

Protocolo para la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales del sector ambiental en Honduras

Marco teórico, necesidades específicas
y ejemplos de aplicación

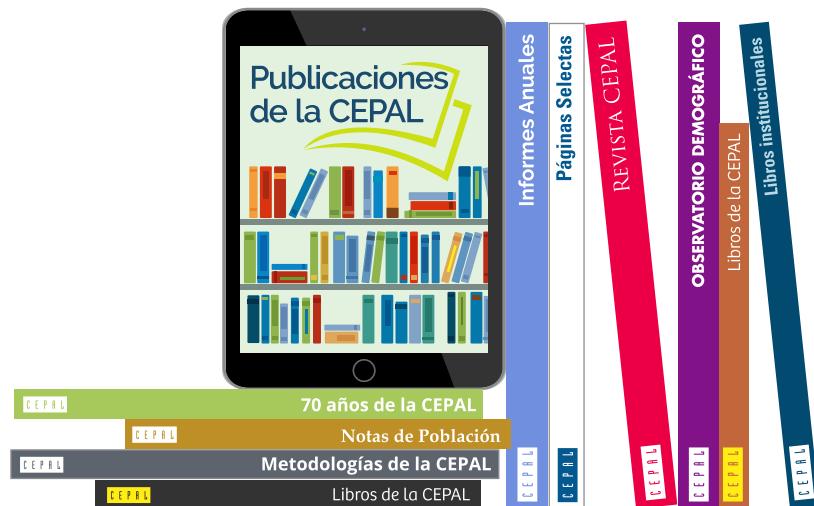
Omar Bello

Lia Fain

Coordinadores



Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

Deseo registrarme



NACIONES UNIDAS



www.cepal.org/es/publications



www.instagram.com/publicacionesdelacepal



www.facebook.com/publicacionesdelacepal



www.issuu.com/publicacionescepal/stacks



www.cepal.org/es/publicaciones/apps

**Protocolo para la estimación de daños,
pérdidas y costos adicionales del
sector ambiental en Honduras**

**Marco teórico, necesidades específicas
y ejemplos de aplicación**

Omar Bello
Lia Fain
Coordinadores



Este documento fue preparado bajo la coordinación de Omar Bello, Oficial de Asuntos Económicos de la Oficina de la Secretaría de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y Lia Fain, Oficial de Asuntos Económicos de la sede subregional de la CEPAL en México, en un trabajo conjunto con la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) de Honduras.

Son autores de diferentes secciones las siguientes personas: Ana Aguilar Karina (caso de estudio sobre pérdida de cobertura boscosa en Honduras), Carlos Espiga (caso de estudio sobre línea de base de parques nacionales), Adrián Flores (capítulos sobre estimación de una línea base y estimación de daños, y caso de estudio sobre pérdida de cobertura boscosa en Honduras), Mauricio González (capítulos sobre definición del área afectada, estimación de pérdidas y costos adicionales) y Francisco Ibarra (caso de estudio sobre línea de base de parques nacionales). Mauricio González prestó también apoyo en lo referente a sistemas de información geográfica (GIS).

Este documento forma parte de las actividades del Fondo de Adaptación Climática y Respuesta Integral a Desastres Naturales (FACRID) de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC).

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos a sitios web externos incluidos en esta publicación.

No deberá entenderse que existe adhesión de las Naciones Unidas o los países que representan a empresas, productos o servicios comerciales mencionados en esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas de esta publicación no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

Publicación de las Naciones Unidas
LC/TS.2024/32
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2024
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.2400483[S]

Esta publicación debe citarse como: O. Bello y L. Fain (coords.), "Protocolo para la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales del sector ambiental en Honduras: marco teórico, necesidades específicas y ejemplos de aplicación", *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2024/32), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2024.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Reconocimientos

Este ejercicio se hizo en conjunto con (SERNA), ente solicitante de esta asistencia técnica, y contó con la presencia y el pleno apoyo de funcionarios/as de los diversos ministerios e instituciones del sector público y privado relevantes.

Es justo reconocer el aporte Paulette Herrera (SERNA) quien fue el enlace con todos los organismos, acompañó la misión a terreno, organizó la agenda, las reuniones y al monitoreo de la información solicitada.

También se agradece el valioso apoyo de las personas siguientes: Daniel Ricardo García (ICF), Kenia Mejía (IHT), Martha Varela (IHT), Marco Acosta (SINIT-SPE), Neemias Villalovos (SINIT-SPE), Jorge Luis Palma y Rufo Paredes (Fundación AMITIGRA, Parque Nacional La Tigra).

Nuestro agradecimiento a todas las instituciones que nos dedicaron tiempo e información.

Índice

Introducción	11
I. Protocolo para la estimación de daños y pérdidas del sector medio ambiente.....	15
II. Estimación de una línea de base: construcción del escenario pre-desastre	19
III. Definición del área afectada	23
IV. Estimación de daños	27
A. Conceptos generales	27
B. Definición y valoración de activos ambientales en las zonas afectadas	28
C. Estimación de daños en activos ambientales con base en costos de restauración	29
V. Estimación de pérdidas	31
A. Conceptos generales	31
B. Definición y valoración de servicios ecosistémicos en las zonas afectadas	33
C. Estimación de pérdidas con base en los flujos de servicios ecosistémicos	34
VI. Costos adicionales	35
VII. Ejemplo 1 de aplicación del protocolo: caso de estudio de pérdida de cobertura boscosa en Honduras.....	37
Introducción.....	37
A. Metodología.....	39
B. Fase I: revisión de información secundaria, selección de áreas piloto y preprocesamiento de geo-information	39
C. Fase II: procesamiento de mosaicos de imágenes satelitales y clasificación	41
D. Fase III: análisis multitemporal	42
E. Estimación de daños y pérdidas.....	47
VIII. Ejemplo 2 de aplicación del protocolo: línea de base de parques nacionales	57
Introducción.....	57
A. Línea de base de activos construidos	59
B. Costo de reposición de activos naturales	65

C.	Línea de ingresos monetarios	66
D.	Servicios ecosistémicos	67
IX.	Consideraciones finales	69
	Bibliografía	71

Cuadros

Cuadro 1	Ejemplos de porcentaje de ecosistemas afectados por tipo de desastre	24
Cuadro 2	Ejemplos de costos de restauración de los ecosistemas	28
Cuadro 3	Clasificación y ejemplos de servicios ecosistémicos	31
Cuadro 4	Costa Rica, Honduras y Nicaragua: valores de referencia de los servicios ambientales de los ecosistemas forestales	33
Cuadro 5	Ejemplo de estimación de valor de servicios ecosistémicos de los bosques tropicales	33
Cuadro 6	Información secundaria	41
Cuadro 7	Estimación de servicios ecosistémicos (mínimo y máximo) de la superficie total en área piloto Valle del Sula	49
Cuadro 8	Estimación de servicios ecosistémicos (mínimo y máximo) de la superficie total en área piloto Biosfera del Río Plátano	49
Cuadro 9	Estimación de servicios ecosistémicos (mínimo y máximo) de la superficie total en área piloto Corredor Seco	50
Cuadro 10	Estimación del cambio de área, zona piloto Valle del Sula	50
Cuadro 11	Estimación del cambio de área, zona piloto Biosfera del Río Plátano	51
Cuadro 12	Estimación del cambio de área, zona piloto Corredor Seco	51
Cuadro 13	Estimación de daños, zona piloto Valle del Sula	51
Cuadro 14	Estimación de daños, zona piloto Biosfera del Río Plátano	52
Cuadro 15	Estimación de daños, zona piloto Corredor Seco	52
Cuadro 16	Estimación de pérdidas acumuladas, zona piloto Valle del Sula	53
Cuadro 17	Estimación de pérdidas acumuladas, zona piloto Biosfera del Río Plátano	53
Cuadro 18	Estimación de pérdidas acumuladas, zona piloto Corredor Seco	54
Cuadro 19	Resumen de estimación de daños y pérdidas en el sector ambiente, zonas piloto de Honduras	54
Cuadro 20	Parques nacionales	57
Cuadro 21	Precio unitario de infraestructura de parques nacionales	59
Cuadro 22	Factor de depreciación de infraestructura	60
Cuadro 23	Línea de base de vialidad de parques nacionales	61
Cuadro 24	Costo de reposición de edificaciones de parques nacionales	63
Cuadro 25	Línea de base de otras instalaciones de parques nacionales	64
Cuadro 26	Costo de reposición de activos físicos de parques nacionales	65
Cuadro 27	Costo de restauración de activos de parques nacionales	66
Cuadro 28	Ingresos anuales de parques nacionales	66
Cuadro 29	Servicios ecosistémicos de parques nacionales	67

Gráfico

Gráfico 1	Tipo de cobertura vegetal, parques nacionales	59
-----------	---	----

Diagramas

Diagrama 1	Protocolo para la estimación de daños y perdidas del sector ambiente	16
Diagrama 2	Roles institucionales para la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales del sector ambiente	17
Diagrama 3	Conexiones entre los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano	32
Diagrama 4	Flujograma general del proceso de Análisis Multitemporal	40

Mapas

Mapa 1	Áreas piloto seleccionadas y malla de escenas Sentinel 2 para Honduras	38
Mapa 2	Análisis de cambio en mosaico de imágenes T ₁ y T ₂ , Valle de Sula	41
Mapa 3	Superficie de cambio de cobertura entre T ₁ y T ₂ , Área Piloto 1, Valle de Sula	44
Mapa 4	Superficie de cambio de cobertura entre T ₁ y T ₂ , Área Piloto 2, Biósfera Río Plátano	45
Mapa 5	Superficie de cambio de cobertura entre T ₁ y T ₂ , Área Piloto 3, Corredor Seco.....	46
Mapa 6	Análisis de cambio de cobertura entre T ₁ y T ₂ , Área Piloto 3, Corredor Seco	47
Mapa 7	Parques nacionales	58

Imágenes

Imagen 1	Centro de visitantes, Parque Nacional La Tigra	62
Imagen 2	Cabañas y cafetería, Parque Nacional La Tigra	63
Imagen 3	Plataforma de acampada en el Parque Nacional La Tigra	64

Acrónimos

AMITIGRA	Fundación Amigos de La Tigra
AP	Acuerdo Presidencial
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CENAOS	Centro de Estudios Atmosféricos, Oceanográficos y Sísmicos de Honduras
COPECO	Centro de Operaciones de la Secretaría en los Despachos de Gestión de Riesgos y Contingencias Nacionales
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
DaLA	Damage and Loss Assessment
DL	Decreto Legislativo
EEM	Evaluación de Ecosistemas del Milenio
EVI	Índice de Vegetación Mejorado
ICF	Instituto de Conservación Forestal
IPC	Índice de Precios al Consumidor
L.	Lempiras
NDVI	Índice de vegetación de diferencia normalizada
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
SAVI	Índice de Vegetación Ajustado al Suelo
SERNA	Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente
SIG	Sistemas de información geográfica
SINAPH	Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras
SINIT	Sistema Nacional de Información Territorial
SPE	Secretaría de Planificación Estratégica
SR	Sensores Remotos
WWF	World Wildlife Fund

Introducción

Desde la década del setenta, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) ha desarrollado y promovido la metodología *Damage and Loss Assessment* conocida por su sigla en inglés DaLA, para evaluar los efectos e impactos de los desastres en la región. Para ello, ha puesto a disposición de los países la experiencia adquirida en más de 120 evaluaciones de desastres, que permita no solo cuantificar el costo del desastre para el país si no también, obtener un diagnóstico de la situación post-desastre que sirva de guía para el desarrollar un plan de reconstrucción resiliente.

La CEPAL ha hecho desde 2020 diferentes actividades de cooperación técnica con el gobierno de Honduras, como por ejemplo: i) la estimación de los efectos e impactos de la tormenta tropical Eta y del huracán Iota (CEPAL-BID, 2021); ii) la estimación de los efectos e impactos de la tormenta tropical Julia (CEPAL-BID, 2023); iii) cursos de capacitación de la metodología DaLA en 2022, co-organizado con la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO), y en 2023, dos cursos co-organizados con la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA) en Tegucigalpa y San Pedro Sula. Un reto durante esas evaluaciones de desastres fue que no existía de una línea de base multisectorial sistematizada, esa falencia se hizo muy evidente en el sector de medio ambiente. Esa lección aprendida dio origen a esta cooperación técnica.

La evaluación de los efectos e impactos causados por un desastre utiliza como marco de referencia la tercera edición de la metodología desarrollada por la CEPAL en 2014. Este documento tiene el propósito de apoyar a la reducción del riesgo en el sector ambiental de Honduras, que es muy afectado por eventos extremos.

La metodología de la CEPAL se basa en los siguientes conceptos:

- Efectos: daños, pérdidas y costos adicionales.

Daños: afectaciones expresadas en términos monetarios que sufren los acervos de cada uno de los sectores durante un eventual siniestro.

Pérdidas: bienes que se dejan de producir y servicios que se dejan de prestar durante un lapso que inicia tan pronto ocurre el desastre y se prolonga hasta que se alcanza la recuperación y la reconstrucción total.

Costos adicionales son las erogaciones requeridas para la producción de bienes y la prestación temporal de servicios como consecuencia del desastre. Estas reflejan una respuesta tanto del sector público como del sector privado, la cual podría tomar la forma de un *gasto adicional* o de una *recomposición del gasto*. Un tema clave en este concepto es que otro sector se beneficia por el gasto adicional hecho o reprogramado.

- Línea de base: La evaluación de un desastre conlleva a la comparación de dos escenarios: la situación pre-desastre y la situación post-desastre de las áreas afectadas. La primera es una línea de base, que en el caso específico de este sector, es por una parte, una valoración del capital construido y del capital natural, y por otra, de los flujos monetarios y de los servicios ecosistémicos, que están expuestos a amenaza. Estas estimaciones pueden y deberían hacerse antes de que ocurra un desastre.

El sector medio ambiente es uno de los que usualmente se incluye en las citadas evaluaciones de desastres que dirigió la CEPAL, en los últimos tres años en Honduras. Otros desastres como incendios forestales y sequías también tienen efectos en el medio ambiente, al igual que fenómenos sociales y económicos como la expansión de las fronteras agrícola, ganadera y urbana. La estimación de línea de base del sector ambiental, que se desarrolla en este protocolo, consta, en el caso de los activos, de infraestructura física, como todos los otros sectores, y de capital natural. Para los flujos, se consideran los ingresos monetarios que pueden generar algunos parques nacionales y la valoración monetaria de los servicios ecosistémicos que brinda el medio ambiente.

Esta línea de base puede ser usada tanto para evaluar los efectos de un evento de corta duración como de un desastre de evolución lenta. Los primeros se refieren, por ejemplo, a desastres como huracanes, inundaciones, incendios forestales, entre otros, los cuales causan daños al ambiente al afectar los ecosistemas, reduciendo o degradando los bosques, y como consecuencia de ellos, pérdidas de servicios ambientales. En un contexto de cambio climático, es probable que aumenten eventos extremos asociados a elevadas temperaturas podría exacerbar la frecuencia de los desastres antes mencionados.

Nótese que muchas de las potenciales consecuencias del cambio climático son de largo plazo como la subida del nivel mar y repetidas sequías. La medición de esas modificaciones estructurales requiere de líneas de base robustas. Por lo tanto, tal como instó la COP27 y el Marco de Acción de Sendai, es perentorio desarrollar metodologías para la estimación de efectos de corto y de largo plazo del cambio climático en el sector ambiente.

Con el objeto de ilustrar una primera aplicación del protocolo se estimaron daños y pérdidas mediante análisis multitemporal usando técnicas de sensores remotos (SR). Dicho ejercicio consideró ecosistemas de bosque en tres zonas escogidas como pilotos: el Valle de Sula, el Corredor Seco y la Biosfera Río Plátano. Se detalla qué información y cómo debe recopilarse, y se estudia para cada uno de esos territorios, la deforestación, suponiendo que fue causada por incendios forestales, esto con el objeto de incluir en el ejercicio, un período de recuperación específico. Adicionalmente, se hizo un segundo ejemplo del uso del protocolo, que consistió en la estimación de una línea de base para parques nacionales.

Esta cooperación técnica fue solicitada por la SERNA. En ella se desarrolló un paso a paso para la estimación de una línea de base y hacer un protocolo que permita a la institucionalidad hondureña hacer frente a los retos que implica la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales posteriores a un desastre. Estas acciones están alineadas con los esfuerzos actuales del gobierno hondureño para desarrollar un mecanismo o procedimiento de estimación de daños y pérdidas en el sector medio ambiente en concordancia con los acuerdos internacionales mencionados.

En este documento, todas las cifras expresadas en términos monetarios, a menos que se aclare lo contrario, están en lempiras a precios de 2022, y se hace referencia a ellos de aquí en adelante, como lempiras (L.). Para expresar cualquier figura monetaria en L. a precios de 2022, se utilizó el Índice de

Precios al Consumidor (IPC) promedio publicado por el Banco Central de Honduras. Las cifras monetarias en dólares fueron convertidas a L. usando el tipo de cambio promedio de 2022, L./USD 24,636 publicado por esa fuente.

La elaboración de una línea de base no solo requiere de la experticia de especialistas al acompañar el proceso, sino que también es importante contar con un oportuno acceso a la información pública (he ahí la importancia de que los sistemas estadísticos se encuentren debidamente actualizados) y de la activa participación de los/las funcionarios/as públicos/as del sector medio ambiente. Es un trabajo de equipo, cuya armoniosa integración permitiría fomentar un país más preparado y resiliente a los impactos del cambio climático.

Este documento está organizado como sigue. De la sección II a la VII se desarrollan todos los fundamentos del protocolo para la estimación de daños y pérdidas en el medio ambiente. En las secciones VIII y IX, se hacen dos aplicaciones de ese protocolo, a una reducción de cobertura boscosa en Honduras y una estimación de la línea de base de parques nacionales, respectivamente. Para concluir, se hacen unas consideraciones finales de lo que sería una aplicación sistematizada de este protocolo a todo el país.

I. Protocolo para la estimación de daños y pérdidas del sector medio ambiente

Los desastres pueden tener un impacto significativo en los ecosistemas tanto terrestres como marinos, incluyendo los vegetales como los bosques, y pueden afectar su salud, su estructura, y su capacidad para proporcionar servicios ecológicos, económicos y sociales. Los efectos varían según el tipo de evento que provoca un desastre, como incendios, inundaciones y tormentas. Situación similar pueden provocar eventos extremos, asociados al cambio climático.

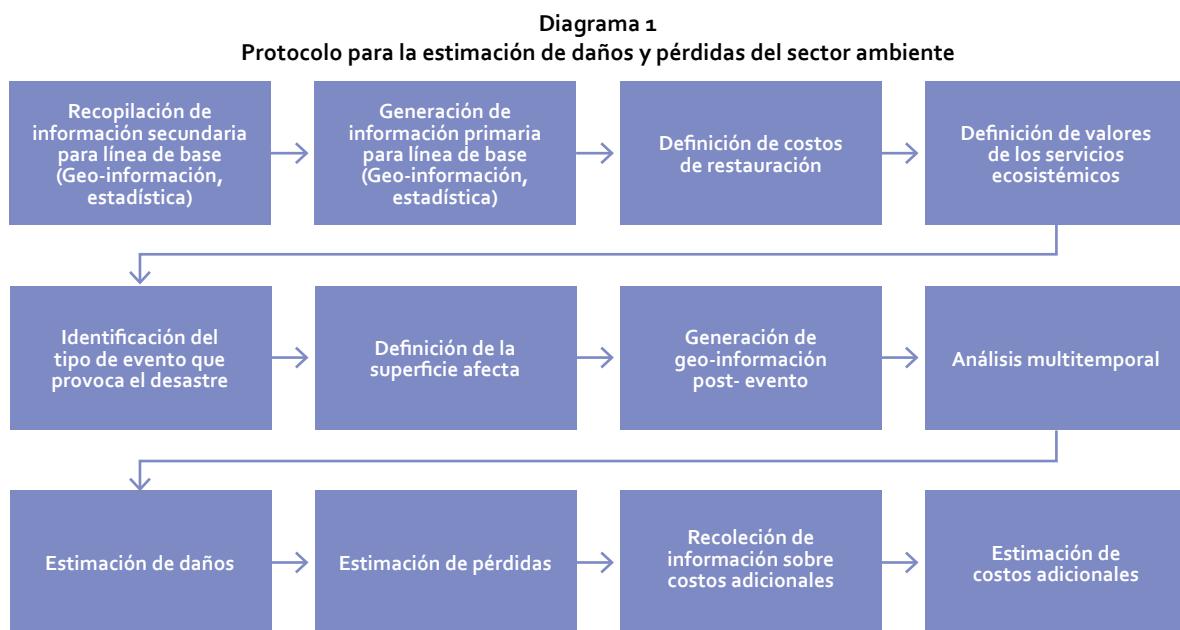
Los ecosistemas son cruciales en la mitigación y adaptación a este tipo de eventos, incluyendo los desastres asociados a: amenazas climáticas como sequías e incendios forestales; amenazas meteorológicas como tormentas, huracanes, marejadas, olas de calor o frío, granizo; amenazas hidrológicas como inundaciones, inundaciones costeras y ribereñas, y deslizamientos (EMDAT, 2023). Por un lado, los ecosistemas ayudan a regular el clima, reducen riesgos de las amenazas naturales y mantienen suelos saludables, ayudando a mitigar los efectos de los desastres. Por otro lado, los ecosistemas sirven como refugio, suministran agua potable y recursos esenciales, apoyan las actividades económicas sostenibles y contribuyen a la recuperación y reconstrucción resiliente. Es por eso que la conservación de los ecosistemas es fundamental, no solo para preservar los diferentes beneficios que proporcionan, sino también para ayudar a reducir sus potenciales impactos en la economía y la sociedad.

En este contexto, el establecimiento de una línea de base de los bienes y servicios ecosistémicos y el desarrollo de un protocolo para la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales resulta crucial para que los tomadores de decisiones cuenten con un marco de acción adecuado antes y después de un desastre. Varios ejemplos claros de esta necesidad quedaron evidenciados en años recientes, particularmente en los días posteriores a los huracanes Eta y Iota (2020) y la tormenta tropical Julia (2022), cuando el sector medio ambiente fue incluido en las evaluaciones de los efectos e impactos de esos eventos (CEPAL-BID, 2021; CEPAL-BID, 2023). El presente protocolo de estimación de daños, pérdidas y costos adicionales toma más relevancia en un contexto de cambio climático que podría exacerbar los desastres.

La SERNA decidió de manera proactiva recopilar información de línea de base y desarrollar un protocolo que permita a la institucionalidad hondureña hacer frente a los retos que implica la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales posteriores a un desastre. Estas acciones están alineadas con los esfuerzos actuales del gobierno hondureño para desarrollar un mecanismo o procedimiento de estimación de daños y pérdidas en el sector medio ambiente, tal como fue propuesto en la COP27, y

que facilite un potencial acceso al Fondo de Daños y Pérdidas que recientemente se aprobó durante la COP28 en el marco de las negociaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC).

El presente protocolo establece los principales pasos para la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales en el sector del ambiente de Honduras. Si bien los pasos presentados en el Diagrama 1 siguen una secuencia, esta no es rígida, es posible el desarrollo de algunas de estas actividades paralelamente, lo que en la práctica es lo que comúnmente ocurre. El grado de detalle en la estimación de los efectos de un determinado desastre dependerá del enfoque que se desee adoptar, de la información disponible de línea de base y post-evento, así como de los recursos financieros, humanos y técnicos disponibles. Para los fines de este ejercicio, se establecerán una serie de pasos simples que pueden utilizarse como guía en caso de un eventual desastre o de un proceso de larga duración que implique degradación de ecosistemas. Dichos pasos corresponden a una adaptación al contexto hondureño del manual para la evaluación de desastres desarrollado por la CEPAL (2014).



Fuente: Equipo CEPAL.

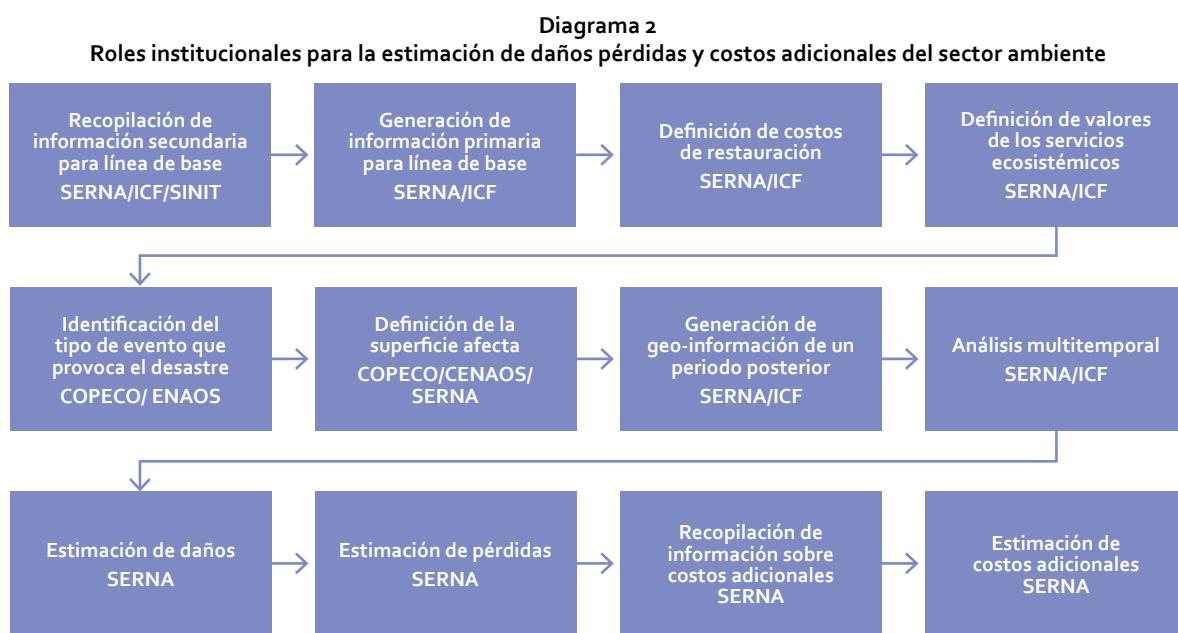
Los pasos de este protocolo fueron desarrollados teniendo en cuenta los recursos e información disponible en Honduras, especialmente en la SERNA y el Instituto de Conservación Forestal (ICF), que se pudo constatar durante la misión en Tegucigalpa en octubre de 2023. No obstante, se insta a los tomadores de decisiones a explorar vías para ampliar y actualizar periódicamente la información de línea de base, recopilar información después de un desastre y desarrollar capacidades institucionales y técnicas para implementar el protocolo. Esto es perentorio en un contexto de cambio climático.

El protocolo puede emplearse en el desarrollo de evaluaciones específicas en el sector medio ambiente, ya sea a nivel local o en evaluaciones más amplias que abarquen regiones productivas, departamentos u otras áreas de interés con diversas extensiones. Su utilización resulta particularmente útil en el contexto de la evaluación de daños, pérdidas y costos adicionales derivados de eventos atribuidos al cambio climático.

Para garantizar una aplicación efectiva y oportuna del protocolo luego de un desastre, es esencial definir claramente los roles y responsabilidades relacionados con la captura y el procesamiento de información. En este sentido, se han identificado a SERNA, ICF, Comisión Permanente de Contingencias (COPECO), Centro de Estudios Atmosféricos, Oceanográficos y Sísmicos de Honduras (CENAOS) y

Sistema Nacional de Información Territorial (SINIT) como las principales instituciones que podrían colaborar de manera conjunta en este esfuerzo. Sin embargo, es importante subrayar la importancia de que todas las instituciones pertinentes se involucren y desarrollen los mecanismos y canales de cooperación interinstitucional necesarios, ya que ello desempeña un papel fundamental en la gestión de riesgo de desastres, permitiendo aprovechar los recursos y la experiencia de diversas entidades. Establecer una colaboración efectiva entre las instituciones relevantes asegurará una respuesta coordinada y eficiente en situaciones de emergencia. Esto incluye la recopilación y análisis de datos, la evaluación de daños, pérdidas y costos adicionales, así como la toma de decisiones informadas para la mitigación y recuperación de los impactos de los desastres en los ecosistemas afectados y, por ende, en la sociedad y la economía. La cooperación interinstitucional fortalecerá la capacidad del país para abordar estos desafíos de manera efectiva y colaborativa. En este sentido, el diagrama 2 muestra un esquema sugerido con los roles que las instituciones nombradas podrían cumplir para la aplicación del protocolo.

De igual manera, se enfatiza la importancia de establecer mecanismos sólidos y canales efectivos de colaboración con organizaciones no gubernamentales, especialmente aquellas vinculadas con la academia. En este contexto, instituciones como la CEPAL, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Universidad Zamorano y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) sobresalen por su experiencia técnica en tecnologías de la información geográfica, restauración de servicios ecosistémicos y evaluación de desastres. Su colaboración podría resultar sumamente beneficiosa para llevar a cabo la actualización de la línea de base y aplicar con éxito el protocolo. La participación de organizaciones académicas con experiencia en estas áreas específicas aportará conocimientos técnicos y científicos de alto nivel que enriquecerán el proceso de evaluación y gestión de desastres en los ecosistemas afectados. Además, fortalecerá la capacidad de análisis, la recopilación de datos y la toma de decisiones basadas en evidencia, lo que es esencial para mitigar y recuperarse de los impactos de los desastres y el cambio climático en general.



Fuente: Equipo CEPAL.

Adicionalmente, es pertinente enfatizar que, los procedimientos de este protocolo pueden ser aplicados para otro tipo de análisis de impactos en el sector ambiental, más allá de la evaluación de los efectos que un desastre provoca en los ecosistemas naturales. Por ejemplo, derrame de contaminantes, análisis de impacto en la construcción de infraestructuras en zonas de relevancia ecosistémica, análisis de impacto que las actividades de desarrollo provocan en los ecosistemas, entre otros.

II. Estimación de una línea de base: construcción del escenario pre-desastre

La estimación de una línea de base para el sector medio ambiente consiste, por una parte, tanto en la estimación del costo de restauración los activos naturales como del costo de reposición de los activos construidos, y por otra, de la estimación de los servicios ecosistémicos que brinda el capital natural y, en el caso de los parques nacionales, véase sección IX, los flujos monetarios pagados por los usuarios por el disfrute de los parques nacionales, que se derivan de servicios como recreación y educación. Esto permite establecer la situación del sector ambiente antes de la ocurrencia de un desastre o de los efectos del cambio climático, por lo que se debe contar con información sobre las condiciones previas dentro del perímetro oficialmente reconocido como afectado.

Estimar una línea de base para el sector ambiental representa un reto en tanto el mapeo y caracterización de todos los ecosistemas de un país del tamaño de Honduras es un proceso laborioso y costoso. En vista de este escenario, se recomienda levantar la mayor cantidad de información posible, especialmente en las áreas y ecosistemas más vulnerables. De esta manera, ante la eventualidad de un desastre, los evaluadores solo deberán complementar la información preexistente. Esto representa una buena práctica que se replicó para diversos sectores a nivel municipal, bajo la coordinación de la CEPAL, en un ejercicio piloto que se hizo en los municipios El Progreso y La Lima, CEPAL (2024)¹.

El desarrollo de una línea de base puede abarcar dos tipos de activos: los físicos (infraestructura ambiental) y los naturales (ecosistemas) y sus respectivos servicios asociados (CEPAL, 2014). En el caso de los activos físicos y sus servicios, el levantamiento de línea de base corresponde a un ejercicio similar al llevado a cabo en otros sectores como vivienda o educación, donde se realiza un inventario de los elementos de infraestructura y se estima la interrupción de sus servicios asociados. Estos activos físicos pueden ser diversos porque incluyen desde equipos de monitoreo climáticos e hidrológicos, vehículos utilizados para el transporte de personal para hacer labores de medio ambiente, caminerías y vías dentro de áreas protegidas, entre otros.

En el caso de los activos naturales, el ejercicio difiere del enfoque de los activos construidos, ya que el análisis se desarrolla a nivel del grado de condición y posibles degradaciones existentes de un

¹ Los sectores incluidos en esa línea de base multisectorial incluyen población, educación, vivienda, salud, agricultura, comercio, industria, ganadería, agua y saneamiento, electricidad, obras de control de inundaciones y vialidad.

ecosistema dado y no a nivel de unidades de infraestructura. Para el caso de los activos naturales, la construcción de la línea de base requiere contar con información de los ecosistemas que abarquen los territorios que fueron afectados por el evento o podrían ser afectados en eventos futuros. Los datos deben representar espacialmente la distribución territorial (geo-information) de los ecosistemas y las variables que caracterizan a estos. Es importante que los tomadores de decisión estimen los costos adicionales implícitos en la construcción de la línea de base tales como la adquisición y actualización de la geo-information que se detallará posteriormente.

Comúnmente, la geo-information que representa estas condiciones son los mapas o capas de cobertura vegetal y uso de la tierra. Los datos sobre la cobertura de ecosistemas deben ajustarse a un tiempo inmediatamente anterior a la ocurrencia del evento evaluado. La información secundaria puede ser de fuentes oficiales que mantienen un proceso de monitoreo periódico (al menos anual) de la cobertura de ecosistemas o descargada de fuentes científicas u organismos internacionales de cooperación y desarrollo. De no existir esta información, será necesario generar información primaria (geo-information, estadística) de los ecosistemas mediante el procesamiento e interpretación de imágenes satelitales de la zona afectada previo a la ocurrencia del evento como por ejemplo el uso de imágenes satelitales, Sentinel 2A/2B (véase diagrama 1 y sección de caso de estudio). Además, dicha línea de base debe incorporar valores de referencia que permitan estimar los daños, como los costos de restauración, y valores de referencia que faciliten la estimación de las pérdidas, como los flujos de servicios ecosistémicos.

Las herramientas de percepción remota y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) ofrecen ventajas sustanciales a la hora de llevar a cabo un análisis del inventario ambiental y su posterior análisis multitemporal. La recopilación de datos para el análisis de la línea de base para el sector del ambiente en Honduras debe abarcar elementos esenciales, entre los que se incluyen imágenes satelitales y capas SIG que detallen el tipo de cobertura o el uso del suelo.

Es importante considerar que la línea de base del sector ambiente debe reflejar los procesos vinculados a la degradación de los ecosistemas, de manera que al momento de evaluar un desastre no se mal interprete que la causa de su condición haya sido provocada por el evento ocurrido. Una alternativa, para ecosistemas forestales, es el uso de índices de vegetación, que permiten resaltar ciertos parámetros de las coberturas vegetales, como la densidad, el índice de área foliar y la actividad clorofílica. Esto, a su vez, facilita la identificación de cambios en la salud del ecosistema en comparación con un escenario base. Esta información podría interpretarse como un cambio en la salud del ecosistema o, dicho de otra manera, su grado de degradación. Algunos ejemplos de índices de vegetación son (MappingGIS, s.f.):

- *Índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI)*: Se utiliza para estimar la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación con base a la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja.
- *Índice de Vegetación Mejorado (EVI)*: Evalúa los impactos atmosféricos al calcular la discrepancia de radiación entre las bandas azules y rojas, lo que nos habilita para supervisar la salud de la vegetación en situaciones de elevada densidad de biomasa.
- *Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI)*: Fue desarrollado con la intención de reducir al mínimo las interferencias derivadas del resplandor del suelo. El índice introdujo un factor de ajuste del suelo llamado "L" en la ecuación de NDVI para contrarrestar las influencias de ruido del suelo, como el color del suelo, la humedad del suelo y la variabilidad del suelo en toda la región, que suelen impactar en los resultados.

Es fundamental contar con personal capacitado y tecnología avanzada para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos a través de estos índices. Se sugiere la aplicación de estos índices únicamente cuando se disponga de los recursos humanos y tecnológicos apropiados que permitan llevar a cabo su implementación y validación en terreno de manera rigurosa. La validación en campo es crucial para contrastar la información recopilada mediante los índices con las condiciones reales del entorno, garantizando así la exactitud de las evaluaciones y la calidad de los datos generados. Esto asegura que

los resultados sean robustos y confiables, lo que es esencial para la toma de decisiones informadas en el ámbito que involucra la aplicación de estos índices.

Honduras dispone de acceso a imágenes satelitales, capas SIG y cuenta con las capacidades técnicas necesarias para desarrollar capas de datos y llevar a cabo monitoreo periódico, que son esenciales para la creación de una línea de base en el sector. Dichos recursos se encuentran dispersos en plataformas de la SERNA, el ICF y el SINIT de la Secretaría de Planificación Estratégica (SPE). De igual manera, cuenta con acceso a recursos de acceso libre, como imágenes satelitales de código abierto y literatura especializada de diversas fuentes, para la determinación de los valores de referencia de los costos de restauración y flujos de servicios ecosistémicos.

A continuación, se describe los pasos o procesos que se sugieren seguir para contar con una línea de base en el sector medio ambiente:

- i) Recopilación de información secundaria (geo-información, estadística) de los ecosistemas generados por fuentes oficiales
 - Estos pueden ser recopilados de los organismos oficiales que monitorean los ecosistemas de manera periódica. Por ejemplo, los mapas forestales que genera el ICF anualmente.
 - Los datos deben contener el tipo de cobertura vegetal y al menos la superficie de cada unidad.
 - Se requiere que la geo-información haya sido generada a una escala geográfica que tenga concordancia con la zona o el área afectada (o que podría ser afectada en un evento futuro) que se evalúa. Esto está directamente relacionado con la unidad mínima *mapeable*, es decir con los detalles que se pueden apreciar y el alcance de los análisis para los que se pueden aplicar, en este caso determinar las unidades de ecosistemas que fueron afectados o podrían serlo por un evento y la estimación de la superficie correspondiente.
 - En el caso de establecer la línea de base después de la ocurrencia de un desastre, es necesario que la geo-información tenga concordancia temporal inmediatamente anterior al evento. Al menos debe ser información que haya sido generada en el mismo año de la ocurrencia del evento o en el inmediatamente anterior.
 - En el caso de no contar con este tipo de información, será necesario generar geo-información adecuada, tal como se describe en el paso ii).
- ii) Generación de información primaria (geo-información, estadística) de los ecosistemas naturales mediante procesamiento e interpretación de imágenes satelitales:
 - Establecer las características técnicas de las imágenes satelitales más adecuadas para generar la geo-información de los ecosistemas. Esto tiene que ver con la resolución espacial² y resolución espectral³ del sensor remoto que capta la información de la superficie de la tierra y es registrado en una imagen satelital. En el caso de los ecosistemas vegetales, se recomienda imágenes que contengan bandas espectrales que captan el infrarrojo térmico, este permite una mejor discriminación de las unidades vegetales. Así también, se debe considerar el porcentaje de nubosidad que contiene la imagen, el que debe ser lo menor posible para su uso.
 - Investigar la disponibilidad de imágenes técnicamente adecuadas y del periodo requerido. Existen geo-portales abiertos en los que se dispone de este tipo de productos, por ejemplo, imágenes *Sentinel 2*. Otra fuente de disponibilidad de imágenes son las entidades oficiales que cuentan con licencias para descargar imágenes con base en convenios existentes con proveedores de productos de SR.

² Resolución espacial: este término se designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre una imagen (Chuvieco, 2010).

³ Resolución espectral: indica el número y anchura de las bandas espectrales que puede discriminar el sensor (Chuvieco, 2010).

- Procesar y clasificar las imágenes para obtener la cobertura vegetal de los ecosistemas en la zona evaluada. Este proceso se realiza aplicando métodos de clasificación digital de imágenes, tal como se describe en la sección del ejercicio práctico.
- Se recomienda que los procesos de generación de información primaria sean priorizados a aquellas zonas más vulnerables en donde podría ocurrir un desastre. Así también, las actualizaciones deben ser periódicas, de forma que al ocurrir un desastre se cuente con información (imágenes de satélite y geo-información) inmediatamente anterior al evento, de manera que se capte la estructura de la cobertura vegetal previo al desastre.

iii) Definición de los costos de restauración para los ecosistemas

- Se refieren a los gastos y recursos necesarios para llevar a cabo actividades destinadas a restablecer, recuperar o mejorar áreas degradadas, destruidas o afectadas negativamente.
- La cantidad y la intensidad de las actividades que se llevan a cabo determinarán estos costos.
- Los valores pueden ser obtenidos por medio de estimaciones a nivel local o referencias a nivel internacional. Una tercera opción sería la calibración de los valores locales por medio de valores de referencia. En la sección III se describe detalladamente este proceso.

iv) Definición de los valores de los servicios ecosistémicos:

- Se puede determinar mediante la estimación de la valoración de los flujos de los servicios ecosistémicos, se expresan en lempiras/ha/año.
- Cuando sea posible, se sugiere aplicar valores de referencia locales como los establecidos en el documento "Valoración económica de los principales bienes y servicios ambientales de las áreas protegidas de Honduras" (ICF, 2010).
- En casos donde los valores de los flujos no sean precisos para los ecosistemas locales, se recomienda recurrir a referencias internacionales o calibrarlos según estos. En la sección IV se describe detalladamente este proceso.

Se sugiere a las instituciones pertinentes a mantener la línea de base actualizada lo más frecuente posible, tomando en cuenta los costos adicionales implícitos. En cuanto a la línea de base, es de suma importancia actualizar las capas de información por tipo de ecosistema o uso de suelo, ya que este proceso resulta crítico para llevar a cabo un análisis multitemporal preciso. Es necesario también que dicha línea de base considere las diferentes causas y dinámicas de degradación de los ecosistemas con el objetivo de asegurar que la estimación de daños y pérdidas sea atribuible al evento en cuestión. Esto es particularmente importante cuando se analizan daños y pérdidas asociadas al cambio climático, los cuales son de larga data y se manifiestan de manera lenta y gradual. Una línea de base precisa y actualizada es esencial para evaluar los cambios en la superficie y los servicios ecosistémicos a lo largo del tiempo.

III. Definición del área afectada

Según CEPAL (2014), para estimar los efectos de un desastre es preciso en primer término, delimitar la extensión del territorio que ha sido afectado. Específicamente, la delimitación de esta área está directamente relacionada con el tipo de fenómeno y la población afectada; territorialmente hablando, por lo general se delimita mediante los límites político-administrativos del país. Posterior a lo cual, dependiendo de la información disponible y el criterio de los equipos técnicos, se define una zona más específica, que será la superficie afectada bajo análisis.

Particularmente, para el sector ambiente, la zona afectada, en el contexto de un desastre, se refiere a la región geográfica, área específica (por ejemplo, comunidad o localidad) o superficie de determinado ecosistema que ha experimentado daños y pérdidas como resultado del evento, como terremotos, huracanes, inundaciones o incendios forestales, entre otros. Este término implica que dicha área ha sufrido consecuencias negativas, como la destrucción de activos físicos o naturales, así como la interrupción de servicios asociados al sector ambiental, como las visitas a áreas protegidas, y a los otros servicios ecosistémicos.

La magnitud y la gravedad de la afectación pueden variar según la intensidad del desastre y la resiliencia de los bienes físicos y naturales del sector. La definición de la zona afectada consiste en un proceso de dos etapas: la definición del tipo de evento y grado de afectación, y la delimitación de la superficie afectada.

La determinación de la superficie afectada establece el alcance geográfico del desastre. No obstante, es improbable que un evento extremo o desastre resulte en la destrucción completa de los activos ambientales y en la interrupción total de los servicios ecosistémicos en el área afectada. Cada desastre tendrá un nivel variable de influencia sobre la superficie afectada, y es crucial considerar este grado de afectación específico tal como se ilustra en diferentes ejemplos en el cuadro 1.

Por lo tanto, resulta esencial determinar el grado de afectación de los ecosistemas, expresado en porcentaje del área en cuestión. Esta cuantificación del grado de afectación nos permite comprender con mayor precisión el impacto real del desastre en el área y, en consecuencia, evaluar de manera más precisa las implicaciones económicas y ecológicas de la situación. Para determinar el grado de afectación de la superficie afectada, se pueden utilizar puntos de referencia de la literatura especializada, véase cuadro 1.

Cuadro 1
Ejemplos de porcentaje de ecosistemas afectados por tipo de desastre

Tipo de desastre	Ecosistema	Grado de afectación	Fuente
Huracán/ tormenta tropical	Bosque	14%-80% (promedio 54%)	Tanner, E. V. J., Kapos, V., & Healey, J. R. (1991). Hurricane Effects on Forest Ecosystems in the Caribbean. <i>Biotrópica</i> , 23(4), 513–521.
Huracán/ tormenta tropical	Arrecife de coral	15%-60% (sobre arrecifes de coral)	Gardner, T. A., Cote, I. M., Gill, J. A., Grant, A., & Watkinson, A. R. (2005). Hurricanes and Caribbean coral reefs: impacts, recovery patterns, and role in longterm decline. <i>Ecology</i> , 86(1), 174–184.
Huracán/ tormenta tropical	Bosque	89%	Taylor, B. N., Stedman, E., Van Bloem, S. J., Whitmire, S. L., DeWalt, S. J. (2023). Widespread stem snapping but limited mortality caused by a category 5 hurricane on the Caribbean Island of Dominica. <i>Forest Ecology and Management</i> , 532.
Huracán/ tormenta tropical	Manglar	23%	NASA (2020). 2020 Hurricanes Damage Vulnerable Mangroves. National Aeronautics and Space Administration.
Sequía	Bosque	75%	Au, J., Bloom, A. A., Parazoo, N. C., Deans, R. M., Wong, C. Y. S., Houlton, B. Z., & Magney, T. S. (2023). Forest productivity recovery or collapse? Model-data integration insights on drought-induced tipping points. <i>Global Change Biology</i> , 29(19), 5652–5665.
Incendios forestales	Bosque	57%	Ivanova, G.A., Ivanov, V.A., Kovaleva, N.M. et al. (2017). Succession of vegetation after a high-intensity fire in a pine forest with lichens. <i>Contemp. Probl. Ecol.</i> 10, 52–61.

Fuente: Equipo CEPAL.

Para la definición del tipo de evento y el grado de afectación se sugieren seguir los siguientes pasos:

- Identificación del tipo de evento que provocó el desastre y las instituciones u organismos que los monitorean:
 - Definir el tipo de evento que provocó el desastre, estos pueden ser de origen hidro-climático (huracanes, inundaciones), geodinámico (sismos, movimientos en masa o deslizamientos, tsunamis, erupciones volcánicas) o antrópicos (incendios y otros).
 - Identificar las instituciones u organismos nacionales e internacionales que monitorean estos eventos y que generan geo-information sobre el desarrollo e intensidad de estos. Entre estas instituciones u organismos se incluyen: CENAOS, COPECO y el National Hurricane Center and Central Pacific Hurricane Center del United States National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).
- Preparación de la geo-information sobre el desarrollo del evento:
 - La geo-information sobre el evento que provocó el desastre debe tener al menos los niveles de intensidad o de impacto:
 - En el caso de huracanes la trayectoria y las zonas de velocidad de los vientos.
 - Para inundaciones, el espejo de agua o zonas inundadas. En este caso se puede generar con base al procesamiento e interpretación de imágenes de SR. Este mismo procedimiento puede ser usado para el caso de impacto de un tsunami o marejadas provocadas por huracanes o tormentas tropicales.
 - Precipitaciones, zonas de lluvia acumulada (milímetros de lluvia) en un periodo determinado y anomalías de precipitación.

- Incendios, zonas con pérdida de vegetación, estas se pueden generar con base al procesamiento e interpretación de imágenes de SR.
 - Sismos, zonas de intensidad del movimiento sísmico.
 - Algunos de los eventos como los huracanes tienen incidencia más allá de los límites territoriales del país, por lo que es necesario extraer las zonas de impacto dentro de los límites territoriales.
- iii) Definición de la superficie afectada que será analizada para establecer los daños y pérdidas a nivel de ecosistemas. Como se mencionó, es importante, que en la definición la información georreferenciada sea complementada con una validación en campo.

IV. Estimación de daños

A. Conceptos generales

Los daños en el sector ambiental se refieren a las afectaciones que destruyen, reducen o alteran la cantidad o la calidad de los acervos ambientales, así como de los activos físicos⁴ que permiten aprovechar o monitorear el capital natural. Algunos ejemplos de daños ambientales son:

- Destrucción de bosques naturales.
- Modificaciones en la calidad del agua de mar o presencia de algas flotantes.
- Alteraciones en los contornos del litoral por erosión, sedimentación, acumulación de escombros o pérdida de playas.
- Destrucción de arrecifes; fragmentación, decoloración o asfixia de corales por el aumento de algas, y cambios en los parajes cubiertos por praderas marinas.

En general, se diferencia entre daños de los activos naturales y activos físicos. La valoración de las afectaciones a los activos naturales se puede realizar a través de la estimación de los costos de restauración necesarios para rehabilitar una superficie de un ecosistema determinado. Si bien existen otros valores de referencia como los bienes de precio de mercado⁵, el enfoque en los costos de restauración permite evaluar la magnitud de los efectos en los ecosistemas, considerando aspectos como la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y otros factores relevantes. La estimación de los costos de restauración se realiza con el propósito de establecer un marco financiero que permita llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar la salud y funcionalidad de dichos ecosistemas.

Los daños deben ser atribuibles de manera exclusiva al desastre en cuestión, asegurando así que las estimaciones reflejen los efectos atribuibles a ese fenómeno y no degradación causada por otros factores

⁴ Según CEPAL (2014), de manera general, los bienes construidos o activos físicos incluyen edificios, instalaciones, maquinaria, equipos, medios de transporte, entre otros según el sector evaluado (educación, salud, vivienda, comercio, entre otros.). Para el caso específico del sector ambiente, se refieren a infraestructura propia de áreas protegidas o de parques nacionales. Por ejemplo, caminos, puentes, señalizaciones equipamiento para investigación o estudios.

⁵ Véase CEPAL (2014).

como el crecimiento de la frontera agrícola. De igual manera, es importante considerar la interacción de estos daños ambientales con daños en otros sectores como agricultura, pesca y turismo, esto con tal de evitar la doble contabilización. Finalmente, la cuantificación de estos daños se debe realizar en términos monetarios, en este caso L. a precios de un año específico.

En el caso de los activos físicos del sector, la estimación de los daños conlleva la cuantificación de las edificaciones, mobiliario y equipamiento (por ejemplo, estaciones meteorológicas o vulcanológicas, senderos cabañas, etc.) que han sido impactados negativamente. Este proceso de evaluación busca medir de manera detallada y específica la afectación sufrida en términos de infraestructura y recursos físicos. CEPAL (2014) contiene muchos ejemplos de este tipo de evaluación.

B. Definición y valoración de activos ambientales en las zonas afectadas

Los costos de restauración se refieren a los gastos y recursos necesarios para llevar a cabo actividades destinadas a restablecer, recuperar áreas degradadas, afectadas negativamente o destruidas. El propósito de los costos de restauración es recuperar la salud y la funcionalidad de los ecosistemas, impulsando así la recuperación de la biodiversidad, la conservación y la prestación continua de servicios ecosistémicos esenciales. La cantidad y la intensidad de las actividades que se llevarán a cabo determinarán estos costos.

Los costos de restauración son variables y se adaptan a la naturaleza específica de cada proyecto de recuperación ambiental. Para ilustrar, en el caso de los ecosistemas boscosos, los costos de restauración pueden abarcar diversas actividades, como la adquisición de semillas o plantones de árboles, la preparación del suelo, la siembra o plantación de nuevos ejemplares, el mantenimiento de los bosques en crecimiento, y la implementación de medidas para la protección contra incendios y plagas. Muchas de ellas implican la contratación de mano de obra y la utilización de maquinaria especializada.

Los costos de restauración se expresan en unidades monetarias por unidad de superficie (ej. L./Ha.). Dichos valores pueden ser obtenidos, idealmente, por medio de estimaciones a nivel local o por medio de valores de referencia a nivel internacional, véase la sección VIII. Una tercera opción sería la calibración de los valores locales por medio de valores de referencia. Algunos ejemplos de costos de restauración están en el cuadro 2.

Cuadro 2
Ejemplos de costos de restauración de los ecosistemas
(L./Ha.)

Costo de restauración	Detalles	Fuente
L./Ha. 119 000	Plantaciones forestales, sistemas silvopastoriles, sistemas agroforestales y restauración de cuencas.	WRI (2020). Initiative 20x20. World Resources Institute.
L./Ha. 247 000	Restauración básica. Trasplante simple de corales.	Medina-Valmaseda, A. E., Blanchon, P., Álvarez-Filip, L., & Pérez-Cervantes, E. (2022). Geomorphically controlled coral distribution in degraded shallow reefs of the Western Caribbean. PeerJ, 10, e12590.
L. /Ha. 60 551	Tres años de restauración, incluyendo semillas, mano de obra, manejo de plantación.	Campos-Filho, E. M., Da Costa, J. N. M. N., De Sousa, O. L., & Junqueira, R. G. P. (2013). Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. In Journal of Sustainable Forestry (Vol. 32, Issue 7, pp. 702–727). Informa UK Limited.
L. /Ha. 57 354	Regeneración natural asistida. Promedio mundial.	WWF. (2022). Trillion trees white paper: Defining the real cost of restoring forests - Practical steps towards improving cost estimates. World Wildlife Fund.

Costo de restauración	Detalles	Fuente
L./Ha. 46 000	Restauración natural asistida.	WWF. (2022). Defining the Real Cost of Restoring Forests. World Wildlife Fund.
L./Ha. 97 000	Restauración de bosque a partir de casos en Brasil, Perú, Camboya, e Indonesia.	Gasparinetti, P., et., al. (2022). Economic Feasibility of Tropical Forest Restoration Models Based on Non-Timber Forest Products in Brazil, Cambodia, Indonesia, and Peru. Forests.

Fuente: Equipo CEPAL.

Nota: Los valores de costos de restauración proporcionados son ejemplos o valores ilustrativos. Se recomienda realizar una revisión de los costos de restauración actualizados para cada ejercicio de estimación de daños. Todos los valores a precios del 2022.

Se sugiere a las instituciones pertinentes a que actualicen constantemente la información relacionada con los costos de restauración tomando en cuenta los costos adicionales implícitos. Es esencial reconocer que éstos son dinámicos y dependen de varios factores, como el costo de mano de obra, materiales y el costo de oportunidad. Por ello, disponer de una variedad de valores de costos de restauración permitirá hacer estimaciones de daños más precisas y tomar medidas más efectivas para la recuperación de áreas afectadas.

C. Estimación de daños en activos ambientales con base en costos de restauración

La estimación de los efectos en la zona afectada se lleva a cabo mediante un análisis multitemporal. Este, busca estudiar el cambio y la dinámica de la cobertura de la tierra utilizando al menos dos puntos en el tiempo (T_1 y T_2), mediante el uso de herramientas de sensores remotos (SR) y SIG. En términos de evaluación de desastres en el sector ambiental, estos tiempos corresponderían a una situación pre-desastre o línea de base (ver sección anterior) (T_1) y a una situación post-desastre (T_2). Los tiempos deben seleccionarse en función de la disponibilidad de información primaria y secundaria.

A continuación, se describe de manera general los pasos a seguir:

- i) Generación de geo-information de los ecosistemas afectados mediante procesamiento e interpretación de imágenes satelitales de un periodo posterior a la ocurrencia del evento que causó el desastre.
 - Se recomienda este proceso dado que la identificación de los daños y pérdidas de los ecosistemas es posible cuantificarla de acuerdo con los cambios de la cobertura vegetal, ya sea esta de percepción inmediata o paulatina.
 - Establecer las características técnicas de las imágenes satelitales para generar la geo-information de los ecosistemas afectados. Es importante que las imágenes guarden similitud, en términos técnicos con aquellas que han sido utilizadas para generar la geo-information para línea de base. Esto, tiene que ver con la resolución espacial y resoluciónpectral del sensor remoto que capta la información de la superficie de la tierra y es registrado en una imagen satelital. En el caso de los ecosistemas vegetales, se recomienda imágenes que contengan bandas espectrales que captan el infrarrojo térmico, este permite una mejor discriminación de las unidades vegetales. Así también, se debe considerar el porcentaje de nubosidad que contiene la imagen, el que debe ser lo menor posible para su uso.
 - Establecer la temporalidad más adecuada, para este caso, se deben buscar imágenes de satélite que capten la estructura de la cobertura vegetal afectada de un periodo posterior a la ocurrencia del evento.

- Investigar la disponibilidad de imágenes técnicamente adecuadas y del periodo requerido. Existen geo-portales abiertos en los que se dispone de este tipo de productos, por ejemplo, imágenes *Sentinel 2*. Otra fuente de disponibilidad de imágenes son las entidades oficiales que cuentan con licencias para descargar imágenes con base en convenios existentes con proveedores de productos de sensores remotos.
 - Procesar y clasificar las imágenes para obtener la cobertura vegetal de los ecosistemas afectados por el evento. Este proceso se realiza aplicando métodos de clasificación digital de imágenes, tal como se describe en la sección del caso de estudio. Es importante anotar que el procesamiento y metodología aplicada debe guardar concordancia con los aplicados para generar la geo-information para la línea de base, de manera que, estos puedan ser comparables a todo nivel, tanto espacial como temático.
 - En el caso de realizar un análisis de degradación se sugiere realizar el mismo aplicando el cálculo de índices de vegetación para varios períodos de tiempo posterior a la ocurrencia del evento. De esta manera es posible identificar el cambio de la salud de la cobertura vegetal de un ecosistema que haya sido impactado por un evento en un tiempo más prolongado.
- ii) Análisis multitemporal para establecer los cambios en la cobertura vegetal de los ecosistemas afectados por el evento.
- Este paso se realiza ejecutando un análisis espacial comparativo entre la capa de cobertura vegetal de los ecosistemas afectados antes y después del evento que causa el desastre.
 - El resultado de este análisis será la superficie de cobertura vegetal que ha cambiado luego del desastre, esto puede ser por pérdida total o parcial. Este resultado consiste en el insumo central para la estimación de daños y pérdidas.
- iii) Estimación de daños, a partir de los costos de restauración recolectados durante el desarrollo de la línea de base, multiplicar la superficie de vegetación de ecosistemas afectada total o parcialmente por los costos de restauración para cada caso.
- El resultado será la estimación del costo de restauración por unidad de área para cada ecosistema (unidad de cobertura vegetal).
 - Se acompañará con las capas o mapas resultantes de las zonas en donde se ha detectado el cambio en la cobertura vegetal y por ende la afectación del ecosistema.

Es importante enfatizar que los análisis espaciales, multitemporales u otros que se han descrito en este protocolo, y que se realizan mediante la aplicación de técnicas SIG y procesamiento digital de sensores remotos, deben ser consideradas como un análisis inicial sobre los efectos que un desastre causa en los ecosistemas. Es recomendable que los procesos descritos sean aplicados para eventos de magnitud pequeña o moderada. De igual manera, estos análisis son más aptos para ecosistemas terrestres como los bosques o manglares. Para ecosistemas marinos como los arrecifes de coral se sugiere explorar otras tecnologías y métodos más especializados (Alvares-Filip., et al, 2021).

En el caso de efectos que tengan una incidencia temporal o de impacto mayor, es necesario corroborar en terreno, mediante la comprobación en campo y un muestreo de variables o parámetros que ratifiquen los efectos que han incidido en los ecosistemas y por ende los grados de afectación.

V. Estimación de pérdidas

A. Conceptos generales

Las pérdidas son la estimación monetaria de la interrupción de los flujos de servicios ecosistémicos que una determinada área proporciona durante un período temporal específico. Éstas se expresan en lempiras por hectárea al año (L./Ha/año)⁶.

Los servicios ecosistémicos abarcan todos los beneficios que la naturaleza (es decir, los ecosistemas) aporta a la sociedad y la economía. Se clasifican en servicios de aprovisionamiento, que incluyen la obtención de alimentos y agua; servicios de regulación, como la influencia en la regulación del clima; servicios culturales, que abarcan aspectos espirituales y culturales; y servicios de apoyo, que involucran el ciclo de nutrientes y otros procesos fundamentales para la vida, véase cuadro 3.

Cuadro 3
Clasificación y ejemplos de servicios ecosistémicos

Tipo de servicio ecosistémico	Ejemplo
Provisión o abastecimiento	Alimento, agua dulce, combustibles renovables, etc.
Regulación	Mejoras en la calidad del aire, regulación del clima, control de erosión, polinización, etc.
Culturales	Valores estéticos, patrimonio cultural, servicios creativos y de ecoturismo, valores espirituales, etc.
Soporte o apoyo	La formación del suelo, la fotosíntesis, el ciclo de nutrientes, el ciclo de agua, etc.

Fuente: Equipo CEPAL.

Los servicios ecosistémicos están estrechamente vinculados a elementos que contribuyen al bienestar de la sociedad, como la seguridad y la salud, tal como se señala en el informe de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (2005). En virtud de la abundante diversidad biológica en Honduras, se

⁶ Las pérdidas de los flujos monetarios pagados por los usuarios por el disfrute de los parques nacionales, que se derivan de servicios como recreación y educación se tratan con detenimiento en CEPAL (2014), en este documento no se abundará sobre ello. En la sección XIX se presenta el procedimiento para elaborar la línea base para este tipo de flujos.

puede afirmar con certeza que los ecosistemas del país desempeñan un papel fundamental al proporcionar una amplia gama de servicios de gran importancia tanto para la sociedad como para la economía. El diagrama 3 ilustra las principales conexiones entre los servicios ecosistémicos y el bienestar de la sociedad de forma general.

Cuantificar las pérdidas es esencial para comprender los efectos de un desastre en el ambiente y evaluar cómo afecta a la sociedad. Las pérdidas de servicios ecosistémicos culturales pueden ser estimadas mediante la interrupción de flujos financieros relacionados con la visita a parques nacionales o áreas protegidas. Si esa evaluación es incluida en el sector turismo, debe descontarse de la de medio ambiente de manera de evitar doble contabilidad, véase CEPAL (2014). Por tanto, la estimación de pérdidas en el medio ambiente debe incluir los otros servicios ecosistémicos.

Diagrama 3
Conexiones entre los servicios de los ecosistemas y el bienestar humano



Fuente: Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, 2005.

En el ámbito del sector ambiental, únicamente hay pérdidas cuando previamente se han producido daños. Esto se debe a que las interrupciones en los flujos de servicios ecosistémicos están directamente vinculadas a la afectación de capital natural. Esta característica distingue a este sector de otros, como el turismo, donde las pérdidas pueden estar relacionadas con activos de diferentes sectores, como carreteras y aeropuertos, sin depender necesariamente de activos específicos del sector, como hoteles.

B. Definición y valoración de servicios ecosistémicos en las zonas afectadas

Existen diversas valoraciones de servicios ecosistémicos a nivel internacional los cuales varían dependiendo el tipo de ecosistema y tipo de servicio, véase cuadro 4. Estos valores pueden fluctuar mucho entre sí, por lo cual se recomienda la definición de un valor de referencia preferiblemente para los ecosistemas y servicios de Honduras o de regiones del país. Cómo se explicará posteriormente, los valores de referencia pueden ser calibrados, para hacer una primera adaptación a la realidad del país.

Cuadro 4
**Costa Rica, Honduras y Nicaragua: valores de referencia de los servicios ambientales
de los ecosistemas forestales**
(L./Ha/año)

Servicio ecosistémico	Costa Rica (bosque primario)	Costa Rica (bosque secundario)	Honduras	Nicaragua
Fijación de carbono	936	721	862	862
Protección de aguas	123	62	222	222
Protección de biodiversidad	246	185	222	222
Protección de ecosistemas	123	62	89	74

Fuente: Adaptado de CEPAL, 2014.

Con respecto a los servicios ecosistémicos, IFC (2010) los valoró para los bosques de Honduras. De acuerdo con este informe, los servicios ecosistémicos primordiales en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas de Honduras (SINAPH) comprenden la provisión de leña, la prestación de servicios ambientales relacionados con el agua, la apreciación de la belleza escénica, así como la captación y el almacenamiento de carbono.

Existen también una serie de servicios ambientales en Honduras asociados con los ecosistemas marino-costeros, como los manglares, arrecifes de coral, pastos marinos y playas. Entre ellos se encuentra la captura y el almacenamiento de carbono, la protección costera y el control de la erosión, entre otros (CATIE, 2018).

Con el propósito de proporcionar una estimación del valor de los servicios ecosistémicos, se sugiere utilizar valoraciones específicas generadas a nivel local. En casos donde los valores de los flujos no sean precisos para los ecosistemas locales, se recomienda recurrir a referencias internacionales o calibrarlos según éstos. Un ejemplo destacado es el estudio titulado “Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary unit” (de Groot et al., 2012), que presenta valores de referencia ampliamente aceptados a nivel global, como se detalla en el cuadro 5.

En este proceso, se tienen en cuenta diversos servicios ecosistémicos, abarcando la provisión, la regulación, la creación de hábitats y los servicios culturales. Esta metodología de calibración garantiza que las estimaciones del valor de los servicios ecosistémicos sean consistentes, proporcionando así una base sólida para su evaluación y comprensión, véase cuadro 5.

Cuadro 5
Ejemplo de estimación de valor de servicios ecosistémicos de los bosques tropicales
(L./Ha/año)

Fuente consultada	L.
De Groot et al., 2012	213 258
ICF, 2010	23 120

Fuente: Equipo CEPAL.

C. Estimación de pérdidas con base en los flujos de servicios ecosistémicos

La estimación de pérdidas por la interrupción de flujos ecosistémicos implica considerar valores de referencia ajustados y la superficie de los ecosistemas afectados o dañados. Se recomienda calibrar los valores de referencia en ausencia de datos locales. Este proceso implica la adaptación de datos de otras regiones a las características específicas del área afectada. La evaluación del área afectada, combinada

con los valores calibrados, permite estimar las pérdidas en términos de servicios ecosistémicos. De igual manera resulta importante considerar el horizonte temporal de la reinstauración de los flujos de servicios ecosistémicos. Esto en tanto, posterior a un desastre los ecosistemas requieren de determinado tiempo para recuperar su salud y por consiguiente para proveer servicios ecosistémicos de manera regular⁷.

Las pérdidas son estimadas a partir de los valores de servicios ecosistémicos recolectados durante el desarrollo de la línea de base, multiplicar la superficie de vegetación de ecosistemas dañada total o parcialmente (ver pasos 1 y 2 de la estimación de daños) por el valor de los servicios ecosistémicos. Ese monto deberá ser multiplicado por el horizonte temporal de recuperación del ecosistema basado en evidencia local o literatura especializada.

Se sugiere a las instituciones pertinentes a que actualicen constantemente la información relacionada con los valores de referencia por concepto de servicios ecosistémicos y sus costos adicionales implícitos. A pesar de los esfuerzos realizados por instituciones como el ICF, resulta necesario contar con información más detallada que desglose los servicios ecosistémicos por tipo de ecosistema y área, tanto dentro como fuera de áreas protegidas. Debido a la complejidad de esta tarea, se alienta a contribuir en este esfuerzo calibrando las estimaciones con la literatura internacional. De igual manera se sugiere explorar otras formas de valuación de los servicios ecosistémicos como los costos de oportunidad, valuación contingente, entre otros⁸.

⁷ Por ejemplo, un arrecife de coral requiere 4 años para recuperarse posterior a un terremoto (Siringoringo et al., 2021), mientras que un bosque necesita más de 13 años después de un incendio (Bright et al., 2014).

⁸ Para más ejemplos de valuación de servicios ecosistémicos, consultar Masiero, M., Pettenella, D., Boscolo, M., Barua, S.K., Animon, I. & Matta, J.R. 2019. Valuing forest ecosystem services: a training manual for planners and project developers. Forestry Working Paper No. 11. Rome, FAO. 216 pp. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

VI. Costos adicionales

Según CEPAL (2014), los costos adicionales son las erogaciones requeridas para la producción de bienes y la prestación temporal de servicios como consecuencia del desastre. Estas reflejan una respuesta tanto del sector público como del sector privado, la cual podría tomar la forma de un *gasto adicional* o de una *recomposición del gasto*. Un tema clave en este concepto es que otro sector se beneficia por el gasto adicional hecho o reprogramado.

En el caso específico del sector medio ambiente, hay dos tipos de costos:

- i) Los que tienen que ver con: i) limpieza de ecosistemas, tales como remoción de escombros y basura; ii) infraestructura temporal como edificaciones, senderos y demás activos en áreas protegidas o sedes de instituciones relacionadas con este sector.
- ii) Aquellos que se refieren a estudios, entre estos deben incluirse todos los costos relacionados con la estimación de la línea base de activos y flujos del sector tales como:
 - La realización de estudios para la construcción y actualización de la línea de base: Dichos costos corresponden a una etapa crucial en la estimación de daños y pérdidas, donde se deben incorporar tecnologías y metodologías avanzadas para recopilar datos precisos y actuales. Esto abarca desde la adquisición de información geoespacial hasta la implementación de SIG y la obtención de imágenes satelitales de alta resolución.
 - La verificación en campo de la afectación a los activos del sector: La necesidad de verificaciones en campo supone costos adicionales, ya que implica desplazamientos, trabajo de campo y la validación directa de la información recopilada. Esto es esencial para garantizar la precisión y confiabilidad de la línea de base, especialmente en áreas vulnerables que pueden experimentar cambios significativos debido a eventos climáticos extremos u otras amenazas.
 - Capas SIG e imágenes satelitales: La actualización de capas SIG e imágenes satelitales se presenta como un requisito continuo, ya que la dinámica del entorno puede cambiar con el tiempo. La adaptación constante de estos recursos tecnológicos garantiza que la información utilizada para evaluar daños y pérdidas se mantenga relevante y precisa.

- Valores de referencia de costos de restauración y servicios ecosistémicos: La realización de estudios de valoración de estudios ecosistémicos y la estimación de costos de restauración ajustados al contexto hondureño son elementos esenciales para comprender no solo los impactos económicos, sino también los beneficios ambientales y sociales asociados con la conservación y restauración de ecosistemas por su potencial de mitigar daños relacionados al cambio climático.

En un enfoque estratégico, se sugiere priorizar los costos adicionales asociados con el desarrollo de la línea de base en áreas vulnerables. Esta medida busca maximizar la eficiencia de los recursos disponibles, reconociendo la necesidad de una atención especial en regiones propensas a riesgos y vulnerabilidades. Al hacerlo, se fortalece la capacidad de respuesta y preparación ante posibles eventos adversos, contribuyendo así a una gestión más efectiva de los riesgos y a la protección de comunidades y activos en peligro. En resumen, la consideración y asignación adecuada de estos costos adicionales no solo son imperativos prácticos, sino también estratégicos en el marco de la planificación y preparación para enfrentar eventos adversos y el cambio climático.

VII. Ejemplo 1 de aplicación del protocolo: caso de estudio de pérdida de cobertura boscosa en Honduras

Introducción

La teledetección y los SIG son herramientas que han probado ser útiles y oportunas en la adquisición y análisis de datos para el estudio de un fenómeno y un territorio a varias escalas espacio-temporales. Las técnicas de teledetección son usadas en diversos campos de la geografía, la hidrología, la ecología, la meteorología, la oceanografía, la glaciología y la geología, así como para aplicaciones de planificación y humanitarias (European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT, 2020; Van Westen, 2013; Yang et al., 2013).

En el contexto de cambio climático, los sensores remotos permiten observar el sistema climático e investigar procesos asociados al clima o a fenómenos de corto plazo, como eventos intensivos y extensivos desencadenados por amenazas naturales (sean estos hidrológicos, meteorológicos, biológicos) o antrópicas o fenómenos de largo plazo, estudiando las tendencias multitemporales de un fenómeno como El Niño, la deforestación, desertificación, degradación de tierras y bosques, entre otros (Copernicus Climate Change Service, 2022; European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT, 2020).

Ejemplos específicos de los usos de la teledetección asociados con las prácticas de adaptación al cambio climático incluyen: i) gestión de recursos naturales, ii) gestión de prácticas agrícolas iii) incendios forestales iv) seguimiento de la cobertura del suelo y sus cambios en diferentes escalas temporales y espaciales, incluso después de un desastre, v) gestión forestal e hídrica vi) evaluación de captura y almacenamiento de carbono y dinámicas relacionadas, vii) simulación de la dinámica del sistema climático, viii) construcción y seguimiento de indicadores climáticos para análisis de tendencias globales, regionales y nacionales (Copernicus Climate Change Service, 2022; European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT, 2020; Yang et al., 2013).

Además de los usos arriba mencionado para el monitoreo de ecosistemas terrestres, la teledetección es igualmente de gran utilidad para el monitoreo de ecosistemas marinos. Un ejemplo de ello es el Programa de Conservación de Arrecifes de Coral desarrollado por el Servicio Nacional de Satélites, Datos e Información Ambiental, NOAA CRW (*Coral Reef Watch of the National Environmental Satellite, Data, and Information Service*). NOAA CRW es un sistema de alerta temprana de cambios ambientales en los

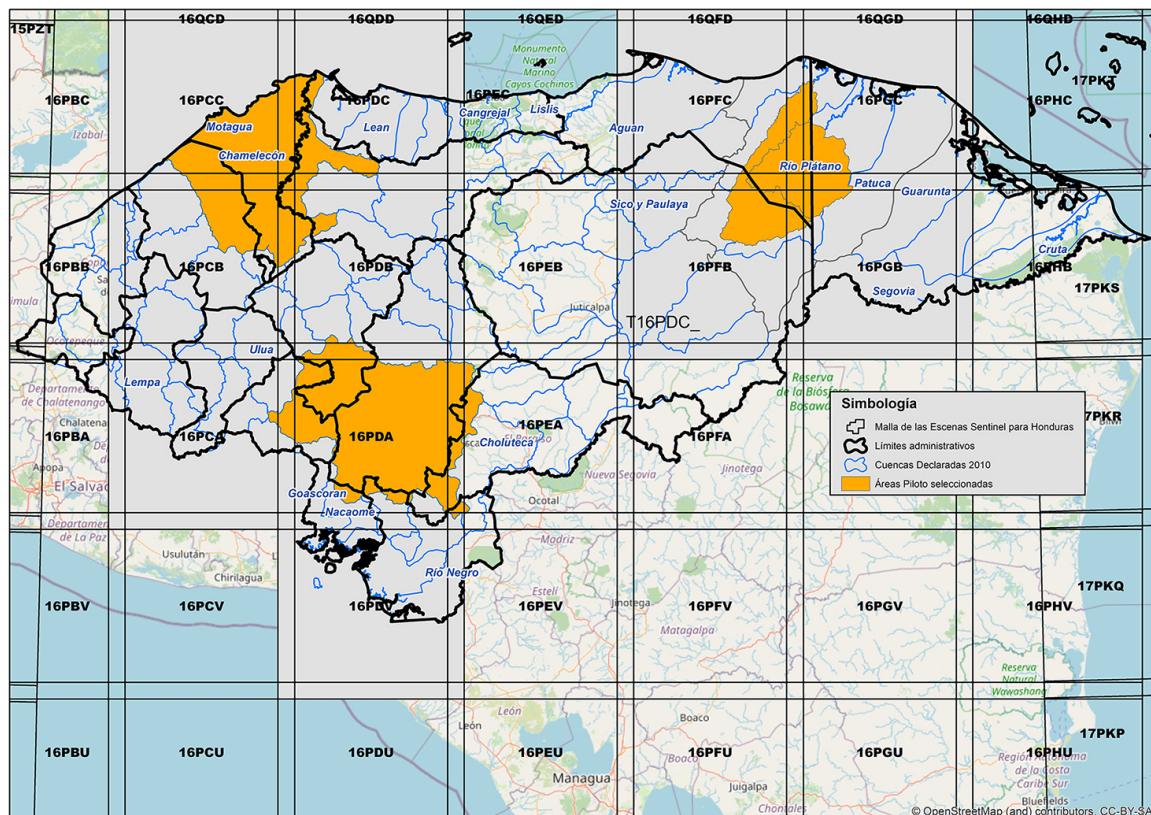
ecosistemas de arrecifes de coral que utiliza sensores remotos, datos modelados e in situ para observar, predecir e informar a sus usuarios sobre el entorno de los arrecifes de coral en todo el mundo (Jingping & Dongzhi, 2014; Programa de Conservación de Arrecifes de Coral del Servicio Nacional de Satélites Datos e Información Ambiental, 2023).

Finalmente, los sensores remotos son importantes en la recopilación y análisis de información en zonas de desastre poco accesibles, por lo que también resultan útiles en la gestión del riesgo de desastres. La tecnología de teledetección puede apoyar la estimación de daños y pérdidas, basándose en un análisis multitemporal comparativo de imágenes anteriores y posteriores al desastre, como el ejercicio de aplicación presentado a continuación, basado en un análisis multitemporal para la evaluación de cambio en la cobertura boscosa en tres zonas de estudio de Honduras.

Este análisis multitemporal busca estudiar el cambio y dinámica de la cobertura boscosa usando dos puntos en el tiempo (T₁ y T₂), por medio del uso de herramientas de SR y SIG. En términos de la evaluación de desastres del sector ambiente, estos tiempos corresponderán al análisis de la situación pre-desastre (T₁) y la situación post-desastre (T₂). Para la selección de los años de análisis, T₁ (2018) y T₂ (2023) se tomó en cuenta la disponibilidad de información primaria y secundaria para cada una de las zonas de estudio.

Las zonas de estudio fueron seleccionadas entre los equipos técnicos de la SERNA y la CEPAL con base a criterios o características propias que permitan tener variabilidad de las condiciones ambientales y las dinámicas de cambio de la cobertura natural, de forma que se ejemplifique de manera práctica la aplicabilidad del protocolo y los métodos para distintas regiones naturales del territorio hondureño. Las tres zonas seleccionadas son: i) Valle de Sula, ii) Biosfera Río Plátano, y, iii) Corredor Seco, ver mapa 1.

Mapa 1
Áreas piloto seleccionadas y malla de escenas Sentinel 2 para Honduras



Fuente: Equipo CEPAL.

A. Metodología

El flujoograma general del proceso de análisis multitemporal se muestra en el diagrama 4. La metodología se encuentra dividida en 3 fases:

- i) Fase I: Revisión de información secundaria, preprocesamiento de geo-información y selección de áreas piloto
- ii) Fase II: Procesamiento de mosaicos de imágenes satelitales y clasificación
- iii) Fase III: Análisis multitemporal

B. Fase I: revisión de información secundaria, selección de áreas piloto y preprocesamiento de geo-información

El primer paso de esta fase requiere la revisión de la información secundaria recopilada, proveniente de fuentes oficiales y/o científicas, además de la identificación de bibliografía relevante para apoyar el proceso de análisis. La información secundaria utilizada se encuentra detallada en el cuadro 6.

Dentro de estas zonas de estudio, se realizó una selección específica de las áreas piloto con cobertura boscosa para ser analizadas con base a los siguientes parámetros: i) análisis de información secundaria oficial y científica, lo que permitió previsualizar las áreas con mayores cambios en su cobertura entre los años 2018 y 2022, ii) análisis de las áreas protegidas existentes en esas zonas iii) análisis de imágenes satelitales 2023 disponibles para las áreas preseleccionadas con un porcentaje máximo de nubosidad inferior al 10% de toda la escena, véase mapa 1.

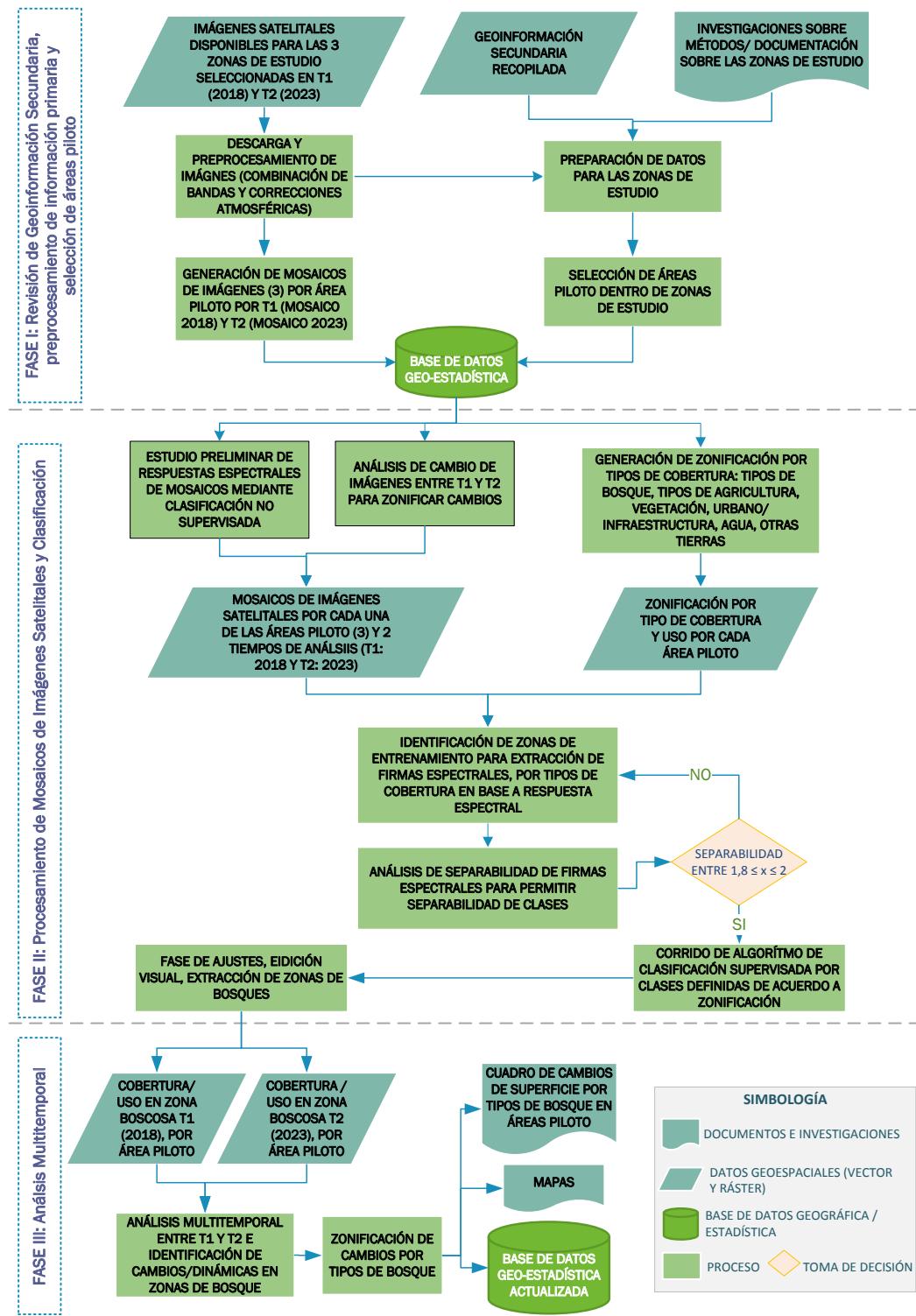
La información primaria corresponde a imágenes satelitales open source, SENITINEL 2A/2B de 10 m de resolución espacial con 4 bandas, 3 del óptico y 1 del infrarrojo cercano. Previo a la descarga de imágenes, se deben considerar algunos parámetros de búsqueda, entre los que destaca los posibles meses de descarga de acuerdo con los tipos de bosque, tomando en cuenta que los bosques deciduos pierden sus hojas en épocas secas. Esto podría generar confusión en la siguiente fase, al momento de determinar las zonas de interés con cambios y/o alteraciones.

Las imágenes satelitales SENTINEL 2 descargadas, siguieron un preprocesamiento que incluye la combinación de bandas espectrales requeridas (B2, B3, B4 y B8) y la corrección atmosférica para las imágenes con nivel de procesamiento 1C (las imágenes con nivel 2A ya incluyen esta corrección, sin embargo, todas las imágenes de 2018 requieren tomar en cuenta este paso).

En cuanto a la información secundaria, esta proviene de dos fuentes, i) geo-información/documentación recopilada de fuentes oficiales en Honduras y ii) geo-información/documentación descargada de fuentes científicas u organismos internacionales de cooperación y desarrollo.

La información secundaria usada para determinación de zonas de estudio y áreas piloto proviene de fuentes como COPECO; ICF, SERNA, SGJ y SINIT e incluye distintas variables, véase cuadro 6.

Diagrama 4
Flujograma general del proceso de análisis multitemporal



Fuente: Equipo CEPAL.

Cuadro 6
Información secundaria

Variable	Fuente/repositorio
Límite del territorio nacional/departamental	SGJ / SINIT
Clasificación climática	SERNA/SINIT
Cuencas declaradas 2010, oficializada ICF	SERNA/SINIT
Mapa forestal 2018	ICF
Áreas protegidas 2021	ICF/SINIT
Amenaza a movimientos de ladera	COPECO/SINIT
Amenaza a inundaciones	COPECO/SINIT
Degradación 2017	SERNA/SINIT
Índice de sequía	SERNA/SINIT
Riesgo de degradación	SERNA/SINIT

Fuente: Equipo CEPAL.

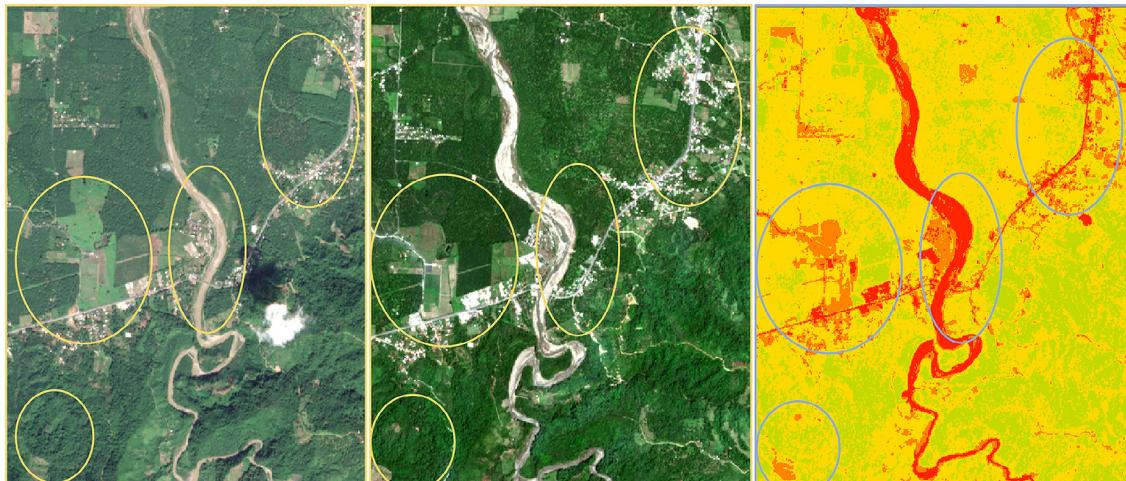
Esta fase culmina con la construcción de los mosaicos para cada área piloto en 2018 y 2023. En el mapa 1 se puede observar que cada área requiere un mosaico de 4 imágenes Sentinel 2, para cubrir la superficie establecida. Finalmente, se recomienda estructurar una base de datos geoestadística para mantener organizada la información secundaria y la geo-information que provenga de cada fase del análisis incluyendo sus resultados.

C. Fase II: procesamiento de mosaicos de imágenes satelitales y clasificación

Al inicio de esta fase se recomienda realizar dos análisis preliminares de los mosaicos de imágenes preparados, con el fin de tener una idea de la respuesta espectral, y posibles confusiones entre coberturas. El primer análisis corresponde a una clasificación no supervisada, definida como una identificación de grupos naturales o estructuras dentro de los datos multiespectrales (Parece & Campbell, 2013). El segundo análisis sugerido corresponde al estudio de cambio de las imágenes satelitales en dos tiempos, entre el mosaico de imágenes T1 y T2, esto permitirá observar las zonas con mayor superficie de cambio entre imágenes, y focalizar el análisis multitemporal posterior, véase mapa 2.

Mapa 2
Análisis de cambio en mosaico de imágenes T1 y T2, Valle de Sula

A. Mosaico de imágenes T1, Valle de Sula B. Mosaico de imágenes T2, Valle de Sula C. Análisis de cambio de imágenes T2 y T2



Fuente: Equipo CEPAL.

Lo importante en este tipo de análisis preliminares es la revisión de la respuesta espectral para poder visualizar algunas dinámicas iniciales, como, por ejemplo, cambios de estado fenológico de cultivos o cambios de caudal del río (lo que no corresponden a cambios de cobertura, sino a cambios estacionales). De igual forma se puede empezar a diferenciar los cambios de cobertura/uso de bosque a pasto o de bosque a urbano en zonas predeterminadas donde se visualiza un mayor cambio.

Una vez obtenidos estos datos de cambios y dinámicas en las imágenes, se procede a seleccionar las *Regiones de Entrenamiento*⁹ (*RdE*) que permiten posteriormente entrenar al algoritmo de clasificación. Para ello se identifican las *firmas espectrales*¹⁰ por tipo de uso/cobertura. Se recomienda mantener un criterio similar por región de interés, para evitar confusiones por tipos de cobertura. En este sentido, se sugiere que, en zonas agrícolas o con tipos de vegetación con gran variabilidad espectral, se realice una firma espectral por cada tipo identificado/estado fenológico. De igual forma, si los tipos de bosque no son espectralmente diferenciables, se sugiere identificar la clase general de bosque para posteriormente clasificarlos usando la zonificación por tipos de bosque, basada en el mapa de cobertura ICF (2018). Una vez seleccionadas las regiones de interés por tipo de uso, es importante realizar un análisis de separabilidad espectral¹¹; esto permitirá evaluar la calidad de los píxeles escogidos e incrementar o dividir algunas regiones para mejorar el índice de separabilidad¹², que debería permanecer entre 1,8 y 2; de ser menor, se deben mejorar las firmas espirales realizadas hasta obtener la separabilidad definida.

Como último paso de esta fase, se procede a correr el algoritmo de clasificación supervisada seleccionado, el algoritmo de máxima verosimilitud (*maximum-likelihood classifier MLC*). Este procedimiento se realiza de forma similar, tanto para el T1 como para el T2 en cada una de las áreas piloto seleccionadas. Finalmente se hace una revisión de las clasificaciones, tomando como referencia, la información secundaria de cobertura y uso, y bosque/no bosque. Con ello se realizan ajustes, una edición visual y limpieza de las capas como parte del post-procesamiento¹³.

Una vez culminado este post-procesamiento, las zonas quedan preparadas para ser asociadas a la zonificación por tipos de bosque y para el análisis de la siguiente fase (Galford, Soares-Filho, & Cerri, 2013; Jiménez, Hernández, & Rodríguez-Espinosa, 2020).

D. Fase III: análisis multitemporal

El análisis multitemporal busca analizar los cambios de uso y dinámica de la cobertura boscosa entre el T1 (2018) y el T2 (2023). Para ello se integran ambas capas de los tiempos seleccionados en un mismo archivo de manera a poder realizar el análisis multitemporal basado en una matriz de las posibles

⁹ Las Regiones de Entrenamiento (*RdE*) son muestras seleccionadas de un ráster, en este caso polígonos seleccionados en una imagen satelital, para representar una cobertura de uso, como áreas de agua, bosque o cultivo, identificados con el fin de entrenar el algoritmo de clasificación (Parece & Campbell, 2013).

¹⁰ Las firmas espirales muestran el perfil específico de radiancia emitida por diferentes elementos situados en la superficie de la tierra. Cada objeto presenta un nivel de respuesta en función de: % radiación reflejada + % de absorbida + % de transmitida (Lillesand & Kiefer, 1979).

¹¹ Un análisis de separabilidad espectral evalúa mediante una puntuación clasificada o ponderada de las características espirales de las *RdE* que definen cada una de las coberturas/clases identificadas. La puntuación más alta indica la coincidencia más cercana y de mayor confianza en la similitud espectral. Su función es identificar las *RdI* más aptas para entrenar al algoritmo de clasificación (Parece & Campbell, 2013).

¹² Un índice de separabilidad es el resultado del análisis de separabilidad entre las clases/coberturas definidas, y varía entre 0 y 2, siendo 2 el valor que representa la mayor confianza en la similitud espectral.

¹³ El post-procesamiento incluye todos los procesos que se realizan posterior a la clasificación automática de la imagen con el fin de revisar (con apoyo de información secundaria, índices de vegetación, otras imágenes de apoyo) la calidad del resultado. Esto incluye limpieza de “sal y pimienta” que representan pequeños píxeles aislados y que deberán ser asociados (en base a la unidad mínima de mapeo), y la edición visual para verificar las posibles confusiones entre coberturas y realizar las ediciones necesarias.

combinaciones entre ambas capas. Esto permite determinar las categorías de cambio y dinámica de la cobertura boscosa por tipos de bosque. Este análisis es fuertemente apoyado por los mosaicos de imágenes satelitales, para verificar los cambios de cobertura, dinámica y otras posibles alteraciones.

Una vez realizada esta comprobación es importante actualizar la superficie de cambio para que este insumo esté preparado para la estimación de daños y pérdidas. Además de la matriz de cambios, se debe actualizar la base de datos inicial y generar los mapas requeridos que enfaticen los cambios de coberturas.

Un primer acercamiento a los resultados del análisis multitemporal muestra las siguientes características por región, mismo que deben ser corroborados por expertos en terreno:

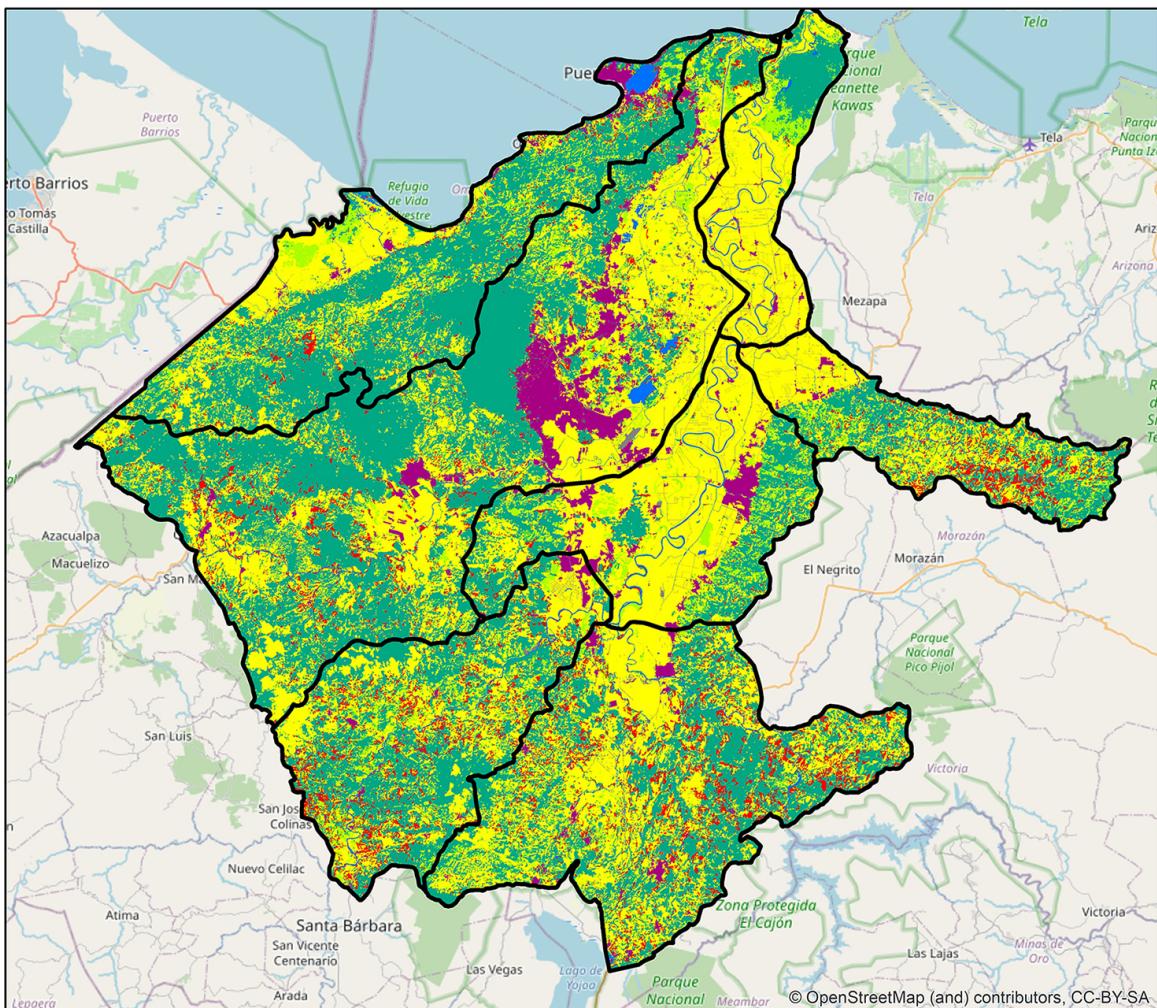
- El Valle de Sula es la zona (de las 3 zonas analizadas) con mayor presión de la frontera agrícola y con un claro avance de la mancha urbana/infraestructura, siendo la superficie de cambio en esta zona Ha. 16 629, véanse mapa 3 y cuadro 10.
- La zona de amortiguamiento de la Biosfera del Río Plátano tiene una alta presión por el avance de la frontera agrícola, misma que está impactando en algunas partes hacia la zona núcleo, en el área piloto analizada, siendo la superficie de cambio en esta zona Ha. 10 455, véanse mapa 4 y cuadro 11.
- El área piloto del Corredor Seco es la que menos cambios ha sufrido cambios en zonas mucho más dispersas, siendo la de mayor variación de bosque a infraestructura/urbano la que es claramente visible a este nivel de análisis, la superficie de cambio en esta zona es de Ha. 71 404, véanse mapas 5 y 6 y cuadro 12.

La destrucción de bosque como consecuencia de la expansión de la frontera agrícola o de la frontera urbana tiene efectos sobre el medio ambiente que no son estimados en el país, estos son el costo de restauración del bosque (daños) y la pérdida de servicios ambientales asociados a la reducción de la superficie boscosa (pérdidas). Se sugiere incorporar este tipo de metodología en un análisis costo-beneficio de ese tipo de expansiones, ya que permiten estimar el verdadero costo social de esas actividades.

Para resaltar más el potencial de ese procedimiento, en la próxima sección del documento se estiman dichos efectos, bajo el supuesto que la reducción de superficie ocurrió como consecuencia de un incendio forestal que es un tipo de desastre que según EMDAT es clasificado dentro del subgrupo de los climáticos, y es un tipo de desastre común en Honduras, debido factores culturales¹⁴ que son exacerbados por condiciones extremas de temperatura y sequía que se han hecho más común en los últimos años, y que posiblemente estén asociadas al cambio climático.

¹⁴ Entre estos factores destacan la práctica de quemar basura, la del manejo de cultivos quemando de residuos agrícolas con el objetivo de eliminar desechos generados por esta actividad y evitar el hospedaje y la propagación de plagas dañinas para la siembra y la cocina a leña.

Mapa 3
Superficie de cambio de cobertura entre T₁ y T₂, Área Piloto 1, Valle de Sula



Simbología

- Límite de Subcuencas
- Superficies de Cambio en Bosques

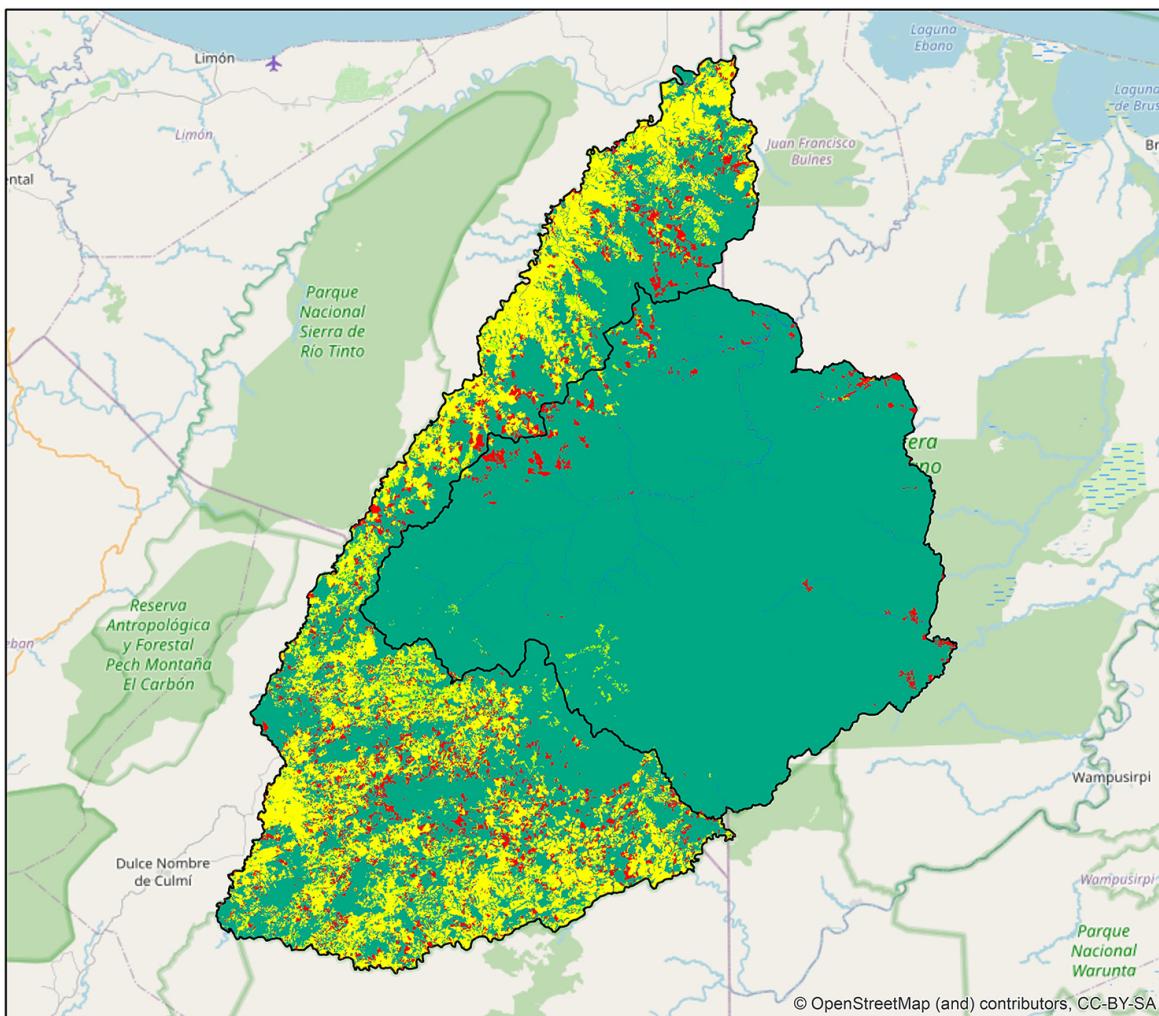
Cobertura y Uso de la Tierra ICF 2018

- Nivel General

- 1-BOSQUE
- 2-AGRICULTURA
- 3-VEGETACIÓN
- 4-URBANO-INFRAESTRUCTURA
- 5-AGUA
- 6-OTRAS TIERRAS

Fuente: Equipo CEPAL.

Mapa 4
Superficie de cambio de cobertura entre T₁ y T₂, Área Piloto 2, Biósfera Río Plátano

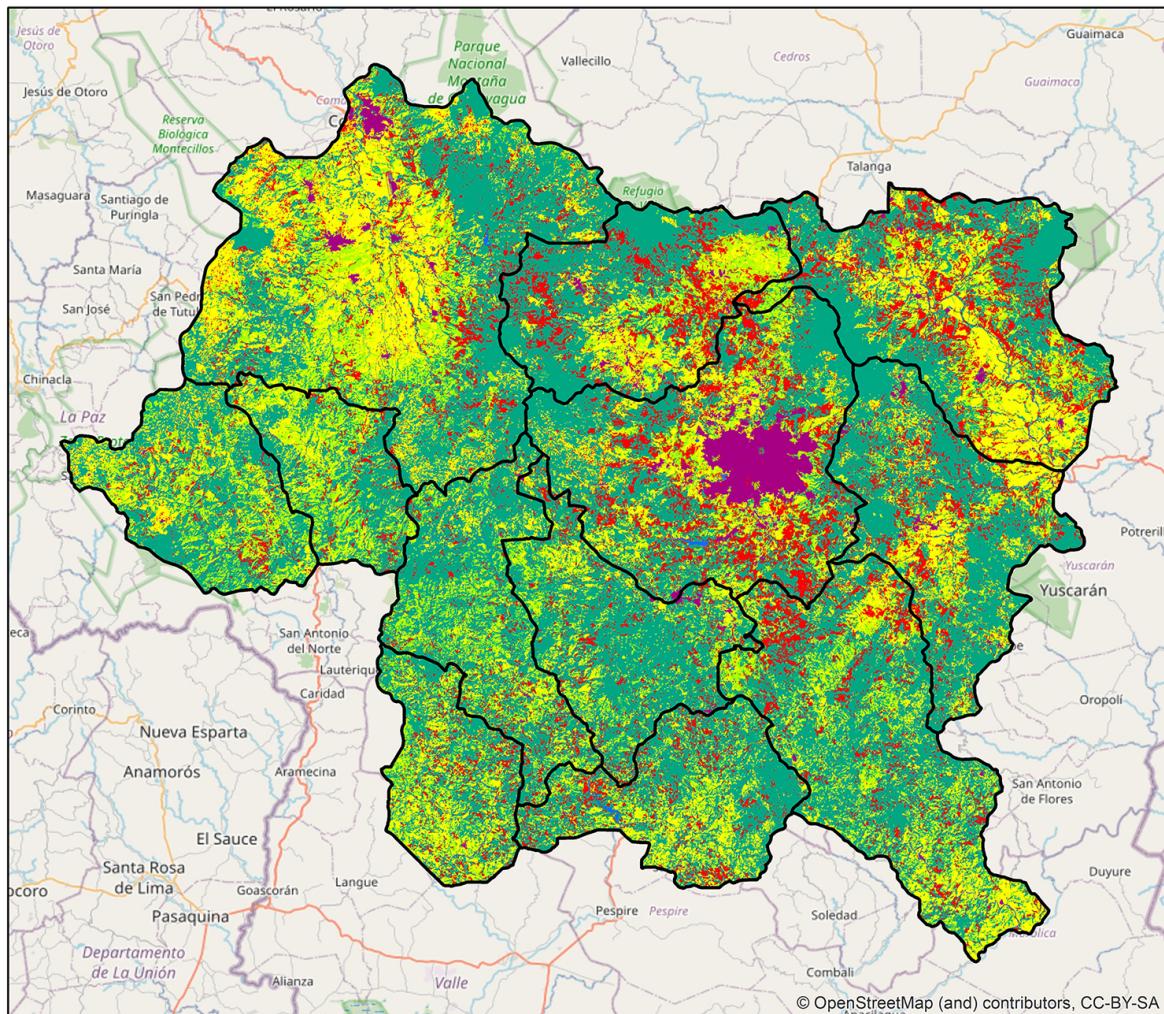


Simbología

- Límite de Subcuenca
 - Superficies de Cambio en Bosques
- Cobertura y Uso de la Tierra ICF 2018**
- Nivel General
- 1-BOSQUE
 - 2-AGRICULTURA
 - 3-VEGETACIÓN
 - 4-URBANO-INFRAESTRUCTURA
 - 5-AGUA
 - 6-OTRAS TIERRAS

Fuente: Equipo CEPAL.

Mapa 5
Superficie de cambio de cobertura entre T1 y T2, Área Piloto 3, Corredor Seco



Simbología

- Límite de Subcuencas
- Superficies de Cambio en Bosques

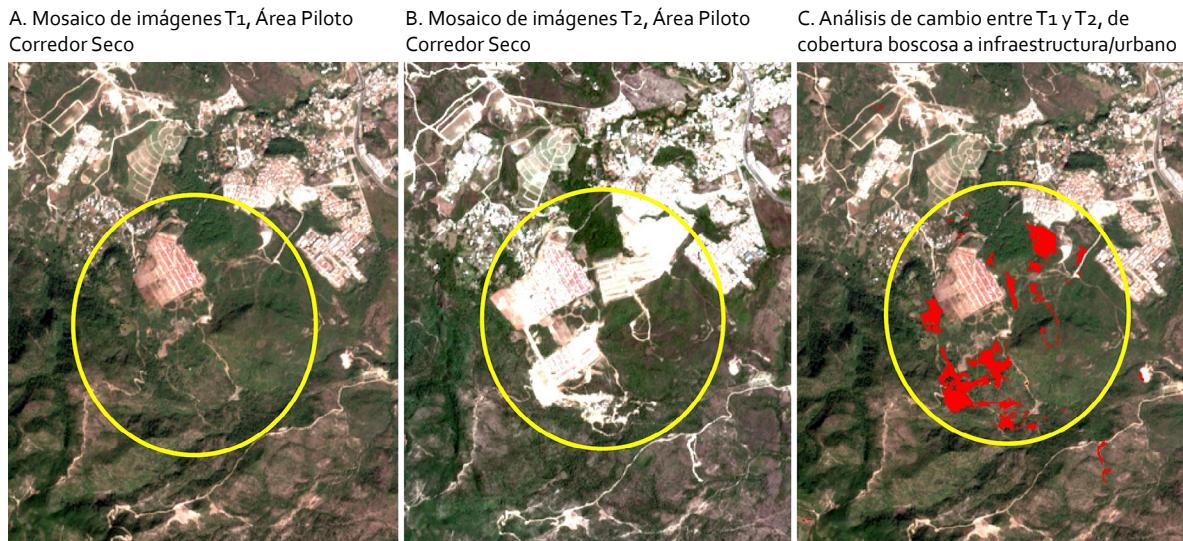
Cobertura y Uso de la Tierra ICF 2018

- Nivel General

- 1-BOSQUE
- 2-AGRICULTURA
- 3-VEGETACIÓN
- 4-URBANO-INFRAESTRUCTURA
- 5-AGUA
- 6-OTRAS TIERRAS

Fuente: Equipo CEPAL.

Mapa 6
Análisis de cambio de cobertura entre T₁ y T₂, Área Piloto 3, Corredor Seco



Fuente: Equipo CEPAL.

E. Estimación de daños y pérdidas

La estimación de daños y pérdidas se llevó a cabo siguiendo los pasos indicados por el Protocolo para la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales del sector ambiental en Honduras. Este ejercicio tiene como objetivo ilustrar su aplicación ante la eventualidad de un desastre o si se quisiera estimar los efectos a mediano y largo plazo de un evento de larga duración asociado al cambio climático.

Es importante recalcar que, para que este ejercicio genere información relevante para los tomadores de decisiones, es clave que cuenten con información de línea base actualizada, esto implica disponer de datos recientes sobre la superficie inicial del ecosistema (T₁), los valores de referencia de servicios ecosistémicos y los costos de restauración en moneda local ajustados de acuerdo con la inflación. Para la estimación de los efectos, la superficie de cambio (T₂) y la duración de la pérdida de los servicios ambientales que depende de la intensidad y el tipo de desastre.

A continuación, se presentan los resultados de la estimación de daños y pérdidas para el sector ambiente en Honduras, para el periodo 2018-2023, en las áreas piloto seleccionadas: Valle del Sula, Biosfera Río Plátano y Corredor Seco. Para efectos de este análisis, se estudiaron los ecosistemas terrestres boscosos en esas áreas. Dentro de ellas se identificaron los siguientes tipos de bosque: bosque de conífera denso, bosque de conífera ralo, bosque de mangle alto, bosque latifoliado deciduo, bosque, latifoliado húmedo, bosque mixto, húmedo inundable y pino plagado.

Al estimar los daños y pérdidas, deben tenerse en cuenta tres fuentes de imprecisión:

- i) Valores de referencia de costos de restauración y flujos de servicios ecosistémicos: En muchas ocasiones, la falta de disponibilidad de valores de referencia actualizados dificulta la estimación precisa de daños y pérdidas en las áreas de estudio.
- ii) Grado de deterioro ambiental: A pesar de la presencia de herramientas tecnológicas, determinar el grado de afectación de un ecosistema, ya sea por un desastre o procesos asociados al cambio climático, sin verificación de campo, resulta ser una tarea compleja.
- iii) Incertidumbre en la recuperación del bosque: Aunque existen estudios que permiten establecer el periodo de restauración de un ecosistema, la recuperación de un bosque sigue

siendo incierta. Muchas veces, estos procesos están condicionados por factores específicos como el grado de impacto del desastre, la salud previa del ecosistema y las actividades de restauración.

Estimación del escenario pre-desastre

La estimación del escenario pre-desastre comprende cuatro pasos principales: i) Recopilación de información secundaria (geo-información, estadística) de los ecosistemas generados por fuentes oficiales; ii) Generación de información primaria (geo-información, estadística) de los ecosistemas naturales mediante procesamiento e interpretación de imágenes satelitales; iii) Definición de los costos de restauración para los ecosistemas, y; iv) Definición de los valores de los servicios ecosistémicos. Los dos primeros pasos fueron abordados en la sección anterior mediante la revisión de información secundaria, selección de áreas piloto y preprocesamiento de geo-información y el procesamiento de mosaicos de imágenes satelitales y clasificación.

Para determinar los costos de restauración de los ecosistemas, se empleó el valor de referencia proporcionado por WWF (2033) por concepto de restauración natural asistida según promedios y globales. Según esa fuente, el costo de restaurar el bosque es de L./Ha. 57 354, véase cuadro 2. Ese es el valor utilizado tanto en esta sección como en la siguiente. La técnica de restauración implica la siembra inicial de árboles y mantenimiento básico. La inversión inicial y continuada en una restauración eficaz y duradera es esencial para el éxito de la restauración forestal. Para que este ejercicio sea eficaz, es necesario un entendimiento común de lo que constituye una inversión de buena calidad para obtener resultados y beneficios (por ejemplo, mitigación y adaptación al clima, conservación de la biodiversidad, medios de vida locales) en la restauración forestal y evaluaciones más realistas de lo que cuesta llevarla a la práctica¹⁵.

En cuanto a la definición de los valores de los servicios ecosistémicos, se utilizaron dos valores, véase cuadro 5. En primer lugar, uno estimado por ICF (2010) ajustado a precios del 2022, L./Ha./año 23 120, seleccionado por ser el valor más actualizado para el ecosistema en cuestión en Honduras. Según este informe, los principales servicios ecosistémicos en el SINAPH fueron el abastecimiento de leña, el servicio ambiental hídrico, la belleza escénica, y el secuestro y almacenamiento de carbono. En segundo lugar, se utilizó el valor estimado por De Groot et al. (2012) ajustado a precios del 2022, L./Ha./año 213 258, que incluye más de 22 servicios ecosistémicos, entre los que destacan la recreación, el acervo genético, la regulación del ciclo del agua y la regulación climática, entre otros. La inclusión de más servicios ecosistémicos es la fuente fundamental de la diferencia entre ambos.

Para la estimación de las pérdidas se debe también establecer una escala temporal ya que la pérdida de cobertura forestal supone la interrupción de los servicios ecosistémicos a lo largo del tiempo. El tiempo que tarda un bosque en recuperar sus servicios ecosistémicos puede variar significativamente y depender de varios factores, como el tipo y la gravedad de la perturbación, la resiliencia del ecosistema y los servicios específicos en cuestión. La recuperación del bosque es un proceso complejo que implica la restauración de funciones ecológicas, biodiversidad y la provisión de servicios ecosistémicos. En este análisis, basado en las estimaciones de Bright et al. (2014), se considerará un periodo de 13 años para la recuperación de un bosque después de un incendio. En nuestras estimaciones no se supone que ese proceso es lineal, las pérdidas disminuyen hasta sumar cero en el año trece.

¹⁵ Estimar los costos de restauración forestal es un ejercicio complejo debido a la diversidad de ecosistemas, las variaciones ambientales, la escala de los proyectos, la incertidumbre biológica, la influencia de la infraestructura y accesibilidad, las complejas interacciones ecológicas y la necesidad de evaluaciones a largo plazo. Cada área forestal presenta condiciones únicas que requieren enfoques específicos, lo que dificulta la aplicación de costos estándar. Actualmente existen una serie de estudios y documentos técnicos que ofrecen estimados aproximados a los costos de restauración. Por ejemplo, Campos-Filho (et al., 2013) estima que tres años de restauración, incluyendo semillas, mano de obra, manejo de plantación tienen un costo a precios actuales de L./Ha. 60 551 (precios del 2022). Por otro lado, WWF (2022), provee un rango más amplio de valores reconociendo que estos varían de acuerdo con las actividades de restauración implementadas. De acuerdo con esta fuente, investigaciones recientes sugieren una media mundial de L./Ha 57 354 para la restauración forestal (precios de 2022); en la Mata Atlántica de Brasil, por ejemplo, los costes estimados son tan bajos como 30 796 L./ha para la regeneración natural que sólo requiere vallado y hasta L./Ha 92 387 para la plantación de árboles y el vallado combinados (ambos a precios del 2022). Es importante enfatizar que en esta literatura se hace referencia a un único costo de restauración, no se diferencia entre un monto inicial luego en valores anuales hasta que se completa el proceso.

En algunos casos, un ecosistema forestal puede comenzar a recuperarse relativamente rápido, con mejoras notables en ciertos servicios en unos pocos años. Por ejemplo, la estabilización del suelo y la captura de carbono pueden comenzar a hacerlo relativamente temprano en el proceso de recuperación.

Sin embargo, la recuperación completa de un ecosistema forestal, especialmente en términos de biodiversidad e interacciones ecológicas más complejas, puede llevar varias décadas o incluso siglos. Perturbaciones a gran escala, como la tala intensiva o incendios forestales intensos, pueden tener períodos de recuperación más prolongados.

Se pueden esfuerzos para acelerar el proceso de recuperación mediante la restauración activa, como proyectos de reforestación y restauración de hábitats, pueden contribuir a acelerar ese proceso. El cronograma específico de recuperación seguirá variando según los factores mencionados anteriormente.

Valle del Sula

La estimación de servicios ecosistémicos en los bosques de la superficie del área piloto en Valle del Sula asciende a L./Ha./año 7 060,5 millones para los valores mínimos y L./ha/año 65 126,5 millones para los valores máximos.

Cuadro 7
Estimación de servicios ecosistémicos (mínimo y máximo) de la superficie total en área piloto Valle del Sula

Tipo de bosque	Servicios ecosistémicos (mínimo) (L.Ha./año)	Servicios ecosistémicos (máximo) (L./Ha./año)	Margen (L./Ha./año)
Bosque de conífera denso	664 769 261	6 131 815 742	5 467 046 481
Bosque de conífera ralo	152 673 925	1 408 260 625	1 255 586 700
Bosque de mangle alto	6 892 863	63 579 603	56 686 740
Bosque latifoliado deciduo	1 708 656 812	15 760 609 523	14 051 952 710
Bosque latifoliado húmedo	4 376 612 007	40 369 764 356	35 993 152 349
Bosque mixto	124 155 646	1 145 208 708	1 021 053 062
Pino plagado	26 815 454	247 345 103	220 529 650
Área total	7 060 575 967	65 126 583 659	58 066 007 692

Fuente: Equipo CEPAL.

Biosfera del Río Plátano

La estimación de servicios ecosistémicos en los bosques de la superficie del área piloto en Biosfera del Río Plátano asciende a L./Ha./año 7 526,4 millones para los valores mínimos y L./Ha./año 69 423,4 millones para los valores máximos.

Cuadro 8
**Estimación de servicios ecosistémicos (mínimo y máximo) de la superficie total
en área piloto Biosfera del Río Plátano**

Tipo de bosque	Servicios ecosistémicos (mínimo) (L./ha/año)	Servicios ecosistémicos (máximo) (L./ha/año)	Margen (L./ha/año)
Bosque de conífera denso	86 420 017	797 136 166	710 716 149
Bosque de conífera ralo	64 178 346	591 979 523	527 801 177
Bosque latifoliado húmedo	7 321 265 206	67 531 174 959	60 209 909 752
Bosque mixto	3 714 459	34 262 083	30 547 624
Bosque latifoliado húmedo inundable	50 830 707	468 861 226	418 030 519
Área total	7 526 408 735	69 423 413 956	61 897 005 221

Fuente: Equipo CEPAL.

Corredor Seco

La estimación de servicios ecosistémicos en los bosques de la superficie del área piloto del Corredor Seco asciende a L./Ha./año 11 155,3 millones para los valores mínimos y L./Ha./año 102 896,7 para los valores máximos.

Cuadro 9
Estimación de servicios ecosistémicos (mínimo y máximo) de la superficie total en área piloto Corredor Seco

Tipo de bosque	Servicios ecosistémicos (mínimo) (L./ha/año)	Servicios ecosistémicos (máximo) (L./ha/año)	Margen (L./ha/año)
Bosque de conífera denso	3 454 236 046	31 861 790 580	28 407 554 534
Bosque de conífera ralo	1 171 186 873	10 802 999 671	9 631 812 798
Bosque latifoliado deciduo	4 810 792 494	44 374 634 769	39 563 842 275
Bosque latifoliado húmedo	365 620 421	3 372 474 006	3 006 853 585
Bosque mixto	356 309 469	3 286 590 008	2 930 280 539
Pino plagado	997 210 495	9 198 245 730	8 201 035 235
Área total	11 155 355 797	102 896 734 763	91 741 378 966

Fuente: Equipo CEPAL.

Definición del área afectada

La definición del área afectada consiste en tres pasos principales: i) Identificación del tipo de evento que provocó el desastre y las instituciones u organismos que los monitorean; ii) Preparación de la geo-information sobre el desarrollo del evento y; iii) Definición de la superficie afectada que será analizada para establecer los daños y pérdidas a nivel de ecosistemas. dichos pasos fueron desarrollados mediante el análisis multitemporal.

Es importante recalcar que la definición del área afectada debe, en la medida de lo posible, ser verificada en campo con tal de calibrar cualquier estimación que pueda resultar imprecisa a causa de la falta de disponibilidad de imágenes de satélite con la resolución y calidad requerida.

Cuadro 10
Estimación del cambio de área, zona piloto Valle del Sula
(Ha.)

Tipo de bosque	Superficie total	Superficie de cambio	Porcentaje cambio
Bosque de conífera denso	28 753	1 979	7
Bosque de conífera ralo	6 604	1 151	17
Bosque de mangle alto	298	19	6
Bosque latifoliado deciduo	73 904	7 353	10
Bosque latifoliado húmedo	189 300	5 713	3
Bosque mixto	5 370	414	8
Pino plagado	1 160	0	-
Total	305 388	16 629	-

Fuente: Equipo CEPAL.

Cuadro 11
Estimación del cambio de área, zona piloto Biosfera del Río Plátano
(Ha.)

Tipo de bosque	Superficie total	Superficie cambio	Porcentaje cambio
Bosque de conífera denso	3 738	171	5
Bosque de conífera ralo	2 776	248	9
Bosque latifoliado húmedo	316 664	9 896	3
Bosque mixto	2 199	78	4
Bosque latifoliado húmedo inundable	161	61	38
Total	325 537	10 455	-

Fuente: Equipo CEPAL.

Cuadro 12
Estimación del cambio de área, zona piloto Corredor Seco
(Ha.)

Tipo de bosque	Superficie total	Superficie cambio	Porcentaje cambio
Bosque de conífera denso	149 405	15 943	11
Bosque de conífera ralo	50 657	6 220	12
Bosque latifoliado deciduo	208 079	40 147	19
Bosque latifoliado húmedo	15 814	211	1
Bosque mixto	15 411	1 664	11
Pino plagado	43 132	7 219	17
Total	482 498	71 404	-

Fuente: Equipo CEPAL.

Estimación de daños

Valle del Sula

Los daños en el sector ambiental en el área piloto del Valle del Sula ascienden a un total de L. 953,7 millones, siendo la mayoría registrados en los bosques latifoliados deciduos (44%), seguidos por los bosques latifoliados húmedos (34%).

Cuadro 13
Estimación de daños, zona piloto Valle del Sula
(L.)

Tipo de bosque	Daños (L./Ha.)	Porcentaje
Bosque de conífera denso	113 508 143	12
Bosque de conífera ralo	66 026 754	7
Bosque de mangle alto	1 065 967	0
Bosque latifoliado deciduo	421 750 100	44
Bosque latifoliado húmedo	327 637 733	34
Bosque mixto	23 763 833	2
Pino plagado	0	0
Daños totales	953 752 530	100

Fuente: Equipo CEPAL.

Biosfera del Río Plátano

Los daños en el sector ambiental en la zona piloto de la Biosfera del Río Plátano ascienden a L. 599,6 millones, principalmente concentrados en los bosques latifoliados húmedos (95%). Los demás tipos de bosque registran daños menores debido al bajo grado de cambio en la cobertura forestal de T₂ con respecto a T₁.

Cuadro 14
Estimación de daños, zona piloto Biosfera del Río Plátano
(L.)

Tipo de bosque	Daños	Porcentaje
Bosque de conífera denso	9 833 917	2
Bosque de conífera ralo	14 229 527	2
Bosque latifoliado húmedo	567 550 522	95
Bosque mixto	3 526 697	1
Bosque latifoliado húmedo inundable	4 483 936	1
Daños totales	599 624 599	100

Fuente: Equipo CEPAL.

Corredor Seco

Los daños en el sector ambiental en el área piloto del Corredor Seco ascienden a L. 4 095 millones, la mayoría de los cuales se registraron en el bosque latifoliado húmedo (56%), similar a las otras áreas de estudio. El bosque de coníferas densas también registra daños significativos, alcanzando un 22% del total.

Cuadro 15
Estimación de daños, zona piloto Corredor Seco
(L.)

Tipo de bosque	Daños	Porcentaje
Bosque de conífera denso	914 408 900	22
Bosque de conífera ralo	356 760 466	9
Bosque latifoliado deciduo	2 302 566 526	56
Bosque latifoliado húmedo	12 082 134	0
Bosque mixto	95 460 482	2
Pino plagado	414 044 398	10
Total	4 095 322 906	100

Fuente: Equipo CEPAL.

Estimación de pérdidas

Valle del Sula

Las pérdidas acumuladas en 13 años por concepto de interrupción de los flujos de servicios ecosistémicos en la superficie de cambio (Ha.16 629) del área piloto de Valle del Sula fueron estimadas en un rango entre 945,2 millones y 8 718,8 millones. Es importante recalcar que la estimación se realizó tomando en consideración la estimación de 13 años de recuperación de los ecosistemas hecha por Bright et al. (2014).

Cuadro 16
Estimación de pérdidas acumuladas, zona piloto Valle del Sula

Tipo de bosque	Pérdidas (mínimo) (L.)	Pérdidas (máximo) (L.)	Margen (L.)
Bosque de conífera denso	112 494 855	1 037 647 377	925 152 523
Bosque de conífera ralo	65 437 332	603 590 949	538 153 616
Bosque de mangle alto	1 056 451	9 744 656	8 688 205
Bosque latifoliado deciduo	417 985 131	3 855 475 670	3 437 490 539
Bosque latifoliado húmedo	324 712 906	2 995 136 944	2 670 424 038
Bosque mixto	23 551 693	217 239 734	193 688 041
Pino plagado	0	0	0
Total	945 238 367	8 718 835 330	7 773 596 963

Fuente: Equipo CEPAL.

Biosfera del Río Plátano

Las pérdidas acumuladas en 13 años por concepto de interrupción de los flujos de servicios ecosistémicos en la superficie de cambio (Ha.10 455) del área piloto de Biosfera del Río Plátano fueron estimadas en un rango entre L.594,2 millones y L.5 481,5 millones. Al igual que el caso anterior, la estimación se realizó tomando en consideración la estimación de 13 años de recuperación de los ecosistemas hecha por Bright et al. (2014).

Cuadro 17
Estimación de pérdidas acumuladas, zona piloto Biosfera del Río Plátano

Tipo de bosque	Pérdidas (mínimo) (L.)	Pérdidas (máximo) (L.)	Margen (L.)
Bosque de conífera denso	9 746 129	89 897 850	80 151 720
Bosque de conífera ralo	14 102 500	130 080 815	115 978 315
Bosque latifoliado húmedo	562 483 990	5 188 326 516	4 625 842 526
Bosque mixto	3 495 215	32 239 699	28 744 484
Bosque latifoliado húmedo inundable	4 443 908	40 990 399	36 546 492
Total	594 271 742	5 481 535 278	4 887 263 537

Fuente: Equipo CEPAL.

Corredor Seco

Las pérdidas acumuladas en 13 años por concepto de interrupción de los flujos de servicios ecosistémicos en la superficie de cambio (71 404 hectáreas) del área piloto del Corredor Seco fueron estimadas en un rango entre L.4 058,7 millones y L.37 437,8 millones. Al igual que los casos anteriores, la estimación se realizó tomando en consideración la estimación de 13 años de recuperación de los ecosistemas hecha por Bright et al. (2014).

Cuadro 18
Estimación de pérdidas acumuladas, zona piloto Corredor Seco

Tipo de bosque	Pérdidas (mínimo) (L.)	Pérdidas (máximo) (L.)	Margen (L.)
Bosque de conífera denso	906 245 958	8 359 171 137	7 452 925 179
Bosque de conífera ralo	353 575 660	3 261 365 663	2 907 790 003
Bosque latifoliado deciduo	2 282 011 481	21 049 169 195	18 767 157 714
Bosque latifoliado húmedo	11 974 277	110 450 180	98 475 904
Bosque mixto	94 608 305	872 662 665	778 054 360
Pino plagado	410 348 218	3 785 033 133	3 374 684 915
Total	4 058 763 898	37 437 851 972	33 379 088 074

Fuente: Equipo CEPAL.

Resumen

El análisis multitemporal proporciona una visión detallada de cómo la superficie forestal por tipos de bosques ha experimentado cambios significativos en diversas proporciones en las áreas piloto: 5% en el Valle del Sula, 3% en la Biosfera del Río Plátano y del 15% en el Corredor Seco. Estas variaciones tienen consecuencias directas en la evaluación de daños y pérdidas, ya que a medida que el cambio en la extensión del bosque aumenta, también lo hacen los daños y las pérdidas asociadas.

La estimación de daños y pérdidas desarrollada en este ejercicio tiene como objetivo principal ilustrar el proceso subyacente en lugar de proporcionar cifras precisas. Como se destacó al principio, estos ejercicios analíticos se ven afectados por fuentes de imprecisión que requieren ser mitigadas o reducidas al mínimo.

En primer lugar, en relación con los valores de referencia de los costos de restauración y flujos de servicios ecosistémicos, este ejercicio se basó en valores provenientes de fuentes fiables ajustados a los precios de 2022. En cuanto a los valores de flujos de servicios ecosistémicos, se proporcionó un ejemplo de recuperación gradual mediante datos teóricos, aunque se sugiere la realización de estudios específicos para obtener valores más precisos y actualizados.

Respecto al grado de deterioro ambiental, los resultados presentados en este estudio son el producto de un análisis exhaustivo basado en los mejores insumos disponibles en el momento. Se sugiere a las instituciones del Estado a mantener actualizadas las capas SIG de manera periódica y a procurar acceso a imágenes satelitales de la mejor calidad posible en las áreas de mayor riesgo o vulnerabilidad. Asimismo, se alienta a los usuarios de este protocolo a llevar a cabo la mayor cantidad de verificaciones en campo con el fin de corroborar la información generada mediante herramientas SIG y percepción remota.

A continuación, se presenta un resumen de la estimación de daños y pérdidas en el sector ambiental en áreas piloto de Honduras.

Cuadro 19
Resumen de estimación de daños y pérdidas en el sector ambiente, zonas piloto de Honduras

Zona piloto	Pérdidas (mínimo) (L.)	Pérdidas (máximo) (L.)	Daños (L.)
Valle del Sula	945 238 367	8 718 835 330	953 752 530
Biosfera del Río Plátano	594 271 742	5 481 535 278	599 624 599
Corredor Seco	4 058 763 898	37 437 851 972	4 095 322 906

Fuente: Equipo CEPAL.

Finalmente, como se indica en la sección del análisis multitemporal, la causa directa de la deforestación en las áreas piloto es la expansión de la frontera agrícola. Estimar la pérdida de servicios ecosistémicos debido al cambio de uso a agricultura es complejo y actualmente está sujeto a investigación científica. En este documento, se optó por utilizar el horizonte temporal de Bright et al. (2014) para ilustrar el caso de un incendio forestal. No obstante, es crucial que los tomadores de decisiones consideren los costos sociales y ambientales, en términos de interrupción de flujos de servicios ecosistémicos, de cambiar bosques por superficie agrícola.

Las prácticas agrícolas pueden tener diversos impactos negativos o externalidades, como la degradación ambiental que incluye la erosión del suelo, la contaminación del agua y la pérdida de biodiversidad debido al uso de fertilizantes, pesticidas y métodos intensivos. En términos de salud pública, el uso de productos químicos en la agricultura, como pesticidas y herbicidas, puede afectar a los trabajadores y consumidores al contaminar alimentos, agua y aire. Además, la agricultura, al ser una gran consumidora de recursos hídricos, puede contribuir a la escasez de agua en ciertas regiones, afectando tanto a la agricultura como a las comunidades. Las prácticas agrícolas también pueden influir en la equidad social, generando desafíos para los agricultores a pequeña escala en términos de propiedad de la tierra, condiciones laborales y acceso a recursos. Además, las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de la agricultura, junto con el cambio climático resultante, impactan los patrones climáticos, afectan los rendimientos de los cultivos y comprometen la seguridad alimentaria.

VIII. Ejemplo 2 de aplicación del protocolo: línea de base de parques nacionales

Introducción

El primer paso en esta tarea fue hacer una lista de parques nacionales y las secciones de estos a incluir en la línea de base. Para ello se adoptaron tres consideraciones: i) incluir solamente parques nacionales que tengan superficie terrestre. Esta es la razón por la que no se incluyó el Parque Nacional Marino Islas de la Bahía o el Parque Nacional Marino Golfo de Fonseca. Sin embargo, sí se incluyen las áreas terrestres de Port Royal y las islas del Parque Nacional Marino Abogado Agustín Córdoba Rodríguez; ii) Solo se incluyeron las áreas de núcleo y no la zona de amortiguamiento¹⁶; iii) Excluir aquellos parques nacionales que están en fase de proyecto. El cuadro 20 presenta la lista de parques nacionales incluidos, con información sobre el Decreto Legislativo (DL) y/o Acuerdo Presidencial (AP) que lo constituye y el comanejador.

**Cuadro 20
Parques nacionales**

Parque nacional	Decreto	Comanejador
Punta Izopo	DL 261-00	
Pico Bonito	DL 87-87	Fundación Parque Nacional Pico Bonito (FUPNAPIB)
Port Royal	DL 75-2010	
La Tigra	DL 976-90 y 153-93	AMITIGRA
Blanca Janeth Kawas Fernández	DL 154-94 y 43-95	PROLANSATE
Sierra de Agalta	DL 87-87	
Abogado Agustín Córdova Rodríguez	AP 3056-91 y DL 128-94	
Cerro Azul Meámbar	DL 87-87	Proyecto Aldea Global/Ivo Alvarado

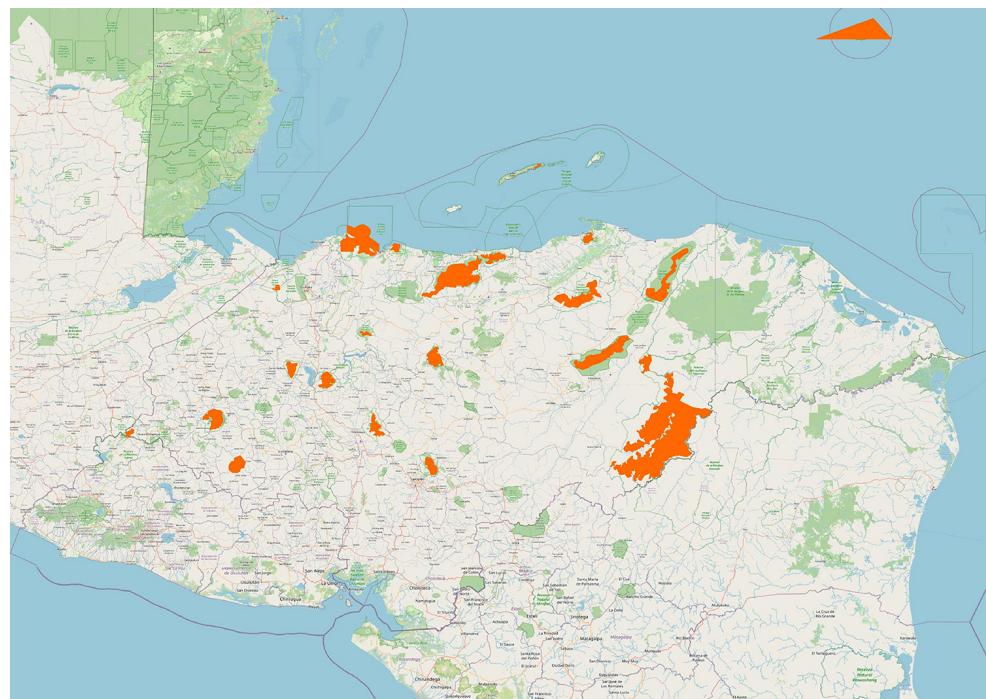
¹⁶ Para el Parque Nacional Congolón, Coyocutena y Piedra Parada se incluyó el único polígono de superficie, se contó con polígonos diferentes de núcleo y zona de amortiguamiento.

Parque nacional	Decreto	Comanejador
Capiro y Calentura	DL22-2016	ICF-TRUJILLO
Montaña de Santa Bárbara	DL 87-87	
Montecristo Trifinio	DL 87-87	
Patuca	DL 87-87	
Montaña de Comayagua	DL 87-87	
Montaña de Yoro	DL 87-87	
Pico Pijol	DL 87-87	
Nombre de Dios	DL 396-2005	Fundación Parque Nacional Nombre de Dios (FUPNAND)
Montaña de Celaque	DL 048-2017	Mancomunidad de Municipios del Parque Nacional Montaña de Celaque
Cusuco	DL 87-87	PANTHERA
Montaña de Botaderos Carlos Escaleras Mejía	DL 093-2016, 252-2013 y 327-2012	
Congolón, Coyocutena y Piedra Parada (PANACON)	DL 195-2010	

Fuente: Equipo CEPAL.

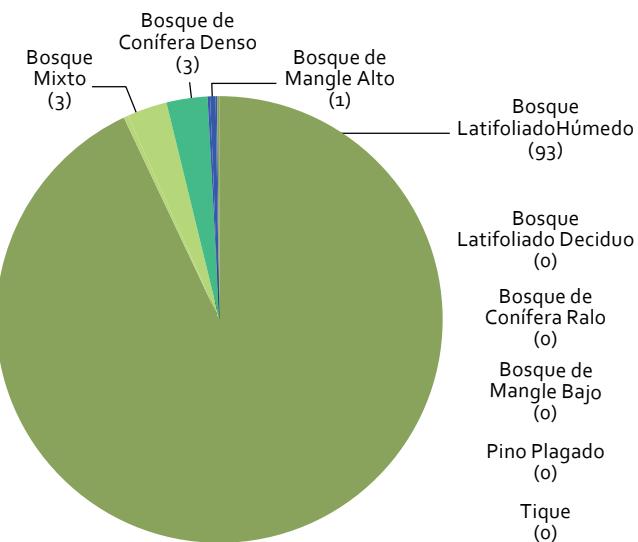
El ICF compartió los SIG de los parques nacionales, lo que fue de gran utilidad para medir sus áreas, y para la estimación de la superficie de construcción dentro de cada uno de ellos y de vías de tránsito, mediante el cruce de capas. Los parques nacionales considerados se despliegan en el mapa 7. En los parques nacionales considerados en este estudio, la cobertura vegetal preponderante es la del bosque latifoliado húmedo, 93%, seguida por el bosque de conífera denso, 2,96%, y por el bosque mixto, 2,9%, véase gráfico 1.

**Mapa 7
Parques nacionales**



Fuente: Equipo CEPAL.

Gráfico 1
Tipo de cobertura vegetal, parques nacionales
(En porcentajes)



Fuente: Equipo CEPAL.

A. Línea de base de activos construidos

La primera parte de la estimación de la línea de base de los parques nacionales busca aproximar el valor de sus activos físicos y asignarle un valor de reposición. Este proceso implica la evaluación detallada de los diferentes elementos y recursos presentes en los parques, como infraestructuras, equipamientos, senderos, áreas recreativas y servicios disponibles.

Al realizar esta estimación, se busca obtener un panorama completo de la condición de los activos y su capacidad para satisfacer las necesidades de los visitantes. Esto incluye evaluar su estado de conservación, funcionalidad y disponibilidad. Además, se considera importante tener en cuenta aspectos como la accesibilidad y los servicios ofrecidos.

La información obtenida a través de esta estimación puede ser de gran utilidad para la gestión y planificación de los parques nacionales. Permite identificar posibles necesidades de mantenimiento, mejoras o inversiones en infraestructuras y servicios. Además, proporciona una base sólida para la toma de decisión.

Para la estimación de la línea de base, los activos fueron segmentados en accesibilidad y movilidad dentro del parque, infraestructuras de alojamiento y servicios, y otro tipo de infraestructuras. Se elaboró una lista con los precios unitarios de referencia de la infraestructura, véase cuadro 21.

Cuadro 21
Precio unitario de infraestructura de parques nacionales

Descripción	Precio unitario (L.)	Unidad de medida
Puente peatonal, estructura de concreto	99 757	m
Puente colgante peatonal, estructura de guayas de acero y superficie de madera	25 447	m
Carretera secundaria con pavimento asfáltico de un carril	7 048 222	km
Carretera secundaria con pavimento asfáltico de dos carriles	13 215 416	km

Descripción	Precio unitario (L.)	Unidad de medida
Carretera de terracería de un carril	2 782 193	km
Carretera de terracería de verano de un carril	2 225 754	km
Vereda de terracería	695 548	km
Vereda de rodadera 1 carril	1 622 946	km
Mini presa de toma de agua	82 407	Unidad
Rótulos viales	2 262	Unidad
Rótulos de veredas - Rótulo de señalización, con soporte de aluminio lacado, de 360x120 mm	1 117	Unidad
Rótulo de señalización, con soporte de aluminio lacado, de 720x420 mm	2 228	Unidad
Centro de visitantes construcción	11 455	m ²
Alojamiento	11 400	m ²
Zonas de acampada	464	m ²
Restaurante	8 764	m ²
Estacionamiento asfalto	23 490	Unidad
Estacionamiento material selecto	11 519	Unidad
Torres de avistamiento	226 285	Unidad
Parque Infantil	227 637	Unidad
Plataforma de acampada de madera 6X6	52 381	Unidad
Plataforma caminería de madera	2 494	Unidad
Muelle	21 368	m ²
Pista de aterrizaje	883	m ²
Puesto de venta en madera	2 372	m ²
Canopy 4x4	25 301	Unidad
Baños compartidos	162 893	Unidad

Fuente: Equipo CEPAL.

Los precios unitarios representan el valor de las infraestructuras nuevas. La construcción de la línea de base de activos implica estimar el valor de los activos a costo de reposición, para ello se emplean los factores de descuento definidos en el cuadro 22, los cuales se aplican a los precios unitarios descritos en el cuadro 21, según sea el caso¹⁷.

Cuadro 22
Factor de depreciación de infraestructura

Estado de la edificación	Deterioro estructural	Deterioro no estructural	Porcentaje del valor total de infraestructura
Muy bueno	0	0	1
Bueno	0	28	0,902
Regular	25	55	0,645
Malo	55	85	0,345
No utilizable/destruido	100	100	0

Fuente: Equipo CEPAL.

¹⁷ Tanto los precios unitarios como el factor de descuento siguen el trabajo desarrollado por CEPAL (2024b).

El primer tipo de activos a considerar fueron los de vialidad y acceso. Para estimar la cantidad de kilómetros de cada tipo de vía, se empleó SIG para estimar la cantidad y tipificar la vialidad existente dentro de los límites de parque. Si bien es cierto que parte de esta vialidad no está necesariamente asociada las actividades únicamente del parque nacional, dado que dentro de los núcleos de varios de los parques nacionales existe poblaciones, se decidió mantener toda la vialidad identificada y asignarle un valor de acuerdo con el tipo de vialidad.

En total dentro de los núcleos de los parques nacionales existen 513 kilómetros de vialidad de diverso tipo. Para cada calcular el valor de reposición de cada tipo de vialidad se emplearon los distintos precios unitarios descontados. La cantidad de kilómetros por tipo de vialidad fue multiplicada por los precios descontados para obtener los valores de costo de reposición de estos activos, véase cuadro 23.

Cuadro 23
Línea de base de vialidad de parques nacionales
(L.)

Parque nacional	Revestimiento suelto o ligero, una vía	Revestimiento suelto, solo verano	Senderos o veredas	Vereda de rodada	Total
Punta Izopo	-	-	-	-	-
Pico Bonito	-	-	2 490 716	-	2 490 716
Port Royal	505 418	-	-	-	505 418
La Tigra	17 274 942	9 731 802	20 925 003	2 268 777	50 200 524
Blanca Janeth Kawas Fernández	-	-	21 167 002	-	21 167 002
Sierra de Agalta	-	-	3 302 330	-	3 302 330
Abogado Agustín Córdoba Rodríguez (Isla Santanilla o del Cisne)	-	-	4 517 704	-	4 517 704
Sierra de Río Tinto	-	-	5 392 553	-	5 392 553
Cerro Azul Meámbar	-	-	15 650 625	-	15 650 625
Capiro y Calentura	5 807 222	-	202 062	-	6 009 284
Montaña de Santa Bárbara	-	-	2 326 302	-	2 326 302
Montecristo Trifinio	-	-	7 577 732	-	7 577 732
Patuca	26 789 730	-	23 189 217	-	49 978 947
Montaña de Comayagua	-	-	24 846 310	-	24 846 310
Montaña de Yoro	-	-	13 501 800	-	13 501 800
Pico Pijol	-	-	-	-	-
Nombre de Dios	-	-	2 938 960	-	2 938 960
Montaña de Celaque	-	-	24 499 874	-	24 499 874
Cusuco	-	-	-	-	-
Montaña de Botaderos Carlos Escaleras Mejía	-	-	92 932	-	92 932
Congolón, Piedra Parada y Coyocutena	-	15 204 132	163 010 077	-	178 214 210
Total	50 377 313	24 935 934	335 631 199	2 268 777	413 213 224

Fuente: Equipo CEPAL.

En total el valor de la vialidad dentro de los parques nacionales estudiados es de más de L.413 millones. La gran mayoría de estas vías de comunicación son senderos o veredas, que representan el 94% del total de los kilómetros de vialidad y el 81% del valor de los activos de vialidad presente en los parques nacionales. Las vías con revestimiento suelto o ligero de una vía, aptas para vehículos de transporte, tienen un valor de reposición de L.50,4 millones y representan algo más del 12% del total del valor de la línea de base. Los otros tipos de vialidad tienen menor presencia.

El siguiente grupo de activos son aquellas edificaciones y equipamiento destinados a proveer servicios educativos, de recreación, capacitación y de protección del área protegida entre otros. Es en este grupo donde se incluyen instalaciones como centros de visitantes, establecimientos de alojamiento, restaurantes, cafeterías y zonas de estacionamiento. Para la construcción de la línea de base de este tipo de activos se empleó información que fue solicitada por el IHT a los comanejadores de los parques. En total se obtuvo información de diez parques nacionales. Junto con esta información y los costos de reposición calculados usando la información de los cuadros 21 y 22, se le asignó valor a cada una de las estructuras de este tipo facilitadas por los comanejadores.

Ocho de los parques nacionales indicaron que poseían al menos un centro de visitantes. En total el valor de los centros de visitantes es de L.9,5 millones, y se estima que hay unos 830 metros cuadrados en este tipo de estructuras, en La Tigra y Montaña de Celaque se cuentan con dos centros de visitantes en cada uno de los parques. El equipo de trabajo de la CEPAL en la visita de campo a la Tigra fue recibido en uno de estos centros, que además cuenta con un museo con fines educativos. La imagen 1 presenta fotos tomadas del centro de visitantes.

Imagen 1
Centro de visitantes, Parque Nacional La Tigra



Fuente: Equipo CEPAL.

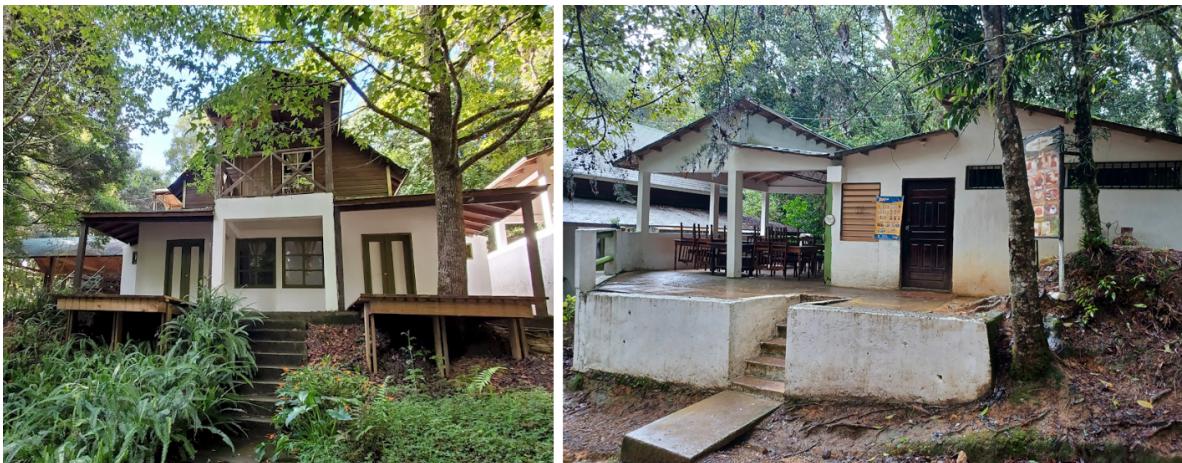
Dos de los parques nacionales reportaron tener establecimientos de alojamiento dentro de los límites. En el caso de La Tigra se lo definido en alojamiento son las cabañas que se visitaron y se muestran en la imagen 3. Para el Parque Cerro Azul Meámbar se empleó información del portal de Internet, además de la información proporcionada por el comanejador. En total se estima que el valor de los activos de alojamiento en los parques es de L.20,8 millones.

El resto de las edificaciones lo comprenden establecimientos de expendio de comida como los presentados en la imagen 3, equipamiento y áreas de estacionamiento. El valor combinado del resto de los activos reportados es de L. 23 millones y el total es de L.53 millones. Para el desglose por parque y tipo de instalación véase cuadro 24.

El resto de los activos incluidos se presentan el cuadro 6. Se estima que el valor de las diversas zonas de acampada es de L.732 120, sin incluir plataformas u otro tipo de infraestructuras. En rotulación y

señalización se estima que hay un valor de casi L.3 millones. Se estima que en diversas torres de observación y de puentes, en total hay L.2,3 millones. En total se reportaron 3 puentes colgantes en buen estado y uno que fue destruido por los huracanes Eta e Iota y que todavía no ha sido reconstruido en Montaña de Celaque. De igual forma se reportaron tres torres de avistamiento y varios miradores naturales. Dos parques nacionales reportaron tener espacios recreativos, uno de ellos pudo ser evaluado de primera mano en el trabajo de campo. En total el valor en este tipo de instalaciones es de L.412 283.

Imagen 2
Cabañas y cafetería, Parque Nacional La Tigra



Fuente: Equipo CEPAL.

Cuadro 24
Costo de reposición de edificaciones de parques nacionales
(L.)

Parque nacional	Centro de visitantes	Alojamiento	Restaurante	Equipamiento	Estacionamiento	Total L
Pico Bonito	916 390	-	-	274 917	115 191	1 306 498
La Tigra	2 176 427	1 710 000	513 445	1 935 651	552 915	6 888 438
Blanca Kawas	916 390	-	-	274 917	-	1 191 307
Cerro Azul Meámbar	916 390	19 058 976	2 476 540	12 948 573	460 763	35 861 242
Capiro y Calentura	916 390	-	513 445	531 640	-	1 961 475
Montecristo Trifinio	-	-	-	-	115 191	115 191
Nombre de Dios	916 390	-	-	274 917	-	1 191 307
Montaña de Celaque	1 832 781	-	338 169	718 919	460 763	3 350 631
Cusuco	916 390	-	-	274 917	230 381	1 421 689
Total	9 507 549	20 768 976	3 841 600	17 234 450	1 935 203	53 287 778

Fuente: Equipo CEPAL.

El resto de las estructuras incluyen en el caso de La Tigra las plataformas de acampada, como las que se pueden apreciar en la imagen 3. En el parque Abogado Agustín Córdoba Rodríguez esta infraestructura refleja el aeródromo y el muelle de embarcación de la Isla del Cisne. Estas instalaciones actualmente están custodiadas por las Fuerzas Armadas de Honduras, pero se encuentran dentro del parque nacional y por ello han sido incluidas.

Cuadro 25
Línea de base de otras instalaciones de parques nacionales
(L.)

Parque nacional	Zonas de acampada	Rotulación	Torres y puentes	Áreas recreacionales	Otra infraestructura	Total
Pico Bonito	-	31 139	305 363	159 346	-	495 847
Port Royal	-	1 015	226 285	-	-	227 300
La Tigra	232 447	257 219	531 648	252 937	610 668	1 884 920
Blanca Kawas	-	181 114	-	-	-	181 114
Sierra de Agalta	-	26 519	-	-	-	26 519
Abogado Agustín Córdoba	-	-	-	-	38 373 859	38 373 859
Sierra de Río Tinto	-	43 304	-	-	-	43 304
Cerro Azul Meámbar	232 447	181 368	531 648	-	-	945 464
Capiro y Calentura	-	24 419	-	-	-	24 419
Montaña de Santa Bárbara	-	18 681	-	-	-	18 681
Montecristo Trifinio	-	60 851	-	-	-	60 851
Patuca	-	239 997	-	-	-	239 997
Montaña de Comayagua	-	199 522	-	-	-	199 522
Montaña de Yoro	-	108 423	-	-	-	108 423
Nombre de Dios	-	34 739	-	-	-	34 739
Montaña de Celaque	34 777	219 016	709 393	-	-	963 186
Cusuco	232 447	11 138	-	-	-	243 585
Montaña de Botaderos Carlos Escaleras	-	746	-	-	-	746
Congolón, Piedra Parada y Coyocutena	-	1 347 166	-	-	-	1 347 166
Total	732 120	2 986 376	2 304 337	412 283	38 984 526	45 419 642

Fuente: Equipo CEPAL.

Imagen 3
Plataforma de acampada en el Parque Nacional La Tigra



Fuente: Equipo CEPAL.

Finalmente, en el cuadro 26 presenta los totales de las tres secciones descritas anteriormente. En total el valor de los activos dentro de los límites de los parques nacionales es de aproximadamente L.512 millones. De ese total el 80,7% es el valor del costo de reposición de la vialidad, el 10,4% de las edificaciones y el restante 8,9% de otros activos.

Cuadro 26
Costo de reposición de activos físicos de parques nacionales
(L.)

Parque nacional	Vialidad	Edificaciones	Otros	Total
Pico Bonito	2 490 716	1 306 498	495 847	4 293 061
Port Royal	505 418	-	227 300	732 719
La Tigra	50 200 524	6 888 438	1 884 920	58 973 882
Blanca Janeth Kawas Fernández	21 167 002	1 191 307	181 114	22 539 424
Sierra de Agalta	3 302 330	-	26 519	3 328 849
Abogado Agustín Córdoba Rodríguez	4 517 704	-	38 373 859	42 891 563
Sierra de Río Tinto	5 392 553	-	43 304	5 435 856
Cerro Azul Meámbar	15 650 625	35 861 242	945 464	52 457 331
Capiro y Calentura	6 009 284	1 961 475	24 419	7 995 178
Montaña de Santa Bárbara	2 326 302	-	18 681	2 344 983
Montecristo Trifinio	7 577 732	115 191	60 851	7 753 774
Patuca	49 978 947	-	239 997	50 218 945
Montaña de Comayagua	24 846 310	-	199 52	25 045 832
Montaña de Yoro	13 501 800	-	108 42	13 610 222
Nombre de Dios	2 938 960	1 191 307	34 73	4 165 006
Montaña de Celaque	24 499 874	3 350 631	963 18	28 813 691
Cusuco	-	1 421 689	243 585	1 665 274
Montaña de Botaderos Carlos Escaleras Mejía	92 932	-	746	93 678
Congolón, Piedra Parada y Coyocutena	178 214 210	-	1 347 166	179 561 376
Total	413 213 224	53 287 778	45 419 642	511 920 644

Fuente: Equipo CEPAL.

B. Costo de reposición de activos naturales

La variable relevante para estimar la valoración de los activos naturales, son los costos de restauración necesarios para rehabilitar una superficie de un ecosistema determinado, lo que incluye los gastos y recursos necesarios para llevar a cabo actividades destinadas a restablecer, recuperar o mejorar áreas degradadas, destruidas o afectadas negativamente. La estimación de los costos de restauración se realiza con el propósito de establecer un marco financiero que permita llevar a cabo las acciones necesarias para recuperar la salud y funcionalidad de los ecosistemas.

Para la valoración de los costos de restauración se utilizó, L./Ha. 57 354, que es el promedio de WWF (2022), ante la ausencia de un valor por Ha. nacional para cada tipo bosque. El costo total de restauración de los activos naturales de los parques nacionales es de aproximadamente, L. 23 mil millones.

Cuadro 27
Costo de restauración de activos de parques nacionales

Parque nacional	Área (Ha.)	Millones de L.
Abogado Agustín Córdoba Rodríguez	275	16
Blanca Janeth Kawas Fernández	12 791	734
Capiro y Calentura	3 592	206
Cerro Azul Meámbar	8 305	476
Congolón, Piedra Parada y Coyocutena	5 741	329
Cusuco	1 065	61
La Tigra	7 253	416
Montaña de Botaderos Carlos Escaleras Mejía	42 738	2 451
Montaña de Celaque	13 917	798
Montaña de Comayagua	5 822	334
Montaña de Santa Bárbara	6 162	353
Montaña de Yoro	8 601	493
Montecristo Trifinio	1 481	85
Nombre de Dios	6 466	371
Patuca	172 823	9 912
Pico Bonito	52 582	3 016
Pico Pijol	1 337	77
Port Royal	465	27
Punta Izopo	2 157	124
Sierra de Agalta	30 203	1 732
Sierra de Río Tinto	20 657	1 185
Total	404 432	23 196

Fuente: Equipo CEPAL.

C. Línea de ingresos monetarios

En esta sección, se estiman los flujos monetarios pagados por los usuarios por el disfrute de los parques nacionales, que se derivan de servicios como recreación y educación. Únicamente se recibió información de seis parques nacionales, sobre del número de visitantes anuales y los montos aproximados de su gasto dentro de ellos. La estimación de los ingresos para cada uno de estos parques se presenta en el cuadro 28, recibieron un total de 107 954 visitantes y con ellos unos flujos de ingresos anuales de más de L.135 millones.

Cuadro 28
Ingresos anuales de parques nacionales

Parque nacional	Número de visitantes	Millones de L.
Pico Bonito	515	0
Blanca Janeth Kawas Fernández	11 584	13
Cerro Azul Meámbar	13 200	33

Parque nacional	Número de visitantes	Millones de L.
Nombre de Dios	7 125	2
Montaña de Celaque	6 700	4
Cusuco	68 830	83
Total	107 954	135

Fuente: Equipo CEPAL.

D. Servicios ecosistémicos

La valoración de los servicios ecosistémicos usualmente se expresan el L./Ha./año y se pueden estimar usando valores de referencia nacionales, L./Ha./año 23 120, que proviene de ICF (2010). Se escogió este valor debido a que no incluye los servicios referidos al disfrute del parque que fueron estimados en el acápite anterior. Este procedimiento se siguió para cada parque nacional, y corresponde a los servicios ecosistémicos en un año. En total estos servicios fueron valorados en L.703 millones, véase cuadro 29.

Cuadro 29
Servicios ecosistémicos de parques nacionales

Parque nacional	Área (Ha.)	Millones de L.
Abogado Agustín Córdoba Rodríguez	275	1
Blanca Janeth Kawas Fernández	12 791	22
Capiro y Calentura	3 592	6
Cerro Azul Meámbar	8 305	14
Congolón, Piedra Parada y Coyocutena	5 741	10
Cusuco	1 065	2
La Tigra	7 253	13
Montaña de Botaderos Carlos Escaleras Mejía	42 738	74
Montaña de Celaque	13 917	24
Montaña de Comayagua	5 822	10
Montaña de Santa Bárbara	6 162	11
Montaña de Yoro	8 601	15
Montecristo Trifinio	1 481	3
Nombre de Dios	6 466	1
Patuca	172 823	300
Pico Bonito	52 582	9
Pico Pijol	1 337	2
Port Royal	465	1
Punta Izopo	2 157	4
Sierra de Agalta	30 203	53
Sierra de Río Tinto	20 657	36
Total	404 432	703

Fuente: Equipo CEPAL.

IX. Consideraciones finales

Este trabajo tiene el mérito de acercar a la realidad hondureña la estimación de daños y pérdidas en el sector medio ambiente, como consecuencia de un desastre o de los procesos de más larga duración asociados al cambio climático, o de eventos antropogénicos como la expansión de la urbanización. Este esfuerzo va en línea con acuerdos con acuerdos internacionales suscritos por Honduras, ya que como instó la COP27 y el Marco de Acción de Sendai, es perentorio desarrollar metodologías para la estimación de efectos de corto y de largo plazo del cambio climático en el sector ambiente.

Las dos aplicaciones del protocolo que estuvieron centradas en bosques, ejercicios similares pueden hacerse para otros tipos de ecosistemas, muestran las bondades y limitaciones de esta herramienta. En cuanto a la primera destaca el hecho que es importante estimar el costo que puedan tener eventos y/o acciones humanas sobre el medio ambiente. El concepto sugerido en este protocolo para estimar los daños son los costos de restauración necesarios para rehabilitar una superficie de un ecosistema determinado. Este ejercicio está basado en dos parámetros: la estimación de la superficie dañada y el costo de restauración por Ha. En el caso del primero, la combinación de la tecnología, como por ejemplo SR, con trabajo de campo permitiría hacer buenas aproximaciones del área afectada. En relación con el segundo, en la primera aplicación del protocolo se hizo el supuesto que L./Ha. 57 354 era costo de restauración. Dicho parámetro fue tomado de un estudio internacional a falta de valores nacionales. Estas estimaciones podrían mejorarse si se contaran con estudios por tipo de bosque para las distintas regiones del país.

Por su parte, las pérdidas son estimadas valorando los flujos de servicios ecosistémicos que una determinada área proporciona durante un período temporal específico. En el documento fue resaltada la importancia de este concepto, debido a que cuando ocurre una afectación de un ecosistema no solo hay que estimar su costo de restauración si no también todos los servicios que se pierden hasta que se recupera el ecosistema. Es importante resaltar esto, porque podría darse el caso que se haya pérdidas por varios años. Adicionalmente, dado que la mayoría de los servicios ecosistémicos no producen flujos explícitos de dinero, los efectos de cualquier fenómeno sobre el medio ambiente no se estiman o se subestiman.

Los servicios ecosistémicos abarcan todos los beneficios que la naturaleza (es decir, los ecosistemas) aporta a la sociedad y la economía. Se clasifican en servicios de aprovisionamiento, que incluyen la obtención de alimentos y agua; servicios de regulación, como la influencia en la regulación del clima;

servicios culturales, que abarcan aspectos espirituales y culturales; y servicios de apoyo, que involucran el ciclo de nutrientes y otros procesos fundamentales para la vida. Los dos valores utilizados en la primera aplicación del protocolo resultan un amplio rango de estimaciones ya que van desde L./Ha./año 23 120 (ICF, 2010) hasta L./Ha./año 213 258 (De Groot, 2012). Una diferencia importante entre ambas es que el último estudio considera una lista más amplia de servicios ecosistémicos. En la segunda aplicación se decidió usar el primero de los valores para evitar doble contabilidad, ya que no incluye los servicios culturales, que explícitamente fueron estimados vías los ingresos de los parques nacionales.

Queda trabajo por hacer en cuanto a llegar a hacer diversos estudios para estimar tanto costos de restauración como los valores de los servicios para diversos ecosistemas en distintas regiones del país. La importancia de esto se verá con la repetida práctica de usar este protocolo en la búsqueda de brindar las mejores estimaciones de los efectos anuales del cambio climático, desastres e intervenciones antropogénicas, sobre el medio ambiente.

Bibliografía

- Alvarez-Filip, L., Estrada-Saldívar, N., Pérez-Cervantes, E., González-Harvey, F., & Lakhani, N. (2023, November 30). Agreement on loss and damage deal reached on first day of Cop28 talks. *The Guardian*. Disponible en <https://www.theguardian.com>.
- Barrios, F.J., Secaira Fajardo, F. (2021). Comparative analysis of risks faced by the world's coral reefs. UNAM-The Nature Conservancy.
- American Forests (s.f.). Hurricane Hugo Hurricanes and Forests: Impacts over the Past Two Decades, American Forests.
- Au, J., Bloom, A. A., Parazoo, N. C., Deans, R. M., Wong, C. Y. S., Houlton, B. Z., & Magney, T. S. (2023). Forest productivity recovery or collapse? Model-data integration insights on drought-induced tipping points. *Global Change Biology*, 29(19), 5652–5665.
- Bright, B. C., Hudak, A. T., Kennedy, R. E., et al. (2019). Examining post-fire vegetation recovery with Landsat time series analysis in three western North American forest types. *Fire Ecology*, 15, 8.
- Campos-Filho, E. M., Da Costa, J. N. M. N., De Sousa, O. L., & Junqueira, R. G. P. (2013). Mechanized Direct-Seeding of Native Forests in Xingu, Central Brazil. In *Journal of Sustainable Forestry* (Vol. 32, Issue 7, pp. 702–727). Informa UK Limited.
- CATIE (2018). Sistema de valoración económica de los servicios ecosistémicos en las Áreas Marino Costeras Protegidas y estrategia de incidencia para toma de decisiones. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- CEPAL (2024). Línea de base para los municipios La Lima y El Progreso de Honduras. Mimeo.
- _____ (2014). Manual para la Evaluación de Desastres. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. LC/L.3691.
- CEPAL, BID, Banco Mundial, OCR Honduras (2021). Evaluación de los efectos e impactos causados por la tormenta tropical Eta y el huracán Iota en Honduras. Comisión Económica para América Latina y el Caribe. LC/TS.2021/ 22.
- CEPAL, BID, OCR Honduras (2023). *Evaluación de los efectos e impactos de la tormenta tropical Julia y de la temporada de lluvias 2022 en Honduras*. Agosto 2023. LC/TS. 2023/ 43.
- Chuvieco E. (2010). Teledetección Ambiental. Ariel Ciencia. Barcelona.
- Copernicus Climate Change Service. (2022). European State of the Climate Summary 2022. Retrieved from <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/european-state-climate-2022-summary>.
- De Groot et al. (2010). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosystem Services.

- EEM (2005). Evaluación de los Ecosistemas del Milenio.
- EMDAT (2023) Data Structure and Content Description. Disponible en <https://doc.emdat.be/docs/data-structure-and-content/>.
- European Climate Adaptation Platform Climate-ADAPT. (2020). Use of remote sensing in climate change adaptation. Retrieved from <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/adaptation-options/use-of-remote-sensing-in-climate-change-adaptation/#source>.
- Galford, G. L., Soares-Filho, B., & Cerri, C. E. P. (2013). Prospects for land-use sustainability on the agricultural frontier of the Brazilian Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 368(1619), 20120171. <https://doi.org/10.1098/rstb.2012.0171>.
- Gardner, T. A., Cote, I. M., Gill, J. A., Grant, A., & Watkinson, A. R. (2005). Hurricanes and Caribbean coral reefs: impacts, recovery patterns, and role in longterm decline. *Ecology*, 86(1), 174-184.
- Gasparinetti, P., et., al. (2022). Economic Feasibility of Tropical Forest Restoration Models Based on Non-Timber Forest Products in Brazil, Cambodia, Indonesia, and Peru. *Forests*.
- Harvey, F., & Lakhani, N. (2023). Agreement on loss and damage deal reached on first day of COP28 talks. *The Guardian*. Disponible en <https://www.theguardian.com>.
- ICF. 2010. Valoración Económica de los Principales Bienes y Servicios Ambientales de las AAPP de Honduras. Instituto Nacional de Conservación y Desarrollo Forestal, Áreas Protegidas y Vida Silvestre.
- Ivanova, G.A., Ivanov, V.A., Kovaleva, N.M. et al. (2017). Succession of vegetation after a high-intensity fire in a pine forest with lichens. *Contemp. Probl. Ecol.* 10, 52–61.
- Jiménez, A., Hernández, A. J., & Rodríguez-Espínosa, V. M. (2020). Integration of geospatial tools and multi-source geospatial data to evaluate the tropical forest cover change in Central America and its methodological replicability in Brazil and the DRC. *Remote Sensing*, 12(17). <https://doi.org/10.3390/RS12172705>.
- Jingping, X., & Dongzhi, Z. (2014). Review of coral reef ecosystem remote sensing. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2013.11.003>.
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1979). Remote sensing and image interpretation. *Remote Sensing and Image Interpretation*, 1–59. <https://doi.org/10.2307/634969>.
- Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). Geographic information: systems and Science.
- MappingGIS. (s.f.) NDVI: Qué es y cómo calcularlo con SAGA desde QGIS.
- Medina-Valmaseda, A. E., Blanchon, P., Álvarez-Filip, L., & Pérez-Cervantes, E. (2022). Geomorphically controlled coral distribution in degraded shallow reefs of the Western Caribbean. *PeerJ*, 10, e12590.
- Parece, T. E., & Campbell, J. B. (2013). Remote Sensing Analysis in an ArcMap Environment. *Remote Sensing Analysis in an ArcMap Environment*.
- Programa de Conservación de Arrecifes de Coral del Servicio Nacional de Satélites Datos e Información Ambiental. (2023). Coral Reef Watch Satellite Monitoring and Modeled Outlooks. Retrieved from <https://coralreefwatch.noaa.gov/satellite/index.php>.
- Siringoringo, R. M., Putra, R. D., Abrar, M., Sari, N. W. P., & Giyan. (2021). Coral reef damage and recovery related to a massive earthquake (March 2005) in Nias Island, Indonesia. *AACL Bioflux*, 14(6).
- Tanner, E. V. J., Kapos, V., & Healey, J. R. (1991). Hurricane Effects on Forest Ecosystems in the Caribbean. *Biotropica*, 23(4), 513–521.
- Taylor, B. N., Stedman, E., Van Bloem, S. J., Whitmire, S. L., DeWalt, S. J. (2023). Widespread stem snapping but limited mortality caused by a category 5 hurricane on the Caribbean Island of Dominica. *Forest Ecology and Management*. 532.
- Van Westen, C. J. (2013). Remote Sensing and GIS for Natural Hazards Assessment and Disaster Risk Management. *Treatise on Geomorphology*, 3, 259–298. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6.00051-8>.
- WRI. (2020). Initiative 20x20. World Resources Institute.
- WWF. (2022). Trillion trees white paper: Defining the real cost of restoring forests - Practical steps towards improving cost estimates. World Wildlife Fund.
- Yang, J., Gong, P., Fu, R., Zhang, M., Chen, J., Liang, S., Dickinson, R. (2013). The role of satellite remote sensing in climate change studies. *Nature Climate Change*, 3(11), 1001. <https://doi.org/10.1038/nclimate2033>.



En este documento se presenta un protocolo para la estimación de daños y pérdidas en el sector ambiental basado en la metodología para la evaluación de daños y pérdidas creada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y adaptada al contexto institucional hondureño. Este esfuerzo va en línea con acuerdos internacionales suscritos por Honduras. Como se afirmó en el 27º período de sesiones de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP 27) y se señala en el Marco de Sendái para la Reducción del Riesgo de Desastres, es perentorio potenciar el desarrollo y la difusión de metodologías para la estimación de los efectos de corto y largo plazo del cambio climático en el sector ambiental. Se hacen dos aplicaciones ilustrativas del protocolo. En la primera, se estimaron daños y pérdidas mediante análisis multitemporal basado en técnicas de sensores remotos, considerando ecosistemas de bosque en tres zonas escogidas como piloto: el Valle de Sula, el Corredor Seco y la Biosfera Río Plátano. En la segunda, se estimó una línea de base para parques nacionales.