda a conservar la biodiversidad local y a mantener la productividad.
- ✓ **Reforestación y Restauración de Hábitats.** La reforestación de áreas ribereñas y la restauración de hábitats acuáticos pueden mejorar la salud de los ecosistemas y proporcionar mejores condiciones para la cría de peces.
- ✓ **Monitoreo y Evaluación.** Implementar programas de monitoreo para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos y ajustar las prácticas de manejo según sea necesario.

Estas técnicas no solo aumentan la producción de peces, sino que también promueven la sostenibilidad ambiental y mejoran la resiliencia de las comunidades locales frente a cambios climáticos y económicos.

Beneficios

- La piscicultura, puede contribuir con la reducción de la presión sobre los recursos pesqueros naturales que pueden estar siendo afectados por la sobrepesca, la contaminación y el cambio climático.
- Esta actividad ofrece una alternativa económica a las comunidades dependientes de la pesca tradicional, especialmente en áreas donde los ecosistemas acuáticos están degradándose o los recursos pesqueros se están agotando debido al cambio climático. Esto reduce la dependencia de prácticas de explotación más destructivas y mejora la resiliencia económica.
- Al ser menos costosa que la pesca silvestre y no depender tanto de las fluctuaciones del ecosistema natural, brinda seguridad alimentaria y económica. El pescado, como fuente rica en proteínas, contribuye a mejorar la dieta de las comunidades, especialmente en zonas remotas con acceso limitado a otros productos alimenticios.
- Al centrarse en especies nativas o adaptadas a las condiciones locales, puede contribuir a la preservación de la biodiversidad acuática. Específicamente los programas de acuicultura desarrollados en otras regiones de Bolivia han generado experiencia en la cría de pacú y tambaquí (*Piaractus brachypomus*), dos especies frugívoras, cuya alimentación no requiere

mucha inversión. Las características de la acuicultura en la Amazonia, que se basa pozas cavadas hacen que puedan ser establecidas en sitios que ya han sido degradados, es decir que no se necesita convertir el bosque para esta actividad; esto y la poca necesidad de insumos, reducen el impacto negativo de las pozas en el ecosistema (Irwin et al. 2023).

- Se cuenta con experiencia de piscicultura en otras regiones de la Amazonia (Valladão 2016, CEPAC 2017, PPV-II et al. 2018, FAO s.f., SEDAG s.f.), y en otros países amazónicos como Colombia, Brasil y Ecuador, evidenciando que estas prácticas han contribuido significativamente a la mejora del bienestar de las familias rurales (Pereira 2020).

Limitaciones

- Aunque la piscicultura controlada puede ser beneficiosa, hay preocupaciones sobre los impactos negativos si las prácticas no se manejan adecuadamente. Por ejemplo, puede afectar negativamente al ecosistema si se da un manejo inadecuado de los residuos de los estanques, o se promueve la conversión de ecosistemas acuáticos naturales en instalaciones piscícolas.
- La falta de conocimientos técnicos y recursos para los pequeños productores puede limitar la efectividad de los proyectos. Además, las dificultades logísticas de transporte en la región pueden complicar la distribución de los productos, dado que las comunidades más remotas requerirán invertir en el mantenimiento de la cadena de frío.
- La producción piscícola podría estar también afectada por los efectos del cambio climático, que puede alterar la temperatura y calidad del agua. La cría de especies no nativas puede poner en peligro la biodiversidad local y alterar los ecosistemas acuáticos. Debe considerarse los posibles efectos de las inundaciones en el establecimiento de pozas, así como medidas necesarias ante episodios de lluvias fuertes, ya que estos eventos pueden generar el rebalse de las pozas y el escape de los peces criados, como ocurrió en experiencias de piscicultura en el departamento del Beni (FES 2015).
- Actualmente no existe oferta local de alevinos, ni plantas de preparación de alimentos para peces, lo que puede incrementar los costos; aunque en 2024 estaba en construcción la planta para producción de alevines (Lazcano 2024).

9.4. Ordenamiento territorial

El ordenamiento territorial (OT) es una herramienta clave en la gestión de territorios, especialmente en ecosistemas vulnerables como la Amazonía. En países como Bolivia, donde la Amazonía es crucial tanto para el bienestar de las comunidades locales como para la regulación global del clima, el OT tiene un papel importante como medida de adaptación basada en ecosistemas (AbE).

Cuadro 7. Consideraciones para que el Ordenamiento territorial en la Amazonía sea una medida de AbE.

La aplicabilidad del OT como medida de AbE, requerirá que se tomen en cuenta los elementos y criterios de AbE, es decir que además de enfocarse en la planificación de las comunidades humanas, también incluya el manejo y conservación de los ecosistemas clave y, considerando los efectos del cambio climático. Específicamente debería abordar:

Conservación y restauración de los bosques.

- Conservar el hábitat, protegiendo las zonas donde crecen de forma natural los recursos importantes para las comunidades, como los árboles de castaña y las palmeras de asaí. De esta manera se contribuye con el mantenimiento de sus funciones ecosistémicas y su resistencia al cambio climático.
- Restaurar áreas degradadas o plantar especies de árboles nativos pueden mejorar la salud de los ecosistemas de castaña, asaí y otras palmeras puede apoyar su viabilidad a largo plazo.

Gestión de los recursos hídricos:

- Garantizar que los flujos de agua en el ecosistema se mantienen, a través de prácticas sostenibles de uso de la tierra, puede apoyar la salud y la productividad de las especies silvestres.
- Proteger las cuencas hidrográficas, especialmente los sitios que contribuyen al suministro de agua para los bosques, ayudan a garantizar que reciban el agua adecuada durante los períodos secos.

Conservación de la biodiversidad:

- Proteger la diversidad de especies dentro de los ecosistemas puede mejorar su resistencia a los impactos del cambio climático, como plagas y enfermedades.
También se asegura la persistencia de especies polinizadoras como las abejas y las abejas orquídeas, que facilitan la reproducción de los árboles de castaña, palmeras y otras especies. Esto contribuye a mantener las funciones críticas del ecosistema para la producción de frutos.

Gestión comunitaria:

- Participación equitativa de los pobladores en las comunidades locales en los procesos de toma de decisiones puede mejorar la sostenibilidad del OT y las prácticas de gestión.
- La incorporación de los conocimientos tradicionales de las comunidades locales en los planes de gestión puede ayudar a adaptarse eficazmente a las condiciones climáticas cambiantes.

Técnicas de agricultura climáticamente inteligente:

- La implantación de sistemas agroforestales que incorporen árboles de castaña y palmeras de asaí y majo, con otros cultivos compatibles puede diversificar las fuentes de ingresos de las comunidades locales y mejorar la estabilidad del ecosistema.
- La mejora de la salud del suelo a través de prácticas agrícolas sostenibles puede apoyar el crecimiento de los árboles de castaña y aumentar su resistencia a los factores de estrés climático.

Política y gobernanza:

- El establecimiento y la aplicación de políticas que protejan los bosques de castaña y promuevan prácticas de gestión sostenible son esenciales para la adaptación a largo plazo.

Beneficios

- Al regular el uso del suelo y las actividades humanas, el OT puede ayudar a conservar ecosistemas importantes como bosques, ríos y humedales, que proporcionan servicios

vitales como la purificación del agua, la regulación del clima y la protección contra desastres naturales (inundaciones, sequías).

- Considerar los ecosistemas como una fuente de bienestar, permite a las comunidades indígenas y campesinas adaptar sus prácticas agrícolas y de manejo de recursos naturales al cambio climático. Esto se logra a través de la promoción actividades sostenibles como la agroforestería, pesca sostenible y otros enfoques que armonizan con los ecosistemas locales. La preservación de los servicios de las zonas riparias debe ser integrada en la planificación de uso de suelo, es decir implementar medidas de protección para mantener la cobertura vegetal y las funciones, como la filtración del agua y protección frente a inundaciones.
- El OT puede ayudar a mantener la integridad de los bosques, manteniendo la capacidad de la Amazonía de actuar como un sumidero de carbono, y evitando la deforestación y degradación., Al incluir zonas de protección y áreas productivas de manera balanceada, la planificación territorial puede contribuir a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero.
- Los conflictos sobre el uso del territorio entre las comunidades locales, el gobierno y los actores externos (empresas, colonos, etc.), pueden ser prevenidos con un buen OT y el fortalecimiento de los actores en temas de gobernanza. Definir claramente las áreas de uso sostenible, conservación y desarrollo económico reduce las tensiones y mejora la gestión de los recursos naturales.

Limitaciones

- La Amazonía boliviana es vasta y de difícil acceso, lo que hace que la implementación efectiva de políticas de OT sea complicada. La falta de infraestructura y la dispersión de las comunidades dificultan la gestión adecuada del territorio, lo que limita los beneficios de estas políticas.
- La expansión de actividades económicas como la agricultura intensiva, la minería y la extracción de madera sigue siendo una presión constante sobre la Amazonía. En Bolivia, la conversión de bosques en tierras agrícolas y la minería ilegal son grandes desafíos para la efectividad del OT, ya que a menudo estas actividades se desarrollan sin una planificación adecuada y con el respaldo de políticas públicas que favorecen el crecimiento económico a corto plazo. El Plan de Desarrollo Económico y Social (PDES), en algunas secciones, prioriza proyectos de infraestructura y de desarrollo económico en la región amazónica, lo que ha ocasionado tensiones entre la conservación de los ecosistemas y la expansión de actividades extractivas.
- A pesar de los esfuerzos por coordinar las políticas de desarrollo y conservación, la falta de integración entre los distintos niveles de gobierno (nacional, departamental y local) y entre las distintas instituciones puede dificultar la aplicación efectiva del OT. Las políticas a menudo no se alinean entre los sectores de infraestructura, agricultura, medio ambiente y recursos naturales. En muchas ocasiones, los gobiernos locales o regionales no cuentan con los recursos suficientes para implementar los planes de OT, lo que resulta en políticas incompletas o mal aplicadas.
- Aunque el OT puede ser una herramienta para la integración de las comunidades locales en la gestión de sus territorios, también puede generar conflictos si no se incluyen adecuadamente a los pueblos indígenas en el proceso de toma de decisiones. La implementación de políticas de OT que no respetan los derechos territoriales o que no incorporan sus conocimientos tradicionales y perspectivas, puede resultar en rechazo y resistencia por parte de las comunidades.

- El cambio climático está alterando los patrones de lluvias, temperaturas y sequías en la región amazónica, lo que dificulta la planificación a largo plazo del OT. Las predicciones climáticas inciertas dificultan la identificación de las zonas más vulnerables a los impactos del cambio climático, lo que puede hacer que las estrategias de OT sean ineficaces o insuficientes frente a la magnitud de los cambios.

El ordenamiento territorial es una medida de adaptación basada en ecosistemas prometedora, pero enfrenta desafíos significativos debido a las presiones económicas, la falta de infraestructura adecuada, la coordinación interinstitucional limitada y los conflictos socioambientales. Sin embargo, si se implementa de manera inclusiva, respetando los derechos indígenas y enfocándose en la conservación de los ecosistemas clave, el OT tiene el potencial de mejorar la resiliencia de la región frente al cambio climático y reducir los riesgos para las comunidades locales y los ecosistemas amazónicos.

10. Priorización de las medidas AbE por comunidad

Las medidas de AbE identificadas fueron evaluadas considerando el contexto y perspectivas de las unidades territoriales (Tabla 6). Cabe resaltar que para implementar las medidas priorizadas en las diferentes unidades territoriales (UT) es necesario realizar un análisis costo-beneficio específico para cada medida en cada UT.

En la mayor parte las UT, el **aprovechamiento de recursos forestales no maderables** (además de la castaña y el asaí) fue la medida con potencial de aplicabilidad, ya que la mayor parte de las comunidades tiene recursos con mercados potenciales (majo y palma real), que actualmente no están siendo aprovechados; adicionalmente cuentan con infraestructura y asociaciones productivas consolidadas, para dar valor agregado. La diversificación en el aprovechamiento de frutos del bosque permitirá mejorar los ingresos de las familias de las comunidades a través de la venta de frutos, y la transformación. Actualmente la FEDAFAP cuenta con el apoyo e impulso de diferentes instituciones que tienen como meta promover el aprovechamiento de frutos amazónicos, tanto en el bosque como con la apertura de mercados. En 2 UT (SC Bernardino y SC Puerto Morales) esta medida no fue considerada como aplicable por la vocación de los pobladores, que prefieren potenciar la agricultura. Esto puede deberse al relativamente reciente establecimiento de las comunidades de estas UT (2009) y las zonas de origen de los pobladores, donde la producción agrícola es predominante.

Otra medida aplicable en las UTs, es la recolección de agua, ya sea de lluvia o arroyos para ser utilizada en el riego, si bien esta medida puede ser aplicada con costes bajos, estos pueden incrementar si las familias quieren complementar esta medida con un sistema de riego. Solo en la comunidad Petronila esta medida no es muy aplicable a corto plazo, ya que es prioridad mejorar la disponibilidad de agua para consumo humano.

La diversificación de sus cultivos es otra medida de AbE con alto potencial de aplicabilidad en la mayor parte de las comunidades. Esto implicaría también capacitar a los pobladores en técnicas de manejo de cultivos para la selección de variedades, mejoramiento genético, producción y almacenamiento de semillas.

El establecimiento de sistemas agroforestales es una medida de AbE que provee beneficios a las personas y a la fauna silvestre circundante, aunque debe ser parte de un proceso a largo plazo por el acompañamiento que necesita para el adecuado manejo de las etapas del sistema. Este tipo de cultivos pueden incorporar especies de palmeras con importancia comercial, por ejemplo, en algunas zonas de várzea en Brasil se han establecido SAFs destinados a la producción de cacao (*Theobroma cacao*), que incluyen otras especies comerciales como copoazú (*T. grandiflorum*) y goma (*Hevea brasiliensis*) (Bolfe & Batistella 2011, de Freitas et al. 2015; Campbell et al. 2018).

Tabla 6. Aplicabilidad de las medidas de AbE según los criterios propuestos por PNUMA et al 2018, para las 8 unidades territoriales analizadas. VF (Villa Florida), LA (Luz de América), P (Petronila), T (Trinchera), J (Jericó), 1M (1ro de mayo y anexo 1ro de mayo), Ber (Subcentral Bernardino) y PM (Subcentral Puerto Morales).

Estrategias	P	LA	VF	T	J	Ber	1M	PM
Agricultura								
Manejo del suelo	Yellow			Yellow				
Implementación de sistemas agroforestales			Green	Green		Green	Green	Green
Diversificación de cultivos	Green		Yellow	Green	Green	Green	Green	Green
Uso de cultivos más resistentes a sequía			Green					
Plantar árboles de sombreado	Yellow			Yellow	Yellow		Yellow	
Plantar barreras rompeviento	Orange							
Manejo de quemas		Yellow						
Recolección de agua (lluvia o arroyos) para riego	Green	Orange	Green	Green	Green	Yellow	Green	Yellow
Agua para consumo								
Implementación de pozos artesianos		Yellow						Yellow
Reforestación en cabeceras de arroyo					Green	Green		
Diversificación								
Recolección de otros PFNM (cacao, palma real, etc.)	Green		Green	Green		Green	Green	Green
Fortalecer el ecoturismo					Green			
Implementar la cría de peces					Yellow		Yellow	
Gobernanza territorial								
Fortalecer el ordenamiento territorial					Yellow			

La aplicación de las diferentes estrategias debe considerar el contexto local, incluyendo el origen cultural de la población. Por ejemplo, las poblaciones indígenas y de tierras bajas enfocan la producción agrícola, como una actividad complementaria a sus actividades de extracción de recursos del bosque, manteniendo la agricultura a baja escala y destinada principalmente para el autoconsumo; mientras que, las comunidades “interculturales” tienen un enfoque más comercial, empleando recursos para incrementar la productividad (CIPCA 2015).

La participación comunitaria es fundamental para la implementación efectiva de las medidas de Adaptación Basada en Ecosistemas (AbE) porque asegura que estas estrategias sean relevantes, sostenibles y beneficiosas para las comunidades locales que dependen de los recursos. El conocimiento de que tienen los pobladores de su entorno es fundamental,

por lo que la participación comunitaria desde el diseño y ejecución de las medidas fomenta el diálogo y reduce conflictos sobre el uso de recursos naturales, promoviendo la cooperación entre actores.

También se incrementa la probabilidad de que las prácticas implementadas sean mantenidas y reduce el riesgo de abandono. Muchas medidas AbE, como los sistemas agroforestales o el ecoturismo, generan beneficios económicos directos para las comunidades y la participación activa asegura que estos beneficios se distribuyan equitativamente y apoyen el bienestar local.

La participación comunitaria enfrenta algunos desafíos como la falta de recursos o tiempo, también es posible que las expectativas de la comunidad y los objetivos del proyecto pueden diferir, requiriendo mediación y ajustes. Es crucial garantizar que todos los grupos (mujeres, jóvenes, indígenas) sean incluidos en el proceso.

11. Referencias y Recursos Adicionales

- Aliaga-Rossel, E., Martins, M.B., Barrera, S., Benítez, Á., Cano, C.A., et al. 2023. Capítulo 2: Situación, tendencias y dinámica de la diversidad biológica y las contribuciones de la naturaleza para las personas En: Evaluación Rápida de la Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos en la Región Amazónica. M.E. Corvalán (Ed.) OTCA, Proyecto OTCA/ BIOMAZ, GIZ-Brasil, Ministerio Federal Alemán de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ), Instituto Humboldt (Colombia). Brasilia, Brasil.
- APMT. (2020). Tercera comunicación nacional del Estado plurinacional de Bolivia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. La Paz.
- APMT. (2022). Mapa Nacional de Vulnerabilidad Actual al Cambio Climático 2022. Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. La Paz.
- APMT. (2023). Política Plurinacional de Cambio Climático. Autoridad Plurinacional de la Madre Tierra. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. La Paz.
- Artaxo, P., Almeida-Val, V.M.F., Bilbao, B., Brando, P., Bustamante, ... et al. (2021). Capítulo 23: Impactos de la deforestación y el cambio climático sobre la biodiversidad, los procesos ecológicos y la adaptación ambiental. En: Nobre, C., Encalada, A., Anderson, E., Roca Alcazar, F.H., Bustamante, ... et al. (Eds). Informe de evaluación de Amazonía 2021. Traducido del inglés al español por iTranslate. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA. Disponible en: <https://www.laamazonia.quequeremos.org/pca-publicaciones> DOI: 10.55161/SNT03592.
- Artaxo, P., Hansson, H. C., Andreae, M. O., Bäck, J., Gomes-Alves, E., Barbosa, H. M., ... & Kesselmeier, J. (2022). Tropical and boreal forest–atmosphere interactions: a review. *Tellus, Series B-Chemical and Physical Meteorology*, 24(1), 24-163.
- Balick, M.J. (1992). *Jessenia* y *Oenocarpus*: palmas aceiteras neotropicales dignas de ser domesticadas. Estudio para la Producción y Protección Vegetal 88, fao, Roma. 180 p.
- Banco Mundial. (2024). Datos de producción pesquera total y Producción acuícola de Bolivia (en toneladas métricas) <https://data.worldbank.org/indicator/ER.FSH.AQUA.MT?locations=BO> Accedido el 18/11/2024.
- Barichivich, J., Gloor, E., Peylin, P., Brienen, R. J., Schöngart, J., Espinoza, J. C., & Pattnayak, K. C. (2018). Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation. *Science advances*, 4(9), eaat8785.
- Berenguer, E., Armenteras, D., Alencar, A., Almeida, C., Aragão, L., Barlow, J., ... & García-Villacorta, R. (2021). Chapter 19: Drivers and ecological impacts of deforestation and Forest degradation. En: Nobre, C., Encalada, A., Anderson, E., Roca Alcazar, F.H., Bustamante, M., Mena, C., ...& Zapata-Ríos, G. (Eds). Amazon Assessment Report 2021. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA. Disponible en: <https://www.theamazonwewant.org/spa-reports/> DOI: 10.55161/AIZJ1133
- Binns, J.A., Illgner, P.M. & Nel, E.L. (2001) Water shortage, deforestation and development: south Africa's working for water program. *Land degradation development* 12: 341-355
- Bolfe, E. L., & Batistella, M. (2011). Floristic and structural analysis of agroforestry systems in Tomé-Açu, Pará, Brazil.

- Brando, P. M., Paolucci, L., Ummenhofer, C. C., Ordway, E. M., Hartmann, H., ... et al. (2019). Droughts, wildfires, and forest carbon cycling: A pantropical synthesis. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 47(1), 555-581.
- Braz-Mota, S. & Val A. L. (2024). Fish mortality in the Amazonian drought of 2023: the role of experimental biology in our response to climate change. *Journal of Experimental Biology*, 227(17).
- Braz-Mota, S., & Luis Val, A. (2024). Fish mortality in the Amazonian drought of 2023: the role of experimental biology in our response to climate change. *Journal of Experimental Biology*, 227(17).
- Brienen, R. J., Phillips, O. L., Feldpausch, T. R., Gloor, E., Baker, ... et al. (2015). Long-term decline of the Amazon carbon sink. *Nature*, 519(7543), 344-348.
- Butt, N., de Oliveira, P.A. & Costa, M.H. (2011). Evidence that deforestation affects the onset of the rainy season in Rondonia, Brazil. *J Geophys Res* 116: D11120.
- Cabrera, H. W. & Wallace, R. 2007. Densidad y distribución espacial de palmeras arborescentes en un bosque preandino-amazónico de Bolivia. *Ecología en Bolivia*. 42(2): 121-135.
- Camburn, M. (2011). El consumo de pescado en la Amazonia boliviana. COPESCAALC. Documento Ocasional. No 14. Roma, FAO. 64 pp. <https://www.fao.org/4/i2446s/i2446s00.pdf>
- Campbell, B. M., Hansen, J., Rioux, J., Stirling, C. M., & Twomlow, S. (2018). Urgent action to combat climate change and its impacts (SDG 13): transforming agriculture and food systems. *Current opinion in environmental sustainability*, 34, 13-20.
- Cândido, T. L. N., Silva, M. R., & Agostini-Costa, T. S. (2015). Bioactive compounds and antioxidant capacity of buriti (*Mauritia flexuosa* Lf) from the Cerrado and Amazon biomes. *Food Chemistry*, 177, 313-319.
- Carden C. 2010. Cortinas Rompimiento. En: SIFT (Sociedad Internacional de Forestales Tropicales). Capítulo Bolivia, Boletín N° 1.
- CARE. (2020). Análisis de Capacidad y Vulnerabilidad Climática (ACVC) Manual Versión 2.0. Care-Internacional. CARE <https://careclimatechange.org/cvca/>
- Cattani, I. M., & Barúque-Ramos, J. (2016). Brazilian buriti palm fiber (*Mauritia flexuosa* Mart.). In *Natural Fibres: Advances in Science and Technology Towards Industrial Applications: From Science to Market* (pp. 89-98). Springer Netherlands.
- CEPAC (Centro para la Promoción Agropecuaria Campesina). 25 de mayo de 2017. Manual de Piscicultura: Parte I [Video]. YouTube. Obtenido de: <https://www.youtube.com/watch?v=G3C-JLtlj FE>
- Céspedes, L. 2017. Aporte económico, social y ambiental de los sistemas agroforestales (SAF) como parte de la propuesta económica productiva de base agroecológica en el municipio Gonzalo Moreno. Estudio de caso N° 3. CIPCA.
- CIPCA. (2015). Sistemas Agroforestales en la Amazonía boliviana. Una valoración de sus múltiples funciones. Centro de Investigación y Promoción del Campesinado. Cuadernos de Investigación 82. La Paz. 196 p.
- Conservación Amazónica-ACEAA. (2022). Estudio y análisis de mercado para la palma real (*Mauritia flexuosa*), majo (*Oenocarpus bataua*) y copoazú (*Theobroma grandiflorum*) en la ciudad de Cobija. Folleto Técnico, La Paz, Bolivia, 20 p.
- Conservación Amazónica-ACEAA. (2023). *Deforestación en el Departamento de Pando 2001-2022*. Catálogo de mapas temáticos de Pando. Observatorio de Furtos Amazónicos y Cambio Climático (OFACC). Secretaría Departamental de Gestión Integral de la Madre Tierra del Departamento de Pando. Fondo Global EbA (GEF), UICN, IKI. Cobija, Pando. <https://issuu.com/conservacionamazonica/docs/dossier-mapas-tematicos-pando-2>
- Conservación Amazónica-ACEAA. (2024a). Reporte técnico 2024 del Sistema de Monitoreo Integral del Área de Manejo Integral del Bosque de Porvenir (ANMIB-Porvenir), Pando Asociación para la Investigación y Conservación de Ecosistemas Andino - Amazónicos (ACEAA - Conservación Amazónica), La Paz, Bolivia. 37 p.
- Conservación Amazónica-ACEAA. (2024b). Reporte técnico 2024 del Sistema de Monitoreo Integral del Bosque Amazónico de Manejo Integral de Puerto Rico, Pando. Asociación para la Investigación y Conservación de Ecosistemas Andino - Amazónicos (ACEAA - Conservación Amazónica), La Paz, Bolivia. 33 p.
- Conservación Amazónica-ACEAA. (2024c). Reporte técnico 2024 del Sistema de Monitoreo Integral del Área Modelo de Manejo Integral de Santa Rosa del Abuná (AMISRA), Pando. Asociación para la Investigación y Conservación de Ecosistemas Andino - Amazónicos (Conservación Amazónica-ACEAA), La Paz, Bolivia. 36 p.
- De Oliveira Alves, N., Vessoni, A. T., Quinet, A., Fortunato, R. S., Kajitani, ... et al. (2017). Biomass burning in the Amazon region causes DNA damage and cell death in human lung cells. *Scientific reports*, 7(1), 10937.
- De Oliveira Galvao, M. F., de Oliveira Alves, N., Ferreira, P. A., Caumo, S., de Castro Vasconcellos, ... et al. (2018). Biomass burning particles in the Brazilian Amazon region: Mutagenic effects of nitro and oxy-PAHs and assessment of health risks. *Environmental Pollution*, 233, 960-970.

- Delgado, C., Couturier, G., & Mejia, K. (2007). *Mauritia flexuosa* (Arecaceae: Calamoideae), an Amazonian palm with cultivation purposes in Peru. *Fruits*, 62(3), 157-169.
- Díaz, J.A. & Ávila L.M. 2002. Sondeo del mercado mundial de aceite de seje (*Oenocarpus bataua*). Biocomercio Sostenible. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, Bogotá. 18 p.
- Ellwanger, J. H., Kulmann-Leal, B., Kaminski, V. L., Valverde-Villegas, J. M., da Veiga, ... et al. (2020). Beyond diversity loss and climate change: Impacts of Amazon deforestation on infectious diseases and public health. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 92(1), e20191375.
- Espinoza, J. C., Jimenez, J. C., Marengo, J. A., Schongart, J., Ronchail, J., Lavado-Casimiro, W., & Ribeiro, J. V. M. 2024. The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features. *Scientific Reports*, 14(1), 8107.
- Esquivel-Muelbert, A., Baker, T. R., Dexter, K. G., Lewis, S. L., Brienen, R. J., ... et al. (2019). Compositional response of Amazon forests to climate change. *Global change biology*, 25(1), 39-56.
- FAN. (2019). Reporte de incendios forestales a nivel nacional, 25 de septiembre 2019. Santa Cruz, Bolivia: Fundación Amigos de la Naturaleza.
- FAO. (2016). Estado mundial del recurso suelo. Resumen Técnico.
- FAO. (s.f.). Manual de Piscicultura. Colección FAO Capacitación: Métodos sencillos para la acuicultura. https://www.fao.org/fishery/static/FAO_Training/FAO_Training/SPA_MENU.htm
- FAO. (2024). The state of world fisheries and aquaculture. Blue transformation in action. Rome. <https://doi.org/10.4060/cd0683en>
- FEBA. (2017). Hacer que la adaptación basada en ecosistemas sea eficaz: un marco para definir criterios de cualificación y estándares de calidad. Friends of Ecosystem-based Adaptation. documento técnico de FEBA elaborado para CMNUCC-OSACT 46). GIZ, Bonn, Alemania, IIED, Londres, Reino Unido, y UICN, Gland, Suiza. 14 pp.
- Feng, Y., Negrón-Juárez, R. I., Romps, D. M., & Chambers, J. Q. (2023). Amazon windthrow disturbances are likely to increase with storm frequency under global warming. *Nature Communications*, 14(1), 101.
- FES. (2015). Navegando futuro. Dos experiencias de adaptación al cambio climático en Bolivia. Fundación Friedrich Ebert. Grupo impresor, La Paz. 189 p.
- FJMP (Fundación José Manuel Pando). (2006). Estudio de factibilidad de la Acuicultura en Pando. Publicación en colaboración con el Proyecto Bosque y VIDA. Santa Cruz, Bolivia.
- Franco, A. L., Sobral, B. W., Silva, A. L., & Wall, D. H. (2019). Amazonian deforestation and soil biodiversity. *Conservation Biology*, 33(3), 590-600.
- de Freitas, W. K., Portz, A., de Carvalho Peres, A. A., Tarré, R. M., & de Melo Campos, M. (2018). Soil nutrient content and plant phytosociology in agroforestry systems of the Rio de Janeiro State highlands, Brazil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 40, 1-8.
- Friedlingstein, P., O'Sullivan, M., Jones, M.W., Andrew, R.M., Bakker, D.C.E., ...et al. (2023). Global Carbon Budget 2023, *Earth System Science Data*, 15, 5301–5369, <https://doi.org/10.5194/essd-15-5301-2023>, 2023.
- Fu, R., Yin, L., Li, W., Arias, P. A., Dickinson, ... et al. (2013). Increased dry-season length over southern Amazonia in recent decades and its implication for future climate projection. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(45), 18110-18115.
- GAD Pando (Gobierno Autónomo Departamental de Pando). (2022). Plan Territorial de Gestión Integral para Vivir Bien del Departamento de Pando 2021-2025.
- García, J.J., Celis, L.M., Villalba, E.L., Mendoza, L.C., Brú, S.B., ... et al. (2011). Evaluación del policultivo de bocachico (*Prochilodus magdalenae*) y tilapia (*Oreochromis niloticus*) utilizando superficies fijadoras de perifiton. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 58: 71-83.
- Gatti, L. V., Basso, L. S., Miller, J. B., Gloor, M., Gatti Domingues, L., ... et al. (2021). Amazonia as a carbon source linked to deforestation and climate change. *Nature*, 595(7867), 388-393.
- Gates, J.B., Scanlon, B.R., Mu, X., & Zhang, L. (2011) Impacts of soil conservation on groundwater recharge in the semi-arid Loess Plateau, China *Hydrogeology Journal* 19: 865–875
- GFW. (2024). Cambio forestal de Bolivia. Disponible en: <https://www.globalforestwatch.org/dashboards/global/>
- Gomes, V. H., Vieira, I. C., Salomão, R. P., & ter Steege, H. (2019). Amazonian tree species threatened by deforestation and climate change. *Nature Climate Change*, 9(7), 547-553.
- Goulding, M., & Smith, N. (2007). *Palms: sentinels for Amazon conservation* (pp. 356-pp).
- Guayasamin, J.M., Ribas, C.C., Carnaval, A.C., Carrillo J.D., Hoorn, C., ... & Albert, J.S. (2021). Chapter 2: Evolution of Amazonian Biodiversity. In: Nobre, C, Encalada, A., Anderson, E., Roca Alcazar, F.H., Bustamante, M, ... & Zapata-Ríos, G. (Eds). *Amazon Assessment Report 2021*. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA. Available from

- <https://www.theamazonwewant.org/spa-reports/>. DOI: 10.55161/CZWN4679
- Horn, C. M., Gilmore, M. P., & Endress, B. A. 2012. Ecological and socio-economic factors influencing aguaje (*Mauritia flexuosa*) resource management in two indigenous communities in the Peruvian Amazon. *Forest Ecology and Management*, 267, 93-103.
- Houghton, R. A. (2012). Carbon emissions and the drivers of deforestation and forest degradation in the tropics. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(6), 597-603.
- Hubau W, Lewis SL, Phillips OL, et al. 2020. Asynchronous carbon sink saturation in African and Amazonian tropical forests. *Nature* 579: 80–7
- Ibisch, P. L., Beck, S. G., Gerkmann, B. & Carretero, A. 2003. La diversidad biológica: ecorregiones y ecosistemas. pp. 47–88. En: Ibisch, P.L. & G. Mérida (eds.) Biodiversidad: La Riqueza de Bolivia. Editorial Fundación Amigos de la Naturaleza (FAN), Santa Cruz de la Sierra.
- IGRAC, UNEP & IWMI. (2014). Ecosystem-based Adaptation in Groundwater Management. Centro Internacional de Evaluación de Recursos Hídricos Subterráneos (IGRAC), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), Instituto Internacional de Gestión del Agua (IWMI).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2021). Cambio Climático 2021: Base Física Científica. IPCC Report.
- Irwin, S., Dulón, R., Hinojosa, V., Céspedes, A., Badani, L., Abastoflor, W., & Carolsfeld, J. (2023). The Emergence of a New Aquaculture System in Bolivia. *WORLD AQUACULTURE*, 23.
- Izasa, C. (2013). Moriche o canangucho (*Mauritia flexuosa*). Pp: 134-142, en: Bernal, R. y Galeano G (Eds.) 2013. Cosechando sin destruir, Aprovechamiento sostenible de palmas colombianas. Facultad de Ciencias-Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. 244 pp.
- Isaza, C., Martorell, C., Cevallos, D., Galeano, G., Valencia, R., & Balslev, H. (2016). Demography of *Oenocarpus bataua* and implications for sustainable harvest of its fruit in western Amazon. *Population ecology*, 58, 463-476.
- JRC-EC (Joint Research Centre, European Commission), Crippa M, Guizzardi D, Pagani F, Banja M, ...et al. (2024). Emisiones de GEI de todos los países. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/4002897>, JRC138862.
- Leite-Filho AT, Sousa Pontes VY, and Costa MH. 2019. Effects of Deforestation on the Onset of the Rainy Season and the Duration of Dry Spells in Southern Amazonia. *J Geophys Res Atmos* 124: 5268–81.
- Kahn, F., & De Granville, J. J. (2012). *Palms in forest ecosystems of Amazonia* (Vol. 95). Springer Science & Business Media.
- Lathuillière, M. J., Coe, M. T., & Johnson, M. S. (2016). A review of green-and blue-water resources and their trade-offs for future agricultural production in the Amazon Basin: what could irrigated agriculture mean for Amazonia? *Hydrology and Earth System Sciences*, 20(6), 2179-2194.
- Lazcano, M. (8 de abril de 2024). Construcción de planta industrial para producción de alevines en Pando llega al 20%. *La Razón*. <https://www.la-razon.com/economia/2024/04/08/construccion-de-planta-industrial-para-produccion-de-alevines-en-pando-llega-al-20/>
- Le Page, Y., Morton, D., Hartin, C., Bond-Lamberty, B., Pereira, ... et al. (2017). Synergy between land use and climate change increases future fire risk in Amazon forests. *Earth System Dynamics*, 8(4), 1237-1246.
- Leite-Filho, A. T., de Sousa Pontes, V. Y., & Costa, M. H. (2019). Effects of deforestation on the onset of the rainy season and the duration of dry spells in southern Amazonia. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 124(10), 5268-5281.
- Lorini, H. 2015. El mercado para productos derivados de asaí, majo, castaña y copoazú en las ciudades de La Paz, Riberalta y Cobija. *CSF-APMT, La Paz, Bolivia*.
- Lorini, H. 2016. El mercado de La Paz, Cochabamba, Santa Cruz y Trinidad para pulpas de asaí, majo y copoazú, aceite de majo y manteca de copoazú. *CSF-IPHAE, FOSC, La Paz, Bolivia*.
- Lovejoy, T. E., & Nobre, C. (2018). Amazon Tipping Point. *Science Advances*. 4. <https://advances.sciencemag.org/content/4/2/eaat2340>
- Macía, M. J., Armesilla, P. J., Cámara-Leret, R., Paniagua-Zambrana, N., Villalba, ... et al. (2011). Palm uses in northwestern South America: A quantitative review. *Botanical Review*, 77(4), 462–570.
- Malhi Y, Melack J, Gatti LV, Ometto J, Kesselmeier J, Wolff S, ...et al. (2021). Capítulo 6: Ciclos Biogeoquímicos de la Amazonía. En: Nobre C, Encalada A, Anderson E, Roca Alcazar FH, Bustamante M, ...et al. (Eds). Informe de evaluación de Amazonía 2021. Traducido del inglés al español por iTranslate. United Nations Sustainable Development Solutions Network, New York, USA. Disponible de <https://www.laamazonia.quequeremos.org/pca-publicaciones>. DOI: 10.55161/FRJG1833
- Manzi, M., & Coomes, O. T. (2009). Managing Amazonian palms for community use: a case of aguaje palm

- (*Mauritia flexuosa*) in Peru. *Forest Ecology and Management*, 257(2), 510-517.
- Martínez-Rodríguez, M. R., Viguera, B., Donatti, C. I., Harvey, C. A., & Alpizar, F. (2017). Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura Prácticas de adaptación basadas en ecosistemas (AbE), módulo 4.
- MDRyT (Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras, Bolivia). 2014. Atlas de riesgo Agropecuario y cambio climático para la soberanía alimentaria. La paz, Bolivia.
- MDRyT-VDRA. (31 de mayo de 2019). Gobierno invierte más de 2 millones de bs en construcción de estanques piscícolas. <https://www.ruralytierras.gob.bo/index.php?in=6478>
- MEA. (2005). Ecosystems and human well-being. Millenium Ecosystems Assessment. Synthesis. Island Press, Washington, DC. 155 p.
- Mesa, L., Buitrago, A., & Isaza, C. (2017). Manejo de *Mauritia flexuosa* L.f. para la producción de artesanías en la altillanura colombiana. *Colombia Forestal*, 20, 85–101.
- Mikkola, H. (2024). Aquaculture and Fisheries as a Food Source in the Amazon Region-A Review. *Food Nutr J*, 9, 286.
- Miranda, J., Montañó, F., Zenteno, F., Nina, H. & Mercado, J. (2008). El Majo (*Oenocarpus bataua*): una Alternativa de Biocomercio en Bolivia. TRÓPICO - PNBS - FAN. Ediciones TRÓPICO. La Paz, Bolivia.
- Miranda, J., Moraes, M. R & Müller, R. (2009). Estructura poblacional, producción de frutos y uso tradicional de la palmera “majo” (*Oenocarpus bataua* Mart) en Bosque Montano (La Paz, Bolivia). *Rev GAB*, 1, 4-10.
- Miranda-Chumacero, G., Terrazas, A. & Wallace, R. (2011). Importancia económica de la ictiofauna para comunidades indígenas Takanas del río Beni. En: Van Damme, P. A., Carvajal-Vallejos, F. M. & Molina Carpio J. (dirs.). Los peces de la Amazonia boliviana: hábitats, potencialidades y amenazas. Cochabamba, Bolivia, INIA. 490 p.
- Moraes, M., Hurtado, R., & Mejía, K. (2020). *Mauritia flexuosa* un símbolo de las palmas útiles sudamericanas. *Palmeras y usos: Especies de Bolivia y la región*, 71.
- Muschler RG. 2016. Agroforestry: essential for sustainable and climate-smart land use? pp. 6–11. En: *Tropical Forestry Handbook*. Pancel, L. & M. Köhl, Springer-Verlang. 2da edición. Berlin, Alemania.
- Myhre, G., Shindell, D., Bréon, F.M., Collins, W., Fuglestedt, J., ... et al. (2013). Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. En: Stocker TF, Qin D, Plattner GK, Tignor M, Allen SK, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V & PM Midgley (eds.). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. Contribución del grupo de trabajo I al 5to reporte del Panel Intergubernamental sobre cambio climático. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Navarro, G. & W. Ferreira. 2009. Biogeografía de Bolivia. pp. 23-39. En: Moraes R., M., B. Mostacedo & S. Altamirano (eds.) *Libro Rojo de Parientes Silvestres de Cultivos de Bolivia*, Viceministerio de Medio Ambiente, Biodiversidad y Cambio Climático (VMABCC), Bioversity, Plural Editores, La Paz
- NOAA NCEI.2024. Annual 2023 Climate Report. National Oceanic and Atmospheric Administration- National Centers for Environmental Information. Disponible en: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/monthly-report/global/202313>
- OAP (Observatorio Agroambiental Productivo). 2021. Pando: Superficie, producción y rendimiento por año agrícola según cultivo.
- OFACC. (2024). Mapas de cambio climático para temperatura y precipitación en generados por el CMIP6 para los escenarios 245 y 858 en el periodo 2040-2059. Disponible en: <https://geo.frutosamazonicos.org/bo/>
- ONU-Nutrición. (2021). El papel de los alimentos acuáticos en unas dietas saludables sostenibles. Documento de debate. 64 p.
- OTCA & CIIFEN. (2021). Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica. Organización del Tratado de Cooperación Amazónica y Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño.
- Paniagua-Zambrana, N. Y. 2005. Diversidad, densidad, distribución y uso de las palmas en la región del Madidi, noreste del departamento de La Paz (Bolivia). *Ecología en Bolivia* 40(3): 265-280.
- Panel Científico por la Amazonía (2021). Resumen ejecutivo del informe de evaluación de la Amazonía 2021. Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, Nueva York, EE. UU. 48 páginas.
- Peralta, C., & Tonore, C. (2009). Potencial natural y económico del majo (*Oenocarpus bataua*) en el norte amazónico de Bolivia. En: Peralta, C., Vos, V.A., Llanque-Espinoza, O.E., & Zonta, A. (Eds.). *Productos del bosque. Potencial social, natural y financiero en hogares de pequeños productores de la Amazonia* (pp. 57-68), Proyecto ForLive EU-INCO-CT-2004-510903.
- Peralta, C., Wachholtz, R., Balderrama, C., Camargo, R., Teran, V., & Gareca, E. (2010). Diagnóstico de sector forestal de Riberalta. Informe preliminar. Fundación

- Amigos de la Naturaleza. Gobierno Autónomo Municipal de Riberalta.
- Peralta, C., Miranda, J., & Moraes M. (2020). *Oenocarpus bataua*: Una palmera aprovechada a nivel regional. pp. 85-97. En: Moraes R., M. (ed.) Palmeras y Usos: Especies de Bolivia y la Región. Herbario Nacional de Bolivia, Instituto de Ecología, Universidades Mayor de San Andrés, Plural editores, La Paz.
- Pereira, R. D. A. (2020). Produção da piscicultura de espécies nativas da Amazônia em Rondônia. Caderno de Ciências Agrária, 12: 01-05.
- Pérez, T., Zambrana, V., Van Damme P. A. y Carolsfeld J. (2014). Consumo de pescado en la Amazonia boliviana. Pp. 357-403. En MRE-MMAyA (dir.). Sistema de monitoreo de los impactos de las represas hidroeléctricas Jirau y Santo Antônio en territorio boliviano: línea de base sobre ecosistemas y recursos acuáticos en la Amazonia boliviana. Cochabamba, Bolivia, INIA. 465 pp.
- Pinto Ruiz R, Madrigal RQ, Medina FJ, Hernández FG, Castro HG. 2009. Experiencias del uso de especies leguminosas como cobertura para la producción sostenible de maíz. pp. 127-44. En: Sepúlveda, C. & M. Ibrahim. Políticas y sistemas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas como una medida de adaptación al cambio climático en América Central. CATIE. Turrialba.
- PNUMA, IEMP & IISD. 2018. ALivE Herramienta de Planificación para la adaptación, los medios de vida y los ecosistemas: Manuel del usuario Versión 1.0. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), International Ecosystem Management Partnership (Alianza Internacional de Manejo de Ecosistemas, IEMP), Instituto Internacional para el Desarrollo sostenible (IISD).
- PPV-II, MDRyT & SENASAG. (2018). Manual de buenas prácticas para de higiene y manipulación del pescado. 1ª Edición. Proyecto Peces para la Vida II, Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras & Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria. Cochabamba.
- Rainville, T., Abastoflor, W., Macnaughton, A., Van Damme, P., Carolsfeld, J. & Céspedes, A. (2014). Stories of change: Family fish farming improves quality of life in the Bolivian Amazon. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (IDRC). <http://hdl.handle.net/10625/53660>
- Rojas-Ruiz, R., Ruiz. P. G., Ramírez-Meléndez, P., Salazar, J. C. F., Rengifo, S. C....et al. (2001). Comercialización de masa y «fruto verde» de aguaje (*Mauritia flexuosa* L.f.) en Iquitos (Perú). *Folia Amazónica*, 12(1-2), 15-38.
- Sampaio, M., Ticktin, T., Seixas, C., & Santos, F. (2012). Effects of socioeconomic conditions on multiple uses of swamp forests in Central Brazil. *Human Ecology*, 40, 821-831.
- SEDAG. (s.f.). Cultivo y manejo de tambaquí y pacú. Servicio Departamental Agropecuario, Secretaría Departamental de Desarrollo Productivo y Economía Plural, Gobierno Autónomo Departamental de Cochabamba.
- SENAMHI. 2023. Resumen Climático Mensual (enero a diciembre de 2023). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Ministerio de Medio Ambiente y Agua.
- Schumacher, R. S. & Rasmussen, K. L. The formation, character and changing nature of mesoscale convective systems. *Nat. Rev. Earth Environ.* 1, 300-314 (2020).
- Seeley, J. T., & Romps, D. M. (2015). Why does tropical convective available potential energy (CAPE) increase with warming? *Geophysical Research Letters*, 42(23), 10-429.
- Shanley, P., & Medina G. (2005). Frutíferas e Plantas Úteis na Vida Amazônica. CIFOR, Imazon. Belém. 296 p.
- Singh, M. S., Kuang, Z., Maloney, E. D., Hannah, W. M. & Wolding, B. O. Increasing potential for intense tropical and subtropical thunderstorms under global warming. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 114, 11657-11662 (2017).
- Silva, C. V., Aragão, L. E., Barlow, J., Espírito-Santo, F., Young, P. J., Anderson, L. O., ... & Xaud, H. A. (2018). Drought-induced Amazonian wildfires instigate a decadal-scale disruption of forest carbon dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 373(1760), 20180043.
- da Silva, S. S., Fearnside, P. M., de Alencastro Graça, P. M. L., Brown, I. F., Alencar, A., & de Melo, A. W. F. (2018). Dynamics of forest fires in the southwestern Amazon. *Forest ecology and management*, 424, 312-322.
- Silvério, D. V., Brando, P. M., Bustamante, M. M. C., Putz, F. E., Marra, D. M., Levick, S. R., & Trumbore, S. E. (2019). Fire, fragmentation, and windstorms: A recipe for tropical forest degradation. *Journal of Ecology*, 107(2), 656-667.
- Smith, P., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Haberl, H., Harper, ... et al. (2014). *Chapter 11 - Agriculture, forestry and other land use (AFOLU)*. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. IPCC Working Group III Contribution to AR5*. Cambridge University Press.
- Soluciones Prácticas. (2016). Municipios con recurrencia a inundaciones y Sequías. 78 p.
- UDAPE-MPD (Unidad de Análisis de Políticas sociales y Económicas del Ministerio de planificación para el Desarrollo). (2015). Vulnerabilidad poblacional al riesgo de desastres en Bolivia. La Paz, Bolivia: Editorial Greco.

- Van Damme, P. A., Córdova Clavijo, L., & Miranda-Chumacero, G. (2023). Bolivia, Estado plurinacional de. En: Baigún, C. R. M. & Valbo-Jørgensen, J. (Eds.) 2023. La situación y tendencia de las pesquerías continentales artesanales de América Latina y el Caribe. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura N.º 677. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc3839e>
- Valladão, G. M. R., Gallani, S. U., & Pilarski, F. (2014). South American fish for continental aquaculture. *Reviews in Aquaculture*, 0, 1-19.
- Vega, B., Lobo, F.L., Zubieta, J., Carolsfeld, J., Zambrana, I. & Van Damme, P.A. (2018). Socio-environmental mapping for the prediction of aquaculture success of Pacu (*Colossoma* spp., *Piaractus* spp., and hybrids) in the Bolivian Amazon. *J Appl Ichthyol.*;34:1267–1276. <https://doi.org/10.1111/jai.13814>
- Vegas-Vilarrúbia, T., Baritto, F., López, P., Meleán, G., Ponce, M. E., Mora, L., & Gómez, O. (2010). Tropical Histosols of the lower Orinoco Delta, features and preliminary quantification of their carbon storage. *Geoderma*, 155(3-4), 280-288.
- Velasquez, M. D. (30 de agosto de 2024). CIPCA inaugura sistema piscícola para jóvenes emprendedores de Exaltación y Galilea en San Lorenzo, Pando. CIPCA. <https://www.cipca.org.bo/noticias/cipca-inaugura-sistema-piscicola-para-jovenes-emprendedores-de-exaltacion-y-galilea-en-san-lorenzo-pando>
- Vos, V.A, O. Vaca & A. Cruz. 2015. Sistemas Agroforestales en la Amazonía boliviana Una valoración de sus múltiples funciones. Cuaderno de Investigación 82. CIPCA.
- Vos, V. A., R. Chávez, H. Teco, R. Menchaca & D. Sánchez. 2016. Estimación del potencial económico de la producción familiar en la Amazonía boliviana. En: Peralta Rivero, C., C. Contreras Servín, M. Guadalupe Galindo & LA Bernal Jacomé (Coord.), Tópicos ambientales y conservación de ecosistemas naturales (1ra ed., pp. 43-59).
- Vos, V. A. 2017. Propuesta para el componente productivo de los planes de mitigación de la crisis de la castaña de la Amazonía boliviana. *Riberalta Bolivia: Centro de Investigación y Promoción del Campesinado*, 78.
- Weigend, M., Balslev, H., Gruezmacher, M., Millán, B. & Mittelbach, M. (2015). Comercialización de productos de palmas nativas: Estado general y tendencias futuras. En: Balslev, H., Macía, M.J. & Navarrete, H. (eds) Cosecha de palmas en el noroeste de Suramérica: Bases científicas para su manejo y conservación. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador, pp 103–130



CONSERVACIÓN
Amazónica
ACEAA