



Metodología para la estimación de los efectos de los incendios forestales en el sector ambiental

Aplicación en parques nacionales naturales de Colombia

Ana Karina Aguilar
José Edier Ballesteros
Omar Bello



NACIONES UNIDAS

CEPAL



**PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA**

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



NACIONES UNIDAS

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

Conozca nuestras redes sociales y otras fuentes de difusión en el siguiente link:



<https://bit.ly/m/CEPAL>



Metodología para la estimación de los efectos de los incendios forestales en el sector ambiental

Aplicación en parques nacionales naturales de Colombia

Ana Karina Aguilar
José Edier Ballesteros
Omar Bello



**PARQUES NACIONALES
NATURALES DE COLOMBIA**

Este documento fue elaborado por Ana Karina Aguilar y José Edier Ballesteros, Consultores, y Omar Bello, Oficial de Asuntos Económicos de la Oficina de la Secretaría de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en un trabajo conjunto con Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos a sitios web externos incluidos 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.2026/54
Distribución: L
Copyright © Naciones Unidas, 2026
Todos los derechos reservados
Impreso en Naciones Unidas, Santiago
S.2600296[S]

Esta publicación debe citarse como: Aguilar, A., Ballesteros, J. E. y Bello, O. (2026). Metodología para la estimación de los efectos de los incendios forestales en el sector ambiental: aplicación en parques nacionales naturales de Colombia. *Documentos de Proyectos* (LC/TS.2026/54). Comisión Económica para América Latina y el Caribe.

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.

Reconocimiento

Este ejercicio fue realizado a solicitud de la Unidad Administrativa Especial de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Es justo y necesario destacar el valioso aporte del equipo de la Oficina de Gestión del Riesgo de dicha entidad: Gipsy Vivian Arenas, Juan Carlos Orrego, Daniela Medina Sandoval, Olga Nieto, Mauricio Barreto, Sebastián Ariza, Mario Fernando Piedrahita, quienes actuaron como enlace con los tres parques piloto, y tuvieron un rol fundamental en la organización de las agendas, la coordinación de reuniones y el seguimiento de la información requerida.

Asimismo, se agradece de manera especial la colaboración de los equipos de los parques nacionales participantes en este ejercicio: PNN Chingaza: Juan Carlos Clavijo, John Fredy Cárdenas, Sebastián Fernando Alvarado, Carlos Alberto Martínez, María del Rosario Martínez; PNN El Tuparro: Angélica María Cogollo, Shalver Ruiz, Sandra Yulieth Sana, José Salvarado, Wilson Guarín, Luis Tuay, Edgar Sanez, Wilson Méndez, Camilo Dorante, Silvio Medina, Walter Camacho y Andride Gonzalez.

Finalmente, se reconoce con gratitud el apoyo de César Augusto Ruiz-Agudelo (Universidad Jorge Tadeo Lozano) y del equipo del Grupo de Gestión del Riesgo de la Dirección de Cambio Climático del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, conformado por Ricardo Tiga Molina, Cristian Camilo Novoa González y Martha Cecilia Ochoa Osorio.

Se agradecen los comentarios y sugerencias de Luis Doñas, Luciana de Meira, Leda Peralta y Paulina Pizarro.

Índice

Introducción	11
I. Los hechos estilizados de los incendios forestales en América Latina y El Caribe	15
II. Valores de referencia para el sector medio ambiente	21
A. Costo de restauración.....	21
B. Valoración de servicios ecosistémicos	22
III. Análisis multitemporal con sensores remotos como insumo para la evaluación DaLA de incendios forestales.....	23
A. Alcance y utilidad en el contexto DaLA.....	23
B. Índices espectrales e interpretación para incendios	24
C. Aplicación en el PNN Chingaza.....	24
D. Aplicación en el PNN El Tuparro.....	27
IV. Parque Nacional Natural Chingaza	31
A. Línea de base	31
1. Caracterización general del área protegida.....	31
2. Costo de restauración	35
3. Valoración de servicios ecosistémicos.....	36
B. Estimación de daños, pérdidas y costos adicionales.....	37
1. Daños	40
2. Pérdidas.....	40
3. Costos adicionales	44
C. Resumen	45
V. Parque Nacional Natural El Tuparro.....	47
A. Línea de base.....	47
1. Costo de restauración	50
2. Valoración servicios ecosistémicos	55

B.	Estimación de daños, pérdidas y costos adicionales.....	56
1.	Daños	57
2.	Pérdidas.....	59
3.	Costos Adicionales.....	61
C.	Resumen	61
VI.	Consideraciones finales	63
	Bibliografía	69
	Anexos.....	73
	Anexo A1	74
	Anexo A2	77
	Cuadros	
Cuadro 1	PNN Colombia: valoración de referencia de los servicios ecosistémicos de regulación climática en Colombia.....	22
Cuadro 2	PNN Chingaza: ecosistemas y coberturas identificadas.....	32
Cuadro 3	Valores de referencia para restauración de las coberturas en el PNN Chingaza.....	35
Cuadro 4	PNN Chingaza: valoración de servicios ecosistémicos de regulación climática.....	36
Cuadro 5	PNN Chingaza: coberturas vegetales impactadas por incendio forestal, enero de 2025	37
Cuadro 6	PNN Chingaza: estimación de daños por incendio forestal.....	40
Cuadro 7	PNN Chingaza: hitos orientativos de recuperación de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica y regulación climática, según cobertura de la tierra	42
Cuadro 8	PNN Chingaza: estimación de pérdidas por el servicio ecosistémico de regulación climática	43
Cuadro 9	PNN Chingaza: estimación de pérdidas por el servicio ecosistémico de regulación del flujo hídrico.....	43
Cuadro 10	PNN Chingaza: costos adicionales	44
Cuadro 11	PNN Chingaza: estimación total de daños, pérdidas y costos adicionales por incendio forestal.....	45
Cuadro 12	PNN El Tuparro: ecosistemas y coberturas identificadas	48
Cuadro 13	PNN El Tuparro: equivalencia ecológica entre unidades biofísicas y categorías funcionales.....	50
Cuadro 14	PNN El Tuparro: costos de actividades para valoración de restauración.....	52
Cuadro 15	PNN El Tuparro: valores de referencia para restauración de Morichales	52
Cuadro 16	PNN El Tuparro: costo actividades para restaurar una hectárea de Morichales	52
Cuadro 17	PNN El Tuparro: valores de referencia para restauración de Saladillales	53
Cuadro 18	PNN El Tuparro: costo actividades para restauración de una hectárea de Saladillales	53
Cuadro 19	PNN El Tuparro: valores de referencia para restauración de Bosques de Tierra Firme.....	53
Cuadro 20	PNN El Tuparro: costo de actividades para restauración de Bosques de Tierra Firme.....	54
Cuadro 21	PNN El Tuparro: costos de restauración de las coberturas	54
Cuadro 22	PNN El Tuparro: costos de restauración de activos.....	55
Cuadro 23	PNN El Tuparro: valoración de servicios ecosistémicos de regulación climática	56
Cuadro 24	PNN El Tuparro: coberturas vegetales impactadas por el incendio forestal, 2025	58
Cuadro 25	PNN El Tuparro: daños por incendios forestales.....	59
Cuadro 26	PNN El Tuparro: pérdidas por cobertura, por año, por incendios forestales.....	60

Cuadro 27	PNN El Tuparro: pérdidas por servicios ecosistémicos.....	61
Cuadro 28	PNN El Tuparro: costos adicionales	61
Cuadro 29	PNN El Tuparro: estimación total de daños y costos adicionales por inundaciones	62
Cuadro A1.1	PNN El Tuparro: coberturas vegetales impactadas por el incendio forestal, 2025.....	74
Cuadro A1.2	PNN El Tuparro: coberturas vegetales afectadas, por rangos de severidad, por el incendio forestal, 2025	75
Cuadro A1.3	PNN El Tuparro: equivalencia entre rangos de severidad y porcentaje de daños.....	76
Cuadro A2.1	Resumen metodológico del cálculo de NDVI, NBR y dNBR.....	80

Mapas

Mapa 1	Localización de los Parques nacionales naturales analizados	13
Mapa 2	PNN Chingaza: imágenes Sentinel-2, índices espectrales NDVI y NBR	25
Mapa 3	PNN Chingaza: delta del Índice Normalizado de Áreas Quemadas dNBR	26
Mapa 4	PNN El Tuparro: imágenes Sentinel-2	27
Mapa 5	PNN El Tuparro: índices espectrales NDVI y NBR	28
Mapa 6	PNN El Tuparro: delta del Índice Normalizado de Áreas Quemadas dNBR	29
Mapa 7	PNN Chingaza: ecosistemas y coberturas asociadas	34
Mapa 8	PNN Chingaza: incendios forestal ocurrido en enero 15, 2025.....	39
Mapa 9	PNN El Tuparro: ecosistemas y coberturas asociadas	49
Mapa 10	PNN El Tuparro: área incendiada en septiembre de 2025.....	58
Mapa A1.1	PNN El Tuparro: área incendiada en septiembre 2025 con rangos de severidad por cobertura	75

Imágenes

Imagen 1	PNN Chingaza: registro fotográfico de la zona afectada, 11 meses posincendio	38
Imagen 2	PNN El Tuparro: fotografía del límite del área incendiada	57

Acrónimos

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CONAFOR	Comisión Nacional Forestal (México)
COP	Pesos Colombianos (moneda oficial de Colombia, con código ISO COP)
CRED	Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres
DaLA	Damage and Loss Assessment (Evaluación de Daños y Pérdidas, por sus siglas en inglés)
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EDANA-C	Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades Ambientales Post Desastres Continental
EMT-DAT	Emergency Events Database (Base de datos mundial de eventos de desastre), administrada y distribuida por el CRED
ENOS	El Niño- Oscilación del Sur
ESVD	Ecosystem Services Valuation Database: Base de datos de valoración de servicios ecosistémicos
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FARN	Fundación Ambiente y Recursos Naturales
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
MEC	Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia
NBR	Normalized Burn Ratio, en español: Índice de Áreas Quemadas Normalizado
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index, en español: Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
MAYDS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Argentina
OGR-PNNC	Oficina de Gestión del Riesgo de Parques Nacionales Naturales de Colombia
PNN	Parque Nacional Natural
PNNC	Parques Nacionales Naturales de Colombia
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

SIG	Sistema de Información Geográfica
SFF	Santuario de Flora y Fauna
SWIR	Infrarrojo de onda corta
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
WRI	World Resources Institute (Instituto de Recursos Mundiales)

Introducción

La presente cooperación técnica constituye la segunda iniciativa desarrollada conjuntamente con Parques Nacionales Naturales de Colombia y da continuidad al trabajo publicado en 2025. En esa primera fase se construyeron líneas de base de activos y flujos para áreas protegidas seleccionadas Parque Nacional Natural Vía Parque Isla de Salamanca, Parque Nacional Natural Sanquianga y Parque Nacional Natural Farallones de Cali, representando un avance pionero en el contexto colombiano al adaptar de manera explícita y documentada la metodología de Evaluación de Daños y Pérdidas (DaLA) de la CEPAL al sector ambiental.

Dicho ejercicio permitió caracterizar la situación biofísica, ecosistémica y funcional de las áreas protegidas en un escenario ex ante, estableciendo el punto de referencia necesario para la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales. El enfoque adoptado se sustentó en principios de transparencia y trazabilidad, mediante la explicitación de supuestos metodológicos y la documentación de las decisiones técnicas. Entre sus principales conclusiones, se destacó que la evaluación de desastres en el sector ambiental debe centrarse en la cuantificación rigurosa de daños y pérdidas, en coherencia con el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, particularmente con su Prioridad de Acción 1 orientada a comprender el riesgo a través de la medición sistemática de pérdidas.

Así mismo, se subrayó que la evaluación ambiental no debe abordarse de forma aislada, sino como parte integral de un análisis multisectorial. La primera fase permitió identificar desafíos técnicos relevantes, entre ellos la limitada disponibilidad de valores de referencia para ciertos servicios ecosistémicos, la necesidad de establecer criterios claros de selección y valoración, y el riesgo de doble contabilidad derivado de la interdependencia entre variables biofísicas y funcionales.

Los aprendizajes de esta cooperación brindan herramientas complementarias a la Unidad Administrativa de Parques Nacionales Naturales de Colombia, fortaleciendo su misión de conservar áreas protegidas, sus ecosistemas, sus servicios ecosistémicos y el patrimonio cultural. Esto contribuye a la seguridad hídrica de los municipios y la gestión de cuencas abastecedoras.

Sobre la base de estos aprendizajes, la presente cooperación tuvo como objetivo ampliar y profundizar el trabajo previo mediante la aplicación del marco metodológico a dos nuevas áreas protegidas: el Parque Nacional Natural Chingaza y el Parque Nacional Natural El Tuparro (véase el mapa 1). En estas áreas se estimaron líneas de base de activos y flujos, manteniendo la coherencia metodológica con la fase anterior y consolidando la aplicación territorial del enfoque.

En continuidad con la fase anterior, la estimación de las líneas de base y de los efectos del desastre requirió establecer una correspondencia entre las unidades de ecosistemas y coberturas presentes en las áreas de estudio y las categorías funcionales para las cuales existen valores de referencia disponibles. Esta homologación debe entenderse como una herramienta metodológica y operativa para fines de valoración en el marco DaLA, y no como una equivalencia ecológica estricta en todos los casos. Su antecedente directo se encuentra en la publicación previa de CEPAL (2025), donde se señala expresamente que se estableció una correspondencia entre la tipología de ecosistemas y coberturas presentes en cada parque y aquellos que cuentan con valores económicos concretos, y donde dicha relación se documenta en el cuadro A1.1: "Correspondencia entre Ecosistemas del MEC y la clasificación funcional de Ruíz-Agudelo". En este contexto, las homologaciones más robustas corresponden a asociaciones directas entre unidades ecológicamente afines, mientras que aquellas vinculadas a coberturas transicionales, transformadas o mixtas incorporan un mayor grado de incertidumbre y deben interpretarse como aproximaciones razonables en función de la cobertura o funcionalidad predominante.

Como parte de este proceso, se realizaron misiones de campo en diciembre de 2025, en coordinación con los equipos técnicos de cada área protegida y la Oficina de Gestión del Riesgo de Parques Nacionales Naturales de Colombia (OGR-PNNC). Estas misiones tuvieron como propósito consolidar insumos para la caracterización biofísica de los impactos y la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales asociados a eventos recientes de origen climático.

En ambos parques se estimaron los efectos de un incendio forestal sobre el medio ambiente. Según la base de datos EM-DAT del CRED, el número de incendios forestales registrados como desastres a nivel mundial pasó de 138 eventos en la década de 2000 a 97 en la siguiente, y a 107 en lo que va del presente decenio. En América Latina y el Caribe, esas cifras fueron 13, 16 y 22 eventos respectivamente, lo que se traduce en un aumento del peso relativo de la región en el total mundial: de 5% en los años 2000 a 14% en el decenio actual. Esta tendencia creciente también se refleja en indicadores de intensidad: los daños económicos atribuibles a la región pasaron del 1% al 3% del total global, mientras que las muertes lo hicieron del 3% al 29%. Este último salto se explica en gran medida por el número de víctimas fatales del incendio de Viña del Mar en 2024.

Es de destacar que entre 2020 y 2026, en América Latina y el Caribe solo se dispone de estimaciones de daños y pérdidas para aproximadamente el 22% de los incendios forestales registrados en EM-DAT. En este contexto, el presente trabajo constituye un aporte relevante, en la medida en que busca avanzar precisamente en esa dirección, contribuyendo a la discusión y a la construcción de herramientas metodológicas que permitan cerrar esta brecha de información y mejorar la toma de decisiones en la gestión del riesgo de desastres.

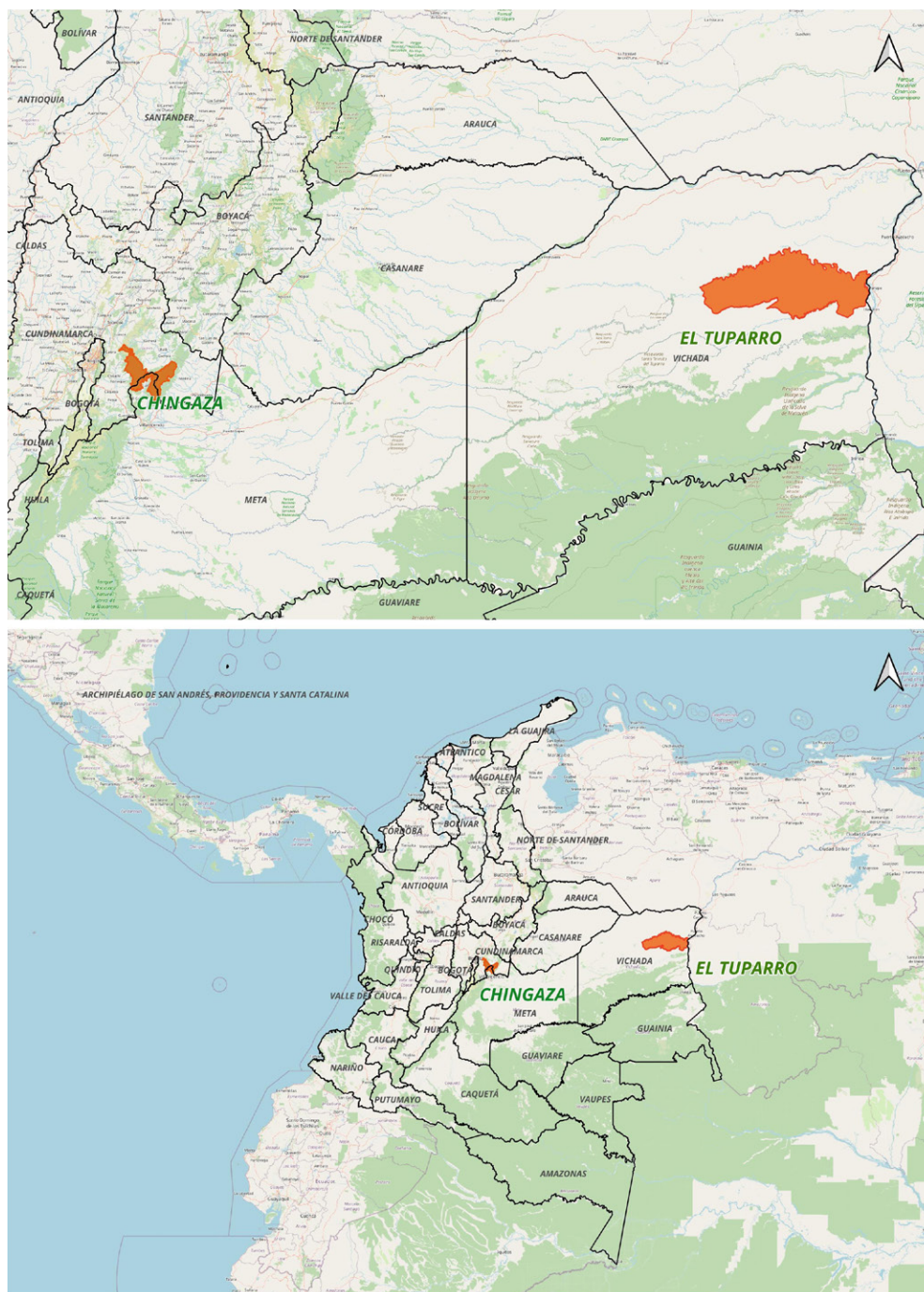
El análisis presentado se circunscribe al efecto del incendio sobre la cobertura boscosa. Esta decisión metodológica responde al objetivo de desarrollar y mostrar una aplicación clara y robusta del enfoque de estimación, privilegiando dimensiones para las cuales existe mayor disponibilidad de información, así como métricas más estandarizadas que permiten una cuantificación consistente de los daños y pérdidas.

No obstante, este enfoque implica ciertas limitaciones. En particular, no se incorporan de manera explícita otros impactos que podrían ser relevantes, como los efectos sobre la fauna y la biodiversidad, ni las emisiones de CO₂ asociadas al incendio. Estas exclusiones no obedecen a una falta de relevancia de dichos componentes, sino a la necesidad de acotar el ejercicio y garantizar la solidez metodológica del análisis presentado. Cada nuevo efecto que se incorpore debe hacerse utilizando la pauta descrita en este documento y en CEPAL (2025). Debe partirse de una línea de base tanto de activos como de flujos, basada en estudios locales sobre costos de restauración y valoración de servicios ecosistémicos. Futuras aplicaciones podrían avanzar en la integración de estas dimensiones a medida que se disponga de mejores datos y metodologías más consolidadas para su valoración.

En el PNN Chingaza, el trabajo se centró en el análisis del incendio forestal ocurrido en enero de 2025, incorporando datos proporcionados sobre evaluaciones de severidad realizadas, información sobre costos de restauración asistida de referencia para alta montaña, delimitación preliminar del área afectada y

avances en monitoreo ecológico, incluyendo parcelas de seguimiento y evidencia de regeneración natural. Con base en herramientas de sistemas de información geográfica y sensores remotos, se establecieron fundamentos para la construcción de escenarios de restauración ecológica (pasiva, activa y combinada) según el nivel de afectación. Asimismo, se priorizó el análisis de servicios ecosistémicos de regulación, en particular los relacionados con la regulación hídrica y climática en ecosistemas de páramo, dada su alta sensibilidad al fuego y su relevancia para la estimación de pérdidas en términos de flujos de beneficios.

Mapa 1
Localización de los Parques nacionales naturales analizados



Fuente: Equipo DaLA 2025 a partir de datos IDEAM, PNNC. Mapa base: © OpenStreetMap contributors.

En el PNN El Tuparro, la misión abordó los efectos del incendio ocurrido en septiembre de 2025, cubriendo aproximadamente el 25% del área afectada mediante recorridos de campo, sobrevuelos con dron y georreferenciación de puntos críticos. Se observó una recuperación rápida de coberturas dominantes como los herbazales, mientras que se profundizó en la caracterización de coberturas más sensibles como saladillales, morichales, bosques de galería y bosques de tierra firme, escasamente representadas en la cartografía disponible. A partir del conocimiento técnico del personal del parque, se avanzó en la estimación de costos de restauración y en la definición de tiempos de recuperación de los servicios ecosistémicos, contribuyendo a una mejor aproximación de las pérdidas ambientales.

Adicionalmente, en los parques Chingaza y El Tuparro se avanzó en la aplicación directa del marco de estimación de daños y pérdidas ante eventos de incendios forestales. Para ello, se incorporaron herramientas de análisis con sensores remotos que permitieron una evaluación espacialmente explícita del impacto. Se realizó un análisis multitemporal a partir de imágenes satelitales Sentinel-2 pre y post incendio, incluyendo el cálculo de índices espectrales como el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y el Índice Normalizado de Áreas Quemadas (NBR), los cuales permiten identificar áreas afectadas, cuantificar la pérdida de cobertura vegetal y aproximar la severidad del daño.

La evaluación de severidad se complementó mediante el cálculo del delta NBR (dNBR), definido como la diferencia entre las imágenes NBR pre y post incendio. Este índice, basado en la reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR) y el infrarrojo de onda corta (SWIR), permitió clasificar las áreas según niveles de afectación desde no afectadas hasta severidad alta, conforme a los rangos establecidos por Key y Benson (2006). Valores elevados del índice indican mayor severidad, mientras que valores negativos pueden reflejar procesos de regeneración o incremento en la productividad vegetal dentro del área afectada.

El resto del documento se organiza de la siguiente manera. La sección I presenta los principales hechos estilizados de los incendios forestales en América Latina y el Caribe. La sección II presenta los dos principales conceptos para la estimación de daños y pérdidas, los costos de restauración y los servicios ecosistémicos, así como la forma como fueron estimados en cada uno de los casos tratados en este estudio. La sección III describe los elementos técnicos para estimar la extensión e intensidad de las superficies dañadas. La quinta y la sexta sección presentan las estimaciones para los parques nacionales naturales Chingaza y El Tuparro, respectivamente. Finalmente, se presentan las consideraciones finales.

I. Los hechos estilizados de los incendios forestales en América Latina y El Caribe

Los desastres representan una de las principales limitaciones para el desarrollo sostenible de América Latina y el Caribe. Según EM-DAT, los incendios forestales se clasifican en el subgrupo de desastres climatológicos, junto con las sequías y otras amenazas asociadas a condiciones de temperatura y humedad extremas.

En las últimas décadas, los incendios forestales han mostrado una tendencia creciente en frecuencia, extensión e impacto en la región, tendencia que se ha acelerado en el contexto del cambio climático, de la expansión de la interfaz urbano-forestal y la expansión de la frontera agrícola y ganadera. Más aún, su visibilidad en la agenda pública y en el debate técnico sobre gestión del riesgo de desastres aumentó de manera significativa tras los incendios que afectaron a Viña del Mar y otras localidades de la región de Valparaíso, Chile, en febrero de 2024. Ese evento causó 135 víctimas fatales, convirtiéndose en el incendio forestal más letal registrado en América Latina y el Caribe en los últimos 65 años, y puso en evidencia la particular vulnerabilidad de los asentamientos urbanos y periurbanos frente a este tipo de amenaza.

A continuación, se presentan los hechos estilizados que caracterizan el comportamiento de los desastres en América Latina y el Caribe, con especial atención a los incendios forestales como fenómeno emergente de creciente relevancia para la política pública regional.

Tendencia creciente a nivel regional

Según EM-DAT, el número de incendios forestales registrados como desastres a nivel mundial pasó de 138 eventos en la década de 2000 a 97 en la siguiente, y a 107 en lo que va del presente decenio. En América Latina y el Caribe, esas cifras fueron 13, 16 y 22 eventos respectivamente, lo que se traduce en un aumento del peso relativo de la región en el total mundial: de 5% en los años 2000 a 14% en el período actual. Esta tendencia creciente también se refleja en indicadores de intensidad: los daños económicos atribuibles a la región pasaron del 1% al 3% del total global, mientras que las muertes lo hicieron del 3% al 29%. Este último salto se explica en gran medida por el número de víctimas fatales del incendio de Viña del Mar, Chile, en 2024.

Es importante señalar que la base de datos EM-DAT presenta un sesgo hacia el registro de incendios forestales que generan afectaciones en el capital físico. Sin embargo, una proporción significativa de incendios forestales solo afecta al capital natural tal como los incendios en el PNN Chingaza y en el PNN El Tuparro, lo que conduce a un subregistro de estos eventos en dicha base. En este

contexto, resulta pertinente complementar el análisis con otras bases de datos que capturan de manera más amplia la ocurrencia de incendios forestales, aunque estas presentan la limitación de no incluir estimaciones de daños.

Otras bases de datos comprueban que en la región los incendios forestales se han hecho más frecuentes y han afectado una mayor superficie. Utilizando datos satelitales de la Universidad de Maryland para el período 2001-2023, el WRI estima que el área global afectada por incendios creció aproximadamente un 5,4% anual, alcanzando una pérdida adicional de casi 6 millones de hectáreas de cobertura arbórea por año en comparación con el año base (Harris et al., 2024). Sin embargo, la lectura agregada de este fenómeno a escala global oculta la concentración desproporcionada que ocurre en la región.

América del Sur ocupó el primer lugar mundial en superficie afectada por incendios entre 2001 y 2018, acumulando 597,9 millones de hectáreas afectadas según datos de la FAO (2020). En 2024, el 71% de toda la pérdida de bosques tropicales primarios a nivel mundial se concentró en América Latina, siendo los incendios forestales y no la expansión agrícola como en años anteriores, la causa principal por primera vez en el registro histórico (Harris et al., 2025). Este desplazamiento en las causas dominantes de pérdida forestal constituye una señal estructural de que el fenómeno ha adquirido una dinámica propia, pudiendo estar amplificada por el cambio climático.

Baja proporción de estimaciones de daños en incendios forestales en América Latina y el Caribe

Entre 2020 y 2026, en América Latina y el Caribe solo se dispone de estimaciones de daños y pérdidas para aproximadamente el 22% de los incendios forestales registrados en EM-DAT. Esta proporción contrasta con el 42% observado a nivel mundial y alcanza un 64% en países como Estados Unidos y Canadá.

Esta brecha no solo refleja limitaciones en las capacidades de evaluación, sino también un problema de subregistro. Como se ha señalado previamente, EM-DAT presenta un sesgo hacia el registro de eventos que generan afectaciones sobre el capital físico. En el caso de América Latina y el Caribe, una proporción significativa de incendios forestales afecta predominantemente el capital natural, sin generar destrucción directa de infraestructura o activos productivos, lo que reduce la probabilidad de que estos eventos sean objeto de evaluaciones económicas.

En consecuencia, existe una subestimación sistemática de los impactos económicos de los incendios forestales en la región, particularmente en lo que respecta al daño al capital natural y a las pérdidas asociadas a la provisión de servicios ecosistémicos. La ausencia de metodologías estandarizadas y de registros sistemáticos para cuantificar estos efectos contribuye a invisibilizar una parte sustantiva del costo económico de estos eventos.

Este hecho estilizado pone de manifiesto la necesidad de fortalecer las capacidades regionales en esta materia, lo que implica no solo una mayor asignación de recursos tanto nacionales como de la cooperación internacional, sino también el desarrollo y adopción de metodologías consistentes y estandarizadas que permitan a los países evaluar de manera sistemática los efectos económicos de los incendios forestales sobre el capital natural. En este contexto, el presente trabajo constituye un aporte relevante, en la medida en que busca avanzar precisamente en esa dirección, contribuyendo a la discusión y a la construcción de herramientas metodológicas que permitan cerrar esta brecha de información, mejorar la toma de decisiones en la gestión del riesgo de desastres así como contribuir a la formación de profesionales vinculados con el tema.

Severidad relativa

Esto es la superficie quemada con respecto a la superficie boscosa total. El caso de Bolivia resulta paradigmático. En 2024, más de 12,6 millones de hectáreas fueron consumidas por el fuego, equivalentes a aproximadamente el 11,5% del territorio nacional (FIAP/Amazonía+, 2025). Bolivia superó por primera vez a la República Democrática del Congo en pérdida de bosques tropicales primarios, ubicándose en segundo lugar mundial a pesar de contar con apenas el 40% de la superficie forestal congoleña (WRI, 2025). Este dato ilustra con precisión la diferencia entre magnitud absoluta y severidad relativa.

Al examinar la tasa de no recuperación forestal, una métrica que captura la irreversibilidad del daño, el orden de afectación se altera radicalmente respecto al ranking por focos absolutos. Un estudio que monitoreó 22 países durante 15 años (2003-2018) encontró que las mayores tasas de deterioro irreversible tras un solo incendio en bosques siempreverdes se registraron en Panamá (64,7%), Paraguay (61,5%) y Brasil (56,6%) (Armenteras et al., 2021). En contraste, Paraguay, Guatemala y Honduras lideraron el ranking de porcentaje de cobertura forestal quemada respecto al total, con 8,4%, 7,84% y 6,13% respectivamente (Armenteras et al., 2021).

En cuanto a la conversión permanente de uso del suelo que es el daño más estructural para las economías rurales, Chile presenta las mayores tasas de transformación de bosques quemados en usos agropecuarios (26,8% convertido a cultivos; 22,1% a sabanas), seguido por Argentina con 17,6% (Armenteras et al., 2021).

El origen es predominantemente antrópico

A diferencia de otras regiones del mundo donde los incendios tienen un componente natural significativo, en América Latina la abrumadora mayoría de los focos son provocados por actividad humana, y la motivación principal es la expansión de la frontera agrícola y ganadera.

En Argentina, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible estima que el 95% de los incendios son de origen antrópico, utilizados como herramienta de deforestación para habilitar terrenos agrícolas o para promover el rebrote de pasturas (MAYDS, 2020, citado en FARN, 2020). En México, datos de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) para 2024 indican que apenas el 1,34% de los incendios tuvo causa natural; el 23,4% fue intencional, el 17,83% derivó de actividades agrícolas y el 13% de actividades ganaderas (Mongabay, 2025). En Ecuador, autoridades locales de Quito estimaron que el 99% de los incendios forestales registrados en 2024 fueron provocados (OpenDemocracy, 2024). En la misma línea, Brasil registró según el INPE, más de 200 mil focos de calor en 2024, la mayoría vinculados a actividades humanas como la deforestación y la expansión de la frontera agrícola).

El vínculo entre expansión agrícola e incendios opera a través de un mecanismo doble. Por un lado, el fuego se usa deliberadamente para despejar bosques y convertirlos en tierras productivas; por otro, las quemas agrícolas controladas se descontrolan bajo condiciones de sequía y se transforman en incendios de gran escala. En Brasil, el área sembrada con cultivos dentro de la Amazonía Legal (zona de protección especial) se triplicó entre el año 2000 y 2020, y dos tercios de los incendios de ese año ocurrieron precisamente dentro de esa área protegida (Cambio, 2023). En Bolivia, a principios de 2024 el gobierno elevó las cuotas de exportación de soja y carne de res, lo que intensificó los incentivos para la expansión agrícola (WRI, 2025). La FAO señala que esta dinámica de fronteras agrícolas en expansión es característica de toda la subregión de América Latina y el Caribe (Mutch et al., FAO, 2001). En el Caribe, el origen antrópico también predomina, aunque con un perfil distinto: los incendios asociados al cambio de uso del suelo para actividades agropecuarias, junto con la quema no controlada de residuos agrícolas, son las causas más frecuentes en países como Cuba, Haití y Jamaica, donde la deforestación histórica ha reducido la cubierta forestal a niveles críticos, aumentando la vulnerabilidad de los remanentes boscosos al fuego.

El cambio climático actúa como amplificador, no como causa primaria

Existe un riesgo analítico frecuente que consiste en tratar el cambio climático como la causa primaria de los incendios forestales en América Latina, cuando la evidencia indica que su rol principal es el de amplificador de condiciones preexistentes.

El mecanismo de amplificación opera a través de tres vías principales. La primera es el aumento en la frecuencia e intensidad de las sequías: la probabilidad de ocurrencia de olas de calor extremo es actualmente cinco veces mayor que hace 150 años, y se proyecta que siga aumentando (WRI, 2022). La segunda vía son los fenómenos de El Niño-Oscilación del Sur (ENOS), que se repiten cada 2 a 7 años y reducen las precipitaciones en gran parte de América del Sur. Durante el episodio de El Niño 2015-2016, la pérdida de cobertura arbórea por incendios se multiplicó por diez en las selvas tropicales latinoamericanas (WRI, 2024). El tercer mecanismo es la interacción entre deforestación y clima: la eliminación de cubierta vegetal reduce la humedad del suelo y la atmósfera local, disminuyendo el punto de inflamación de los ecosistemas adyacentes.

Esta relación genera un ciclo de retroalimentación positiva: los incendios emiten dióxido de carbono, lo que agrava el cambio climático, que a su vez crea condiciones más propicias para nuevos incendios. En algunos años, los incendios han representado más de la mitad de las emisiones de carbono de la Amazonía brasileña, lo que sugiere que la cuenca amazónica podría estar aproximándose a un punto de inflexión para convertirse en una fuente neta de emisiones (WRI, 2022). A escala global, los incendios forestales son responsables de aproximadamente una quinta parte de las emisiones anuales de carbono de origen humano (PNUMA, citado en OpenDemocracy, 2024).

Efectos en diversos sectores

Hay algunas referencias que cuantifican las afectaciones en algunos sectores y para algunos países. Por ejemplo, en el sector agropecuario, el impacto es directo e inmediato: destrucción de cultivos, pérdida de pasturas, degradación de suelos y reducción de la disponibilidad de tierras productivas. En Perú, los incendios de 2024 destruyeron más de 3.000 hectáreas de cultivos en las regiones amazónicas y andinas, con pérdidas directas en tierras agrícolas y recursos forestales estimadas en al menos S/220 millones (UCV/Kambista, 2024). La degradación del suelo resultante eleva los costos de producción y puede reducir los rendimientos agrícolas durante varios ciclos productivos posteriores al evento.

En el sector forestal, la destrucción de recursos madereros afecta la cadena productiva completa, generando pérdida de empleos e inestabilidad económica en las comunidades que dependen de este recurso (BID, 2023). En el turismo, la destrucción del paisaje natural reduce los flujos de visitantes con efectos que se prolongan incluso después de la extinción del fuego. En el sector de infraestructura y servicios, los incendios pueden dañar redes de suministro de agua y electricidad, así como vías de transporte, lo que afecta el abastecimiento de bienes esenciales en comunidades remotas. En Loreto (Perú), el caudal reducido del Amazonas agravado por los incendios dificultó el transporte de alimentos y combustibles, elevando precios y complicando el acceso a bienes básicos (Kambista, 2024).

Los impactos sobre la biodiversidad podrían ser desproporcionados con respecto al área quemada

América Latina y el Caribe concentra el 35% de las áreas forestales del planeta y alrededor del 50% de las especies terrestres del mundo (BID, 2023). Esta extraordinaria densidad biológica implica que la pérdida de cobertura forestal por incendios tiene consecuencias sobre la biodiversidad que exceden con creces lo que sugeriría la superficie afectada en términos absolutos. En el Caribe, si bien los incendios forestales no son la amenaza climática dominante, la alta densidad de especies endémicas insulares y la fragilidad de los ecosistemas de bosque nuboso y matorral seco tropical hacen que incluso incendios de menor escala puedan generar pérdidas de biodiversidad irreversibles. Belice registró en 2024 una de sus peores temporadas de incendios forestales, con miles de hectáreas de selva y tierras de cultivo afectadas (Lancet Planetary Health, 2025). El impacto sobre la biodiversidad constituye una categoría de daño en sí misma distinta de la pérdida de activos productivos convencionales, que los sistemas de cuentas nacionales típicamente subestiman o no registran.

En Bolivia, los incendios de 2020 afectaron a 28 especies endémicas y al menos 34 especies amenazadas; entre ellas, el 14,7% del área de distribución de la paraba barba azul (*Ara glaucogularis*, catalogada en Peligro Crítico de Extinción) fue consumida por el fuego (Conservation Strategy Fund, 2023). En el Pantanal brasileño, los incendios de 2020 causaron la muerte estimada de 17 millones de animales —incluyendo lagartos, aves y primates— según un estudio publicado en Nature Scientific Reports (citado en OpenDemocracy, 2024). La región del Chiquitano boliviano alberga más de 100 especies vegetales endémicas que no existen en ningún otro ecosistema del planeta (France24, 2024).

Más allá de la mortalidad directa, los incendios interrumpen procesos ecológicos fundamentales como la polinización, la dispersión de semillas y regulación hídrica, entre otros, que sustentan la productividad de ecosistemas adyacentes y de los que dependen economías locales. Según expertos, las áreas afectadas por incendios en el Pantanal podrían tardar hasta 100 años en recuperarse, y en algunos sitios las pérdidas ya son irreversibles (OpenDemocracy, 2024). La frecuencia de reincidencia agrava

este cuadro: si un segundo incendio ocurre dentro de cinco años del primero, las consecuencias para la biodiversidad y la resiliencia del bosque son devastadoras, aunque la recuperación todavía sea posible en ese umbral temporal (Armenteras et al., 2021).

Desde la perspectiva de la evaluación de daños, el deterioro de la biodiversidad representa la categoría más difícil de valorar monetariamente, pero también una de las más permanentes. Los bosques afectados que no se recuperan pierden también su capacidad de proveer servicios ecosistémicos como la regulación hídrica, la captura de carbono y el control de erosión, entre otros, que tienen valor económico directo para las comunidades y los Estados.

La capacidad institucional de respuesta es insuficiente

La evaluación de los incendios forestales en América Latina no puede disociarse del análisis de la capacidad institucional de prevención, preparación y respuesta de los países afectados. La evidencia indica que esta capacidad es sistemáticamente insuficiente y que el gasto público está desbalanceado hacia la supresión reactiva, en desmedro de la prevención.

Adicionalmente, existe un componente de gasto público que rara vez se contabiliza de manera sistemática: los costos de extinción, atención de emergencias, reubicación de comunidades afectadas y restauración ecológica. El PNUMA advierte que los costos de reconstrucción post-incendio pueden exceder la capacidad fiscal de los países de ingresos medios y bajos, poniendo en riesgo la sostenibilidad presupuestaria de largo plazo (PNUMA, 2022). En la mayoría de los países de la región, la respuesta directa a los incendios absorbe más de la mitad del gasto destinado al manejo del fuego, mientras que la prevención recibe menos del 1%, lo que perpetúa un ciclo de intervención reactiva de alto costo (PNUMA, 2022).

En Perú, el presupuesto asignado al Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor) para el manejo de incendios en 2024 fue de apenas S/19,7 millones, cifra que los propios evaluadores reconocen como claramente insuficiente dada la escala del fenómeno (Kambista, 2024). En Ecuador, el gobierno redujo en 2024 el presupuesto de gestión de riesgos en un 60% (OpenDemocracy, 2024).

La FAO identifica como un factor estructural de la región la ausencia de una cultura de prevención de incendios y de labores de pre-supresión, lo que resulta en una capacidad de liquidación insuficiente y en respuestas que escalan en costo a medida que los focos se expanden (Mutch et al., FAO, 2001). El PNUMA propone que los países reorienten su inversión siguiendo la Fórmula de Preparación para Incendios: dos tercios del gasto destinados a planificación, prevención, preparación y recuperación, y un tercio a la respuesta (PNUMA, 2022).

La excepción que confirma la regla es instructiva: en 2024, el territorio indígena Charagua Iyambae en Bolivia logró contener los incendios por segundo año consecutivo gracias a inversiones en sistemas de alerta temprana y en la aplicación de políticas de uso del suelo acordadas por la propia comunidad (WRI, 2025). Este caso documenta que la capacidad institucional local, cuando existe y está adecuadamente financiada, puede revertir la tendencia.

Potenciales impactos en la salud

El humo de los incendios forestales constituye un vector de transmisión de daños que atraviesa las fronteras del área quemada y afecta a poblaciones urbanas y rurales a cientos o miles de kilómetros del foco. Su impacto en salud pública es cuantificable a través de indicadores de mortalidad y morbilidad, aunque en América Latina este componente está sistemáticamente subregistrado en las evaluaciones de desastres.

Una revisión sistemática reciente publicada en la revista *Biomédica* (2025), que analizó 14 estudios elegibles sobre el material particulado fino (PM_{2.5}) derivado de incendios en ciudades latinoamericanas, encontró que la exposición a este contaminante se asocia con aumentos del 1,7% al 7,7% en el riesgo de mortalidad por todas las causas por cada incremento de 10 µg/m³ de exposición. Los estudios identificaron asociaciones con mortalidad cardiovascular, respiratoria, partos prematuros

y cánceres específicos. La evidencia disponible, aunque concentrada en Brasil, confirma que el humo de los incendios forestales contribuye de manera significativa a la mortalidad prematura en la región (Malagón-Rojas et al., 2025).

Los episodios recientes documentan la magnitud de estos efectos en tiempo real. Durante los incendios de 2024 en Brasil, São Paulo registró la peor calidad de aire del mundo en varios días, superando a reconocidos focos de contaminación como ciudades de China e India (Infobae, 2024). El corredor de humo generado por los incendios sudamericanos fue visible desde el espacio y se extendió desde Colombia hasta Uruguay (Infobae, 2024). En Bolivia, la contaminación del aire alcanzó categorías de calidad 'extremadamente mala' en varias ciudades, desplazando comunidades y poniendo en riesgo medios de vida tradicionales de pueblos indígenas (FIAP/Amazonía+, 2025).

La Comisión Interamericana de Derechos Humanos ha señalado que los impactos en salud de los incendios afectan de manera desproporcionada a las comunidades más vulnerables: pueblos indígenas, comunidades afrodescendientes y campesinas, quienes son además quienes menos contribuyen a las causas del fenómeno (Ambiente y Sociedad, 2024).

II. Valores de referencia para el sector medio ambiente

A. Costo de restauración

Desde el punto de vista metodológico, la restauración ecológica constituye el fundamento conceptual para la estimación de daños en el sector ambiental. En el marco de la metodología DaLA, el daño se define como el costo de reposición necesario para restituir un activo a condiciones similares a las existentes antes del desastre. En el caso de los ecosistemas, este principio se traduce en el costo de restauración requerido para devolver el área afectada a un estado funcional comparable al previo al evento adverso, considerando su composición biológica, estructura ecológica y dinámica de funcionamiento.

La restauración puede implicar intervenciones activas como enriquecimiento, siembra, manejo de cobertura vegetal o control de especies invasoras, o procesos pasivos de regeneración natural cuando las condiciones lo permiten. La elección entre uno u otro enfoque no es arbitraria, sino que responde a criterios técnicos vinculados al nivel de degradación, la intensidad de la perturbación, la resiliencia del ecosistema, y las condiciones biofísicas del sitio. En consecuencia, el costo estimado de restauración refleja no solo la magnitud del daño, sino también la estrategia técnicamente más adecuada para recuperar la funcionalidad ecológica.

Este enfoque presenta ventajas operativas relevantes. En primer lugar, permite mantener consistencia con el tratamiento de otros sectores en DaLA, donde el daño se estima a partir del costo de reposición de activos físicos. En segundo lugar, facilita la agregación multisectorial de resultados al expresar la afectación ambiental en términos monetarios comparables. Finalmente, cuando existen estudios previos, protocolos institucionales y valores de referencia ajustados al contexto territorial, como ocurre en el caso de los Parques Nacionales Naturales, la estimación del costo de restauración se convierte en un procedimiento técnicamente sustentado, transparente y replicable.

Factores como el tipo de intervención requerida, la accesibilidad del terreno, la disponibilidad de especies nativas, el nivel de degradación y el horizonte temporal de recuperación ecológica inciden directamente en la determinación del costo total. Por tanto, la estimación de daños en el sector ambiental no se limita a cuantificar superficie afectada, sino que requiere vincular dicha afectación con un programa de restauración técnicamente viable, que permita aproximar de manera consistente el esfuerzo necesario para restituir el capital natural comprometido por el desastre.

B. Valoración de servicios ecosistémicos

La valoración económica de los servicios ecosistémicos puede realizarse mediante métodos de mercado y de no mercado. Los primeros asignan valores a bienes o servicios con transacción económica directa, como agua, madera o turismo, mientras que los segundos estiman beneficios sin precio observable, como la regulación climática, utilizando técnicas como valoración contingente, costos evitados o costos de reemplazo. La selección del método depende del tipo de servicio, el contexto y la disponibilidad de datos, ya que los enfoques de mercado tienden a subestimar ciertos servicios, mientras que los de no mercado, aunque más amplios, son metodológicamente más complejos y sensibles a supuestos. Tanto en este trabajo como en VEPAL, PNN de Colombia (2025) la referencia para los servicios ecosistémicos y su valoración es Ruiz Agudelo et al (2022).

A nivel internacional, estudios como los compilados por De Groot et al. (2012) y bases de datos como la Ecosystem Services Valuation Database (ESVD) han sistematizado estimaciones monetarias para apoyar decisiones de política ambiental. En América Latina destacan experiencias en México, Costa Rica, Brasil, Ecuador y Colombia. En el caso colombiano, el metaanálisis de Ruiz-Agudelo et al. (2022) ofrece una recopilación relevante de valores económicos del capital natural, especialmente en ecosistemas andinos, aunque evidencia una alta concentración geográfica de estudios y una amplia variabilidad en los valores reportados. Estos valores fueron usados en CEPAL, PNN de Colombia (2025) y están en el cuadro 1.

Cuadro 1
PNN Colombia: valoración de referencia de los servicios ecosistémicos
de regulación climática en Colombia

Ecosistema	Regulación climática (\$ Int/Ha/año)	Regulación climática (COP/Ha/año)
Bosques secos tropicales	360	564 244
Manglares	4 420	6 934 998
Humedales de montaña	6 161	9 666 507
Bosques lluviosos montanos tropicales	2 330	3 655 798
Costas arenosas	-	-
Océano abierto	-	-
Arrecifes de coral	-	-
Bosques lluviosos tropicales de tierras bajas	6 210	9 742 727
Praderas marinas	2 180	3 420 109
Páramo	1 263	1 981 484
Deltas de ríos costeros	-	-
Sabanas inundables	-	-
Pastizales y campos cultivados	1 023	1 605 075
Sabana estacional	142	222 196
Insular	-	-
Ríos	-	-

Fuente: Adaptado de Ruiz-Agudelo et al. (2022).

Desde una perspectiva metodológica para estimar pérdidas y daños, estos metaanálisis deben utilizarse con cautela. Los valores agregados provienen de estudios heterogéneos en enfoque, contexto y calidad metodológica, lo que puede generar rangos amplios e incluso sobreestimaciones, especialmente cuando se emplean métodos basados en disposición a pagar. Para aplicaciones en parques nacionales naturales, es fundamental seleccionar únicamente los servicios efectivamente prestados por el ecosistema evaluado, priorizar estudios locales con datos primarios recientes y, en su ausencia, utilizar valores de referencia ajustados a ecosistemas comparables. Mantener un enfoque transparente y contextualizado es clave para garantizar la credibilidad de las estimaciones de daños y pérdidas.

III. Análisis multitemporal con sensores remotos como insumo para la evaluación DaLA de incendios forestales

Esta sección presenta el uso de productos derivados de sensores remotos como soporte para la delimitación de áreas afectadas, la interpretación de la severidad, la evaluación de daños y pérdidas, y la priorización de restauración y monitoreo en el marco del DaLA. En este contexto, las imágenes satelitales y los índices espectrales se integran como insumos de apoyo a la evaluación del desastre, en coherencia con el carácter aplicado y operativo del análisis.

A. Alcance y utilidad en el contexto DaLA

En áreas protegidas extensas y ecológicamente heterogéneas, el uso de imágenes satelitales multitemporales fortalece la consistencia espacial del análisis al complementar las observaciones de campo. En el caso de incendios forestales, este enfoque permite reconocer cambios en la condición de la vegetación, estimar gradientes de severidad y aportar evidencia objetiva para la evaluación ambiental del evento.

En este estudio se utilizan imágenes Sentinel-2 correspondientes al período previo al evento (T_0) y al período posterior al incendio (T_1), junto con índices espectrales orientados a caracterizar la condición de la cobertura vegetal y la respuesta al fuego. En particular, se emplean el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), el Índice Normalizado de Áreas Quemadas (NBR) y su diferencia temporal (dNBR), con el fin de reconocer variaciones en el vigor de la vegetación, identificar superficies afectadas y diferenciar niveles relativos de severidad (véanse los mapas 2 a 6).

La integración de estos productos convierte la señal espectral del incendio en variables útiles para la evaluación ambiental del desastre, especialmente en la delimitación del área impactada, la caracterización biofísica de la afectación y el apoyo a la toma de decisiones en restauración y monitoreo. En este sentido, la información derivada de sensores remotos complementa la verificación en campo, mejora la delimitación del área intervenida y orienta la priorización espacial de las acciones posteriores al evento.

B. Índices espectrales e interpretación para incendios

El NDVI aporta información sobre variaciones en la condición y densidad de la vegetación, por lo que resulta útil para reconocer reducciones en el vigor vegetal entre el estado preincendio y la condición posterior al evento. El NBR, calculado a partir de la reflectancia en el infrarrojo cercano y en el infrarrojo de onda corta, resalta las superficies alteradas por fuego, dada la disminución de biomasa verde y el incremento relativo de materiales secos o expuestos. A partir de la comparación entre el NBR de T_0 y el NBR de T_1 se obtiene el dNBR, índice ampliamente utilizado para interpretar la severidad de incendios y diferenciar categorías relativas de afectación (véanse los mapas 2 a 6).

Desde la perspectiva del DaLA, estos productos aportan en cuatro dimensiones complementarias. En primer lugar, facilitan la delimitación de las zonas afectadas y su contraste con la cartografía de ecosistemas y coberturas de la tierra. En segundo lugar, contribuyen a la evaluación de daños, al mostrar la distribución espacial de la afectación y su intensidad relativa. En tercer lugar, proporcionan insumos para la estimación de pérdidas y costos de recuperación, en la medida en que los niveles de severidad se asocian con distintos grados de daño, necesidades de intervención o supuestos de recuperación.

Finalmente, apoyan la priorización de áreas de restauración y monitoreo, especialmente cuando se requiere diferenciar sectores con regeneración natural de aquellos donde la severidad del incendio y las condiciones ecológicas indican la conveniencia de restauración activa o seguimiento y monitoreo.

La comparación entre imágenes Sentinel-2 preincendio (T_0) y posincendio (T_1) permite reconocer cambios en la respuesta espectral de la cobertura asociados al incendio. Estas variaciones se expresan en diferencias de tonalidad, continuidad y textura espacial de la superficie, y representan transformaciones biofísicas relacionadas con el vigor de la vegetación, su contenido de humedad y la exposición de material seco o suelo. La integración de esta lectura con NDVI, NBR y dNBR aporta una base técnica consistente para delimitar el área afectada, diferenciar niveles relativos de severidad y fortalecer la evaluación de daños, pérdidas y necesidades de restauración en el marco DaLA.

Los análisis realizados en cada uno de los parques con imágenes Sentinel-2 correspondientes al período previo al incendio (T_0) y al período posterior al evento (T_1), así como los productos derivados de NDVI T_0 , NDVI T_1 , NBR T_0 , NBR T_1 y dNBR. En conjunto, estos insumos permiten visualizar el contraste entre la condición preincendio, la condición posterior al evento y la distribución espacial de la severidad, aportando una base técnica homogénea para el análisis DaLA.

C. Aplicación en el PNN Chingaza

En el PNN Chingaza, el uso de NDVI, NBR y dNBR se orienta principalmente a la planificación del abordaje de restauración, a partir de la identificación de áreas afectadas, sus gradientes de severidad y su relación con el tipo de cobertura de la tierra. La interpretación de los resultados se realiza de manera conjunta con la distribución de vegetación herbácea y vegetación leñosa, con énfasis en las coberturas de herbazal denso y arbustal abierto (véase el mapa 8). En este contexto, la comparación multitemporal entre T_0 y T_1 permite reconocer cambios en la respuesta espectral de la cobertura posteriores al incendio, expresados en variaciones de tonalidad, continuidad y textura espacial de la superficie, que reflejan transformaciones biofísicas en el vigor fotosintético, el contenido de humedad y el grado de exposición del sustrato.

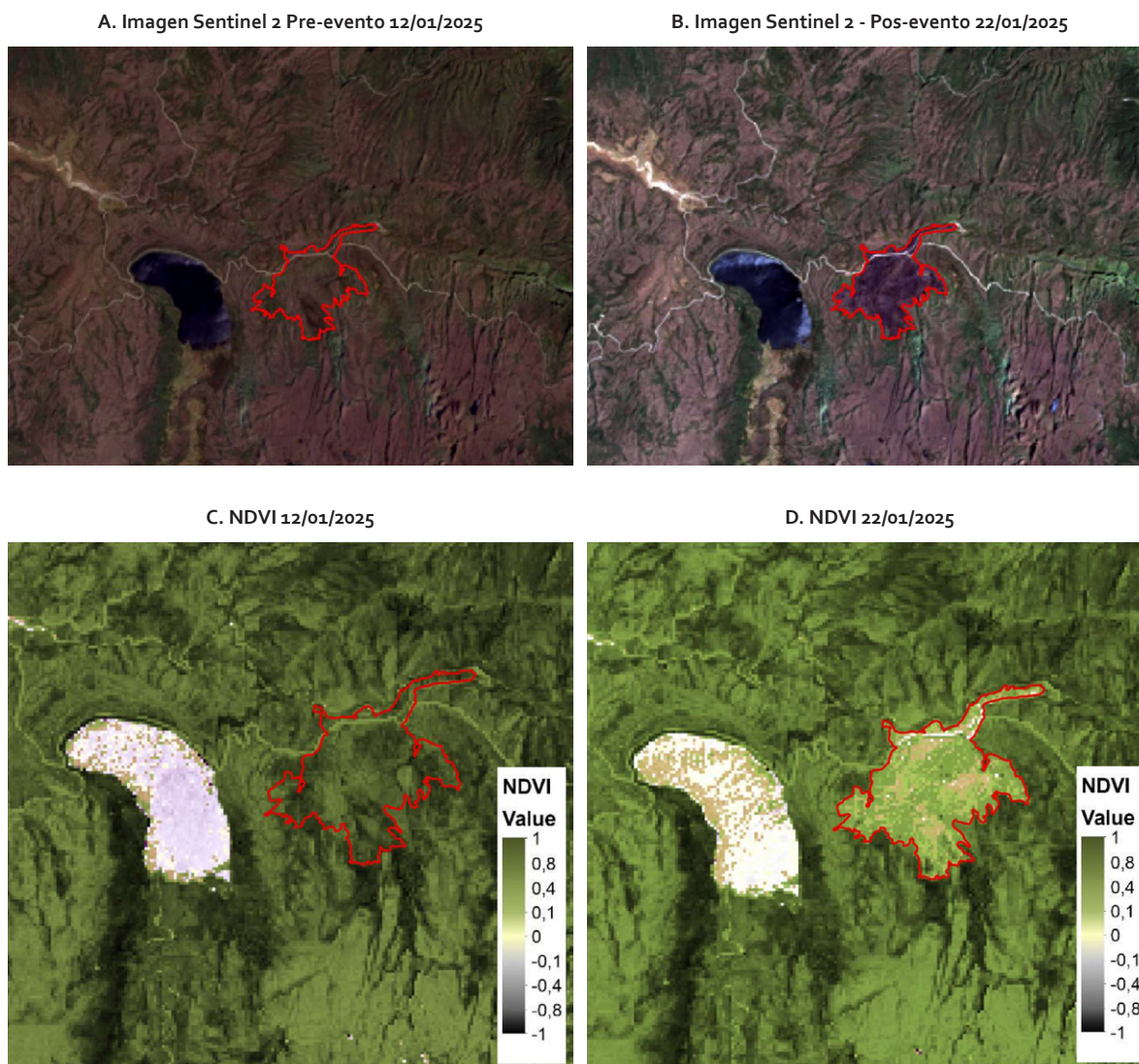
Su utilidad práctica radica en que permite reconocer sectores donde la severidad del incendio, combinada con la condición de la cobertura, favorece procesos de regeneración natural o, por el contrario, justifica medidas de restauración más dirigidas. En Chingaza, esta lectura resulta especialmente importante porque la recuperación del estado previo al incendio no depende únicamente del reverdecimiento general del área, sino de la posibilidad de que las coberturas dominadas por vegetación leñosa restablezcan la

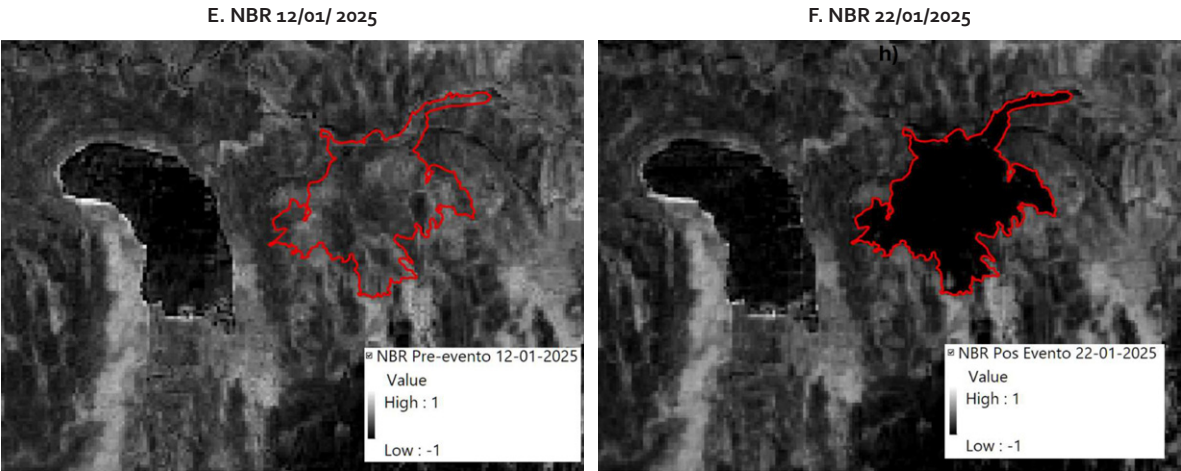
función ecosistémica asociada a su condición preincendio. Bajo esta lógica, la información de severidad aporta criterios para priorizar zonas donde conviene orientar la recuperación y reducir la ocupación persistente de espacios previamente asociados a vegetación leñosa por parte de la vegetación herbácea dominante, especialmente tomando en cuenta que el objetivo consiste en aproximar la recuperación a la condición anterior al incendio.

En consecuencia, en el PNN Chingaza los productos derivados de sensores remotos apoyan la priorización espacial de medidas de restauración, el reconocimiento de señales tempranas de recuperación de la cobertura vegetal, en concordancia con la regeneración inicial observada en campo, y la identificación de zonas donde la restauración activa resulta pertinente para encausar la recuperación del ecosistema hacia su estado previo al incendio.

Este análisis consideró la clasificación en las siguientes categorías: no afectadas, baja severidad, severidad moderada-baja, severidad moderada-media, severidad moderada-alta y severidad alta, de acuerdo con los rangos de severidad propuestos por Key y Benson (2006), véase el mapa 3.

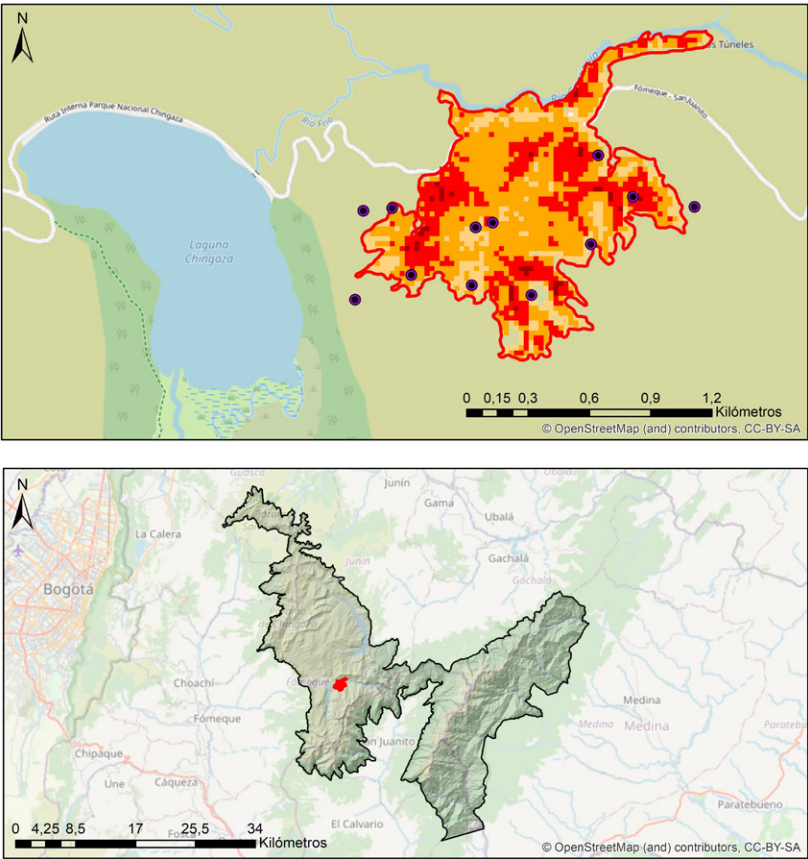
Mapa 2
PNN Chingaza: imágenes Sentinel-2, índices espectrales NDVI y NBR





Fuente: Equipo DaLA 2025 a partir de imágenes Sentinel-2 descargadas a través de Sentinel Hub EO Browser e insumos PNNC.

Mapa 3
PNN Chingaza: delta del Índice Normalizado de Áreas Quemadas dNBR



Fuente: Equipo DaLA 2025 a partir de imágenes Sentinel-2 descargadas a través de Sentinel Hub EO Browser, e insumos PNNC. Mapa base: © OpenStreetMap contributors.

D. Aplicación en el PNN El Tuparro

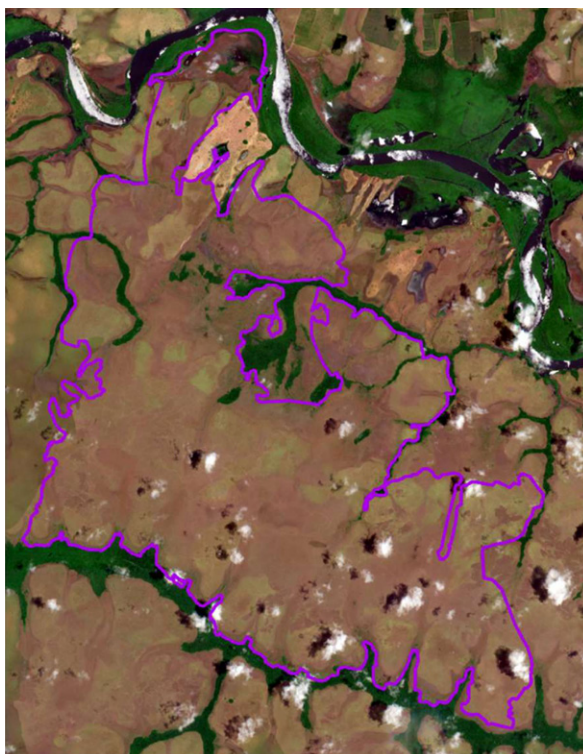
En el PNN El Tuparro, el uso de NDVI, NBR y dNBR se vincula de manera más directa con la estimación de daños en el marco del DaLA. En este caso, el dNBR constituye una base espacial para diferenciar rangos relativos de severidad y asociarlos con porcentajes de daño, de manera que la respuesta observada espectralmente se traduce en supuestos cuantificables para la estimación de daños. La comparación multitemporal entre T_0 y T_1 permite identificar cambios en la respuesta espectral de la superficie asociados a la afectación por fuego, expresados en variaciones de tonalidad, estructura espacial y textura de la cobertura que reflejan pérdida de biomasa verde, reducción de humedad vegetal y mayor exposición de materiales secos o superficies alteradas (véanse los mapas 4 a 6).

Este enfoque establece una equivalencia operativa entre clases de severidad y niveles relativos de daño, útil para la valoración económica dentro del DaLA. La integración de la lectura multitemporal con NDVI, NBR y dNBR aporta una base espacial consistente para delimitar el área afectada, diferenciar niveles relativos de severidad y vincularlos con supuestos de daño técnicamente trazables.

Así, mientras en Chingaza esta información sustenta principalmente decisiones de restauración y priorización espacial, en el PNN El Tuparro su función se concentra en la construcción de supuestos para cuantificar daños, aportando consistencia espacial y trazabilidad técnica al proceso de estimación.

Mapa 4
PNN El Tuparro: imágenes Sentinel-2

A. Imagen Sentinel 2 Pre-evento 18/09/2025

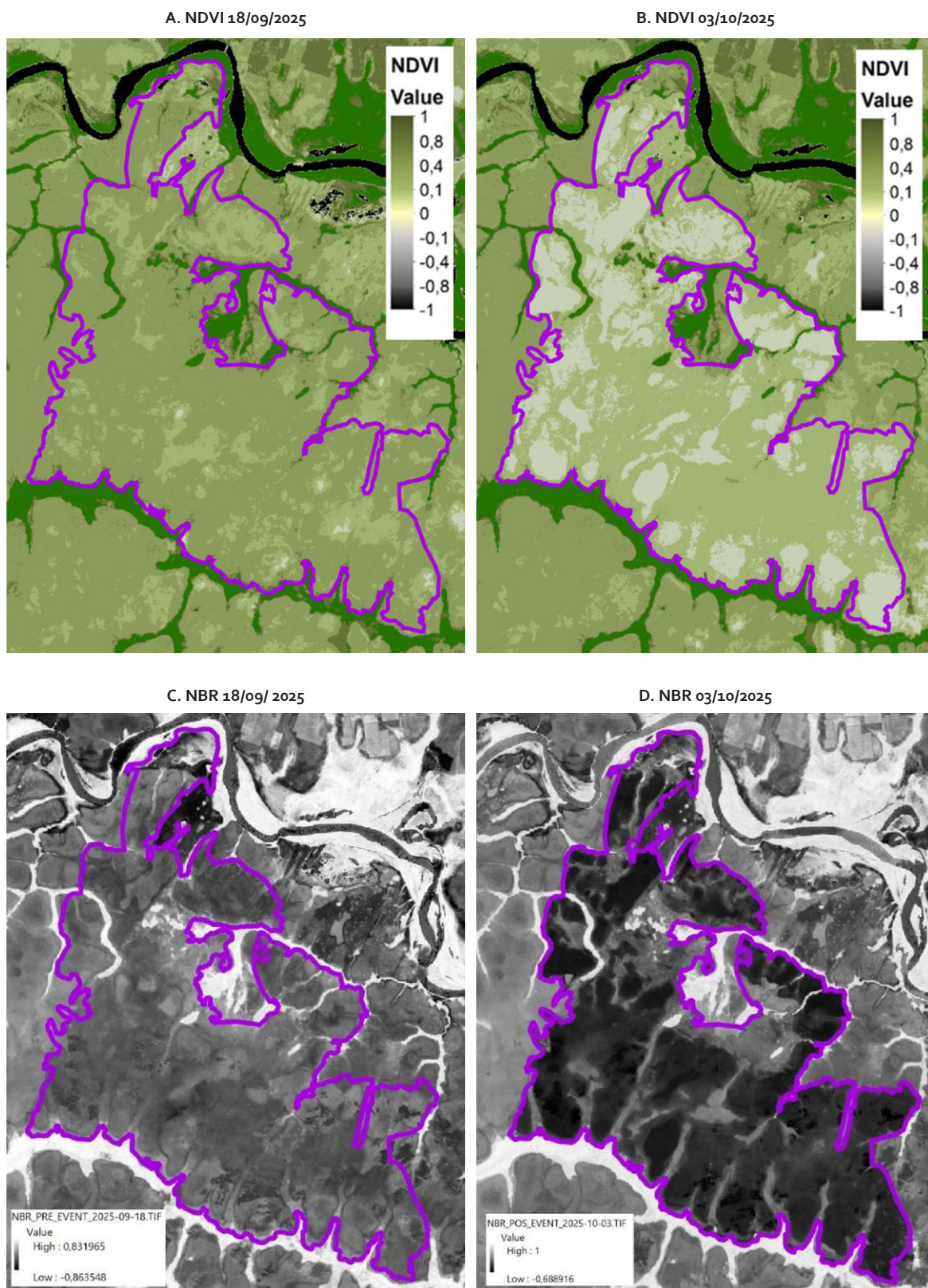


B. Imagen Sentinel 2 - Pos-evento 03/10/2025



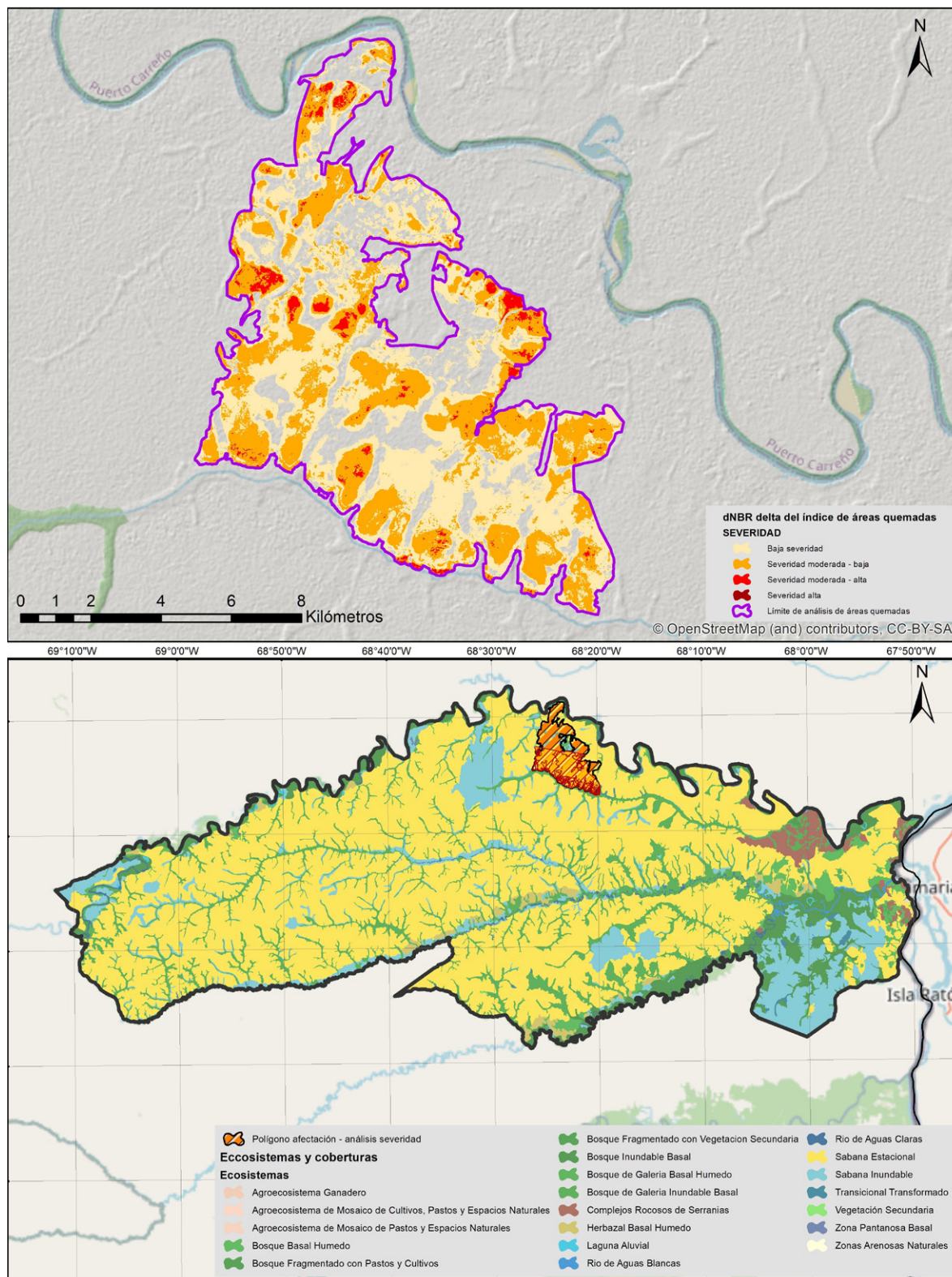
Fuente: Equipo DaLA 2025 a partir de imágenes Sentinel-2 descargadas a través de Sentinel Hub EO Browser.

Mapa 5
PNN El Tuparro: índices espectrales NDVI y NBR



Fuente: Equipo DaLA 2025 a partir de imágenes Sentinel-2 descargadas a través de Sentinel Hub EO Browser.

Mapa 6
PNN El Tuparro: delta del Índice Normalizado de Áreas Quemadas dNBR



Fuente: Equipo DaLA 2025 a partir de imágenes Sentinel-2 descargadas a través de Sentinel Hub EO Browser, Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC) e insumos OGR-PNNC. Mapa base: © OpenStreetMap contributors.

IV. Parque Nacional Natural Chingaza

A. Línea de base

La línea de base del Parque Nacional Natural Chingaza (PNN Chingaza) se construye con el objetivo de caracterizar la situación biofísica, ecosistémica y funcional del área protegida previa a la ocurrencia del evento de incendio forestal, y constituye el punto de referencia para la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales conforme a la metodología de Evaluación de Daños y Pérdidas (DaLA) de la CEPAL.

El PNN Chingaza es una de las áreas protegidas estratégicas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, tanto por su extensión, como por su papel fundamental en la provisión y regulación del recurso hídrico, regulación climática, la conservación de ecosistemas de páramo y bosque andino, y la protección de valores ecológicos, culturales y paisajísticos de importancia nacional y regional (PNN 2016).

La construcción de la línea de base de este parque se fundamenta en la integración de fuentes documentales, técnicas y empíricas, incluyendo el Plan de Manejo del área protegida, entrevistas técnicas a personal clave del parque y la misión de campo realizada entre el 9 y 11 diciembre de 2025. Esta última recoge observaciones directas, intercambios técnicos interinstitucionales y evidencia de campo relevante para caracterizar el estado ecológico del parque, sus dinámicas de gestión y las condiciones previas y posteriores al evento de incendio forestal, constituyéndose en un insumo primario para la aplicación de la metodología DaLA en el PNN Chingaza.

1. Caracterización general del área protegida

El PNN Chingaza se localiza en la Cordillera Oriental de Colombia, en los departamentos de Cundinamarca y Meta. Su extensión comprende ecosistemas altoandinos estratégicos, con predominio de páramos, bosques andinos y subpáramos, los cuales cumplen un rol crítico en la regulación del ciclo hidrológico de la macrocuenca del Orinoco (véanse cuadro 2 y mapa 7).

El parque es pieza central del Sistema Chingaza, principal sistema de abastecimiento de agua para la ciudad de Bogotá y municipios aledaños, beneficiando a varios millones de habitantes. Esta función convierte a ese parque en un activo ambiental de importancia crítica para la seguridad hídrica nacional (Parque Nacional Natural Chingaza, 2016).

Durante la misión de campo, el equipo técnico de dicho parque presentó el contexto general del área protegida, su organización interna, las líneas estratégicas de trabajo y los principales servicios ecosistémicos que provee. Esta caracterización permitió complementar la información del Plan de Manejo con observaciones directas sobre el territorio, la funcionalidad de los ecosistemas de páramo y bosque andino, y el rol del parque dentro del Sistema Chingaza como eje central del abastecimiento hídrico regional.

Desde el punto de vista ecosistémico, el PNN Chingaza alberga principalmente:

- Ecosistemas de páramo
- Ecosistemas de bosque andino
- Ecosistemas de subpáramo
- Complejos de lagunas altoandinas y humedales asociados

Los ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque andino tienen una alta sensibilidad frente a perturbaciones como los incendios forestales, destacando su lenta capacidad de recuperación y la necesidad de diferenciar respuestas ecológicas según niveles de severidad. Las observaciones realizadas en campo posincendio evidencian procesos incipientes de regeneración natural en sectores de baja y media severidad, así como áreas donde podrían requerirse intervenciones de restauración activa, información clave para la definición de escenarios de restauración en el marco del DaLA.

Cuadro 2
PNN Chingaza: ecosistemas y coberturas identificadas

Ecosistema y cobertura de la tierra asociada	Superficie (En hectáreas)
Agroecosistema de mosaico de pastos y espacios naturales	
Mosaico de pastos y espacios naturales	1 067
Agroecosistema ganadero	
Pastos	210
Arbustal andino húmedo	
Arbustal denso	96
Arbustal inundable andino	
Arbustal abierto	179
Bosque andino húmedo	
Bosque denso alto	27 016
Bosque denso bajo	3
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	485
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2 805
Bosque subandino húmedo	
Bosque denso alto	3 103
Complejos rocosos andinos	
Áreas abiertas sin vegetación	36
Arbustal abierto	381
Bosque denso bajo	25
Herbazal denso	2 852
Cuerpo de agua artificial	
Cuerpos de agua artificiales	546

Ecosistema y cobertura de la tierra asociada	Superficie (En hectáreas)
Herbazal andino húmedo	
Herbazal denso	25
Laguna glacial	
Lagunas, lagos y ciénagas	122
Paramo	
Arbustal abierto	6 450
Arbustal denso	4 440
Bosque denso alto	3 297
Bosque denso bajo	150
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	52
Herbazal denso	22 996
Vegetación secundaria o en transición	36
Rio de aguas blancas	
Ríos (50 m)	5
Subxerofitia andina	
Áreas abiertas sin vegetación	54
Transicional transformado	
Mosaico de pastos y espacios naturales	108
Pastos	119
Turbera de páramo	
Herbazal denso	272
Vegetación secundaria	
Vegetación secundaria o en transición	1 360
Superficie total	78 290

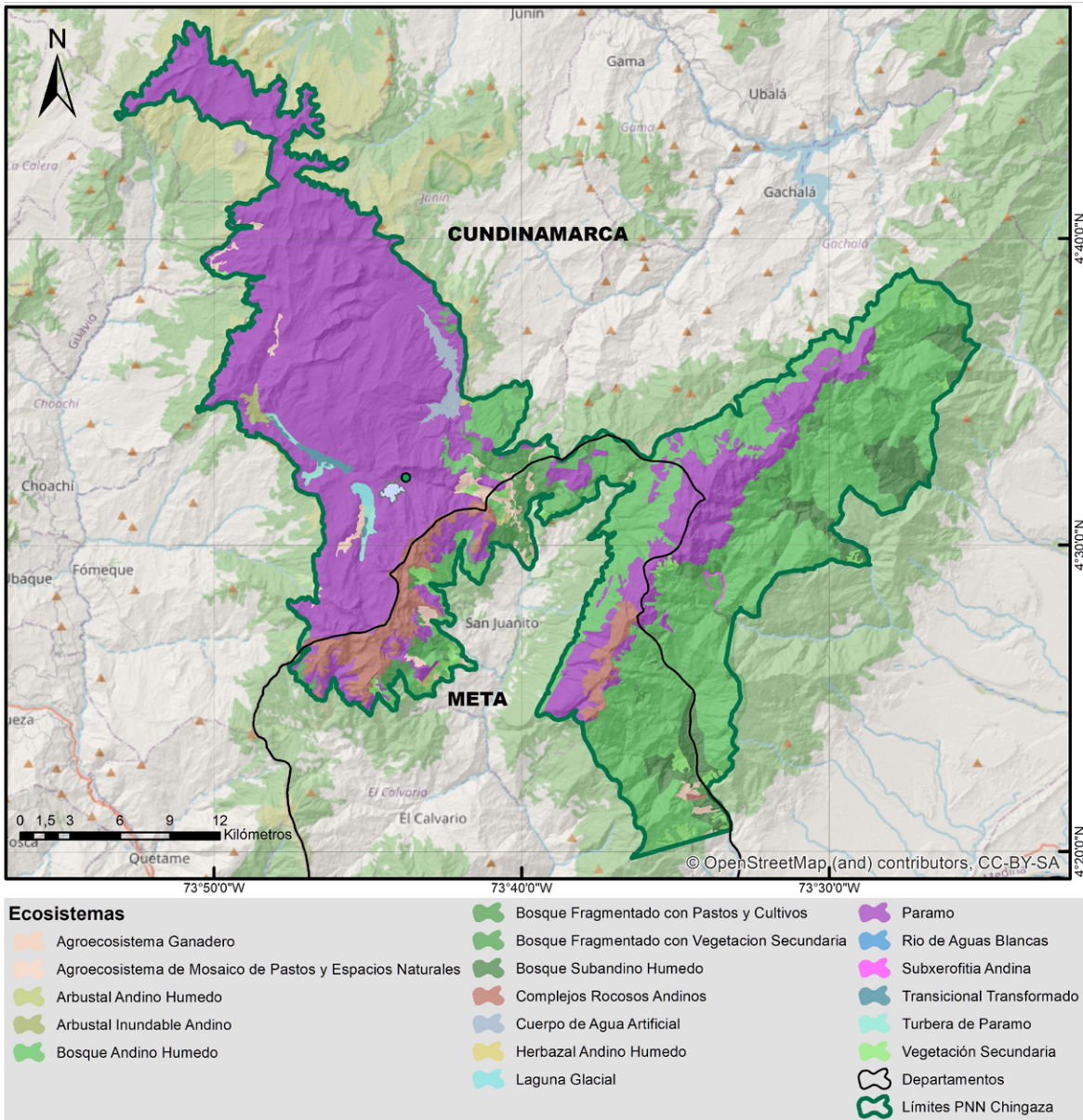
Fuente: A partir del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000, 2024. Nota: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (Instituto Humboldt), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés (Invemar) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Los ecosistemas del PNN Chingaza proveen múltiples servicios, entre los que destacan:

- regulación del flujo hídrico;
- regulación climática, a través del almacenamiento y captura de carbono;
- conservación de la biodiversidad; y
- servicios culturales y paisajísticos.

En el marco metodológico DaLA aplicado a parques nacionales naturales, la valoración se basa en los servicios ecosistémicos de regulación, particularmente los asociados a la regulación climática y a la regulación hídrica, debido a que sostienen funciones ecológicas críticas para la estabilidad y resiliencia del territorio y se traducen en beneficios ambientales de alcance local, regional y nacional, y al hecho que son los menos susceptibles a introducir temas de doble contabilidad en una evaluación más general. El equipo del parque resaltó la importancia estratégica del PNN Chingaza en la provisión específica de esos servicios ecosistémicos de regulación. En ecosistemas de alta montaña, esta priorización adquiere especial relevancia porque las alteraciones en la cobertura vegetal y en las propiedades del suelo inciden directamente en la capacidad de almacenamiento de carbono, infiltración, regulación de caudales y amortiguación hídrica. Esta aproximación es coherente con los valores de referencia nacionales utilizados por la CEPAL para la estimación de pérdidas ambientales (CEPAL, 2025; Mosquera et al., 2022; Patiño et al., 2021).

Mapa 7
PNN Chingaza: ecosistemas y coberturas asociadas



Fuente: Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000. 2024. Mapa base: © OpenStreetMap contributors.

El parque constituye el núcleo del principal sistema de abastecimiento de agua para la ciudad de Bogotá, lo que confiere al incendio forestal ocurrido en enero de 2025 una relevancia que trasciende el ámbito local y sustenta la incorporación prioritaria de estos servicios en la estimación de pérdidas ambientales.

Dentro del PNN Chingaza se dispone de una infraestructura básica orientada a la gestión, vigilancia y control del área protegida, la cual constituye un componente funcional relevante para la prevención, detección y atención de eventos de origen natural o antrópico, incluidos los incendios forestales. De acuerdo con la información técnica recopilada durante la misión de campo, el parque cuenta con puestos de control estratégicamente localizados, infraestructura operativa para guardaparques, senderos autorizados y equipamiento básico para el monitoreo ambiental y la atención de contingencias.

Estos activos apoyan la detección temprana de focos de calor, la articulación interinstitucional para la atención de emergencias y el seguimiento posterior a los eventos, especialmente en sectores de mayor presión antrópica, como el ala occidental del parque, donde confluyen actividades de ecoturismo y una vía pública interdepartamental.

2. Costo de restauración

La estimación del costo de restauración en la línea base se basa en las estrategias de conservación y restauración que el PNN Chingaza implementa de manera preventiva y estructural. Según la información técnica recopilada durante la misión de campo, el parque desarrolla procesos de adquisición de predios estratégicos y suscribe acuerdos voluntarios de conservación con familias campesinas en zonas colindantes, priorizando áreas de conectividad ecológica, recarga hídrica y protección de bosques andinos y páramos.

Estas acciones aportan un referente empírico para la definición de valores de referencia para restauración, particularmente en los casos que requieren restauración activa, mediante siembras, aislamientos, cercas vivas y recuperación de coberturas afectadas por actividades productivas históricas. En este sentido, la línea de base integra tanto valores de referencia para restauración como experiencias de implementación desarrolladas en el territorio, lo que fortalece la consistencia técnica de los supuestos adoptados.

Para efectos de la presente metodología, los costos de restauración se vinculan con los ecosistemas presentes en el parque, teniendo en cuenta los tipos de cobertura de la tierra y los requerimientos de intervención asociados a cada caso (véase el cuadro 3). Con esta base, la información de costos suministrada por el equipo del PNN Chingaza¹ sustenta la construcción de dos escenarios de intervención: restauración activa y restauración pasiva, en función del nivel de afectación, la capacidad de recuperación natural de la cobertura y la necesidad de orientar o acelerar el restablecimiento de la función ecosistémica.

Cuadro 3
Valores de referencia para restauración de las coberturas en el PNN Chingaza
(En miles de COP/ha)

Ecosistema/cobertura asociada	Tipo de restauración	Valor
Arbustal abierto	Activa	10 679
Arbustal denso	Activa	10 679
Bosque abierto bajo	Activa	10 679
Bosque denso alto	Activa	10 679
Bosque denso bajo	Activa	10 679
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Pasiva	3 726
Herbazal denso	Pasiva	3 726
Vegetación secundaria o en transición	Pasiva	3 726

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

En el marco del presente análisis DaLA, se adopta un horizonte de estimación de tres años para los escenarios de restauración activa y restauración pasiva, como periodo metodológicamente adecuado para cuantificar las necesidades de recuperación derivadas del evento. Este horizonte corresponde a la fase temprana de recuperación de las coberturas afectadas y permite estimar, con base en el nivel de afectación observado y en la trayectoria esperada de recuperación, una etapa en la que las áreas intervenidas alcanzan mayor estabilidad en atributos de estructura y en funciones ecológicas clave. En este sentido, el año 3 constituye un punto de referencia pertinente para estimar los costos de establecimiento y las acciones de seguimiento, manejo y control necesarias para consolidar la recuperación.

¹ Insumo técnico proporcionado por el equipo del PNN Chingaza, denominado "Costos por hectárea de restauración asistida de referencia para alta montaña hasta el año 3", utilizado como base para la estructuración de costos unitarios de restauración en el presente análisis.

En el caso de la restauración activa, la estimación de costos se estructura a partir de cuatro componentes: identificación y diagnóstico, planificación o formulación de tratamientos, implementación de acciones de restauración en las áreas priorizadas, y monitoreo y seguimiento de las intervenciones. Este esquema corresponde a situaciones en las que el nivel de afectación, la pérdida de estructura vegetal o las limitaciones para la regeneración espontánea orientan la aplicación de medidas directas para encauzar la recuperación del ecosistema hacia su condición previa al incendio.

De manera complementaria, la restauración pasiva se aplica en áreas donde la regeneración natural ofrece condiciones favorables, pero requiere acompañamiento técnico para sostener la trayectoria de recuperación. En este caso, la estimación de costos considera tres componentes principales: planificación o formulación de tratamientos, así como de medidas de monitoreo y control; monitoreo y seguimiento de la recuperación; y acciones de control sobre especies invasoras y especies predominantes que puedan interferir con el restablecimiento de la cobertura objetivo. Bajo este enfoque, la restauración pasiva se entiende como un manejo orientado a reducir presiones, contener procesos de dominancia no deseados y favorecer la recuperación natural de la estructura y composición del ecosistema.

En consecuencia, los valores de referencia adoptados en la metodología recogen tanto experiencias de restauración activa implementadas por el parque como actividades de manejo asociadas a escenarios de restauración pasiva. Esto permite ajustar los supuestos de intervención al tipo de cobertura, al nivel de afectación y a la trayectoria de recuperación esperada en cada caso.

3. Valoración de servicios ecosistémicos

La valoración económica de los servicios ecosistémicos en la línea de base se concentra en los servicios de regulación climática y regulación del flujo hídrico (véase el cuadro 4), utilizando valores de referencia compatibles con los empleados en CEPAL (2025). Esta valoración representa el flujo anual de beneficios ecosistémicos generado por las coberturas de la tierra presentes dentro del ecosistema de páramo y constituye la base de referencia para el análisis posterior de afectaciones asociadas a incendios forestales.

Cuadro 4
PNN Chingaza: valoración de servicios ecosistémicos de regulación climática

Ecosistema/cobertura asociada	Área (En hectáreas)	Regulación climática	Regulación del flujo hídrico
		(En miles COP/año)	
Arbustal abierto	6 450	12 781 127	6 193 572
Arbustal denso	4 440	8 797 492	4 263 153
Bosque denso alto	3 297	6 533 309	3 165 959
Bosque denso bajo	150	297 896	144 357
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	52	103 315	50 065
Herbazal denso	22 996	45 565 235	22 080 335
Vegetación secundaria o en transición	36	71 532	34 663
Total	37 421	74 149 905	35 932 103

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

En el caso del PNN Chingaza, esta valoración adquiere especial relevancia en relación con el servicio de regulación hídrica, dada la función estratégica del parque dentro del sistema de abastecimiento de agua para Bogotá. De acuerdo con información recopilada en entrevistas, el parque constituye el núcleo del Sistema Chingaza, principal proveedor de agua para la ciudad de Bogotá, mediante concesiones de aguas superficiales que, en conjunto, superan los 13 m³/s destinados al abastecimiento urbano. Este carácter estratégico refuerza la importancia de los servicios de regulación en la línea de base del área protegida.

Desde el punto de vista ecológico, la capacidad de regulación hídrica y climática en los ecosistemas de páramo y alta montaña depende de la integridad de la cobertura vegetal, del contenido de materia orgánica y de las propiedades hidro-físicas del suelo. En particular, los herbazales de páramo tienden a presentar una mayor capacidad de almacenamiento y amortiguación hídrica, mientras que las coberturas arbustivas y boscosas aportan de manera importante a la regulación climática a través de la biomasa aérea, la estructura vegetal y el almacenamiento de carbono (Mosquera et al., 2022; Patiño et al., 2021; Hofstede et al., 1995; Oliveras et al., 2018). En este sentido, la valoración de línea de base refleja no solo la presencia de coberturas vegetales, sino también la función ecosistémica asociada a cada cobertura y su contribución al mantenimiento de dichos servicios.

Para fines metodológicos, la valoración de estos servicios constituye el insumo base para la estimación de pérdidas en el escenario posincendio. En el capítulo correspondiente a Pérdidas se desarrolla la evolución temporal de la recuperación de los servicios de regulación hídrica y regulación climática, diferenciada según el tipo de cobertura de la tierra dentro del ecosistema de páramo, con el fin de estimar la proporción del flujo anual de beneficios ecosistémicos que se interrumpe temporalmente como consecuencia del incendio. Esta aproximación se apoya en la literatura disponible sobre tiempos observados de recuperación y sobre la recuperación de funciones ecosistémicas en grupos ecológicos equivalentes (Ramsay, 2001; Hofstede et al., 1995; Cárdenas y Tobón, 2017; Mosquera et al., 2022; Ocampo-Zuleta y Parrado-Rosselli, 2023; Aguilar-Garavito y Cortina-Segarra, 2023; Aguilar-Garavito et al., 2023; Oliveras et al., 2018; Patiño et al., 2021).

B. Estimación de daños, pérdidas y costos adicionales

Esta sección aborda la evaluación de los daños y pérdidas ocasionados por el incendio forestal ocurrido el 15 de enero de 2025, en el PNN Chingaza, con el propósito de dimensionar sus impactos sobre los ecosistemas, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que sustentan a las comunidades locales.

Tal y como se mencionó anteriormente, los incendios representan uno de los principales factores de degradación ambiental en esta área protegida, afectando la estructura y funcionalidad de ecosistemas clave como bosques, herbazales y arbustales de páramo.

Estos eventos no solo generan la pérdida directa de cobertura vegetal, sino que también desencadenan procesos de degradación del hábitat, alteración de los ciclos hidrológicos, disminución en la provisión de servicios ecosistémicos y aumento de la vulnerabilidad frente a eventos futuros.

El análisis espacial realizado en el PNN Chingaza incorpora el estudio específico del incendio ocurrido en enero de 2025 (véanse la imagen 1, el cuadro 5 y el mapa 8), que afectó aproximadamente 112 hectáreas, predominantemente en ecosistemas de páramo con coberturas de arbustales y herbazales, los cuales presentan alta biodiversidad y elevada sensibilidad ecológica frente a perturbaciones por fuego. La evaluación presentada en esta sección proporciona elementos técnicos y espaciales clave para comprender la magnitud del desastre, cuantificar los daños y pérdidas, y orientar la formulación de estrategias de recuperación de manera informada y focalizada.

Cuadro 5
PNN Chingaza: coberturas vegetales impactadas por incendio forestal, enero de 2025

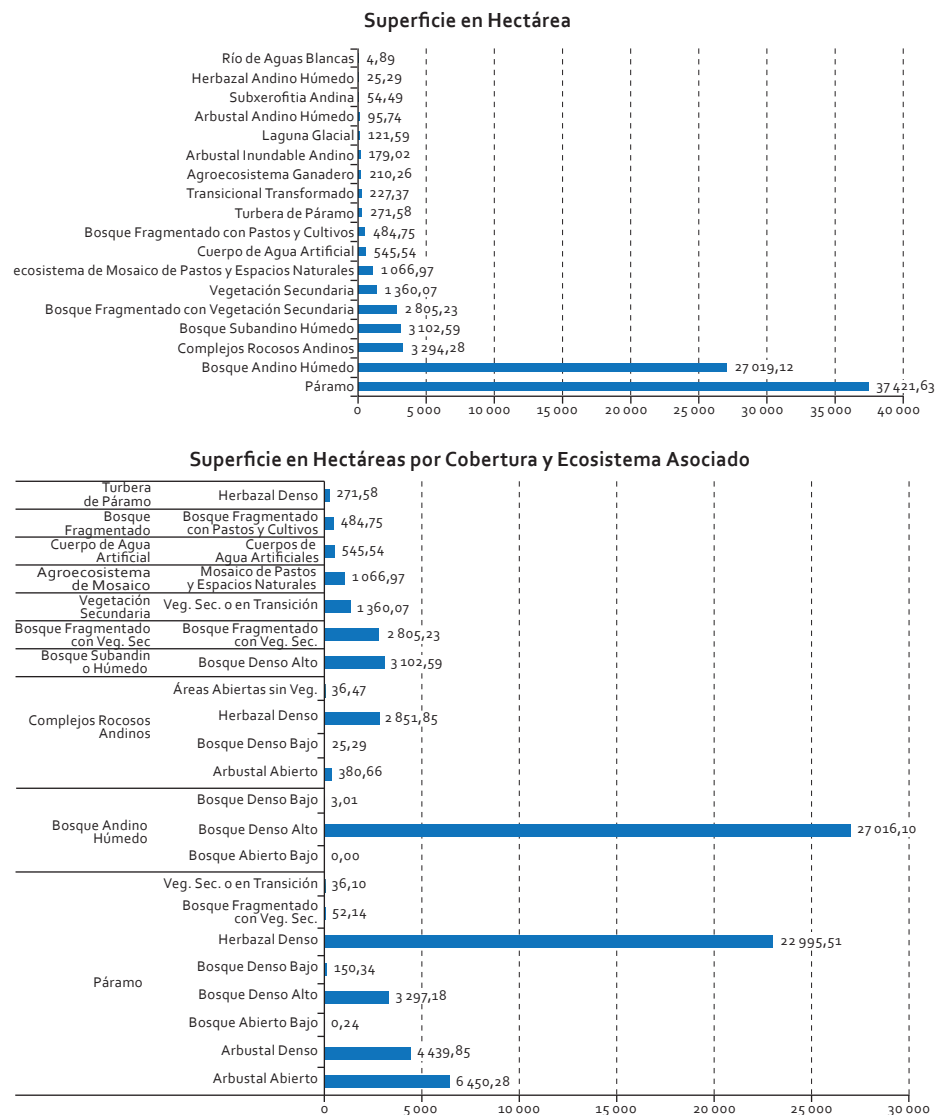
Ecosistemas/coberturas de la tierra	Hectáreas
Páramo	112
Arbustal abierto	39
Herbazal denso	73
Total	112

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Imagen 1
PNN Chingaza: registro fotográfico de la zona afectada, 11 meses posincendio



Fuente: Equipo DaLA, 2025.



Fuente: Elaboración Equipo DaLA, 2025 a partir de información suministrada por PNN de Colombia e IDEAM. Mapa base: © OpenStreetMap contributors.

1. Daños

Los daños ambientales en el PNN Chingaza derivados del evento de incendio forestal se asocian principalmente a la afectación directa de coberturas vegetales en ecosistemas de páramo (véase el cuadro 6). De acuerdo con la información proporcionada por el equipo del parque, el incendio ocurrió en el sector de La Paila, una zona atravesada por una vía pública interdepartamental que dificulta el control total del acceso y aumenta la exposición a presiones antrópicas.

La estimación de daños se fundamenta en la delimitación espacial del área afectada mediante análisis geoespaciales e índices espectrales, complementados por recorridos de campo realizados inmediatamente después del evento, los cuales permitieron observar la pérdida de biomasa, la alteración del suelo y la afectación de hábitats sensibles.

Durante la visita de campo realizada, se presentaron y discutieron todos estos resultados preliminares del análisis de severidad del incendio, la delimitación del área afectada y las características ecológicas de los ecosistemas impactados.

Cuadro 6
PNN Chingaza: estimación de daños por incendio forestal

Tipo de cobertura	Área afectada (En hectáreas)	Costo de restauración	Daños
		(En miles de COP)	
Arbustal abierto	39	10 679	420 945
Herbazal denso	73	3 726	270 697
Total	112	14 405	691 643

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Los daños estimados ascienden a 691.643 miles de COP sobre un total de 112 ha afectadas. Aunque la mayor superficie impactada corresponde al herbazal denso (73 ha), el mayor valor económico del daño se concentra en el arbustal abierto (420.945 miles de COP en 39 ha), dado que para esta cobertura se plantea una restauración activa, asociada a mayores requerimientos de intervención. Este resultado es consistente con la interpretación ecológica del área de estudio: las coberturas con predominio de vegetación leñosa presentan procesos de recuperación más lentos y exigen acciones más intensivas para restablecer su estructura y composición, mientras que las coberturas dominadas por vegetación herbácea muestran mayor capacidad de recuperación natural, lo que orienta su manejo hacia una restauración pasiva. En consecuencia, aunque el herbazal denso registra una mayor extensión afectada, su costo unitario de restauración (3.726 miles de COP/ha) es inferior al del arbustal abierto (10.679 miles de COP/ha). Así, la valoración económica de los daños no solo expresa la magnitud del área afectada, sino también el tipo e intensidad de las intervenciones requeridas para la recuperación ecológica de cada cobertura, constituyéndose en la base de la estimación de daños al capital natural presentada en este capítulo.

2. Pérdidas

Las pérdidas ambientales en el PNN Chingaza se relacionan con la interrupción temporal del flujo de beneficios provistos por los servicios ecosistémicos de regulación, particularmente los asociados a la regulación climática y a la regulación del flujo hídrico. La afectación de coberturas vegetales en áreas estratégicas del parque reduce temporalmente la capacidad de almacenamiento de carbono y la regulación de caudales, con posibles impactos indirectos sobre el abastecimiento hídrico regional, de acuerdo con el personal del parque.

Estas pérdidas se estiman para el período comprendido entre la ocurrencia del incendio y el restablecimiento progresivo del servicio ecosistémico. Para ello, se considera que la recuperación no ocurre de manera inmediata ni homogénea entre coberturas, sino que depende del tipo de vegetación, de

la función ecosistémica asociada a cada cobertura y de las condiciones biofísicas posteriores al incendio. En este marco, se distingue entre la recuperación temprana de la vegetación, entendida como el rebrote y la reaparición inicial de cobertura después del incendio; la recuperación estructural o por sucesión, correspondiente a la restitución más lenta de la composición, estratificación y trayectoria ecológica del sistema; y el restablecimiento progresivo de las funciones hidrológicas y de regulación climática, referido a la recuperación paulatina de procesos como infiltración, almacenamiento y regulación del agua, así como de la captura y almacenamiento de carbono (Ramsay, 2001; Hofstede et al., 1995; Ocampo-Zuleta y Parrado-Rosselli, 2023; Oliveras et al., 2018). En consecuencia, la recuperación visible de la cobertura no equivale necesariamente al restablecimiento del servicio ecosistémico.

En términos metodológicos, los tiempos de recuperación adoptados para los servicios de regulación hídrica y regulación climática corresponden a hitos orientativos de restablecimiento progresivo del servicio ecosistémico, expresados en porcentajes de 25%, 50% y 100%, diferenciados según cobertura de la tierra. Estos hitos no representan umbrales empíricos exactos para cada cobertura, sino una inferencia técnica por grupo ecológico equivalente, sustentada en literatura científica sobre recuperación posincendio en herbazales de páramo, subpáramo, matorrales andinos y bosques montanos o altoandinos, así como en estudios sobre hidrología de pastizales altoandinos y propiedades hidro-físicas del suelo (Mosquera et al., 2022; Cárdenas y Tobón, 2017; Patiño et al., 2021; Ocampo-Zuleta y Parrado-Rosselli, 2023; Aguilar-Garavito y Cortina-Segarra, 2023; Aguilar-Garavito et al., 2023; Oliveras et al., 2018). En este sentido, la literatura disponible aporta sustento robusto para distintos grupos ecológicos, aunque no siempre reporta tiempos observados de recuperación exactos para cada cobertura de la tierra presente dentro del ecosistema de páramo.

Bajo este enfoque, las coberturas dominadas por herbazal denso presentan un restablecimiento relativamente más rápido del servicio, especialmente en regulación hídrica, debido a la importancia de los suelos orgánicos de páramo en el almacenamiento y la amortiguación de flujos (Mosquera et al., 2022; Cárdenas y Tobón, 2017; Patiño et al., 2021). En cuanto a la regulación climática, la interpretación se apoya en la recuperación de biomasa aérea y en la restitución progresiva del almacenamiento de carbono, procesos que en herbazales pueden mostrar señales relativamente tempranas de recuperación, pero requieren horizontes mayores para aproximarse a condiciones previas al incendio (Ramsay, 2001; Hofstede et al., 1995; Patiño et al., 2021).

En arbustal abierto y arbustal denso, la recuperación se interpreta en una condición intermedia, ya que, aunque puede presentarse rebrote relativamente temprano, la composición funcional y la estructura del sistema pueden permanecer alteradas durante varios años (Ocampo-Zuleta y Parrado-Rosselli, 2023). En estas coberturas, la literatura sugiere una recuperación de la función ecosistémica asociada a la cobertura más lenta que en herbazales, pero generalmente más rápida que en coberturas boscosas, especialmente cuando la recurrencia del fuego limita el reclutamiento leñoso y frena la sucesión hacia estados más complejos (Aguilar-Garavito y Cortina-Segarra, 2023). Por ello, los hitos temporales adoptados para regulación hídrica y regulación climática en coberturas arbustivas se sustentan principalmente en estos trabajos.

Para las coberturas de bosque denso alto, bosque denso bajo y bosque fragmentado con vegetación secundaria, la recuperación de los servicios ecosistémicos se plantea en horizontes más largos, dado que el restablecimiento del servicio depende no solo de la recuperación de la cobertura vegetal, sino también de la restitución de infiltración, hojarasca, estructura del suelo, conectividad, biomasa leñosa y organización vertical del dosel. En estas coberturas, la interpretación de los tiempos de recuperación se sustenta en la evidencia disponible sobre rebrote, reclutamiento y recuperación de estructura forestal y carbono en ecosistemas montanos y altoandinos afectados por fuego (Aguilar-Garavito et al., 2023; Oliveras et al., 2018).

En bosque fragmentado con vegetación secundaria y en vegetación secundaria o en transición, los tiempos de recuperación requieren una interpretación cuidadosa, ya que estas coberturas representan estados de sucesión alterados y heterogéneos, más que ecosistemas objetivo en sí mismos. En estos

casos, la recuperación de los servicios de regulación hídrica y climática depende en gran medida de la severidad del incendio, del estado previo de degradación, de la proximidad de fuentes de propágulos, de la conectividad con coberturas remanentes y del tipo de restauración requerido. Por ello, la bibliografía utilizada se emplea como sustento técnico para representar la evolución temporal de la recuperación en grupos ecológicos equivalentes dentro del ecosistema de páramo, con base principalmente en estudios hidrológicos de alta montaña y en evidencia sobre recuperación de vegetación leñosa y trayectorias posincendio en ambientes andinos (Mosquera et al., 2022; Cárdenas y Tobón, 2017; Ocampo-Zuleta y Parrado-Rosselli, 2023; Oliveras et al., 2018; Aguilar-Garavito et al., 2023).

Con base en la literatura científica y técnica revisada, se establecen hitos orientativos de recuperación de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica y regulación climática para las principales coberturas de la tierra presentes en el área afectada. Estos hitos representan la evolución temporal de la recuperación posterior al incendio y se expresan en porcentajes de 25%, 50% y 100%, diferenciados según cobertura y tipo de servicio. Para fines de estimación de pérdidas, el año 1 representa la afectación inicial del servicio ecosistémico; el año 3, una recuperación temprana de la función ecosistémica asociada a la cobertura; el año 5, una recuperación intermedia; el año 10, una recuperación avanzada; y el año 15, el restablecimiento pleno del servicio para las coberturas afectadas analizadas. Esta secuencia proporciona un supuesto técnico explícito y consistente para estimar la proporción del flujo anual de beneficios ecosistémicos que permanece interrumpida en cada momento del período posincendio (Mosquera et al., 2022; Cárdenas y Tobón, 2017; Patiño et al., 2021; Ramsay, 2001; Hofstede et al., 1995; Ocampo-Zuleta y Parrado-Rosselli, 2023; Aguilar-Garavito y Cortina-Segarra, 2023; Aguilar-Garavito et al., 2023; Oliveras et al., 2018).

Cuadro 7
PNN Chingaza: hitos orientativos de recuperación de los servicios ecosistémicos de regulación hídrica y regulación climática, según cobertura de la tierra
(Años posteriores al incendio)

Cobertura/servicio	25%	50%	100%	Observación
Herbazal denso – regulación hídrica	Año 2	Año 5	Año 15	Recuperación relativamente más rápida del servicio, asociada a la función hidrológica de los suelos de páramo.
Arbustal abierto – regulación hídrica	Año 3	Año 6	Año 15	Recuperación intermedia de la función ecosistémica asociada a la cobertura.
Herbazal denso – regulación climática	Año 3	Año 8	Año 15	Recuperación progresiva del servicio, asociada a la restitución de biomasa y almacenamiento de carbono.
Arbustal abierto – regulación climática	Año 4	Año 8	Año 15	Recuperación intermedia del servicio, asociada a la restitución de estructura leñosa.

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Las coberturas de la tierra analizadas corresponden a las presentes dentro del ecosistema de páramo, interpretadas con base en el MEC. Los hitos temporales utilizados en la estimación de pérdidas representan momentos orientativos del restablecimiento progresivo del servicio ecosistémico posterior al incendio. En este marco, el año 1 corresponde a la afectación inicial del servicio ecosistémico; el año 3, a una recuperación temprana de la función ecosistémica asociada a la cobertura; el año 5, a una recuperación intermedia; el año 10, a una recuperación avanzada; y el año 15, al restablecimiento pleno del servicio para las coberturas afectadas analizadas. Los porcentajes de 25%, 50% y 100% se aplican por grupo ecológico equivalente y no representan umbrales empíricos exactos para cada cobertura. Para fines de cálculo, se asume pérdida plena en el año 1 e interpolación lineal entre los hitos de recuperación.

Con base en estos supuestos, la pérdida anual de servicios ecosistémicos se estima como la proporción del valor anual de línea de base que permanece no restablecida en cada año posterior al incendio, según cobertura y tipo de servicio. En consecuencia, los cuadros 8 y 9 presentan la estimación de pérdidas del servicio ecosistémico de regulación climática y del servicio de regulación del flujo hídrico, respectivamente, calculadas a partir de los hitos de recuperación adoptados para cada cobertura.

Cuadro 8
PNN Chingaza: estimación de pérdidas por el servicio ecosistémico de regulación climática

Año	Arbustal abierto	Herbazal denso	Arbustal abierto	Herbazal denso	Total
	<i>(En porcentajes)</i>		<i>(En miles de COP)</i>		
1	100	100	78 103	143 957	222 060
2	100	100	78 103	143 957	222 060
3	100	75	78 103	107 968	186 071
4	85	70	65 997	100 770	166 767
5	69	65	53 735	93 572	147 307
6	62,2	59,1	48 565	85 136	133 701
7	55,6	53,3	43 394	76 700	120 094
8	48,9	47,4	38 224	68 264	106 488
9	42,3	41,6	33 053	59 828	92 882
10	35,7	35,7	27 883	51 393	79 275
11	28,6	28,6	22 306	41 114	63 420
12	21,4	21,4	16 730	30 836	47 565
13	14,3	14,3	11 153	20 557	31 710
14	7,1	7,1	5 577	10 279	15 855
15	0	0	0	0	0
Total			600 927	1 034 330	1 635 257

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Cuadro 9
PNN Chingaza: estimación de pérdidas por el servicio ecosistémico de regulación del flujo hídrico
(En miles de COP)

Año	Arbustal abierto	Herbazal denso	Arbustal abierto	Herbazal denso	Total
	<i>(En porcentajes)</i>		<i>(En miles de COP)</i>		
1	100	100	37 848	69 760	107 608
2	87,5	83,3	33 117	58 133	91 250
3	75	66,7	28 386	46 506	74 892
4	66,7	58,3	25 232	40 693	65 925
5	58,3	50	22 078	34 880	56 958
6	52,2	45	19 765	31 392	51 157
7	46,1	40	17 452	27 904	45 356
8	40	35	15 139	24 416	39 555
9	33,9	30	12 826	20 928	33 754
10	27,8	25	10 513	17 440	27 953
11	22,2	20	8 411	13 952	22 363
12	16,7	15	6 308	10 464	16 772
13	11,1	10	4 205	6 976	11 181
14	5,6	5	2 103	3 488	5 591
15	0	0	0	0	0
Total			243 383	406 931	650 314

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Las estimaciones muestran que las pérdidas de servicios ecosistémicos se concentran principalmente en la regulación climática, con un valor acumulado de 1.635.257 miles de COP, mientras que la regulación del flujo hídrico alcanza 650.314 miles de COP. En ambos casos, el herbazal denso representa la mayor

proporción de la pérdida total, lo que refleja tanto su mayor extensión dentro del área afectada como su relevancia funcional en la provisión de estos servicios. La evolución anual de las pérdidas evidencia una disminución progresiva del valor no restablecido a medida que avanza la recuperación del ecosistema, aunque con ritmos diferenciados según cobertura y tipo de servicio. En particular, la regulación hídrica presenta una recuperación relativamente más rápida en el herbazal denso, mientras que la regulación climática muestra una restitución más gradual, asociada al restablecimiento de biomasa y almacenamiento de carbono.

En conjunto, estos resultados indican que el incendio no solo genera una afectación inmediata sobre la cobertura, sino también una interrupción temporal significativa en el flujo de beneficios ecosistémicos, cuya magnitud y duración dependen de la función ecológica de cada cobertura y de la evolución de su recuperación posincendio.

Los efectos estimados para el PNN Chingaza en este ejercicio deben interpretarse como un piso, no como una medida exhaustiva del impacto real del incendio. El análisis incorporó la regulación del flujo hídrico como servicio ecosistémico, estimando pérdidas de COP 650 millones asociadas a la alteración temporal de este servicio. Sin embargo, el Sistema Chingaza es la principal fuente de abastecimiento de agua para Bogotá y varios municipios aledaños, proveyendo aproximadamente el 80% del agua que consume una de las ciudades más pobladas de América Latina. Esta función convierte al parque en un activo estratégico de primer orden para la seguridad hídrica de varios millones de personas, cuyo valor económico trasciende lo que los indicadores de regulación hídrica utilizados en este ejercicio logran capturar.

3. Costos adicionales

Los costos adicionales asociados al incendio forestal en el PNN Chingaza corresponden a los gastos extraordinarios requeridos para las labores de atención, control, monitoreo y seguimiento del evento. Con base en la información recopilada mediante entrevistas técnicas y en los insumos de la misión de campo, la estimación incorpora los recursos humanos, logísticos y operativos identificados para la respuesta a la emergencia, por encima de las actividades ordinarias de funcionamiento del parque.

La atención del evento involucra la participación de brigadas forestales del parque, personal del Ejército Nacional, bomberos forestales de Cundinamarca, bomberos de Bogotá y apoyo logístico de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Estos apoyos comprenden transporte, combustible, equipos especializados, alimentación, viáticos y otros requerimientos operativos necesarios para el manejo de la emergencia. De igual forma, la estimación integra la articulación interinstitucional desplegada para atender el incendio y desarrollar las acciones de control y seguimiento.

En el marco de la metodología DaLA, estos costos adicionales permiten reflejar el esfuerzo económico asociado a la gestión del desastre. Su estimación se estructura a partir de los insumos técnicos recopilados para valorar de manera consistente los recursos movilizados en la atención del incendio e incorporarlos dentro del total de efectos del evento.

Cuadro 10
PNN Chingaza: costos adicionales
(En miles de COP)

Personal requerido para la atención de la emergencia	Unidad	Cantidad	Tiempo	Valor unitario	Total
Tres profesionales	Mes	3	1,5	8 118 000	36 531
Dos técnicos	Mes	2	1,5	7 659 000	22 977
Dos operarios	Mes	2	1,5	3 325 000	9 975
Vehículo de 15 días	Mes	1	0,5	350 000	175
Total					69 658

Fuente: Equipo DaLA, 2025 con insumos proporcionados por el equipo del PNN Chingaza.

Los costos adicionales estimados ascienden a 69.658 miles de COP y corresponden a los recursos extraordinarios incorporados en la atención del incendio forestal, de acuerdo con los insumos técnicos recopilados para esta evaluación. Dentro de esta estimación, el mayor valor corresponde a tres profesionales (36.531 miles de COP), seguidos por dos técnicos (22.977 miles de COP) y dos operarios (9.975 miles de COP), mientras que el costo asociado al vehículo utilizado durante quince días asciende a 175 miles de COP. En este marco, los resultados permiten identificar los principales rubros valorados para la respuesta al evento y expresar, en términos monetarios, el esfuerzo operativo e institucional movilizado para su atención, control y seguimiento. Así, los costos adicionales complementan la estimación de daños y pérdidas al incorporar los recursos requeridos para la gestión de la emergencia dentro del análisis DaLA.

C. Resumen

Esta sección presenta la síntesis de la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales derivados del incendio forestal en el PNN Chingaza. El siguiente cuadro (véase el cuadro 11) resume la estimación total de estos componentes en el marco de la metodología DaLA.

Cuadro 11
PNN Chingaza: estimación total de daños, pérdidas y costos adicionales por incendio forestal
(En miles de COP)

Afectación	Valor total afectado
Daños	691 643
Pérdidas por servicio de regulación climática	1 635 257
Pérdidas por servicio de regulación del flujo hídrico	650 314
Costos adicionales	69 658
Total	3 046 872

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

El valor total estimado asciende a 3.046.872 miles de COP. Dentro de este total, las pérdidas de servicios ecosistémicos representan el componente de mayor peso, con especial incidencia de la regulación climática (1.635.257 miles de COP) y, en segundo orden, de la regulación del flujo hídrico (650.314 miles de COP). Por su parte, los daños al capital natural alcanzan 691.643 miles de COP, mientras que los costos adicionales asociados a la respuesta al evento se estiman en 69.658 miles de COP. En conjunto, estos resultados muestran que los efectos del incendio comprenden tanto la afectación directa sobre las coberturas naturales como la reducción temporal de servicios ecosistémicos de regulación y la movilización de recursos extraordinarios para la atención, control y seguimiento de la emergencia.

V. Parque Nacional Natural El Tuparro

A. Línea de base

El Parque Nacional Natural El Tuparro se encuentra ubicado en jurisdicción de los municipios de Cumaribo y La Primavera, departamento del Vichada, perteneciente a la región Orinoquía, subregión Altillanura. Cuenta con una extensión aproximada de 561 mil hectáreas.

El Parque fue declarado Reserva de la Biósfera por la UNESCO en 1982 y Monumento Nacional y Zona Núcleo de la Reserva de Biosfera mediante Resolución 002 de 1982.

El Parque cuenta con patrimonio arqueológico que incluye:

- En la zona del Cerro y Caño Peinillas hay existencia de vestigios arqueológicos, cementerio indígena y pictografías.
- Petroglifos en la margen del Orinoco.
- Vestigios de la Misión de San José de Maipures de la época colonial

La altitud oscila entre los 80 y 315 msnm, su temperatura promedios es de 26,5°C, con máximos de 34°C y mínimos de 20°C. La precipitación media de 2.939 mm en el sector oriental y de 2.477 mm en el occidental.

La mayor parte del Parque tiene un relieve plano a ligeramente ondulado, con pendientes largas y muy suaves entre 1° y 3°, en cercanías del río Orinoco se encuentran algunos afloramientos graníticos, el mayor de los cuales alcanza los 230 msnm.

Entre la población indígena que habita el Parque se identifican comunidades Sikuni o Guahíbo, Sáliva-Piaroa, Makú-Puinave y Arawak. En el límite norte del PNN, al norte del río Tomo, se encuentra la Base Aérea Marandúa perteneciente al municipio de La Primavera. Esta abarca una extensión de 77.169 hectáreas de zona habitacional, de entrenamiento militar, pistas aéreas, etc.

La red hidrográfica de este parque hace parte de la cuenca del río Orinoco, cuyos principales ríos son Tomo, el Tuparro y el Tuparrito. Todo el sistema hidráulico drena en sentido oriente – occidente, que hacen parte del subsistema del río Tomo. El sistema de meandros y lagunas alcanzan las 12 hectáreas del río Tomo, 42 del río Tuparro y 45 del río Tuparrito.

Los ecosistemas de este parque están dominados por la presencia de *sabanas estacionales*, que pueden alcanzar el 75% del área total. Los ecosistemas presentes al interior del parque se identifican junto con sus respectivas áreas en el cuadro 12, mientras que su distribución espacial se presenta en el mapa 9.

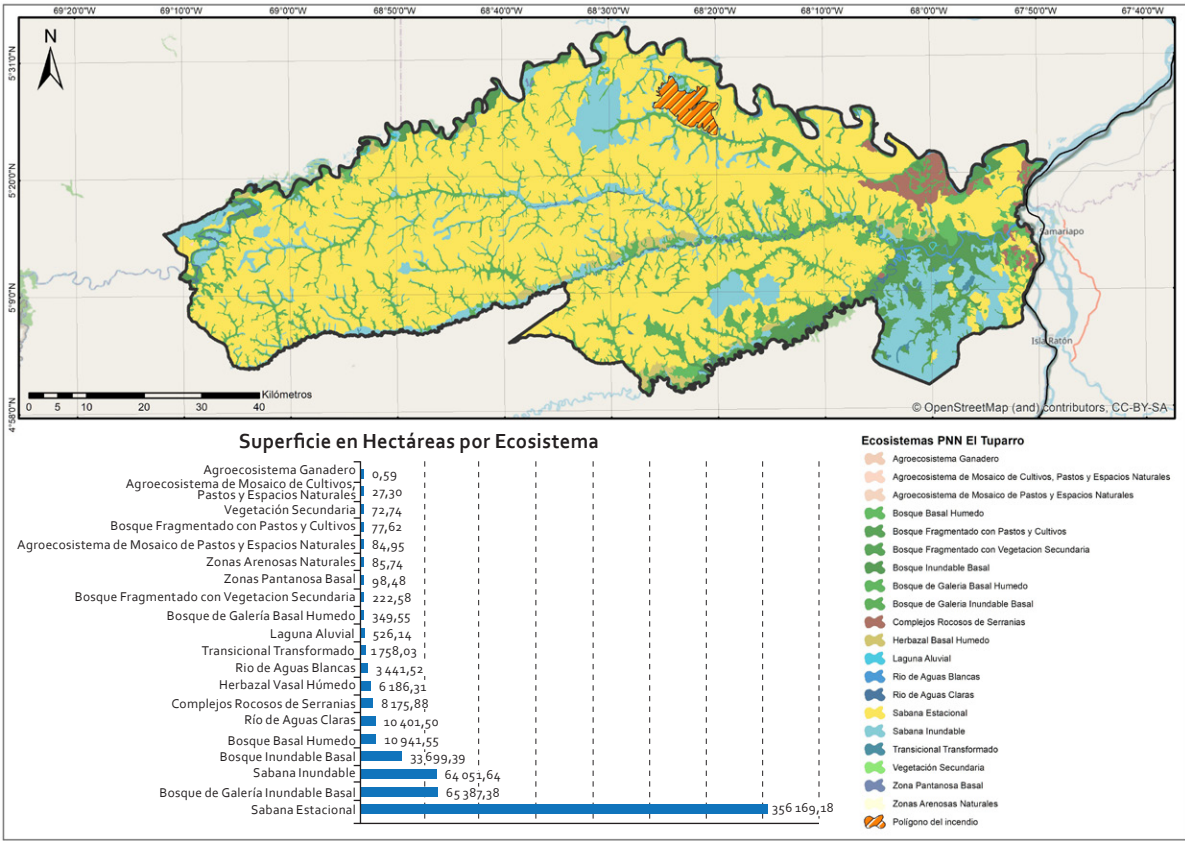
Cuadro 12
PNN El Tuparro: ecosistemas y coberturas identificadas

Ecosistema y cobertura de la tierra asociada	Superficie (En hectáreas)
Sabana estacional	
Herbazal abierto	19 029
Herbazal denso	330 877
Áreas abiertas sin vegetación	6 263
Bosque de galería inundable basal	
Bosque de galería inundable basal	65 387
Sabana inundable	
Herbazal abierto	15 461
Herbazal denso	48 163
Áreas abiertas sin vegetación	278
Afloramientos rocosos	150
Bosque inundable basal	
Bosque denso alto	32 808
Bosque denso bajo	0,3
Bosque abierto alto	226
Bosque abierto bajo	665
Bosque basal húmedo	
Bosque denso alto	10 941
Rio de aguas claras	
Ríos (50 m)	10 401
Complejos rocosos de serranías	
Afloramientos rocosos	2 019
Herbazal abierto	430
Herbazal denso	5 727
Herbazal basal húmedo	
Herbazal denso	6 186
Rio de aguas blancas	
Ríos (50 m)	3 442
Transicional transformado	
Áreas abiertas sin vegetación	669
Mosaico de pastos y espacios naturales	237
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	61
Mosaico de cultivos y pastos	27
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	118
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	469
Vegetación secundaria o en transición	177
Laguna aluvial	
Lagunas, lagos y ciénagas	526
Bosque de galería basal húmedo	
Bosque de galería y ripario	350
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	223
Zona pantanosa basal	
Zonas pantanosas	98

Ecosistema y cobertura de la tierra asociada	Superficie (En hectáreas)
Zonas arenosas naturales	
Zonas arenosas naturales	86
Agroecosistema de mosaico de pastos y espacios naturales	
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	85
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	78
Vegetación secundaria	
Vegetación secundaria o en transición	73
Agroecosistema de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	
Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	27
Agroecosistema ganadero	
Pastos	0,6
Total	561 758

Fuente: A partir del mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000, 2024. Nota: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt (Instituto Humboldt), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andréis (Invemar) e Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). Memoria técnica. Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000. 170 pp.

Mapa 9
PNN El Tuparro: ecosistemas y coberturas asociadas



Fuente: Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000. 2024.

Para estimar la línea base se hizo una correspondencia de los ecosistemas identificados en el territorio con los ecosistemas trabajados en Ruiz Agudelo et al (2022), y referidos en CEPAL (2025). El detalle de la correspondencia se presenta en el cuadro 13.

Cuadro 13
PNN El Tuparro: equivalencia ecológica entre unidades biofísicas y categorías funcionales

Ecosistema MEC - Parque	Ecosistema – Categoría funcional ^a
Sabana estacional	Sabana estacional
Bosque de galería inundable basal	Bosques lluviosos tropicales de tierras bajas
Sabana inundable	Sabanas inundables
Bosque inundable basal	Bosques lluviosos tropicales de tierras bajas
Bosque basal húmedo	Bosques secos tropicales
Rio de aguas claras	Ríos
Complejos rocosos de serranías	NA
Herbazal basal húmedo	Sabana estacional
Rio de aguas blancas	Ríos
Transicional transformado	Pastizales y campos cultivados
Laguna aluvial	Deltas de ríos costeros
Bosque de galería basal húmedo	Bosques lluviosos tropicales de tierras bajas
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	Bosques lluviosos tropicales de tierras bajas
Zona pantanosa basal	Bosques lluviosos tropicales de tierras bajas
Zonas arenosas naturales	Costas arenosas
Agroecosistema de mosaico de pastos y espacios naturales	Pastizales y campos cultivados
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	Pastizales y campos cultivados
Vegetación secundaria	Sabana estacional
Agroecosistema de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	Pastizales y campos cultivados
Agroecosistema ganadero	Pastizales y campos cultivados

Fuente: Equipo DaLA, 2025 a partir de Ruiz-Agudelo et al. (2022).

^a La clasificación funcional utilizada en este documento corresponde al artículo más reciente de Ruiz-Agudelo et al. (2022), titulado *The economic valuation of ecosystem services in Colombia: Challenges, gaps and future pathways*, el cual integra 18 tipos funcionales de ecosistemas y amplía el enfoque metodológico de su trabajo de 2014. Este artículo es la fuente principal de los ecosistemas listados en la tabla y constituye la base conceptual utilizada para la vinculación con los ecosistemas MEC.

1. Costo de restauración

Tal como se detalla en la introducción de este documento, la restauración ecológica se refiere al conjunto de acciones destinadas a devolver a un ecosistema degradado a condiciones similares a las que tenía antes de ser alterado, puede adelantarse de forma activa, pasiva o mixta.

El presente análisis se desarrolla bajo restauración activa, que implica propagación de material vegetal nativo adecuado para el sitio de intervención a partir del ecosistema de referencia o de las áreas circundantes en buen estado de conservación se recolectan semillas y plántulas de las especies de interés (Cole 2007), lo cual evitaría los costos que implica la adquisición de semillas de vivero o individuos juveniles.

En el *PNN El Tuparro*, no se cuenta con un vivero, ni procesos de recolección de semillas, ni costos de restauración de las diferentes especies identificadas a su interior, motivo por el cual la consolidación de estos valores, se tuvo en consideración las indicaciones definidas en el Plan nacional de restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas disturbadas (2015) y en las Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia y se elaboraron en trabajo conjunto con el personal de ese parque y de funcionarios de PNN, cuyos supuestos se describen a continuación:

- Se asume la compra de plántulas en viveros comerciales.
- Para estimación de distancias y tipología de transporte desde el vivero comercial hasta la sede del Parque, se asume localización de viveros en Puerto Carreño, lo que implica transporte de cuatro horas en camioneta y 1,5 horas en lancha.
- Para el transporte de plántulas de la sede del Parque a la zona de intervención, se toma de referencia el sitio del incendio, que implica transporte fluvial de 4 horas y posteriormente con motos y/o moto-cargueros durante 1,5 horas.
- El porcentaje de pérdidas se relaciona con la muerte de plántulas durante transporte, siembra y el tiempo que se le realiza el mantenimiento para obtener efectivamente la densidad propuesta en el análisis.
- La siembra incluye las actividades previas de trazado, ahoyar y plateo, aplicación de insumos y limpieza en los alrededores, posteriormente se lleva a cabo la propia siembra.
- La densidad de siembra está supeditada a la especie o cobertura a intervenir.
- Se incluyen costos de personal para siembra y mantenimiento, definido por número de jornaleros, costo de un jornal que incluye alimentación, número de días de trabajo.

Para el mantenimiento como mínimo, se debe garantizar la implementación de las estrategias de restauración definidas en el plan básico de restauración con mantenimiento y seguimiento al menos trimestral durante el primer año, y el mantenimiento de los objetivos del proyecto durante dos o tres años más, lo que incluye las siguientes actividades:

- Eliminación de las plántulas de especies invasoras o de alta densidad y muy competitivas que hayan sido reclutadas. Durante el primer año de la plantación se deberá eliminar trimestralmente todos los individuos de las plantas con potencial invasor o invasoras, las cuales reclutarán después de la repoblación forestal.
- Deshierbe y rozas de matorral.
- Reposición del material plantado muerto, consistente en la sustitución de plantas muertas en los dos primeros años a la plantación. No se considera la mortalidad natural que pueda ocurrir en años posteriores.
- Realce. En aquellos módulos de revegetación en donde el viento azota con frecuencia e intensidad, el movimiento oscilatorio de la planta puede ocasionar un hueco en forma de cono invertido alrededor del cuello de la raíz, lo cual provoca desecaciones del suelo alrededor de la zona radical, daños por insolación y calentamiento. En aquellas plantas se deberá aportar tierra manualmente con el azadón sobre la zona afectada (Serrada, 2008).
- Podas, cuyo objeto es favorecer la dominancia apical de un solo tallo principal, se ejecutan al año siguiente a la plantación y consiste en la supresión de tallos dobles y en cortar la punta de las ramas laterales de gran desarrollo próximas al tallo principal.

Las sabanas son formaciones climáticas tropicales, del piso térmico cálido con una cobertura continua de gramíneas, en las cuales pueden aparecer entremezclados subarbustos esparcidos e inclusive árboles y palmeras. Se desarrollan por lo general en planicies con muy ligero declive y en ocasiones en terrenos quebrados u ondulados. Entre las sabanas se encuentra extensiones variables de bosques deciduos y bosques estacionales siempreverdes, formando patrones complejos con la vegetación herbácea (Sarmiento 1983).

Los análisis se efectuaron para las coberturas que sufrieron mayor afectación por incendios en el área del PNN El Tuparro, corresponden a *herbazales*, *bosques de galería*, *morichales*, *saladillales* y *bosques de tierra firme*. Los valores de referencia que se aplican están en el cuadro 14.

Cuadro 14
PNN El Tuparro: costos de actividades para valoración de restauración
(En miles de COP)

Actividades	Valor
Transporte de sitio de compra a sede parque (300 plántulas por viaje)	2 500
Transporte de sede parque a sitios de intervención (300 plántulas por viaje)	2 000
Jornal personal (costo de un obrero por día)	100
Transporte de personal (costo global)	1 000

Fuente: Equipo PNN El Tuparro y PNN Colombia.

Los aspectos específicos, como son densidad o costo de adquisición de plántula se llevaron a cabo por cobertura, tal como se describe a continuación:

a) Restauración de morichales

Los *morichales* son una cobertura de bosque compuesta por una especie de palmera perteneciente a la familia Arecaceae. Recibe los nombres comunes de *palma de moriche* o simplemente *moriche*, *aguaje*, *burití*, o *morete*. Véase el cuadro 15.

Cuadro 15
PNN El Tuparro: valores de referencia para restauración de Morichales

Actividades	Valor
Costo de una plántula de morichal <i>(En miles de COP)</i>	5 000
Número de personas requerido	3
Tiempo de siembra en días	3
Densidad de siembra <i>(En número de plántulas por hectárea)</i>	475
Porcentaje esperado de muerte en material sembrado	15
Tiempo en años de mantenimiento y resiembra	3

Fuente: Equipo PNN El Tuparro y PNN Colombia.

La densidad buscada para el morichal es 475 individuos por hectárea, pero para la primera siembra se recomienda usar un total de 600 plántulas para cubrir las primeras pérdidas, especialmente porque es una especie muy apetecida por los habitantes de la región para diferentes usos, aún en etapa joven.

Los costos para la restauración de una hectárea de morichal alcanzan COP 24 millones, véase el cuadro 16.

Cuadro 16
PNN El Tuparro: costo actividades para restaurar una hectárea de Morichales
(En miles de COP)

Actividades	Valor
Adquisición de plántulas	3 000
Transporte de plántulas desde vivero hasta punto de siembra	9 000
Siembra	900
Mantenimiento	2 400
Desplazamiento de personal	9 000
Total	24 300

Fuente: Equipo DaLA a partir de datos del equipo de PNN El Tuparro y PNN Colombia.

b) Restauración de saladillales

Los *saladillales* son un tipo de sabana boscosa en la Orinoquía colombiana, caracterizada por la presencia de árboles de saladillo (especies como el chaparro), véase el cuadro 17.

Cuadro 17
PNN El Tuparro: valores de referencia para restauración de Saladillales

Actividad	Valor
Costo de una plántula de saladillo (<i>En miles de COP</i>)	30 000
Número de personas requerido	3
Tiempo de siembra en días	5
Densidad de siembra (<i>En número de plántulas por hectárea</i>)	1 000
Porcentaje esperado de muerte en material sembrado	15
Tiempo en años de mantenimiento y resiembra	3

Fuente: Equipo PNN El Tuparro y PNN Colombia.

Por ser una cobertura más densa se requieren más días de siembra en comparación con morichales, así mismo, es una especie más escasa, tiene mayor dificultad su consecución, motivo por el cual su costo es muy alto.

Los costos para la restauración de una hectárea de saladillal son de aproximadamente COP 65 millones, véase el cuadro 18.

Cuadro 18
PNN El Tuparro: costo actividades para restauración de una hectárea de Saladillales
(*En miles de COP*)

Actividad	Valor
Adquisición de plántulas	30 000
Transporte de plántulas desde vivero hasta punto de siembra	22 500
Siembra	1 500
Mantenimiento	2 400
Desplazamiento de personal	9 000
Total	65 400

Fuente: Equipo DaLA a partir de datos del equipo de PNN El Tuparro y PNN Colombia.

c) Restauración de bosques de tierra firme

Los bosques están conformados por diferentes especies, que incluyen algunas de bastante escasez como es el Alcornoque, por este motivo, se asume el costo alto de una plántula de difícil consecución, valor que cubre las diferentes especies que puede haber al interior del Parque, véase el cuadro 19.

Cuadro 19
PNN El Tuparro: valores de referencia para restauración de Bosques de Tierra Firme

Actividad	Valor
Costo de una plántula de especies de difícil consecución (<i>En miles de COP</i>)	30 000
Número de personas requerido	4
Tiempo de siembra en días	5
Densidad de siembra (<i>En número de plántulas por hectárea</i>)	1 000
Porcentaje esperado de muerte en material sembrado	15
Tiempo en años de mantenimiento y resiembra	3

Fuente: Equipo PNN El Tuparro y PNN Colombia.

Los costos para la restauración de una hectárea de *bosque de tierra firme* alcanzan los COP 66 millones, véase el cuadro 20.

Cuadro 20
PNN El Tuparro: costo de actividades para restauración de Bosques de Tierra Firme
(En miles de COP)

Actividad	Valor
Adquisición de plántulas	30 000
Transporte de plántulas desde vivero hasta punto de siembra	22 500
Siembra	2 000
Mantenimiento	3 200
Desplazamiento de personal	9 000
Total	66 700

Fuente: Equipo DaLA a partir de datos del equipo de PNN El Tuparro y PNN Colombia.

d) Restauración de bosques de galería

Los *bosques de galería* presentan condiciones para su restauración similares a las de los *bosques de tierra firme*, motivo por el cual el análisis y el costo es el mismo, es decir, COP 66 millones por hectárea.

e) Restauración de herbazales

A diferencia de las otras coberturas, no se tienen datos del costo de adquisición de este tipo de vegetación. Su recuperación se estima a partir intervenciones activas y pasivas, que corresponden a la recolección de semillas en buen estado y posterior distribución por medio de lluvia de semillas en la zona afectada, para posteriormente se procede al restablecimiento pasivo, pues ya no se hacen más intervenciones por actividad humana.

Este tipo de restauración implica entonces mano de obra con 5 días de actividad por parte de tres personas o jornaleros, más los costos de desplazamiento, lo que conlleva a que el costo de restauración de una hectárea de herbazal sea del orden de COP 2,5 millones. El resumen de todos estos costos es presentado en el cuadro 21.

Cuadro 21
PNN El Tuparro: costos de restauración de las coberturas
(En miles de COP/ha)

Ecosistema	Valor
Sabana estacional	2 500
Bosque de galería inundable basal	66 700
Sabana inundable	2 500
Bosque inundable basal	66 700
Bosque basal húmedo	66 700
Herbazal basal húmedo	2 500
Bosque de galería basal húmedo	66 700
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	65 400
Rio de aguas claras, complejos rocosos de serranías, rio de aguas blancas, transicional transformado, laguna aluvial, zona pantanosa basal, zonas arenosas naturales, agroecosistema de mosaico de pastos y espacios naturales, bosque fragmentado con pastos y cultivos, vegetación secundaria, agroecosistema de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, agroecosistema ganadero.	No disponibles

Fuente: Equipo DaLA a partir de PNN El Tuparro y PNN Colombia.

Tal como se evidencia en el cuadro 21 se no se aplicaron costos de restauración para espejos de agua, afloramientos rocosos o coberturas que se usan para aprovechamiento agrícola o pecuario.

Tras realizar la multiplicación del área total de cada cobertura por el costo por hectárea, se estimó el valor de la línea base del parque. El costo estimado de restauración asciende a COP 8,4 billones, cuyo mayor costo se asocia a Bosque de Galería Inundable Basal con el 52% del total y Bosque Inundable Basal con el 27% del costo total del Parque. Este valor refleja una estimación parcial, ya que otros ecosistemas no cuentan con estudios que permitan valorar su reposición y servicios ecosistémicos asociados. Estos ecosistemas cumplen funciones críticas por lo que será importante ampliar la línea de base ecológica para capturar con precisión el valor del parque, véase el cuadro 22.

Cuadro 22
PNN El Tuparro: costos de restauración de activos
(En miles de COP)

Ecosistema	Área (En hectáreas)	Costo
Sabana estacional	356 169	890 422 950
Bosque de galería inundable basal	65 387	4 361 338 246
Sabana inundable	64 052	160 129 100
Bosque inundable basal	33 699	2 247 749 313
Bosque basal húmedo	10 941	729 801 385
Rio de aguas claras	10 401	-
Complejos rocosos de serranías	8 176	-
Herbazal basal húmedo	6 186	15 466 775
Rio de aguas blancas	3 442	-
Transicional transformado	1 758	-
Laguna aluvial	526	-
Bosque de galería basal húmedo	350	23 314 985
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	223	14 556 732
Zona pantanosa basal	98	-
Zonas arenosas naturales	86	-
Agroecosistema de mosaico de pastos y espacios naturales	85	-
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	78	-
Vegetación secundaria	73	-
Agroecosistema de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	27	-
Agroecosistema ganadero	0,59	-
Total	561 758	8 442 778 486

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

2. Valoración servicios ecosistémicos

La valoración económica de los servicios ecosistémicos de los parques se realizó a partir de Ruiz Agudelo et al. (2022), referencia en la que se obtuvieron los datos específicos de valoración para servicios ecosistémicos de regulación climática por hectárea y por año, lo cual se multiplicó por las áreas de cada uno de los ecosistemas identificados en este parque, lo que implica que los ecosistemas que no cuentan con datos de servicios de regulación no se consideran para este análisis.

La valoración de los servicios ecosistémicos de regulación asciende a COP 1,1 billones. El cuadro 23 muestra los servicios climáticos valorados, donde más del 90% de los servicios se asocian a dos ecosistemas, *bosque de galería inundable basal* con el 60% del valor total de los servicios y el *bosque inundable basal* con un 31%. El ecosistema que tiene más área en el Parque es la *sabana estacional*, que cubre más del 63% del territorio, solo representa el 8% de los servicios ecosistémicos del PNN El Tuparro, véase el cuadro 23.

Cuadro 23
PNN El Tuparro: valoración de servicios ecosistémicos de regulación climática
(En miles COP/año)

Ecosistema	Valor
Sabana estacional	79 139 367
Bosque de galería inundable basal	637 051 393
Sabana inundable	-
Bosque inundable basal	328 323 957
Bosque basal húmedo	6 173 704
Rio de aguas claras	-
Complejos rocosos de serranías	-
Herbazal basal húmedo	1 374 573
Rio de aguas blancas	-
Transicional transformado	2 821 770
Laguna aluvial	-
Bosque de galería basal húmedo	3 405 570
Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2 168 536
Zona pantanosa basal	959 463 755
Zonas arenosas naturales	-
Agroecosistema de mosaico de pastos y espacios naturales	136 351
Bosque fragmentado con pastos y cultivos	124 586
Vegetación secundaria	16 162
Agroecosistema de mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	43 819
Agroecosistema ganadero	946
Total	1 061 740 199

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

B. Estimación de daños, pérdidas y costos adicionales

Esta sección aborda la evaluación de los daños y pérdidas ocasionados por los incendios forestales ocurridos en septiembre del 2025, en el PNN El Tuparro, con el propósito de dimensionar sus impactos sobre los ecosistemas, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos que sustentan a las comunidades locales.

En el desarrollo del presente documento se aplicaron dos metodologías de trabajo para conocer el área incendiada y los diferentes niveles de afectación, a decir:

- Delimitación e identificación de afectaciones efectuada por parte de los funcionarios del Parque, la cual se desarrolla a continuación.
- Análisis multitemporal mediante la comparación de imágenes satelitales Sentinel-2 pre y pos-incendio, con cálculo de índices espectrales, proceso que se describe de forma detallada en el anexo A1 y cuyos resultados se contrastan a continuación en contraste a los resultados obtenidos de la primera metodología.

El incendio objeto de la presente evaluación, que como se expresó anteriormente ocurrió en el mes de septiembre del 2025, por los indicios identificados por el personal del PNN El Tuparro fue de origen natural, es decir, no hubo participación de quemas por actividad humana. Durante el recorrido de campo por la zona afectada, efectuada dos meses después del evento, se evidenció que los herbazales fueron las coberturas incendiadas, presentan condiciones de recuperación total, inclusive con apariencia mejor que los herbazales que no se quemaron, tal como se muestra en la imagen 2, donde se detalla el límite entre lo quemado y lo que no se quemó en septiembre:

Imagen 2
PNN El Tuparro: fotografía del límite del área incendiada



Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Nota: A la izquierda superior área que no se quemó, a la derecha los herbazales que se quemaron recuperados dos meses después.

1. Daños

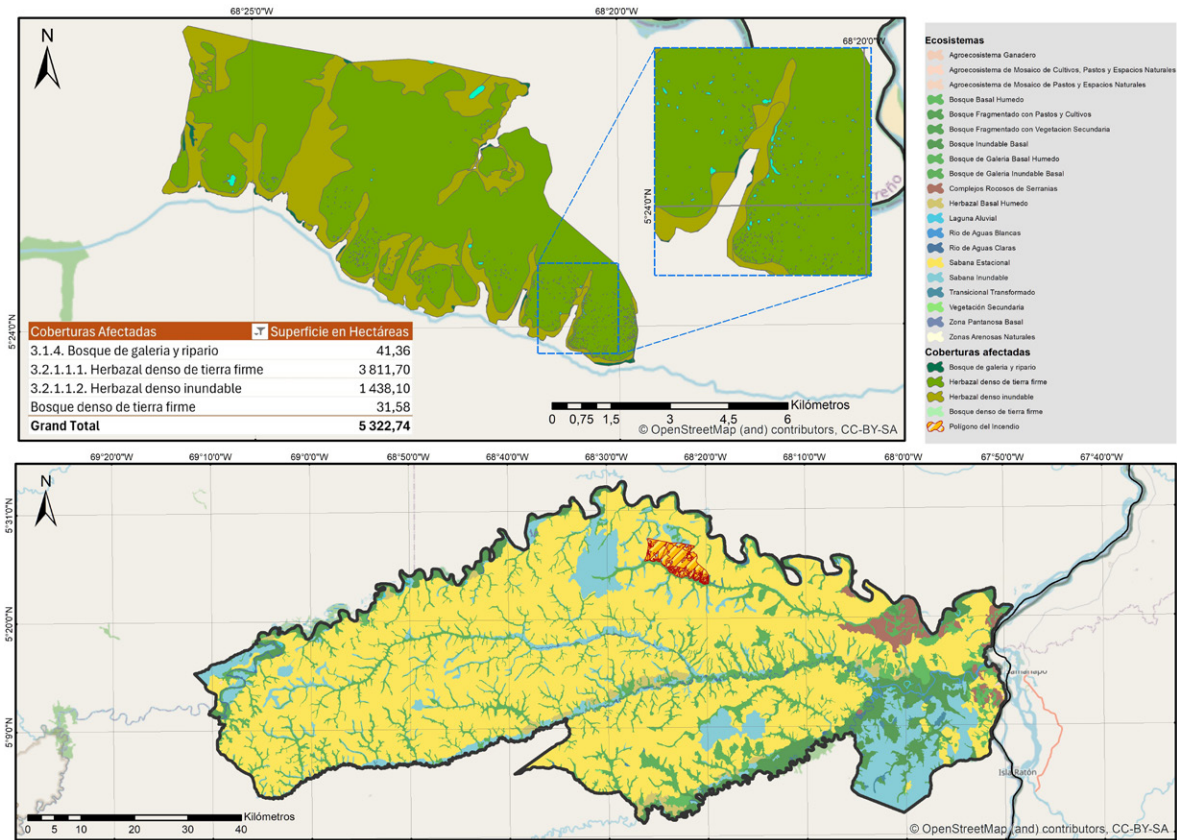
La recuperación de la zona de mayor afectación restableció sus condiciones en menos de dos meses, otras coberturas, diferentes a los herbazales, como son los *saladillales*, *morichales* y *bosques de tierra firme*, sufrieron mayor afectación, especialmente sobre los individuos jóvenes y parcialmente sobre individuos mayores, no obstante, estas coberturas no se alcanzan a identificar en los mapas de coberturas y ecosistemas usados para este documento, pues la escala de trabajo no permite identificar estas pequeñas áreas.

Por la relevancia de estas coberturas y la pertinencia de resaltar su afectación, se procedió a realizar un análisis de coberturas partiendo de la cartografía disponible en escala 1:100.000 del IDEAM, mediante interpretación de imágenes satelitales y fotografías tomadas en campo con coordenadas, se interpretó las categorías de cobertura *bosque denso de tierra firme*, *saladillales* y *morichales* lográndose identificar estos tipos de cobertura dentro de *herbazal denso inundable* y *herbazal denso de tierra firme*.

Para la delimitación del área incendiada se usó la información recolectada por el personal del PNN El Tuparro, tal como se muestra en el mapa 10.

El análisis espacial del incendio forestal en el PNN El Tuparro afectó una superficie de 5.525 hectáreas, primordialmente sobre la *sabana estacional* (85,2% del total incendiado). La evaluación presentada en esta sección proporciona elementos técnicos y espaciales clave para comprender la aplicación metodológica, cuantificar los daños, pérdidas y costos adicionales. El detalle de las superficies impactadas por el incendio forestal de septiembre de 2025, se presentan en el cuadro 24.

Mapa 10
PNN El Tuparro: área incendiada en septiembre de 2025



Fuente: Equipo DaLA, 2025 a partir de información suministrada por PNNC. Mapa base: © OpenStreetMap contributors.

Cuadro 24
PNN El Tuparro: coberturas vegetales impactadas por el incendio forestal, 2025

Coberturas	Superficie (En hectáreas)
Bosque de galería inundable basal	55
Sabana estacional	4 710
Sabana inundable	502
Áreas abiertas sin vegetación	36
Bosque de tierra firme	24
Morichal	188
Saladillal	10
Total	5 525

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

De otro lado, el análisis multitemporal (véase el anexo A1) permitió delimitar un área de afectación de 9.138 hectáreas, lo que implica un 65% más de área.

En el caso del PNN El Tuparro, los daños se relacionan con los costos estimados para la restauración de las áreas cuya cobertura afectada por el incendio forestal. Para las coberturas de herbazales, que corresponden a *sabana estacional* y *sabana inundable*, no se identifican afectaciones, se entiende el incendio forestal como el proceso natural que permite su renovación y mejora su condición, por lo que se concluye que sobre esta cobertura no hay daños.

Acorde con las discusiones adelantadas con el equipo del Parque, las otras coberturas sufrieron daños parciales, en las áreas de *bosque galerías* se identificaron daños inferiores al 25%, y las coberturas de *morichales*, *saladillales* y *bosques de tierra firme* sufrieron afectaciones hasta del 50%.

El valor total de los daños asciende a COP 4,3 mil millones, el 53% sobre *morichales* y 21% sobre los *bosques de galería* y el 18% para los *bosques de tierra firme*. El detalle de esta estimación se presenta en el cuadro 25.

Cuadro 25
PNN El Tuparro: daños por incendios forestales

Coberturas	Superficie (En hectáreas)	Daños (En miles de COP)
Bosque de galería inundable basal	55	916 958
Sabana estacional	4 710	-
Sabana inundable	502	-
Áreas abiertas sin vegetación	36	-
Bosque de tierra firme	24	800 400
Morichal	188	2 282 256
Saladillal	10	342 696
Total	5 525	4 342 310

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

En contraste, la metodología multitemporal permitió definir rangos de daño de las coberturas afectadas por el incendio, definidas en 4 rangos: severidad alta, severidad moderada, baja severidad y no quemado, lo que conllevó a obtener un valor total de daños que supera los COP 10 mil millones, el 53% sobre la *sabana estacional*, el 37% sobre *bosque de galería inundable basal* y el 6 % sobre la *sabana inundable*. Este análisis se soportó en el mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000, que no incluye las coberturas de *morichales*, *saladillales* y *bosques de tierra firme*, lo que conlleva a que para ellas no se pudiese calcular los costos de los daños respectivos.

Realizar un análisis multitemporal mediante la comparación de imágenes satelitales Sentinel-2 pre y pos-incendio permite delimitar con mayor exactitud los límites de las áreas quemadas, especialmente cuando se afectan áreas tan extensas, distantes y con dificultades de acceso, como el caso del incendio de 2025 en El Tuparro. En la aplicación de las dos metodologías se identificó una diferencia de más de 4 mil hectáreas entre las dos áreas delimitadas como afectadas.

Los resultados obtenidos en la comparación de imágenes están limitadas a la información cartográfica disponible, que en este caso corresponde a mapas en escala 1:100.000, cuyo detalle no permite identificar coberturas de áreas pequeñas, que revisten de gran importancia para el parque, por ser relictos de bosque o coberturas que brindan semillas y refugio, entre otros aspectos, a la fauna del territorio.

El levantamiento de información que realiza el personal operativo de los parques es una herramienta fundamental para calibrar datos obtenidos a través de sensores remotos, ya que recolecta datos sobre coberturas no identificadas en cartografía e identifica impactos acumulativos que no se evidencian con estos instrumentos. Los daños calculados por las coberturas identificadas de forma complementarias alcanzaron más de COP 5,2 mil millones.

2. Pérdidas

El incendio ocurrido en septiembre de 2025 no implicó cierre de este parque, motivo por el cual no conllevó a pérdidas por pago de ingreso de turistas, las pérdidas por lo tanto se asocian exclusivamente a la interrupción de los servicios ecosistémicos, de forma diferenciada por cobertura que los funcionarios del PNN El Tuparro definieron los siguientes estimados:

- Herbazales pérdida de servicios por máximo por un mes.
- El crecimiento del *morichal* demora 10 años, se considera que la recuperación de los servicios a los 3 años es de 30%, a los 5 años del 50% y a los 10 años del 100%.
- El crecimiento del *saladillo* demora 10 años, se considera que la recuperación de los servicios a los 3 años es de 30%, a los 5 años del 50% y a los 10 años del 100%.
- El crecimiento del *bosque de tierra firme* demora 18 años, se considera que la recuperación de los servicios a los 7 años es de 30%, a los 15 años del 50% y a los 18 años del 100%.
- El crecimiento del *bosque de galería* demora 19 años, se considera que la recuperación de los servicios a los 7 años es de 30%, a los 15 años del 50% y a los 19 años del 100%.

Las consideraciones anteriores, permitieron realizar el cálculo de las pérdidas acumuladas acorde con el número de años que se estableció para cada cobertura, véase el cuadro 26.

Cuadro 26
PNN El Tuparro: pérdidas por cobertura, por año, por incendios forestales
(En miles de COP)

Año	Morichal		Saladillal		Bosque de tierra firme		Bosque de galería	
	Marginal	Acumulado	Marginal	Acumulado	Marginal	Acumulado	Marginal	Acumulado
1	915 037	915 037	51 052	51 052	116 913	116 913	133 938	133 938
2	823 533	1 738 570	45 947	96 998	111 902	228 815	128 198	262 163
3	732 029	2 470 560	40 841	137 840	106 892	335 706	122 458	384 594
4	640 526	3 111 125	35 736	173 576	101 881	437 588	116 717	501 311
5	549 022	3 660 148	30 631	204 208	96 870	534 458	110 977	612 289
6	457 518	4 117 66	25 526	229 733	91 860	626 318	105 237	717 526
7	366 015	4 483 681	20 421	250 154	86 849	713 168	99 497	817 023
8	274 511	4 758 192	15 316	265 470	81 839	795 006	93 757	910 779
9	183 007	4 941 199	10 210	275 680	78 916	873 923	90 408	1 001 188
10	91 504	5 032 703	5 105	280 785	75 993	949 916	87 060	1 088 247
11					73 070	1 022 986	83 711	1 171 959
12					70 148	1 093 134	80 363	1 252 322
13					67 225	1 160 359	77 014	1 329 336
14					64 302	1 224 661	73 666	1 403 002
15					61 379	1 286 040	70 317	1 473 319
16					58 456	1 344 496	66 969	1 540 289
17					38 971	1 383 467	50 227	1 590 515
18					19 485	1 402 953	33 484	1 623 999
19							16 742	1 640 742
Total	5 032 703		280 785		1 402 953		1 640 742	

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Para las coberturas o ecosistemas de sabana, en concordancia con las observaciones de campo, se calcularon pérdidas por un periodo de dos meses.

Las pérdidas en el PNN El Tuparro están asociadas a la interrupción del servicio ecosistémico de regulación climática, ocasionada por el daño de las coberturas naturales debido al incendio forestal. Se estima que estas pérdidas alcanzan un valor aproximado de COP 8,4 mil millones, de los cuales el 60% está representado en las afectaciones sobre los *morichales*, que alcanzan los COP 5 mil millones, véase el cuadro 27.

Cuadro 27
PNN El Tuparro: pérdidas por servicios ecosistémicos

Coberturas	Pérdidas acumuladas (En miles de COP)
Bosque de galería inundable basal	1 640 742
Sabana estacional	87 211
Sabana inundable	9 230
Áreas abiertas sin vegetación	-
Bosque de tierra firme	1 402 953
Morichal	5 032 703
Saladillal	280 785
Total	8 453 624

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

El análisis multitemporal por el contario solo aborda las coberturas identificadas en la cartografía disponible, que son *sabana estacional*, *sabana inundable*, *bosque de galería inundable basal*, *transicional transformado*, *bosque basal húmedo* y *bosque inundable basal*. Las pérdidas acumuladas, calculadas con esta metodología, alcanzan un valor aproximado de COP 7,6 mil millones, de los cuales el 89% está representado en las afectaciones sobre el *bosque de galería inundable basal*, que alcanzan los COP 6,7 mil millones.

3. Costos Adicionales

La magnitud del incendio no permitió que los operarios del Parque realizaran actividades de extensión, se dejó que el proceso natural se apagara por las condiciones climáticas. Las actividades adicionales efectuadas se relacionaron con el monitoreo efectuado al área afectada, que implicó el desplazamiento del personal y la logística correspondiente, cuyos costos se describen a continuación, alcanzando un total de COP 2,3 millones, véase el cuadro 28.

Cuadro 28
PNN El Tuparro: costos adicionales
(En miles de COP)

Categoría	Costo
Costos del personal	630
Combustible transporte personal y equipos	1 250
Alquiler barcaza	500
Total	2 380

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

El cálculo de costos adicionales no tiene variación entre las dos metodologías aplicadas, el monto calculado es igual.

C. Resumen

El valor total estimado de las afectaciones por el incendio forestal en el PNN El Tuparro asciende a COP 12,8 mil millones, compuesto por COP 4,3 mil millones en daños, asociados a la restauración de las coberturas naturales afectadas, COP 8,4 mil millones en pérdidas, derivadas de la interrupción temporal de servicios ecosistémicos y COP 2 millones por costos adicionales, véase el cuadro 29.

Cuadro 29
PNN El Tuparro: estimación total de daños y costos adicionales
por inundaciones
(En miles de COP)

Afectación	Valor
Daños	4 342 310
Pérdidas	8 453 624
Costos adicionales	2 380
Total	12 798 314

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Con el análisis multitemporal el valor total estimado de las afectaciones por el incendio forestal en el PNN El Tuparro asciende a COP 18 mil millones, es decir, COP 5,2 mil millones más que el valor obtenido en la metodología aplicada con el personal del Parque.

VI. Consideraciones finales

Una primera contribución de este trabajo radica en el fortalecimiento de las líneas de base en el sector medio ambiente, tanto en términos de activos como de flujos. La estimación de los activos ambientales, expresados a través de costos de restauración, y de los flujos, medidos mediante la valoración de servicios ecosistémicos, constituye el punto de partida indispensable para la aplicación de la metodología DaLA en este sector.

Las evaluaciones realizadas en el PNN ElTuparro y en el PNN Chingaza son aplicaciones sistemáticas de la metodología DaLA al sector ambiental en Colombia, específicamente en parques nacionales naturales. Aunque ambos casos corresponden a incendios forestales ocurridos en 2025, las diferencias en escala, tipo de ecosistema, localización geográfica y función ecológica de cada parque permiten extraer lecciones metodológicas.

Los efectos totales estimados difieren sustancialmente entre los dos casos: el incendio en el PNN El Tuparro alcanzó un costo tal de COP 13 mil millones bajo la metodología de campo y COP 18 mil millones con el análisis multitemporal satelital; el de Chingaza ascendió a COP 3 mil millones. Hay una importante diferencia en superficie afectada: 9.138 hectáreas en ElTuparro frente a 112 hectáreas en Chingaza. Sin embargo, el costo por hectárea en el PNN Chingaza es aproximadamente diez veces mayor que en el PNN ElTuparro. Esta última diferencia responde a la naturaleza intrínsecamente más costosa de la restauración de ecosistemas de páramo y subpáramo, cuyos costos incorporan personal especializado, la producción y manejo de material vegetal en el vivero del parque, y las complejidades logísticas asociadas al transporte e implantación en alta montaña, que requieren tanto movilización en vehículo como desplazamientos a pie debido a la limitada accesibilidad propia de estos ecosistemas. A ello se suma que las especies presentan ciclos de crecimiento lentos y cumplen funciones ecosistémicas de alto valor, en particular la provisión de agua para la ciudad de Bogotá y municipios aledaños.

Uno de los hallazgos más relevantes de las dos evaluaciones es que la estructura interna del daño tiene mayor incidencia sobre el costo total que la extensión absoluta del incendio, es decir qué coberturas se afectaron dentro del área quemada. Este resultado tiene implicaciones directas para la priorización de acciones de prevención y para el diseño de sistemas de alerta temprana.

En PNN El Tuparro, la sabana estacional representa más del 63% del territorio del parque y fue la cobertura más afectada en términos de superficie (83,2% del área quemada). Sin embargo, al ser un ecosistema adaptado al fuego con capacidad de recuperación natural en pocas semanas, su peso relativo

en el costo total es bajo. En contraste, los morichales que son ecosistemas de alta sensibilidad y difícil restauración, con apenas el 53% de la valoración del daño a pesar de ocupar una fracción pequeña del área quemada, concentraron la mayor parte del impacto económico. El costo de restauración de una hectárea de morichal (COP 24 millones) y de saladillal (COP 65 millones) es entre 10 y 26 veces superior al de una hectárea de herbazal (COP 2,5 millones).

En el PNN Chingaza, la misma lógica opera de manera aún más pronunciada. El arbustal abierto, con solo 39 hectáreas afectadas, concentró el 61% del valor total del daño (COP 421 millones), porque requiere restauración activa con mayor intensidad de intervención. El herbazal denso, a pesar que fue dañada una mayor superficie, 73 hectáreas, tiene un costo de daño inferior por su mayor resiliencia y por orientarse hacia restauración pasiva.

Esta heterogeneidad ecosistémica subraya que los sistemas de reporte y monitoreo de incendios que solo registran el área quemada en términos totales sin desagregar por tipo de cobertura subestiman sistemáticamente el impacto económico real. La calidad de la cartografía de ecosistemas disponible se convierte, por lo tanto, en un factor crítico para la precisión de las evaluaciones de daños y pérdidas.

La evaluación en el PNN El Tuparro usó dos metodologías de delimitación del área afectada: el levantamiento de campo con el personal operativo del parque, y el análisis multitemporal de imágenes satelitales Sentinel-2 con cálculo de índices espectrales (NDVI, NBR, dNBR). Los resultados no son iguales, y sus diferencias revelan fortalezas y limitaciones complementarias que deben considerarse en futuras aplicaciones.

El análisis satelital identificó un área afectada de 9.138 hectáreas, superior en más de 4.260 hectáreas a las 4.878 registradas por el personal del parque. Esta diferencia —que implica una estimación total COP 5,2 mil millones mayor bajo la metodología satelital— se explica en parte por las limitaciones de acceso al territorio (4 horas en lancha más 1,5 horas en moto desde la sede del parque), que restringen la capacidad de documentación in situ de áreas remotas y de gran extensión. El análisis satelital permite superar esta limitación de acceso físico y delimitar con mayor precisión los límites reales del incendio.

Sin embargo, la metodología satelital tiene su propia limitación: se apoya en cartografía de ecosistemas a escala 1:100.000, que no permite identificar coberturas de pequeña extensión, pero de alto valor ecológico, como morichales, saladillales y bosques de tierra firme. Estas coberturas, identificadas gracias al conocimiento del personal operativo del parque, concentraron más de COP 5,2 mil millones de los daños en El Tuparro. Omitirlas equivaldría a subestimar casi la mitad del impacto económico del incendio.

La conclusión metodológica es clara: ninguna de las dos aproximaciones es suficiente por sí sola. El análisis satelital proporciona mayor precisión espacial y cobertura territorial, especialmente en áreas remotas de difícil acceso; el levantamiento de campo con personal local permite capturar coberturas de alto valor no representadas en la cartografía disponible e identificar impactos acumulativos invisibles a los sensores remotos. La metodología DaLA aplicada a parques nacionales naturales se fortalece cuando ambas fuentes se integran de manera sistemática.

Esta complementariedad también tiene implicaciones presupuestales: las evaluaciones de desastres en áreas protegidas remotas requieren financiar tanto la capacidad técnica para el procesamiento de imágenes satelitales como la movilización de equipos de campo con conocimiento ecológico local. Diseñar evaluaciones que recorten uno de los dos componentes produce estimaciones parciales que pueden desorientar las decisiones de respuesta y recuperación.

La inversión en cartografía de ecosistemas a mayor resolución, especialmente en parques nacionales naturales con ecosistemas de alto valor y alta diversidad de cobertura, debe entenderse como una inversión en la capacidad del Estado de cuantificar y responder adecuadamente a los desastres, no como un gasto técnico accesorio. Sin líneas de base ecológicas precisas, las evaluaciones DaLA producen estimaciones de rango amplio que limitan su utilidad para la toma de decisiones de recuperación.

Hay que destacar que las pérdidas de los servicios ecosistémicos es el componente más frecuentemente omitido en las evaluaciones de desastres en el medio ambiente. En comparación con CEPAL (2025), este trabajo incorpora una mejora sustantiva en la estimación de los tiempos de recuperación de los ecosistemas. A partir de la evidencia recopilada en terreno y del soporte de la literatura científica especializada, fue posible definir trayectorias de recuperación diferenciadas por tipo de cobertura. Este refinamiento metodológico permitió mejorar la estimación en el tiempo de pérdidas asociadas a la interrupción de servicios ecosistémicos. En conjunto, estos avances representan un paso importante hacia evaluaciones de desastres en el sector medio ambiente más consistentes y útiles para la toma de decisiones.

En el PNN El Tuparro, el 66% del impacto total estimado corresponde a la interrupción temporal del servicio de regulación climática, con los morichales concentrando el 60% de esas pérdidas. Aunque estos ecosistemas no son visibles para la mayoría de los sistemas de información cartográfica a escala regional, su capacidad de almacenamiento de carbono y de provisión de hábitat los convierte en activos de alto valor que tardan décadas en recuperarse.

En el PNN Chingaza, el análisis de servicios ecosistémicos adquiere una dimensión adicional: la regulación del flujo hídrico, que representa el 21% del efecto total y COP 650 millones en valor de pérdida. El parque es el núcleo del Sistema Chingaza, principal fuente de abastecimiento de agua para Bogotá y municipios aledaños. Esta función convierte al incendio de apenas 112 hectáreas, en un evento de relevancia para la seguridad hídrica de varios millones de personas.

Los efectos estimados para el PNN Chingaza en este ejercicio deben interpretarse como un piso, no como una medida exhaustiva del impacto real del incendio. El análisis incorporó la regulación del flujo hídrico como servicio ecosistémico, estimando pérdidas de COP 650 millones asociadas a la alteración temporal de este servicio. Sin embargo, el Sistema Chingaza es la principal fuente de abastecimiento de agua para Bogotá y varios municipios aledaños, proveyendo aproximadamente el 80% del agua que consume una de las ciudades más pobladas de América Latina. Esta función convierte al parque en un activo estratégico de primer orden para la seguridad hídrica de varios millones de personas, cuyo valor económico trasciende lo que los indicadores de regulación hídrica utilizados en este ejercicio logran capturar.

Los valores de servicios ecosistémicos utilizados en la evaluación se apoyaron en Ruiz Agúdelo et al., una fuente de referencia que sistematiza estimaciones para los principales biomas de Colombia. Sin embargo, no capturan la especificidad funcional ni la singularidad del PNN Chingaza como infraestructura hídrica crítica para la capital del país. Valorar adecuadamente la provisión de agua en este parque exigiría datos sobre caudales afectados, proyecciones de recuperación hidrológica diferenciadas por cobertura, y una estimación del costo de fuentes alternativas de abastecimiento durante el período de afectación.

El caso del PNN Chingaza ilustra de manera elocuente la importancia de contar con mediciones apropiadas de servicios ecosistémicos a escala local. Un parque cuya función hídrica abastece a millones de personas requiere valores que reflejen esa conectividad específica con la infraestructura de consumo urbano, algo que las estimaciones nacionales promedio no están diseñadas para capturar. Lejos de ser una limitación particular de este ejercicio, este es un desafío que comparten la mayor parte de las evaluaciones de desastres en el sector ambiental en la región, dado el estado actual de la información disponible. Avanzar hacia estudios de valoración económica a escala local para los parques nacionales con funciones ecosistémicas de alta relevancia pública y desarrollar protocolos de monitoreo hidrológico post-incendio, representaría una contribución significativa tanto para la precisión de futuras aplicaciones del DaLA como para la calidad de las decisiones de recuperación y gestión del riesgo.

La metodología utilizada para estimar las pérdidas por servicios de regulación introduce horizontes de recuperación diferenciados por cobertura, de 3 a 15 años para el PNN Chingaza, sustentados en literatura científica sobre recuperación posincendio en ecosistemas de páramo, subpáramo y bosque andino. Esta temporalización es metodológicamente robusta y constituye una contribución técnica relevante, dado que la literatura disponible provee sustento para grupos ecológicos equivalentes, aunque no siempre

con datos observados exactos por cobertura específica. Futuras aplicaciones del DaLA en ecosistemas de alta montaña podrían fortalecer este componente con estudios de recuperación a largo plazo en sitios de referencia colombianos.

Con respecto a aspectos socio-étnicos, vale la pena destacar que el PNN El Tuparro, la presencia de comunidades indígenas Sikuni, Sáliva-Piaroa, Makú-Puinave y Arawak al interior del parque y la dificultad logística del territorio hacen que la capacidad de respuesta institucional dependa en gran medida del conocimiento y la acción de estas comunidades. Los supuestos de costo de restauración adoptados en la evaluación que consideran transporte fluvial de cuatro horas y moto-cargueros, reflejan una realidad en la que los modelos de respuesta centralizada son inviables. La inversión en capacidades locales de detección, reporte y primera respuesta es, en estos contextos, no solo más eficiente sino la única estrategia operativamente realizable.

Este hallazgo conecta con la evidencia comparada: en Bolivia, el territorio indígena Charagua Iyambae logró contener los incendios de 2024 gracias a inversiones en sistemas de alerta temprana y a políticas de uso del suelo acordadas comunitariamente. El caso colombiano, tanto en el PNN Tuparro como en la interfaz comunitaria del PNN Chingaza, sugiere que las estrategias de manejo integrado del fuego con participación de comunidades locales tienen mayor probabilidad de éxito sostenido que los modelos de respuesta exclusivamente institucional.

En cuanto a aspectos interinstitucionales, la articulación debe ser un componente estructural de la respuesta. En el incendio en el PNN Chingaza, esta involucró al menos cinco instituciones: brigadas forestales del parque, Ejército Nacional, bomberos forestales de Cundinamarca, bomberos de Bogotá y la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAB). Esta articulación fue posible en parte por la proximidad del parque a Bogotá y por la función hídrica del parque, que confiere al evento una relevancia política que moviliza actores que no participarían en un incendio en un parque más remoto.

En el PNN El Tuparro, la respuesta institucional fue comparativamente más limitada, en parte por la distancia y el acceso, pero también por la menor visibilidad pública del evento. Esta asimetría en la capacidad de respuesta interinstitucional no refleja una diferencia en la importancia ecológica del parque, sino en la proximidad a centros urbanos y en la visibilidad política del servicio ecosistémico afectado. Diseñar mecanismos de activación de respuesta interinstitucional que no dependan de la proximidad geográfica ni de la visibilidad mediática es un desafío de política pública que estas evaluaciones hacen visible.

Los dos casos confirman que los incendios forestales en parques nacionales naturales de Colombia no son eventos de impacto exclusivamente local o ecológico: son eventos con efectos económicos cuantificables, con implicaciones para la seguridad hídrica, la regulación climática y los medios de vida de comunidades locales e indígenas, que justifican plenamente la aplicación de un marco sistemático de evaluación de daños y pérdidas como herramienta permanente de la gestión del riesgo en el Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia.

Es importante reconocer que la evaluación realizada, si bien detallada, se concentra exclusivamente en la capa boscosa del impacto, es decir, en los efectos de los incendios sobre las coberturas vegetales y los servicios ecosistémicos directamente asociados a ellas. Este alcance, aunque comprehensivo dentro de su dominio, deja por fuera otras dimensiones críticas del medio ambiente que también son afectadas por incendios forestales y cuya cuantificación enriquecería sustancialmente la valoración integral de los efectos.

Incorporar otra dimensión, como la biodiversidad, implicaría un esfuerzo metodológico de magnitud equivalente al desarrollado en este trabajo. Tal como ocurrió con la cobertura boscosa, sería necesario construir líneas de base detalladas, en este caso, inventarios de especies de fauna y flora afectadas, cartografías de hábitats críticos, identificación de especies endémicas y en categorías de amenaza, y caracterización de la conectividad ecológica del área, definir costos unitarios de restauración y de programas de manejo adaptativo, estimar trayectorias de recuperación poblacional sustentadas en

literatura científica, y valorar los servicios ecosistémicos asociados específicamente a la biodiversidad, como la polinización, el control biológico y el valor de existencia. Otras dimensiones, como los suelos, la calidad del aire y los recursos hídricos, exigirían un esfuerzo análogo. La extensión sucesiva del marco DaLA a estas dimensiones constituye una línea de trabajo prioritaria para futuras evaluaciones del sector ambiental, en la medida en que la información de base lo permita.

Por último, resulta particularmente relevante destacar que, dada la creciente incidencia y severidad de los incendios forestales en América Latina y el Caribe, este ejercicio constituye un avance significativo. A pesar de las limitaciones de información, que son comunes en la región, el trabajo desarrollado en el PNN Chingaza y en el PNN El Tuparro permiten establecer una referencia metodológica clara sobre cómo abordar la evaluación de incendios forestales en el sector ambiental. En este sentido, más allá de los resultados específicos, el principal valor del ejercicio radica en haber generado una guía práctica y replicable que orienta la estimación de daños, pérdidas y costos adicionales, contribuyendo así a fortalecer las capacidades regionales para enfrentar este tipo de eventos de manera más sistemática.

Bibliografía

- Aguilar-Garavito, M., & Cortina-Segarra, J. (2023). *The current fire regime in northern Andean shrublands hinders tree recruitment and arrests forest succession*. *Forest Ecology and Management*, 532, 120818. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120818>
- Aguilar-Garavito, M., Cortina-Segarra, J., Matoma, M., & Barrera-Cataño, J. I. (2023). *Postfire resprouting and recruitment of Quercus Humboldt in the Iguaque Mountains (Colombia)*. *Forest Ecology and Management*, 537, 120937. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.120937>
- Ambiente y Sociedad (2024). Bosques en llamas: el impacto del cambio climático y los incendios forestales en Colombia y América Latina. Asociación Ambiente y Sociedad. Recuperado de <https://www.ambienteysociedad.org.co>
- Armenteras, D. et al. (2021). Pérdida inducida por incendios de los bosques con mayor biodiversidad del mundo en Latinoamérica [estudio]. Universidad Nacional de Colombia / Mongabay Latam. Recuperado de <https://es.mongabay.com/2021/08/bosques-de-latinoamerica-incendios-estudio/>
- Banco Interamericano de Desarrollo – BID (2023). Incendios forestales: una amenaza creciente en las Américas. Blog Sostenibilidad BID. Recuperado de <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/incendios-forestales-una-amenaza-creciente-en-las-americas/>
- Cárdenas, M. F., & Tobon, C. (2017). Recuperación del funcionamiento hidrológico de ecosistemas de páramo en Colombia. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 479–490. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/rvadc/article/view/381>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2014). *Manual para la evaluación de desastres*. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/35894/1/S2013806_es.pdf
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2025). *Estimación de los efectos de un desastre en el medio ambiente: Aplicación en parques nacionales naturales de Colombia* (LC/TS.2025/79). <https://www.cepal.org/es/publicaciones/82706-estimacion-efectos-un-desastre-medio-ambiente-aplicacion-parques-nacionales>
- Conservation Strategy Fund (2023). Impacto de los incendios en Bolivia: un análisis nacional. Recuperado de <https://www.conservation-strategy.org/news/impacto-de-los-incendios-en-bolivia-un-analisis-nacional>
- Convenio de Asociación No. 22 entre MAVDT y ACCEFYN. (2012). *Guías Técnicas para la Restauración Ecológica de los Ecosistemas de Colombia*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/12/Anexo-8-Guias-Tecnicas-Restauracion-Ecologica-2-1.pdf>
- De Groot, R. S., Brander, L. M., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., & van Beukering, P. J. H. (2020). *Ecosystem Services Valuation Database (ESVD)*. The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). <https://www.esvd.net>

- European Space Agency. (2015). *Sentinel-2 user handbook*. https://sentinels.copernicus.eu/documents/247904/685211/Sentinel-2_User_Handbook
- FARN—Fundación Ambiente y Recursos Naturales (2020). Argentina Incendiada. Lo que el fuego nos dejó. Buenos Aires: FARN. Recuperado de https://farn.org.ar/wp-content/uploads/2020/12/DOC_ARGENTINA-INCENDIADA_links.pdf
- FIAP / Amazonía+ (2025). 9 países de la cuenca amazónica y América Latina y el Caribe se unen para detener los incendios forestales. Recuperado de <https://www.fiap.gob.es/en/noticias/9-countries-of-the-amazon-basin-and-latin-america-and-the-caribbean-unite-to-stop-forest-fires/>
- France24 (2024, 14 de septiembre). Suramérica bajo fuego: alerta en varios países por récord de incendios. Recuperado de <https://www.france24.com/es/am%C3%Agrica-latina/20240914>
- Harris, N. et al. (2024). Los últimos datos confirman: los incendios forestales están empeorando. World Resources Institute (WRI). Recuperado de <https://es.wri.org/insights/los-ultimos-datos-confirman-los-incendios-forestales-estan-empeorando>
- Harris, N. et al. (2025). Los incendios impulsaron una pérdida récord de bosques tropicales en el 2024. World Resources Institute (WRI). Recuperado de <https://es.wri.org/insights/los-incendios-impulsaron-una-perdida-record-de-bosques-tropicales-en-el-2024>
- Hofstede, R. G. M., Mondragón Castillo, M. X., & Rocha Osorio, C. M. (1995). Biomass of grazed, burned, and undisturbed páramo grasslands, Colombia. I. Aboveground vegetation. *Arctic and Alpine Research*, 27(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/00040851.1995.12003091>
- IDEAM. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología CORINE Land Cover adaptada para Colombia. Escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://storymaps.arcgis.com/stories/6b45024fb7a247219c33adc524345589>
- IDEAM, IGAC, Instituto Humboldt, SINCHI, INVEMAR, & Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia: Escala 1:100.000* (Versión 2.1). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <https://www.ideam.gov.co/ecosistemas>
- Infobae (2024, 13 de septiembre). Sudamérica superó su récord de incendios en un año. Recuperado de <https://www.infobae.com/america/america-latina/2024/09/13/sudamerica-supero-su-record-de-incendios-en-un-ano/>
- Kambista (2024). Impacto económico de los incendios forestales. Recuperado de <https://kambista.com/coyuntural/impacto-economico-de-los-incendios-forestales/>
- Key, C. H., & Benson, N. C. (2006). *Landscape assessment: Ground measure of severity, the Composite Burn Index; and remote sensing of severity, the Normalized Burn Ratio*. USDA Forest Service. <https://pubs.usgs.gov/publication/2002085>
- Malagón-Rojas, J. et al. (2025). Efectos en la salud del PM_{2.5} por incendios forestales en ciudades de Latinoamérica: revisión sistemática rápida y síntesis comparativa. *Biomédica, Revista del Instituto Nacional de Salud*. Recuperado de <https://revistabiomedica.org/index.php/biomedica/article/view/8068>
- Mutch, R. W., Lee, B. y Perkins, J. H. (2001). Políticas públicas que afectan a los incendios forestales en América y el Caribe. En Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Recuperado de <https://www.fao.org/4/x2095j/x2095sob.htm>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). *Plan Nacional de Restauración: restauración ecológica, rehabilitación y recuperación de áreas degradadas*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2025/12/Plan-Nacional-de-Restauracion-2-3.pdf>
- Mongabay Latam (2021, 16 de agosto). La mitad de los bosques de Latinoamérica no sobreviviría luego de sufrir su primer incendio. Recuperado de <https://es.mongabay.com/2021/08/bosques-de-latinoamerica-incendios-estudio/>
- Mongabay Latam (2025, 11 de junio). Por qué aumentaron los incendios forestales de México en 2024. Recuperado de <https://es.mongabay.com/2025/06/incendios-bosques-mexico-deforestacion-2024/>
- Mosquera, G. M., Marín, F., Stern, M., Bonnesoeur, V., Ochoa-Tocachi, B. F., Román-Dañobeytia, F., & Crespo, P. (2022). *Progress in understanding the hydrology of high-elevation Andean grasslands under changing land use. Science of the Total Environment*, 804, 150112. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150112>
- Ocampo-Zuleta, K. (2016). Valoración económica de incendios forestales en las principales ciudades de América Latina y el Caribe: una lección para Bogotá. *Revista de Investigación de la Universidad La Gran Colombia*. Recuperado de <https://revistas.uniagraria.edu.co/index.php/riu/article/download/102/91/87>

- Ocampo-Zuleta, K., & Parrado-Rosselli, Á. (2023). Functional diversity in an Andean subpáramo affected by wildfire in Colombia. *Plant Diversity*, 45(4), 385–396. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2022.11.007>
- Oliveras, I., Román-Cuesta, R. M., Urquiaga-Flores, E., Quintano Loayza, J. A., Kala, J., Huamán, V., Lizárraga, N., Sans, G., Quispe, K., López, E., Galiano, W., Asbjornsen, H., Malhi, Y., & Silman, M. (2018). Fire effects and ecological recovery pathways of tropical montane cloud forests along a time chronosequence. *Global Change Biology*, 24(2), 758–772. <https://doi.org/10.1111/gcb.13951>
- OpenDemocracy (2024, 16 de septiembre). Arden los bosques de América Latina. Recuperado de <https://www.opendemocracy.net/es/arden-bosques-america-latina/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2020). El estado de los bosques del mundo. Roma: FAO.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2016). *Reformulación participativa del Plan de Manejo del Parque Nacional Natural Chingaza*. <https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-pnn-chingaza.pdf>
- Patiño, S., Hernández, Y., Plata, C., Domínguez, I., Daza, M., Oviedo-Ocaña, R., Buytaert, W., & Ochoa-Tocachi, B. F. (2021). Influence of land use on hydro-physical soil properties of Andean páramos and its effect on streamflow buffering. *CATENA*, 202, 105227. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105227>
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA (2022). Propagándose como un incendio forestal: la creciente amenaza de incendios excepcionales en paisajes. Nairobi: PNUMA / GRID-Arendal. Recuperado de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/el-numero-de-incendios-forestales-aumentara-un-50-en>
- Ramsay, P. M. (2001). Páramo vegetation recovery in the first two years after a fire on Volcán Chiles, Ecuador. En P. M. Ramsay (Ed.), *The ecology of Volcán Chiles: High-altitude ecosystems on the Ecuador-Colombia border* (pp. 65–73). Pebble & Shell. https://www.researchgate.net/profile/Paul-Ramsay-3/publication/256087025_Paramo_vegetation_recovery_in_the_first_two_years_after_a_fire_on_Volcan_Chiles_Ecuador/links/0c96052188fa3d8ce3000000/Paramo-vegetation-recovery-in-the-first-two-years-after-a-fire-on-Volcan-Chiles-Ecuador.pdf
- Ruíz-Agudelo, C. A., Vargas, A., García, H., Martínez, M. L., & Rodríguez-Rodríguez, D. (2022). The economic valuation of ecosystem services in Colombia: Challenges, gaps and future pathways. *Ecosystem Services*, 56, 101471. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2022.101471>
- Unidad de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Línea base para la planeación del manejo Parque Nacional Natural El Tuparro. <https://www.parquesnacionales.gov.co/wp-content/uploads/2020/10/plan-de-manejo-pnn-el-tuparro.pdf>
- Universidad César Vallejo – UCV (2024). Impacto económico de los incendios forestales en Latinoamérica: consecuencias y repercusiones en Perú bajo la NIC 37. Recuperado de <https://www.ucv.edu.pe/noticias-general/impacto-economico-de-los-incendios-forestales>
- U.S. Geological Survey. (2018). *Monitoring Trends in Burn Severity (MTBS): Data user guide*. <https://www.usgs.gov/centers/eros/science/monitoring-trends-burn-severity>
- WRI – World Resources Institute (2022). Los nuevos datos lo confirman: los incendios forestales están empeorando. Recuperado de <https://www.wri.org/insights/nuevos-datos-los-incendios-forestales>

Anexos

Anexo A1

Análisis multitemporal mediante la comparación de imágenes satelitales Sentinel-2 pre y pos-incendio, con cálculo de índices espectrales: PNN El Tuparro

Introducción

Metodología que permite realizar un análisis multitemporal mediante la comparación de imágenes satelitales Sentinel-2 pre y pos-incendio, incluyendo el cálculo de índices espectrales que permiten detectar zonas con mayor pérdida de vigor vegetal, delimitar las áreas impactadas y categorizar los niveles de afectación, aplicada sobre el incendio ocurrido en septiembre de 2025, que en primera medida identifica un área de afectación superior a la identificada en la metodología que se aplicó y se desarrolló en el cuerpo del documento.

A. Daños

El análisis espacial desarrollado con imágenes satelitales permitió identificar que el incendio forestal en El Tuparro afectó primordialmente la *sabana estacional* (83,2% del total incendiado), *sabana inundable* (12,8%) y *bosque de galería inundable basal* (2,7%). El detalle de las superficies impactadas en septiembre del 2025, se presentan en el cuadro A1.1.

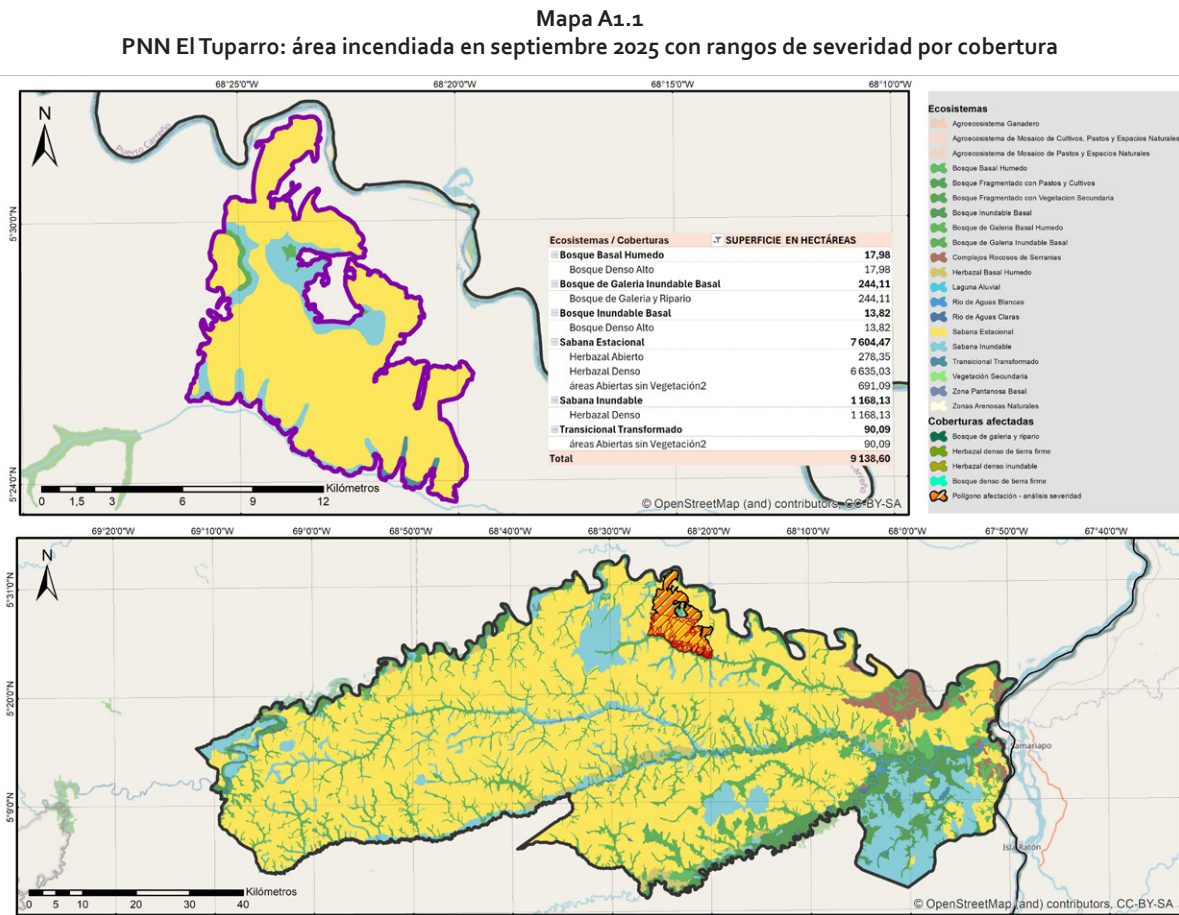
Cuadro A1.1
PNN El Tuparro: coberturas vegetales impactadas por el incendio forestal, 2025

Coberturas	Superficie (En hectáreas)
Sabana estacional	7 604
Sabana inundable	1 168
Bosque de galería inundable basal	244
Transicional transformado	90
Bosque basal húmedo	18
Bosque inundable basal	14
Total	9 138

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Para este caso se tomó de base cartográfica exclusivamente el mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), escala 1:100.000, sin la estimación de otras coberturas que no se muestran en la escala del mapa, como *saladillales* o *palmichales*.

El cálculo de índices espectrales aplicado en el análisis multitemporal desarrollado permite identificar áreas con diferentes rangos de severidad por cobertura, tal como puede observarse en el mapa A1.1.



Fuente: Equipo DaLA, 2025 a partir de información suministrada por PNNC. Mapa base: © OpenStreetMap contributors.

El detalle de las áreas, diferenciadas por severidad, asociadas a cada cobertura/ecosistema, se presenta en el cuadro A1.2.

Cuadro A1.2
PNN El Tuparro: coberturas vegetales afectadas, por rangos de severidad, por el incendio forestal, 2025

Coberturas	Superficie (En hectáreas)
Sabana estacional	7 604
Herbazal abierto	278
Baja severidad	50
No quemado – sin cambio o regeneración	47
Severidad moderada / alta	7
Severidad moderada / baja	175
Herbazal denso	6 635
Baja severidad	2 812
No quemado – sin cambio o regeneración	1 519
Severidad moderada / alta	200
Severidad moderada / baja	2 104
Áreas abiertas sin vegetación2	691
Baja severidad	333
No quemado – sin cambio o regeneración	52
Severidad moderada / alta	3
Severidad moderada / baja	303

Coberturas	Superficie (En hectáreas)
Sabana inundable	1 168
Herbazal denso	1 168
Baja severidad	493
No quemado – sin cambio o regeneración	465
Severidad moderada / alta	16
Severidad moderada / baja	194
Bosque de galería inundable basal	244
Bosque denso alto	244
Baja severidad	74
No quemado – sin cambio o regeneración	105
Severidad alta	0,02
Severidad moderada / alta	9
Severidad moderada / baja	56
Transicional transformado	90
Áreas abiertas sin vegetación ²	90
Baja severidad	49
No quemado – sin cambio o regeneración	26
Severidad moderada / alta	2
Severidad moderada / baja	13
Bosque basal húmedo	18
Bosque denso alto	18
Baja severidad	6
No quemado – sin cambio o regeneración	10
Severidad moderada / alta	0,2
Severidad moderada / baja	2
Bosque inundable basal	14
Bosque denso alto	14
Baja severidad	3,5
No quemado – sin cambio o regeneración	6
Severidad moderada / alta	0,5
Severidad moderada / baja	4
Total	9 138

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Para calcular los costos de daño, se define la siguiente equivalencia entre los rangos de severidad y porcentaje de daños ocasionados por el incendio sobre la cobertura correspondiente, véase el cuadro A1.3.

Cuadro A1.3
PNN El Tuparro: equivalencia entre rangos de severidad y porcentaje de daños

Severidad	Daños (En porcentajes)
No quemado - sin cambio o regeneración	0
Baja severidad	25
Severidad moderada – alta o baja	60
Severidad alta	100

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

Posteriormente se procede a multiplicar el porcentaje de daños por el área afectada correspondiente y por el valor de restauración por hectárea de cada cobertura, los resultados obtenidos se detallan en el cuerpo del documento.

Anexo A2

Metodología para el cálculo de NDVI, NBR y dNBR a partir de imágenes Sentinel-2: Parques Nacionales Naturales Chingaza y El Tuparro

A. Objetivo

El presente anexo describe la metodología empleada para el cálculo del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index*, NDVI), el Índice Normalizado de Área Quemada (*Normalized Burn Ratio*, NBR) y su diferencia temporal (dNBR), con el fin de analizar cambios en la cobertura vegetal e identificar y delimitar espacialmente las áreas afectadas por incendios forestales en los Parques Nacionales Naturales Chingaza y El Tuparro.

Esta metodología constituye un soporte técnico para el análisis de afectación ambiental y para la estimación de daños en el marco de la metodología DaLA.

B. Eventos analizados y referencia temporal

El análisis se realizó para dos eventos de incendio forestal. Para cada caso se definieron tres referencias temporales: una imagen previa al evento (T_0), la fecha del incendio y una imagen posterior (T_1), con el propósito de comparar las condiciones de la cobertura antes y después del evento.

Las fechas utilizadas fueron las siguientes:

Parque Nacional Natural Chingaza

- Fecha del evento: 15/01/2025
- T_0 (preevento): 12/01/2025
- T_1 (posevento): 22/01/2025

Parque Nacional Natural El Tuparro

- Fecha del evento: 25/09/2025
- T_0 (preevento): 18/09/2025
- T_1 (posevento): 03/10/2025

Estas fechas permitieron establecer una comparación temporal directa para el análisis de los cambios asociados al incendio.

C. Fuente de información

Se utilizaron imágenes satelitales del programa Copernicus, captadas por el sensor Sentinel-2 MSI (*Multispectral Instrument*), en productos Nivel 2A, correspondientes a reflectancia de superficie.

La selección de este sensor responde a su utilidad para:

- analizar cambios en la cobertura vegetal;
- comparar condiciones pre y posevento;
- generar cartografía de afectación con resolución espacial adecuada para el análisis en áreas protegidas.

D. Preprocesamiento de imágenes

Previamente al cálculo de los índices, las imágenes fueron preparadas para asegurar comparabilidad espacial entre fechas.

Corrección atmosférica: Se trabajó con productos Sentinel-2 Nivel 2A, que corresponden a reflectancia de superficie.

Enmascaramiento: Se utilizó la capa de clasificación de escena (SCL) para excluir píxeles no aptos para el análisis.

Homogeneización: espacial para el cálculo de los índices se utilizaron las siguientes bandas:

- B₄ (rojo), con resolución de 10 m;
- B₈ (NIR), con resolución de 10 m;
- B₁₂ (SWIR₂), con resolución de 20 m.

La banda B₁₂ fue remuestreada a 10 m para unificar la resolución espacial, la extensión y la alineación de píxeles con las demás bandas empleadas.

E. Cálculo del NDVI

El NDVI se calculó de manera independiente para T₀ y T₁ como índice para el análisis de la cobertura vegetal, mediante la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Para Sentinel-2:

- NIR = B₈
- Red = B₄

El NDVI permite analizar la respuesta espectral de la vegetación y comparar su condición relativa entre la situación preevento y posevento.

F. Cálculo del NBR

El NBR se calculó de manera independiente para T₀ y T₁ mediante la siguiente expresión:

$$NBR = \frac{NIR - SWIR2}{NIR + SWIR2}$$

Para Sentinel-2:

- NIR = B₈
- SWIR₂ = B₁₂

Este índice permite identificar cambios en la cobertura asociados a áreas afectadas por fuego.

G. Cálculo del dNBR

El dNBR se obtuvo a partir de la diferencia entre el NBR preevento y el NBR posevento:

Esta diferencia permite identificar espacialmente los cambios ocurridos entre ambas fechas y delimitar las áreas afectadas por el incendio.

$$dNBR = NBR_{T0} - NBR_{T1}$$

H. Alcance del análisis

La metodología basada en NDVI, NBR y dNBR permite analizar, de manera espacialmente explícita y comparativa, los cambios observables entre una condición preevento y una condición posevento.

En este estudio, su aplicación permite:

- analizar cambios en la cobertura vegetal mediante la comparación de los valores de NDVI entre T_0 y T_1 ;
- identificar áreas con cambio espectral asociado al incendio mediante la comparación de los valores de NBR en las fechas pre y posevento;
- delimitar espacialmente la superficie afectada con base en el comportamiento del dNBR;
- comparar la afectación entre eventos y entre parques bajo un mismo esquema de procesamiento y resolución;
- generar insumos cartográficos reproducibles para la cuantificación espacial del daño;
- apoyar la caracterización biofísica inicial de la afectación en términos de cambio en la cobertura vegetal y áreas intervenidas por fuego;
- servir como base para la estimación de daños ambientales en el marco DaLA, al aportar una delimitación objetiva del área afectada y una lectura complementaria del cambio en vegetación.

En consecuencia, el análisis se emplea como una herramienta para la comparación pre y posevento de la cobertura vegetal y para la detección y delimitación del cambio posincendio en los dos casos de estudio.

I. Aplicación del análisis en la estimación de daños

El cálculo de NDVI, NBR y dNBR se utilizó como base para:

- comparar la condición de la cobertura vegetal antes y después del evento;
- identificar cambios asociados al incendio;
- delimitar espacialmente las áreas afectadas;
- generar insumos cartográficos comparables entre los dos parques analizados;
- apoyar la estimación de daños ambientales dentro del análisis DaLA.

Con el fin de mantener la comparabilidad entre casos, en ambos parques se aplicaron los mismos criterios de procesamiento, resolución final y estructura de cálculo.

J. Productos generados

Como resultado del procedimiento metodológico se generaron, para cada parque, los siguientes productos:

- ráster de NDVI para T_0 ;
- ráster de NDVI para T_1 ;
- ráster de NBR para T_0 ;
- ráster de NBR para T_1 ;
- ráster de dNBR;
- cartografía de apoyo para la delimitación de áreas afectadas y el análisis de la cobertura vegetal.

Cuadro A2.1
Resumen metodológico del cálculo de NDVI, NBR y dNBR

Nombre del parque nacional Natural analizado	PNN Chingaza	PNN El Tuparro
Evento analizado	Incendio forestal	Incendio forestal
Fecha del evento	15/01/2025	25/09/2025
Imagen To	12/01/2025	18/09/2025
Imagen T1	22/01/2025	03/10/2025
Sensor	Sentinel-2 MSI	Sentinel-2 MSI
Producto	Nivel 2A	Nivel 2A
Bandas utilizadas	B4, B8 y B12	B4, B8 y B12
Resolución final	10 m	10 m
Índices calculados	NDVI, NBR y dNBR	NDVI, NBR y dNBR
Aplicación	Análisis de cobertura vegetal y delimitación de áreas afectadas	Análisis de cobertura vegetal y delimitación de áreas afectadas

Fuente: Equipo DaLA, 2025.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), en colaboración con Parques Nacionales Naturales de Colombia, profundizó una segunda fase de la aplicación de la metodología DaLA (*damage and loss assessment methodology*) al sector ambiental, esta vez enfocada en la estimación de los efectos de los incendios forestales sobre áreas protegidas, en los parques nacionales Chingaza y El Tuparro, a partir de los incendios ocurridos en 2025, integrando información de campo y análisis multitemporal con imágenes satelitales Sentinel-2. Los resultados muestran que los ecosistemas de alta sensibilidad como morichales, saladillales y subpáramos concentran la mayor parte del impacto económico. Este análisis confirma la necesidad de fortalecer las líneas de base nacionales y los valores de referencia locales para la restauración y valoración ecosistémica, y constituye un aporte concreto al fortalecimiento de las capacidades del país para enfrentar desastres ambientales, en línea con lo establecido en el Marco de Sendai y los compromisos asumidos por Colombia en la 27ª Conferencia de las Partes en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático.

Versión digital disponible online



<https://bit.ly/CEPAL2026-54S>

CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)
www.cepal.org