



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “ESTADÍSTICAS DEL MONITOREO DE LA SUPERFICIE DE BOSQUE NATURAL”

CONTENIDO

1	IDENTIFICACIÓN Y CONFIRMACIÓN DE NECESIDADES	3
2	JUSTIFICACIÓN.....	28
2.1	Importancia y beneficios para el país	32
2.2	Relevancia de los resultados de la operación estadística	32
3	OBJETIVOS.....	34
3.1	Objetivo general	34
3.2	Objetivos específicos	34
4	ALCANCE TEMÁTICO	35
5	CONCEPTOS BÁSICOS, VARIABLES, INDICADORES ESTADÍSTICOS Y CLASIFICACIONES.....	36
5.1	Conceptos básicos.....	36
5.2	Variables	41
5.3	Indicadores estadísticos.....	43
5.4	Nomenclaturas y clasificaciones.....	50
6	RESULTADOS ESPERADOS.....	52
7	EXPLORACIÓN Y COMPROBACIÓN DE FUENTES DE DATOS Y SU DISPONIBILIDAD.....	58
8	EXPLORACIÓN METODOLÓGICA	65
8.1	Aspectos básicos para el diseño estadístico	65
8.2	Método y técnicas de recolección y/o acopio de los datos	67

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

8.3	Instrumento de recolección apropiado	79
8.4	Métodos, estrategias e instrumentos propuestos para el procesamiento y análisis.	81
8.5	Infraestructura requerida	106
8.6	Pruebas previstas de los diseños y su construcción.....	113
9	DIAGNÓSTICO DEL MARCO ESTADÍSTICO	118
10	PLAN DE ACTIVIDADES, CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO	122
11	BIBLIOGRAFÍA	123
12	HISTORIAL DE CAMBIOS.....	134

1 IDENTIFICACIÓN Y CONFIRMACIÓN DE NECESIDADES

Identificación de usuarios y necesidades de información

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), a través del grupo de trabajo del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC) recolecta e identifica los usuarios y las necesidades de información sobre el Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural en Colombia, a través de las siguientes herramientas:

- Mecanismo de atención al ciudadano: a través de diferentes canales de atención; se identifican, caracterizan los usuarios y se reciben las solicitudes de información (Figura 1). Esta información se registra en una

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

base de datos con el objetivo de llevar el control de las necesidades de información.

Figura 1. Canales de atención a la ciudadanía del IDEAM.

¡Estamos aquí para ti!

Usa nuestros canales de atención para recibir asistencia personalizada:

Atención presencial:
Calle 25 D No. 96 B - 70 Bogotá D.C.

Atención telefónica:
PBX: +57 (601) 352 7160
Prondístico y Alertas: +57 (601) 307 5625
Línea gratuita nacional: 018000110012

[Conoce más](#)

Canales de atención a la ciudadanía - Agende una cita

El Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - Ideam, pone este espacio a disposición de la ciudadanía, con el fin de que puedan presentar sus PQRSDF, acceder a información sobre trámites y servicios, consultar las preguntas frecuentes y el glosario relacionado con la misionalidad de la entidad



Trámites, OPA'S y Otras consultas de información



Canales de atención y pida una cita



Peticiones, Quejas, Reclamos, Sugerencias, Denuncias y Felicitaciones



Preguntas frecuentes



Glosario

Fuente: IDEAM: <https://www.ideam.gov.co/atencion-y-servicios-a-la-ciudadania>

- También se cuenta con el correo electrónico del Sistema de Monitoreo, Bosques y Carbono smbyc@ideam.gov.co y el correo contacto@ideam.gov.co; a través de los cuales los usuarios de la operación estadística pueden realizar sus consultas y requerimientos de información de acuerdo con la circular 023 de 2023 expedida por IDEAM.
- Seminario Nacional de Bosques: evento que se realiza de manera anual entre los meses de septiembre y noviembre; donde diferentes grupos de interés como entidades públicas, academia, comunidades, sociedad civil y sector privado se reúnen para avanzar en el intercambio, la construcción y la transferencia de conocimiento e información estadística alrededor del



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

monitoreo de bosques en Colombia. Así mismo, se realizan reuniones específicas con las entidades que lo soliciten para conocer sus necesidades y requerimientos de información.

- Encuesta de satisfacción de usuarios de información¹: recurso que tiene como objetivo identificar y caracterizar las necesidades de información, los usuarios de la información estadística y fortalecer el proceso estadístico de la operación estadística. Funciona mediante el diligenciamiento y respuesta de un cuestionario tipo formulario de Google Forms que está disponible todo el tiempo.

La operación estadística consolida toda la información recibida a través de las diferentes herramientas y conforma un “Directorio de usuarios de información del monitoreo de la superficie de bosque natural”; así como un listado de requerimientos de información estadística sobre el monitoreo de bosques. Tanto para el directorio como para los requerimientos de información se consolidan variables como: nombre del usuario, tipo de usuario, datos de contacto, sector al que pertenece el usuario, temática de interés, las necesidades específicas de información, etc.

El grupo de la operación estadística revisa, caracteriza, analiza, prioriza y confirma las necesidades de información provenientes de los diferentes usuarios. Y como resultados de estas actividades, se obtiene y actualiza el directorio de caracterización de usuarios y la matriz de caracterización de necesidades de información estadística para la operación estadística. Estos documentos son actualizados de manera recurrente y periódica.

¹ Link de la encuesta https://forms.office.com/Pages/ResponsePage.aspx?id=7f8v3rhqskKkZQD-4d4Euok0z1sJN0ZAIEV9m2kHH_1UNIVDRExXRFBaNzILWk5DUjdRS1kxSkZMSy4u&origin=Invitation&channel=0

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

Así mismo, de manera anual (cuando aplica) se revisa la normatividad vigente y documentos de política pública a nivel nacional y requerimientos internacionales relacionados con el monitoreo y gestión de los bosques (Plan Nacional de Desarrollo, Plan Estadístico Nacional, documentos CONPES, Políticas, decretos, resoluciones, acuerdos supranacionales, Objetivos de Desarrollo Sostenible, iniciativas internacionales, convenidos internacionales, etc); con la finalidad de identificar, caracterizar, analizar, confirmar y actualizar los nuevos requerimientos y usuarios de información estadística.

Análisis de las necesidades recolectadas

El IDEAM, complementario al proceso de identificación de las necesidades, confirma y analiza las mismas teniendo en cuenta la importancia de la información para el país y el fenómeno de estudio. Es del mayor interés del Instituto que la operación sea permanentemente actualizada y con plena fiabilidad y comparabilidad mundial. En tal sentido, las necesidades de información se analizan y confirman de manera anual acorde a la iteración de la operación estadística.

Mediante este mecanismo, el IDEAM realiza la identificación, caracterización y análisis de usuarios y de las solicitudes de información a nivel interno, externo, nacional o internacional, que permitan la generación de productos de información que se requiera. Las herramientas anteriormente descritas permiten hacer un seguimiento periódico para detectar cambios o nuevas demandas de información respecto al alcance temático de la operación.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Necesidades y usuarios de información, identificados, caracterizados y confirmados

- **Usuarios y necesidades internas:**

La información estadística del monitoreo de la superficie de bosque natural se ha constituido como insumo en diferentes informes y comunicaciones eventuales de la entidad. A continuación, se señalan los principales productos que presentan necesidades periódicas internas (IDEAM) de la información de la operación:

- ✓ Inventario Nacional de Gases efecto Invernadero (INGEI)
- ✓ Informe del Estado del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (IEARNR)
- ✓ Informe Nacional de Cambio Climático
- ✓ Mapa Nacional de Coberturas de la tierra (mosaicos Landsat)
- ✓ Insumos para la construcción de nivel de referencia (datos de actividad)
- ✓ Análisis de causas y agentes de la deforestación
- ✓ Análisis para proyecciones y tendencias de la deforestación
- ✓ Análisis anual de núcleos activos de deforestación
- ✓ Análisis de la degradación forestal
- ✓ Inventario Nacional Forestal (mapa de cambio bosque-no bosque)

- **Usuarios y necesidades externas:**

Desde el ámbito nacional, diferentes entidades han presentado necesidades sobre la información del monitoreo de la superficie de bosque natural y deforestación en Colombia. Tal es el caso del Ministerio de Ambiente y Desarrollo



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Sostenible, Parques Nacionales Naturales de Colombia, las Autoridades Ambientales, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto SINCHI, Instituto Alexander Von Humboldt, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, Ejército Nacional, Policía Nacional, entes de control, la academia, entre otros.

Así mismo, la operación estadística da respuesta a los siguientes requerimientos de información de orden nacional:

Tabla 1. Requerimientos de información del orden nacional

Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026	Freno a la deforestación Deforestación Nacional Linea base: 174,103 hectareas Meta cuatrenio: 140,000 hectareas
Decreto 0280 de 2015. Se crea la Comisión Interinstitucional de Alto Nivel para el alistamiento y la efectiva implementación de la Agenda de Desarrollo Post 2015 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible -ODS.	Cumplimiento de los ODS. Objetivo 15. Vida de ecosistemas terrestres (deforestación en bosques)
Decreto 1257 de 2017. Se crea la Comisión Intersectorial para el Control de la Deforestación y la Gestión Integral para la Protección de Bosques Naturales	Apoyo técnico especializado del Instituto de Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en su calidad de administrador del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Ley 99 de 1993

Creación del IDEAM encargado del levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país, así como de establecer las bases técnicas para clasificar y zonificar el uso del territorio nacional para los fines de la planificación y el ordenamiento del territorio. El IDEAM deberá obtener, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación y tendrá a su cargo el establecimiento y funcionamiento de infraestructuras meteorológicas e hidrológicas nacionales para proveer informaciones, predicciones, avisos y servicios de asesoramiento a la



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

	comunidad. Corresponde a este instituto efectuar el seguimiento de los recursos biofísicos de la Nación especialmente en lo referente a su contaminación y degradación necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales.
Política Nacional de Cambio Climático	Reducción deforestación Conservación de ecosistemas
CONPES 3125. Estrategia Nacional para la Consolidación del Plan Nacional de Desarrollo Forestal	El IDEAM continuará implementando y divulgando el sistema de información forestal para la toma de decisiones, con el apoyo de los Ministerios de Medio Ambiente, Agricultura y Desarrollo Rural, Desarrollo Económico, Comercio Exterior y el DNP.
Resolución 667 de 2016. Indicadores Mínimos de Gestión de las Corporaciones Autónomas Regionales.	Indicador: Tasa de deforestación
Política de Bosques CONPES No. 2834	Reducción deforestación
Decreto 1076 de 2015. Reglamentario Sector medio ambiente y desarrollo sostenible.	Funciones del IDEAM. 1. Suministrar los conocimientos, los y la información ambiental que requieren el Ministerio del Medio Ambiente y demás entidades Sistema Nacional



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
"Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural"

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Ambiental -SINA-. 2. Realizar el levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país. 4. Obtener, almacenar, analizar, estudiar, procesar y divulgar la información básica sobre hidrología, hidrogeología, meteorología, geografía básica sobre aspectos biofísicos, geomorfología, suelos y cobertura vegetal para el manejo y aprovechamiento de los recursos biofísicos de la Nación, en especial las que en estos aspectos, con anterioridad a la Ley 99 de 1993 venían desempeñando el Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras HIMAT-; el Instituto de Investigaciones en Geociencias, Minería y Química INGEOMINAS- ; y la Subdirección de Geografía del Instituto Geográfico Agustín Codazzi -IGAC-. 6. Efectuar el seguimiento de los recursos



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
"Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural"

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

biofísicos de la Nación especialmente en lo referente a su contaminación y degradación, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales. 7. Realizar estudios e investigaciones sobre recursos naturales, en especial la relacionada con recursos forestales y conservación de suelos, y demás actividades que con anterioridad a la Ley 99 de 1993 venían desempeñando las Subgerencias de Bosques y Desarrollo del Instituto Nacional de los Recursos Naturales y del Ambiente -INDERENA. 9. Realizar los estudios e investigaciones ambientales que permitan conocer los efectos del desarrollo socioeconómico sobre la naturaleza, sus procesos, el medio ambiente y los recursos naturales renovables y proponer indicadores ambientales. 10. Acopiar, almacenar, procesar, analizar y difundir datos y allegar o producir la información y los conocimientos necesarios para



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

	realizar el seguimiento de la interacción de los procesos sociales, económicos y naturales y proponer alternativas tecnológicas, sistemas y modelos de desarrollo sostenible. 11. Dirigir y coordinar el Sistema de Información Ambiental y operarlo en colaboración con las entidades científicas vinculadas al Ministerio del Medio Ambiente, con las Corporaciones y demás entidades del SINA. 12. Prestar el servicio de información en las áreas de su competencia a los usuarios que la requieran.
Estrategia Integral de control a la deforestación y gestión de los bosques (EICDGB)	Reducir sustancialmente la deforestación y la degradación de los bosques, promover su conservación y manejo sostenible, con el desarrollo y articulación de políticas, medidas y acciones, coordinación técnica e institucional, que vincule al sector productivo, comunidades étnicas y locales y sociedad civil, bajo un enfoque de desarrollo rural integral y sostenible, reconociendo la importancia y los



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

	servicios ecosistémicos asociados a los bosques.
Decreto 1655 de 2017	Artículo 2.2.8.9.3.18.-Objetivos Del SMByC: 1. Generar la información oficial sobre la superficie y cambios del bosque natural y alertas tempranas de deforestación. 2. Producir y compilar los conjuntos de datos necesarios para estimar las reservas de carbono almacenadas en diferentes compartimientos de los bosques naturales y en otras coberturas de la tierra, y las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) a nivel nacional debidas a la deforestación y/o degradación forestal. 3. Aportar a la documentación de las causas y agentes que determinan o influyen en la deforestación y/o degradación forestal para la escala nacional, así como generar reportes a partir de estos resultados. 4. Proporcionar lineamientos, herramientas, procedimientos, metodologías y estándares para el monitoreo de



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

	la superficie y cambios del bosque natural, las reservas de carbono y la caracterización de las causas y agentes de la deforestación y degradación forestal. 5. Apoyar el fortalecimiento de capacidades para el monitoreo de bosques en las autoridades ambientales regionales y otras entidades con funciones de control y vigilancia de los recursos forestales.
CONPES 4021 de 2020 “Política Nacional para el control de la Deforestación y la Gestión Sostenible de los Bosques”	Monitoreo y seguimiento al recurso forestal. Indicador deforestación
Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.	Se debe reportar los datos de superficies, proporción de superficies, deforestación y cambios en la superficie del bosque natural
Sentencia 4360 de 2018 Amazonía	Se ha desarrollado y presentado indicadores específicos solicitados por el tribunal, que permiten evaluar el estado de conservación de la región y los avances en la protección de sus ecosistemas. Se genera información sobre la reducción en la tasa de

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

	deforestación actual y recuperar las áreas degradadas, a través de la implementación de estrategias enmarcadas en la gobernanza forestal
Sentencia T-606 DE 2015. Parque Tayrona	Generación de información sobre los ecosistemas forestales del Parque Nacional Tayrona y sus alrededores.
Sentencia 3872 de 2020 Parque Vía Isla Salamanca	Se ha fortalecido el sistema de monitoreo de bosques, se han elaborado y presentado informes detallados sobre deforestación, cifras anuales de deforestación dentro del parque, y registros de puntos de calor. Estos esfuerzos han permitido una detección oportuna de los eventos de deforestación facilitando así una respuesta rápida y efectiva para minimizar el impacto ambiental en la región
Proyecto Biocarbono Orinoquia	Generación de información sobre el Recurso forestal.

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural

A nivel internacional, los datos de la operación estadística son la fuente oficial para la información reportada en la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – CMNUCC. Las variables e indicadores relacionados



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

con el cambio en la superficie de los bosques son requeridos como dato de actividad para el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero INGEI.

A su vez, se da respuesta al reporte de los Objetivos de Desarrollo Sostenible Nacionales del sector ambiente, lo anterior conforme con lo establecido en el Documento CONPES 3918 de 2018, específicamente para los indicadores: 15.1.3 Pérdida anualizada de bosque natural y 15.1.2 Porcentaje de la superficie cubierta por bosque natural.

Además, la información de la operación estadística sobre superficie de bosque natural y cambio en la superficie del bosque natural se utiliza como insumos para la Evaluación Mundial de los Recursos Forestales – FAO-FRA.

A continuación, se presentan los requerimientos de información a nivel internacional que da respuesta la operación estadística:

Tabla 2. Requerimientos de información del orden internacional

Objetivos de Desarrollo Sostenible- ODS. Objetivo 15 Proteger, restablecer y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres, gestionar sosteniblemente los bosques, luchar contra la desertificación, detener e invertir la degradación de las tierras y detener la pérdida de biodiversidad	Indicador 15.1.1“Superficie forestal como porcentaje de la superficie total”
Conferencia de las Partes del Convenio sobre la Diversidad Biológica -COP16	Reducción deforestación y degradación forestal se estableció que los países en desarrollo deben establecer sistemas nacionales de monitoreo forestal que

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

	les permitan cuantificar las emisiones/absorciones de GEI y los cambios en la superficie de los bosques y las reservas forestales de Carbono
Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica - COP15	Reducción deforestación y degradación forestal se estableció que los países en desarrollo deben establecer sistemas nacionales de monitoreo forestal que les permitan cuantificar las emisiones/absorciones de GEI y los cambios en la superficie de los bosques y las reservas forestales de Carbono
Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica - COP19	Reducción deforestación y degradación forestal se estableció que los países en desarrollo deben establecer sistemas nacionales de monitoreo forestal que les permitan cuantificar las emisiones/absorciones de GEI y los cambios en la superficie de los bosques y las reservas forestales de Carbono
Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático– CMNUCC	Las variables e indicadores relacionadas con el cambio en la superficie de los bosques son requeridos como dato de actividad para el Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero INGEI
Organización para la cooperación económica y desarrollo OCDE	Indicador relacionado con datos de la superficie de bosque natural.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Plan binacional de Integración Fronterizo Ecuador – Colombia	Se debe reportar los indicadores ambientales de la Proporción de superficie de bosque natural y el cambio en la superficie de bosque natural de los departamentos que comparten frontera con Ecuador (Nariño y Putumayo).
Evaluación Mundial de los Recursos Forestales – FRA-FAO	Se debe reportar los datos de superficie de bosque natural y cambio en la superficie del bosque natural
Iniciativa corazón de la amazonia	Información forestal para la iniciativa que busca dar respuesta a la tasa de deforestación actual, la cual pone en peligro inminente la conectividad ecológica entre los bosques de los Andes y la Amazonía colombiana. En los departamentos de Guaviare y Caquetá, cerca del Parque Nacional Natural Serranía de Chiribiquete (PNNSCH), se han identificado puntos críticos (hotspots) de deforestación, donde esta actividad se ha visto potenciada por prácticas para el manejo y uso de la tierra insostenibles e ilegales, entre estas: Ganadería extensiva, cultivos ilícitos, minería ilegal y explotación maderera. Además, el potencial petrolero y la construcción de infraestructura vial proyectadas



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

	para la región representa una mayor presión para la Reserva Forestal Amazonía a causa del impacto socio ambiental propio de estas actividades.
Programa REM	Generación de información para apoyar la reducción de emisiones de la deforestación en el Bioma Amazónico colombiano
FAO GCF-Visión Amazonía	Generación de información para el proyecto que busca contribuir a la reducción de las causas directas e indirectas de la deforestación y degradación forestal; ayuda a impulsar la economía forestal a través de la conservación, uso y manejo sostenible de los ecosistemas por parte de las comunidades locales, mejorando el acceso a mercados y el fortalecimiento de las cadenas de valor de productos forestales maderables y no maderables, así como a fomentar las prácticas indígenas tradicionales de usar el bosque de forma sostenible, y visibilizando el valor de los bosques como despensa de alimentos diversos, frescos y balanceados nutricionalmente. El proyecto también apoya las acciones nacionales y locales encaminadas a fortalecer las



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

	capacidades del país en el monitoreo y seguimiento de los bosques, y procesos como la deforestación y degradación forestal, y el monitoreo comunitario participativo.
Cumplimiento de metas a la Contribución Determinada a Nivel Nacional de Colombia - NDC	Generación de información para evidenciar los esfuerzos de Colombia para reducir las emisiones nacionales y adaptarse a los efectos del cambio climático.
Organización del Tratado de Cooperación Amazónica -OTCA	Generación de información para uno de los principales ejes de la organización relacionado con la protección, conservación y gestión sostenible/sustentable de los bosques y de la biodiversidad.

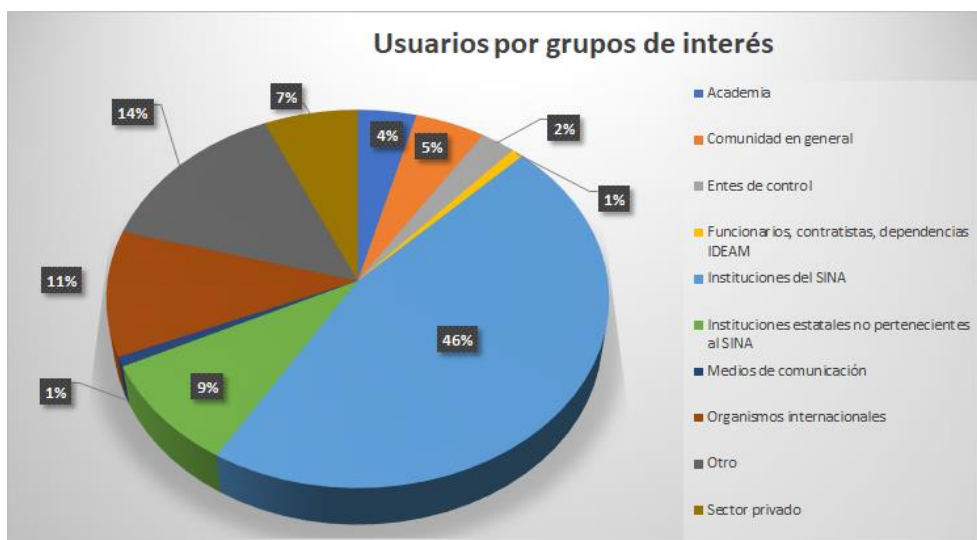
Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural

Resultados de la caracterización de usuarios y necesidades de información

Como resultados generales dentro de la identificación de usuarios el 46% hacen parte de las instituciones del Sistema de Información Ambiental Nacional- SINA; seguido por los Entes de control con un 14% y los organismos internacionales con un 11%. (Gráfica 1) Así mismo, el 88% de usuarios y solicitudes de información provienen de diferentes partes de Colombia, seguidas por el resto del mundo con un 11%, y México con un 1% (Gráfica 2). Es importante anotar

que dentro los usuarios se encuentran organismos internacionales como es el caso de Naciones Unidas (FAO, UNODC, CMNUCC) y Tropical Forest Alliance.

Gráfica 1. Usuarios de la operación estadística Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



Fuente: IDEAM, Encuesta de satisfacción de usuarios de la operación estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Gráfica 2. Ubicación geográfica de los usuarios de la operación estadística Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



Fuente: IDEAM, Encuesta de satisfacción de usuarios de la operación estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

La mayoría de los usuarios y solicitudes de información provienen de Bogotá, seguidas de Antioquia y Valle del Cauca. El resto de los departamentos presentan un menor número de usuarios, solicitudes y requerimientos (Gráfica 3).

Gráfica 3. Ubicación de los usuarios de la operación estadística Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.





GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Fuente: IDEAM, Encuesta de satisfacción de usuarios de la operación estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Respecto al tipo de necesidad, se identificó que el 88% corresponden a necesidades temáticas y el 12% a necesidades geográficas (Gráfica 4). Además, el 64% de los requerimientos de información se relacionan con solicitudes sobre indicadores, seguido con un 14% de capas geográficas y un 13% de datos (Gráfica 5).

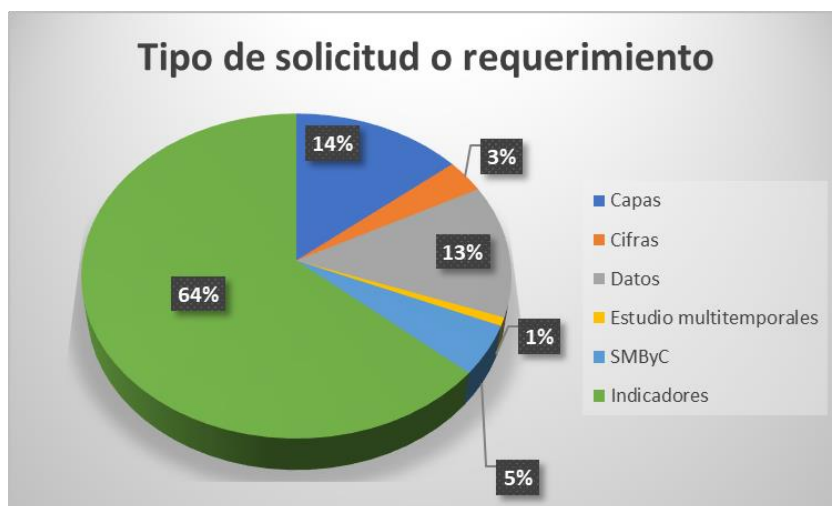
Además, dentro de la caracterización de las necesidades de información, los diferentes usuarios solicitan las capas y mapas de bosque, no bosque y deforestación en distintos periodos de tiempo, información sobre el cambio en la cobertura de bosque, cifras históricas de deforestación, tasa de deforestación anual, estudios multitemporales, monitoreo de la superficie forestal, superficie cubierta por bosque natural, hectáreas de bosque perdidas, zonas con mayor afectación por deforestación, dinámica de la deforestación, entre otras solicitudes.

Gráfica 4. Tipo de necesidad de los usuarios de la operación estadística Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



Fuente: IDEAM, Encuesta de satisfacción de usuarios de la operación estadística "Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural"

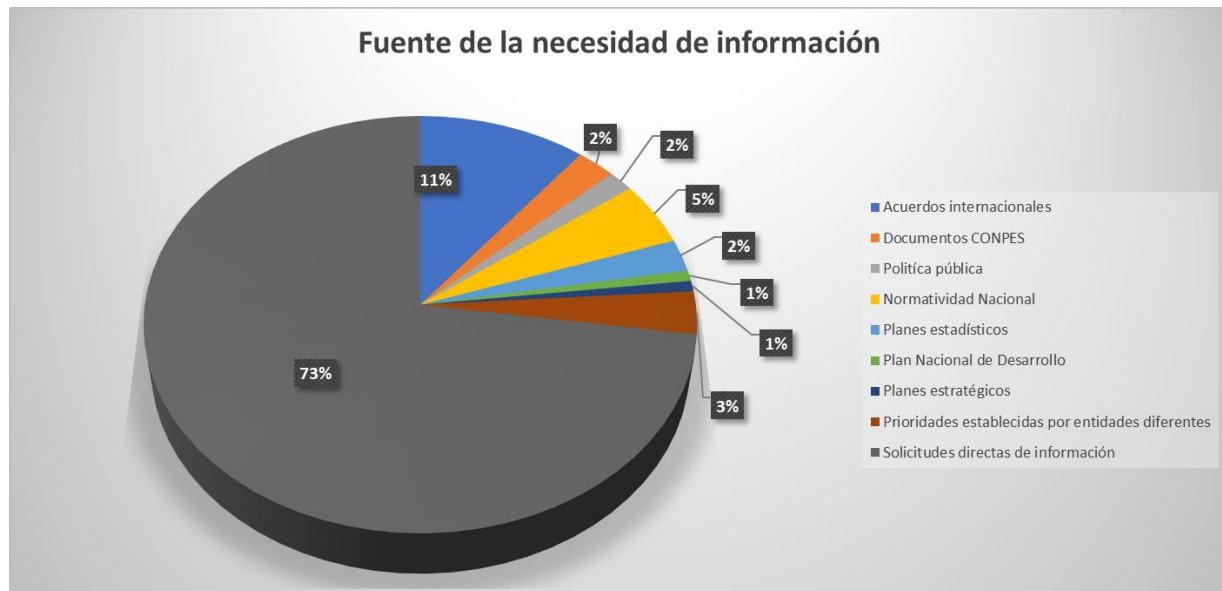
Gráfica 5. Tipo de requerimiento de información de los usuarios de la operación estadística Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



Fuente: IDEAM, Encuesta de satisfacción de usuarios de la operación estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Respecto a la fuente de la necesidad de información, se identificó que el 73% corresponden a solicitudes de información realizadas de manera directa a la operación estadística; seguidas de los acuerdos internacionales con un 11% y de la normatividad nacional con un 5% (Gráfica 6).

Gráfica 6. Fuente de la necesidad de los usuarios de la operación estadística Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



Fuente: IDEAM, Encuesta de satisfacción de usuarios de la operación estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Finalmente, el 97% de las necesidades de información fueron priorizadas, confirmadas y se les dio respuesta a los usuarios. El 3 % de las necesidades restantes, no han sido confirmadas, priorizadas ni resueltas (Gráfica 7); ya que fueron identificadas a través de la formulación del Plan Estadístico Ambiental y este Plan aún se encuentra en desarrollo. Actualmente las entidades del sector Ambiental a través del DANE se encuentran ejecutando reuniones para identificar de manera completa las necesidades de información estadística.

Gráfica 7. Priorización y confirmación de las necesidades de los usuarios de la operación estadística Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



Fuente: IDEAM, Encuesta de satisfacción de usuarios de la operación estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

2 JUSTIFICACIÓN

Existe un consenso casi absoluto entre la comunidad científica de que el aumento gradual de la temperatura global en el último siglo, además de ser un fenómeno climático cíclico, es el resultado del incremento en la concentración de los llamados Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, generados principalmente por las actividades antrópicas. En los últimos años, se viene incrementando el número de naciones, entre ellas Colombia, que buscan implementar políticas enfocadas en la reducción de emisiones de GEI, en especial, aquellas asociadas con la deforestación. Desde un punto de vista costo-efectivo, estas iniciativas parecen ser uno de los mejores mecanismos para alcanzar dicho objetivo, proporcionando de manera adicional co-beneficios relacionados con el mantenimiento de servicios ecosistémicos y la conservación de la biodiversidad (IPCC, 2007).

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

Por esta razón las Partes de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), acordaron desde el año 2007 iniciar las negociaciones sobre un acuerdo global que busca mitigar las emisiones potenciales de GEI generadas por los procesos de degradación y deforestación, con el fin de conservar y gestionar sosteniblemente los bosques y aumentar las reservas forestales de carbono en los países en desarrollo, en lo que se conoce como la iniciativa REDD.

Durante las Conferencias de las Partes de 2009, 2010, 2013 (COP 15 y 16, 19 respectivamente), se adoptó la decisión de que los países en desarrollo deben establecer sistemas nacionales de monitoreo forestal que les permitan cuantificar las emisiones/absorciones de GEI y los cambios en la superficie de los bosques y las reservas forestales de Carbono (D. 11/ CP19; D. 14/ CP19).

Además de cumplir con los requerimientos de la CMNUCC, esta decisión busca que los sistemas de monitoreo se conviertan en una herramienta de apoyo para la construcción de políticas ambientales y sectoriales, proporcionando información vital para la planificación y ordenación forestal a nivel nacional y subnacional y permitiendo generar información para acceder a pagos por resultados REDD+. Como principios básicos se establece que estos sistemas deben generar información transparente, robusta, confiable, y consistente con el Inventario Nacional de Emisiones (INGEI). De esta forma y siguiendo los lineamientos de la CMNUCC, se espera que cada país configure un Sistema de Monitoreo, Reporte y Verificación (MRV) consolidado y operativo que permita responder a las necesidades nacionales e internacionales relacionadas con el monitoreo de la dinámica de los bosques en términos de área y emisiones de CO₂e.

En este contexto, es necesario que el país cuente con información cartográfica detallada (temporal y espacialmente), metodologías estandarizadas para recopilar, procesar y generar los datos, así como una capacidad técnica y



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

científica que responda a los requerimientos de las discusiones internacionales y que permita implementar un manejo adaptativo en todo este proceso. Además, este sistema debe ser pieza clave para el diseño e implementación de políticas públicas del sector forestal, permitiendo identificar la efectividad de las medidas de conservación y el impacto de las acciones de adaptación y mitigación de cambio climático.

Para generar estimativos periódicos de la superficie del bosque y asegurar la completitud en los resultados, es fundamental el uso de imágenes y datos provenientes de sensores remotos (GOFC-GOLD, 2014), gracias a que brindan la posibilidad de obtener información de la superficie terrestre con un amplio cubrimiento espacial y en algunos casos temporal. Desde la aparición de las primeras 10 imágenes de sensores remotos hasta la fecha, se han incrementado notoriamente las aplicaciones para el seguimiento de las coberturas de la tierra (Achard & Hansen, 2012) y cada vez se cuenta con mayor número de programas satelitales y aerotransportados que toman y distribuyen los datos de imágenes, así como métodos de procesamiento, programas computacionales y recursos tecnológicos encaminados al monitoreo de las coberturas.

En Colombia, de acuerdo con la Ley 99 de 199, corresponde al Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) brindar el apoyo técnico-científico a los organismos que forman el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Dentro de su estructura la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental tiene a su cargo, entre otras funciones las de: “Desarrollar el levantamiento, manejo y centralización de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país”; “suministrar los conocimientos, los datos y la información ambiental que requiera el Ministerio de Ambiente, y demás entidades del Sistema Nacional Ambiental, SINA”; “Efectuar el seguimiento de los recursos biofísicos de la Nación especialmente en lo referente a los aspectos bióticos, biogeopedológicos y ecosistémicos, en especial la relacionada con recursos forestales y



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
"Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural"

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

conservación de suelos, necesarios para la toma de decisiones de las autoridades ambientales"; "Aportar la información del área cognoscitiva de su competencia para la prestación del Servicio de Información Ambiental, alertas, pronósticos y prevención de eventos geodinámicos e incendios de la cobertura vegetal, así como sistemas de alertas relacionados con las sostenibilidad de los ecosistemas que se establezcan en el futuro" y de "Hacer el seguimiento de la interacción de los procesos sociales, económicos y naturales en lo que respecta a la sostenibilidad de los ecosistemas nacionales" (Artículo 14° del Decreto 291 de 2004).

Para dar cumplimiento a tales propósitos, desde 2009 la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental del IDEAM, con el apoyo continuo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y con recursos financieros de diversos socios nacionales e internacionales, comenzó un proceso de fortalecimiento técnico y científico para generar las capacidades nacionales en el monitoreo de la cubierta forestal. Gracias a este trabajo, desde 2012 Colombia cuenta con un Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC) que consolida el conjunto de herramientas, procedimientos y profesionales especializados en generar información para conocer dónde, cuándo y porqué están sucediendo los cambios en la superficie y en los contenidos de carbono de los bosques del país.

Siguiendo los lineamientos y directrices internacionales respecto al monitoreo forestal y apoyándose en el uso de las tecnologías satelitales, la operación estadística de Monitoreo de la superficie de bosque implementada a través del SMBYC, tiene por objeto generar y difundir la cartografía temática y los reportes estadísticos pertinentes sobre la extensión, distribución y los cambios en la cobertura boscosa conforme con una escala 1:100.000. Los resultados están dirigidos principalmente a los tomadores de decisión de los niveles nacional y regional encargados de formular, implementar, gestionar y evaluar la política



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

ambiental de Colombia en temas relacionados con monitoreo de la superficie de bosque y la deforestación.

Las tareas rutinarias que se realizan en el marco de la operación estadística incluyen: i) Cuantificación anual de la superficie de bosque natural; ii) Cuantificación anual del cambio de la superficie de bosque (tanto las áreas deforestadas como las áreas en regeneración para cuantificar el cambio neto), y iii) Cuantificación de la tasa oficial de deforestación.

2.1 Importancia y beneficios para el país

A través de la operación estadística del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural, el país cuenta con información oportuna, transparente, comparable, consistente y precisa que permite conocer dónde, cuándo y por qué están sucediendo los cambios en la superficie de los bosques y en sus contenidos de carbono. Los datos del monitoreo de los bosques naturales son requeridos como soporte para la formulación, ejecución y evaluación de políticas, para la incorporación de criterios ambientales en los procesos de planificación sectoriales y territoriales, y como herramienta de gestión para las autoridades ambientales regionales, entes territoriales y las comunidades en Colombia.

2.2 Relevancia de los resultados de la operación estadística

La información sobre la extensión y distribución de los bosques es requerida por diferentes entidades e iniciativas nacionales e internacionales incluidas:

- Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – CMNUCC. Las variables e indicadores relacionadas con el cambio en la superficie de los bosques son requeridos como dato de actividad para el



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Inventario Nacional de Gases Efecto Invernadero INGEI, uno de los 15 componentes de las Comunicaciones nacionales de cambio climático con las que el país reporta a la CMNUCC sus avances en la implementación de la Convención (IDEAM, 2015).

- La información de la deforestación constituye un insumo clave para la construcción de nivel de referencia, causas y agentes de la deforestación y degradación en el marco de las iniciativas de reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación REDD+ y pago por resultados.
- La iniciativa de seguimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible a nivel mundial estableció el indicador “Superficie forestal como porcentaje de la superficie total” (indicador 15.1.1), como una de las herramientas para medir el avance en la meta 15.1 de “asegurar la conservación, el restablecimiento y el uso sostenible de los ecosistemas terrestres y los ecosistemas interiores de agua dulce y sus servicios, en particular los bosques, los humedales, las montañas y las zonas áridas”. Este indicador también fue incluido como un indicador ODS de nivel nacional.
- En el marco del Plan binacional de Integración Fronterizo Ecuador – Colombia se estableció que, entre otros, el país debe reportar los indicadores ambientales de la Proporción de superficie de bosque natural y el cambio en la superficie de bosque natural de los departamentos que comparten frontera con Ecuador (Nariño y Putumayo).
- Aunque los datos para la construcción quinquenal de la Evaluación Mundial de los Recursos Forestales – FRA-FAO deben ser reportados de acuerdo con los requerimientos establecidos por la FAO, los datos de superficie de bosque natural y cambio en la superficie del bosque natural son entregados como insumos para la elaboración del reporte por parte de Colombia.
- A nivel nacional, los datos de superficies, proporción de superficies, deforestación y cambios en la superficie del bosque natural son requerido



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

en la construcción del Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.

Adicionalmente, los datos de la superficie y proporción de superficie del bosque natural, deforestación, cambio de la superficie de bosque, y tasa de deforestación son solicitados al IDEAM por diferentes entidades del país, incluidos el Ministerio Ambiente y Desarrollo Sostenible, los Institutos de investigación adscritos al Ministerio de Ambiente, las Autoridades Ambientales, la academia, entre otras.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Generar y difundir la cartografía temática y los reportes estadísticos pertinentes sobre la extensión, distribución y los cambios en la cobertura boscosa a nivel nacional conforme con una escala 1:100.000.

3.2 Objetivos específicos

1. Cuantificar la superficie de bosque natural y la proporción de la superficie cubierta por bosque natural en Colombia.
2. Cuantificar la deforestación y el cambio en la superficie de bosque natural en Colombia.
3. Calcular la tasa anual de deforestación en Colombia.

Es importante anotar que, en cada iteración de la operación estadística, a partir de la identificación y análisis de las necesidades de información, se revisa la



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

coherencia y relación de los objetivos de la operación estadística con las necesidades identificadas.

4 ALCANCE TEMÁTICO

La implementación de la operación estadística de monitoreo de bosques tiene el siguiente alcance:

1. Cuantificación de la distribución y extensión de la superficie de Bosque para el área continental e insular de San Andrés y Providencia en Colombia, de acuerdo con la definición de bosque adoptada.
2. Cuantificación del cambio de la superficie de bosque para el área continental e insular de San Andrés y Providencia en Colombia, de acuerdo con la definición de deforestación y regeneración adoptada.
3. La cuantificación de la distribución y extensión del bosque natural y del cambio de la superficie de bosque natural se realiza a través de un censo utilizando imágenes de satélite, por lo que únicamente es posible generar información desde 1990, debido a que antes de esta fecha no se contaba con suficientes imágenes disponibles para realizar un seguimiento adecuado y consistente.
4. En la operación estadística se monitorea únicamente la cobertura vegetal correspondiente al bosque natural, excluyendo las demás coberturas boscosas tales como las plantaciones forestales y sistemas agroforestales.
5. La metodología de la operación estadística está diseñada y evaluada para generar información a partir de capas geográficas con una escala conforme 1:100.000



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

5 CONCEPTOS BÁSICOS, VARIABLES, INDICADORES ESTADÍSTICOS Y CLASIFICACIONES

5.1 Conceptos básicos

Los conceptos y definiciones utilizados en la operación estadística son tomados del Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia. V 2.0.

- **Banda:** cada uno de los intervalos en los cuales el sensor remoto divide el espectro electromagnético para generar una imagen multiespectral. Este concepto es aplicado generalmente a imágenes de tipo óptico.
- **Bosque:** tierra ocupada principalmente por árboles que puede contener arbustos, palmas, guaduas, hierbas y lianas, en la que predomina la cobertura arbórea con una densidad mínima del dosel de 30%, una altura mínima del dosel (in situ) de 5 m al momento de su identificación, y un área mínima de 1,0 ha. Se excluyen las coberturas arbóreas de plantaciones forestales comerciales, cultivos de palma, y árboles sembrados para la producción agropecuaria. Esta definición es consecuente con los criterios definidos por la CMNUCC en su decisión 11/COP.7. Para efectos de la operación estadística, cualquier otro tipo de cobertura de la tierra diferente al bosque se define como “No bosque”.
- **Bosque estable:** superficie que permanece cubierta por bosque natural tanto al inicio como al final del periodo de análisis.
- **No Bosque Estable:** superficie que permanece con una cobertura distinta a la de bosque natural, tanto al inicio como al final del periodo de análisis.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

- Cambio en la superficie cubierta por bosque natural: es el promedio anual de la diferencia entre la superficie de bosque regenerado (ganancia) y la superficie de bosque deforestado (pérdida) en la unidad espacial de referencia j , entre los años t_1 y t_2 .
- Datos de actividad: los datos de actividad (DA) son datos que permiten observar la magnitud de las actividades humanas que dan lugar a las emisiones o absorciones que se producen durante un periodo de tiempo determinado (p. ej. Datos sobre áreas terrestres).
- Deforestación: es la conversión directa y/o inducida de la cobertura de Bosque a otro tipo de cobertura de la tierra en un periodo de tiempo determinado (DeFries et al., 2006; GOFC-GOLD, 2009).
- Escena: porción de las imágenes tomadas por el sensor delimitadas por un área generalmente rectangular y fija definida por el distribuidor. Ya que los datos de sensores remotos se toman para grandes áreas o franjas alrededor de la tierra, cada sistema satelital define una grilla que subdivide la superficie terrestre en zonas rectangulares. Cada uno de estos rectángulos corresponde a una escena y en muchos tipos de imagen tienen un código establecido que identificará a esa porción de la superficie terrestre. Las imágenes tomadas por el sensor son cortadas y distribuidas siguiendo los límites definidos por estas grillas.
- Exactitud de productor: proporción del área que pertenece a una categoría en el terreno y que fue cartografiada en dicha categoría en el mapa. Es complementaria de la probabilidad de error de omisión.
- Exactitud de usuario: proporción del área cartografiada como una categoría que en realidad corresponde a esta categoría en el terreno (clasificación de referencia). Es complementaria de la probabilidad de error de comisión.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

- Exactitud total: proporción del área cartografiada correctamente. Provee al usuario una probabilidad de que un punto o muestra aleatoria en el mapa esté correctamente clasificada.
- Exactitud de mapas temáticos: grado en el cual el mapa producido concuerda con una clasificación de referencia.
- Firma espectral: la variación de la reflectancia en función de la longitud de onda se la denomina firma o signature espectral. La firma espectral es la medida cuantitativa de las propiedades espectrales de un objeto en una o varias bandas espectrales. También se le conoce como comportamiento o respuesta espectral, concepto que incluye la variabilidad temporal de las firmas espectrales.
- Formato raster: modelo de representación de la información geográfica en el que se divide el espacio en un conjunto regular de celdas o píxeles, y en el que cada pixel contiene un valor asociado de acuerdo con la información geográfica que representa.
- Formato vectorial: modelo de representación de la información geográfica en el que los diferentes objetos se presentan como puntos, líneas o polígonos.
- Imagen de satélite: representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada para la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona que cubre.
- Imagen multi-espectral: se produce por la combinación de imágenes que registran datos correspondientes a diferentes longitudes de onda o bandas espectrales.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

- Nivel Digital – ND: se trata del valor numérico discreto asignado por el sistema formador de imágenes a cada celda, en respuesta a la irradiancia recibida sobre el plano focal del sensor. Se le conoce así mismo como nivel de gris, luminancia, número digital, valor de píxel, etc. Existe una relación lineal entre el ND grabado y la radiancia correspondiente a cada celda de terreno.
- Nivel de Reflectancia: valor numérico que representa una medida de la energía radiante o flujo radiante que es reflejado por un material o una superficie como función de la longitud de onda de dicha energía o flujo.
- Ortorectificación: corrección geométrica de la imagen derivada de una perspectiva convencional de imagen por rectificación diferencial o simple, para que los desplazamientos causados por la inclinación del sensor y el relieve del terreno sean removidos.
- Proporción de la superficie cubierta por bosque natural: establece la razón entre el área cubierta por bosque natural respecto al área total de la unidad espacial de referencia j , en el tiempo t .
- Píxel: unidad básica de información gráfica que se refiere a cada uno de los puntos indivisibles que conforman una imagen, es decir, la mínima área de captura en el formato Raster.
- Regeneración: se define como la recuperación de la cobertura de bosque de zonas donde no estaba presente en fechas anteriores.
- Resolución: nivel de detalle con el que se es posible identificar los elementos sobre las imágenes y se relaciona con la unidad mínima de almacenamiento de datos o píxel.
- Resolución espacial: este concepto designa al objeto más pequeño que puede ser distinguido sobre la imagen; suele medirse como la mínima separación a la cual los objetos aparecen distintos y separados en la



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

imagen. Se mide en unidades de longitud definida como el número de píxeles por unidad de medida (milímetros sobre la imagen o metros sobre el terreno) y depende de la longitud focal de la cámara y de su altura sobre la superficie.

- Resolución espectral: longitudes de onda en las cuales un sensor es capaz de adquirir información. La fotografía puede ofrecer películas pancromáticas, infrarrojo blanco negro, color natural o infrarrojo color.
- Resolución radiométrica: cantidad de energía que se puede medir en una escala radiométrica en el sensor. En el caso de los sistemas fotográficos, la resolución radiométrica del sensor se indica por el número de niveles de gris recogido por el mismo. Para evaluar la calidad radiométrica se evalúa un parámetro denominado “bit number”.
- Resolución temporal: es una medida de la frecuencia con la que un satélite es capaz de obtener imágenes de una determinada área. También se denomina periodo de revisita. Es útil cuando se quieren realizar estudios multitemporales o evolutivos.
- Respuesta espectral: ver definición firma espectral.
- Satélite: cualquier objeto que recorre una órbita alrededor de un cuerpo celeste como la luna. El término se usa en el documento para designar las plataformas artificiales que orbitan la Tierra.
- Sensor remoto: ver definición teledetección.
- Sin Información: es la superficie que no fue posible interpretar en el momento de análisis debido a la presencia de nubes, sombras o vacíos en la imagen de satélite.
- Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC): es el conjunto de procesos, metodologías, protocolos y herramientas para la generación



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

periódica de información sobre: i) la superficie de bosques de Colombia y sus cambios en el tiempo; ii) las reservas de carbono almacenadas en los bosques naturales; iii) las causas y agentes de la deforestación y la degradación de los bosques y, iv) las emisiones y absorciones de GEI asociadas a la deforestación y la degradación forestal. (Decreto 1655 de 2017).

- Tasa anual de deforestación: variación de la superficie cubierta por bosque natural, en una determinada unidad espacial de referencia j , entre el año inicial t_1 y el año final t_2 .
- Teledetección: técnica mediante la cual se obtienen información de la superficie de la Tierra a través de la medición y análisis de algunas propiedades de los objetos (generalmente energía electromagnética emitida o reflejada), las cuales son registradas por un equipo o dispositivo (sensor remoto) sin tener contacto físico directo con el objeto.
- Valores radiométricos: radiación electromagnética reflejada por un elemento de superficie terrestre en un determinado rango del espectro, y se convierte en un valor numérico que depende de la resolución radiométrica.
- Vector: ver definición formato vectorial.

5.2 Variables

La operación estadística del Monitoreo de la superficie de bosque natural contempla dos variables:

1. Cobertura de bosque natural



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Presencia o ausencia de cobertura de bosque en cada unidad de observación. Es una variable categórica y puede tomar los siguientes valores:

1. Presencia de Bosque
2. Ausencia de bosque (No bosque).

El valor de esta variable se almacena para cada unidad de observación (pixel) en el Mapa de Bosque – No bosque, a partir del cual se producen los datos de superficie cubierta por bosque natural. Este mapa puede incluir unidades de observación sin respuesta por nubes o bandeamiento de las imágenes, a las que se les asigna un valor de: 3 “sin información”.

2. Cambio de la cobertura de bosque natural

Tipo o clase de cambio identificado para cada unidad de observación. Es una variable compuesta construida a partir de la comparación de imágenes de satélite del año de recolección con las del año inmediatamente anterior, determinando cambios en la respuesta espectral debidos a la ocurrencia de deforestación o regeneraciones del bosque. Las zonas donde no hubo cambio se consideran estables y se mantiene la cobertura de bosque o no bosque del año anterior. La variable puede tomar los siguientes valores:

- 1 Bosque Estable
- 2 Deforestación
- 4 Regeneración
- 5 No bosque estable

El valor de esta variable se almacena para cada unidad de observación (pixel) en el Mapa de cambio de bosque. Este mapa puede incluir unidades de observación sin respuesta por nubes o bandeamiento de las imágenes del año



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

de análisis o del año anterior, a las que se les asigna un valor de: 3 “sin información”.

5.3 Indicadores estadísticos

Para generar información acerca del monitoreo del bosque, la operación estadística ha diseñado y oficializado tres indicadores ambientales:

- Proporción de la superficie cubierta por bosque natural
- Cambio en la superficie cubierta por bosque natural
- Tasa anual de deforestación

Estos indicadores forman parte de la batería mínima de indicadores ambientales del IDEAM y se encuentran tipificados dentro de la temática: recursos forestales. Se calculan para los tres niveles de desagregación geográficos definidos en la operación estadística:

- Nacional: superficie continental e insular (San Andrés y Providencia) del territorio colombiano.
- Departamentos: departamentos de la división político-administrativa del territorio continental e insular.
- CAR: jurisdicción de cada una de las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible.

El diseño de los indicadores incluye la construcción de una hoja metodológica de acuerdo con el formato y contenidos establecido por el IDEAM, en la que se documentan los siguientes aspectos:

- Identificación del indicador
- Descripción del indicador



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

- Responsable
- Ubicación principal para la consulta
- Fuente de las Variables
- Observaciones generales
- Bibliografía
- Información sobre la Hoja Metodológica

Acorde con el contenido especificado en la hoja metodológica (Ver Anexo 1), se describe a continuación cada uno de los indicadores que forman parte de la operación estadística:

a. Proporción de la superficie cubierta por bosque natural

Definición: Establece la razón entre el área cubierta por bosque natural respecto al área total de la unidad espacial de referencia j , en el tiempo t .

Objetivo: Cuantificar la proporción de la superficie que se encuentra cubierta por bosque natural, su distribución espacial y tendencias históricas.

Fórmula: El indicador se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$PSBN_{jt} = \left(\frac{SCBN_{jt}}{AUER_{jt}} \right) \times 100$$

(Ecuación 1)

Donde:



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

PSBN_{jt}: Proporción de la superficie cubierta por bosque natural en la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t.

SCBN_{jt}: Superficie en hectáreas (ha) cubierta por bosque natural en la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t.

AUER_{jt}: Superficie en hectáreas (ha) de la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t¹

Metodología de obtención de datos y cálculo del indicador: Los datos para el cálculo del indicador se obtienen del Mapa de Cobertura de Bosque – No bosque para Colombia en formato raster, con proyección MAGNA SIRGAS EPSG:3116. (conforme a una escala 1:100.000) y tamaño de pixel de 30.26 * 30.72, el cual es generado mediante el procesamiento de imágenes de sensores remotos identificando las unidades de observación (píxeles) que corresponden a las clases de Bosque, No bosque y Sin Información en el año t. La superficie cubierta por bosque natural en la unidad espacial de referencia j, en el tiempo t (SCBN_{jt}) se calcula con la siguiente fórmula:

$$SCBN_{jt} = nBN_{jt} * A \quad \text{(Ecuación 2)}$$

Donde:

nBN_{jt} : Total de píxeles (unidades de observación) clasificadas como bosque natural dentro de la unidad espacial de referencia j en el tiempo t

A: Área en hectáreas de cada píxel (unidades de observación).

Interpretación: El indicador muestra el porcentaje de la superficie del país, departamento o corporación autónoma regional que presenta cobertura de bosque natural en el tiempo (t), y que fue observado en las imágenes de satélite.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

La comparación del indicador entre diferentes periodos (t) deber realizarse con precaución, puesto que, además de los cambios en la cobertura de bosque, el valor del indicador en cada periodo se encuentra afectado por las áreas sin información del mapa debidas a la nubosidad y bandeamiento en las imágenes de satélite.

Para el análisis de la serie temporal se recomienda tener en cuenta los datos de áreas sin información incluidos en la tabla del indicador.

b. Cambio en la superficie cubierta por bosque natural

Definición: Es el promedio anual de la diferencia entre la superficie de bosque regenerado (ganancia) y la superficie de bosque deforestado (pérdida) en la unidad espacial de referencia j, entre los años t1 y t2.

Objetivo: identificar la extensión del cambio neto de la superficie cubierta por bosque natural a nivel nacional, departamental y/o de corporaciones autónomas regionales.

Fórmula: El indicador se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$CSBN_{j(t1:t2)} = \frac{SR_{j(t1:t2)} - SD_{j(t1:t2)}}{t2 - t1} \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Donde:

CSBN_{(j,(t1:t2))}: Cambio de la superficie cubierta por bosque natural en la unidad espacial de referencia j, ocurrido entre los años t1 y t2 del periodo de análisis, expresado en hectáreas (ha).



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

SR_{j(t1:t2)} : Superficie regenerada en la unidad espacial de referencia j entre los años t1 y t2 del periodo de análisis, expresada en hectáreas (ha).

SD_{j(t1:t2)} : Superficie deforestada en la unidad espacial de referencia j entre los años t1 y t2 del periodo de análisis, expresada en hectáreas (ha).

t1 y t2 : Años inicial (t1) y final (t2) del periodo de análisis (t1:t2).

Metodología de obtención de datos y cálculo del indicador: Los datos para el cálculo del indicador se obtienen del Mapa de Cambio de Bosque para Colombia en formato raster, con proyección MAGNA SIRGAS EPSG:3116. (conforme a una escala 1:100.000), el cual es generado mediante el procesamiento de imágenes de sensores remotos (ver sección 2.3.4), asignando a las unidades de observación (pixeles) las clases de: Bosque Estable, Deforestación, Regeneración, No Bosque Estable y Sin Información.

La Superficie de bosque regenerado en la unidad espacial de referencia j entre los años t1 y t2 (**SR_{j(t1:t2)}**) y la Superficie deforestada en la unidad espacial de referencia j entre los años t1 y t2 (**SD_{j(t1:t2)}**) se calculan mediante las siguientes fórmulas:

$$SR_{j(t1:t2)} = nR_{j(t1:t2)} * A \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$SD_{j(t1:t2)} = nD_{j(t1:t2)} * A \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

nR_{j t1:t2}: Total de pixeles (unidades de observación) clasificados como “Regeneración” dentro de la unidad espacial de referencia j para el periodo t:t2

.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

$nD_{j, t1:t2}$: Total de píxeles (unidades de observación) clasificados como “Deforestación” dentro de la unidad espacial de referencia j para el periodo $t1:t2$.

A: Área en hectáreas de cada pixel (unidades de observación).

Interpretación: El indicador toma valores negativos, positivos o cero. Valores negativos del indicador señalan pérdidas netas de superficie de bosque natural; el valor nulo o igual a cero significa que la superficie cubierta por bosque natural se mantiene estable, mientras que los valores positivos indican ganancias netas de superficie de bosque natural. Se recomienda tener en cuenta la superficie sin información para el análisis de los datos.

c. Tasa anual de deforestación

Definición: La Tasa anual de deforestación, es la variación de la superficie cubierta por bosque natural, en una determinada unidad espacial de referencia j , entre el año inicial $t1$ y el año final $t2$.

Objetivo: Identificar la velocidad de la pérdida o deforestación del bosque natural.

Fórmula: La fórmula empleada para el cálculo del indicador es la propuesta por Puyravaud (2003):

$$TD_{j,(t1:t2)} = \left(\left(\frac{1}{t2-t1} \right) * \ln \left(\frac{SCBE_{j,(t1:t2)}}{(SCBE_{j,(t1:t2)} + SD_{j,(t1:t2)})} \right) \right) \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Dónde:



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

TD_{j,(t1:t2)}: Tasa anual de deforestación de la unidad espacial de referencia j, entre los años t1 y t2.

SCBE_{j,(t1:t2)}: Superficie de bosque estable en la unidad espacial de referencia j entre el año t1 y t2, expresada en hectáreas (ha)²

SD_{j,(t1:t2)}: Superficie deforestada en la unidad espacial de referencia j entre los años t1 y t2, expresada en hectáreas (ha).

t1 y t2 : Años inicial (t1) y final (t2) del periodo de análisis (t1:t2).

Metodología de obtención de datos y cálculo del indicador: Los datos para el cálculo del indicador se obtienen del Mapa de Cambio de Bosque para Colombia en formato ráster, con proyección MAGNA SIRGAS EPSG: 3116. (Conforme a una escala 1:100.000), el cual es generado mediante el procesamiento de imágenes de sensores remotos, asignando a las unidades de observación (píxeles) las clases de: Bosque Estable, Deforestación, Regeneración, No Bosque Estable y Sin Información.

La Superficie deforestada en la unidad espacial de referencia j entre los años t1 y t2 ($SD_{j,(t1:t2)}$) se calcula utilizando la ecuación 5. La variable $SCBE_{j,(t1:t2)}$ se calcula con la siguiente fórmula:

$$SCBE_{j,(t1:t2)} = nBE_{j,(t1:t2)} * A \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

nBE_{j,(t1:t2)}: Total de píxeles (unidades de observación) codificadas como Bosque Estable dentro de la unidad espacial de referencia j para el periodo t1:t2.

Interpretación: El indicador toma valores menores o iguales a cero. Valores menores a cero señalan pérdidas de superficie cubierta por bosque natural; el



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

valor nulo o igual a cero significa que no existió deforestación en el periodo de análisis.

5.4 Nomenclaturas y clasificaciones

Dentro de las nomenclaturas y clasificaciones utilizadas por la operación estadística, para el nivel de desagregación geográfica departamental, la operación estadística emplea la capa geográfica de los límites geográficos definidos por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC 2012); los cuales corresponden a las fronteras o líneas que delimitan una zona geográfica específica, ya sea a nivel de departamento, municipio o cualquier otra entidad territorial. Estos límites se establecen mediante acuerdo legal y se representan gráficamente en mapas, cartografías y otros documentos geográficos.

Así mismo, para la desagregación por Corporación Autónoma Regional se utiliza la capa geográfica de límites de Autoridades Ambientales de Colombia; la cual contiene los límites de las jurisdicciones, nombres y siglas de las corporaciones.

Además, de acuerdo con el Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia. V 2.0, tanto para la Capa de cobertura de bosque-no bosque, como para la Capa de cambio de la cobertura de bosque, la operación estadística emplea diferentes categorías o clases, las cuales tienen asignados los siguientes códigos numéricos

- **Capa Cobertura de Bosque - No Bosque:** esta capa geográfica almacena los datos de la variable Cobertura de bosque natural de la operación estadística y de ella se obtienen la información para calcular el indicador “Proporción de la superficie cubierta por bosque natural”. Los valores que puede tomar la variable incluyen 3 categorías o clases; a cada



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

pixel o unidad de observación le corresponde una de estas categorías, las cuales se almacenan asignando un código numérico:

Tabla 3. Valores de las variables por categorías o clases

Código	Nombre de la clase	Descripción
1	Bosque	Código asignado a una unidad de observación (pixel) cubierta por bosque natural
2	No bosque	Código asignado a una unidad de observación (pixel) ocupada por Coberturas distintas a la de bosque natural.
3	Sin Información	Código asignado a una unidad de observación (pixel) que no pudo ser interpretada en el momento de análisis debido a la presencia de nubes, sombras o bandeamiento en la imagen de satélite.

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

- **Capa Cambio de la Cobertura de Bosque - No Bosque:** esta capa geográfica almacena los datos de la variable Cambio de la cobertura de bosque natural de la operación estadística y de ella se obtienen la información para calcular los indicadores de “Cambio en la superficie cubierta por bosque natural” y “Tasa anual de deforestación”. Los valores que puede tomar la variable incluyen 5 categorías o clases; a cada pixel o unidad de observación le corresponde una de estas categorías, las cuales se almacenan asignando un código numérico de acuerdo con la siguiente información a partir de los Códigos almacenados para identificar cada una de las clases o categorías correspondientes:

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

Tabla 4. Valores de las variables por categorías o clases

Código	Nombre de la clase	Descripción
1	Bosque Estable	Código asignado a una unidad de observación (pixel) que permanece cubierta por bosque natural tanto al inicio como al final del periodo de análisis
2	Deforestación	Código asignado a una unidad de observación (pixel) con evidencia de conversión directa y/o inducida de la cobertura de bosque natural a otro tipo de cobertura
3	Sin Información	Código asignado a una unidad de observación (pixel) que no pudo ser interpretada en el momento de análisis debido a la presencia de nubes, sombras o bandeamiento en la imagen de satélite.
4	Regeneración	Código asignado a una unidad de observación (pixel) en la que se evidencia recuperación de la cobertura de bosque cuando no estaba presente en fechas anteriores
5	No Bosque Estable	Código asignado a una unidad de observación (pixel) que permanece con una cobertura distinta a la de bosque natural, tanto al inicio como al final del periodo de análisis

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

6 RESULTADOS ESPERADOS

Una vez la operación estadística genere sus resultados, se realiza la convocatoria para la sesión anual del Comité de Expertos (entre el mes de junio y primeros días de julio). Desde el SMByC, se solicita el espacio de reunión con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para realizar la sesión del comité e invitar a los demás asistentes.

Teniendo en cuenta que los resultados y cifras del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural previos a su difusión y publicación son de carácter confidencial y de alta reserva estadística, el comité se realiza a puertas cerradas y no cuenta con ayudas de memoria o grabaciones, y todos sus asistentes son de carácter directivo.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

En el desarrollo del comité se presentan, analizan y validan los resultados de la operación estadística. Es importante precisar que los asistentes al Comité no pueden proveer ni divulgar información de los resultados antes de la difusión y publicación oficial de las cifras.

Además del comité de expertos, el equipo de trabajo de la operación estadística realiza reuniones internas técnicas, que incluyen encuentros semanales entre intérpretes, controles y líderes donde se exponen casos complejos y se llega a consensos para su manejo y validación de cifras.

Una vez se cuenta con los productos e información de la operación estadística en su versión final, para iniciar la difusión se debe enviar correo de solicitud de autorización expresa de publicación tanto a la Subdirección de Ecosistemas e información ambiental, como al Grupo de Comunicaciones y Prensa del IDEAM.

Es importante anotar que las estrategias principales de difusión (almacenamiento, mantenimiento y actualización) de la operación estadística se encuentran alineadas con las políticas institucionales y los lineamientos del Grupo de Comunicaciones y Prensa, así como el Grupo de Gestión Documental y Centro de Documentación, Correspondencia y Archivo, de la Secretaría General del IDEAM, quienes son los responsables del diseño de las piezas de comunicación.

Los reportes para la presentación y análisis de los resultados de los indicadores de la operación estadística son los siguientes:

- Cuadros de resultados: tablas de datos con los valores de los indicadores de la operación estadística.
- Gráficas con los resultados de las series históricas de cada indicador.
- Capas geográficas de Cambio de Bosque y Mapa de Bosque - No Bosque en formato raster para cada periodo de análisis.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

- Salidas cartográficas de los mapas de Cambio de Bosque y Mapa de Bosque - No Bosque para cada periodo de análisis.
- Reporte técnico que incluye la descripción metodológica y los principales resultados.

Los resultados de la operación estadística se publican en medio impreso y a través de la página web del IDEAM de acuerdo con el cronograma de publicación de resultados. Una vez el proceso de recolección de los datos ha finalizado; se han generado los mapas de Bosque no Bosque y de Cambio en la superficie de Bosque natural y los resultados y productos intermedios se han almacenado de acuerdo con la estructura definida, comienza el proceso de difusión de los resultados de la operación estadística.

a. Diseño de cuadros de salida o de resultados

La información y resultados de los indicadores de la operación estadísticas se presentan en tablas de datos estructuradas según los formatos establecidos por el IDEAM para el reporte de todos sus indicadores ambientales (Ver Anexo 2). Para cada indicador se realizan tablas por nivel de desagregación geográfica (Nacional, Departamentos y Corporaciones autónomas regionales) y por periodo de análisis. Así mismo, en cada una de las tablas se indica la superficie o porcentaje de no respuesta que corresponde a la superficie sin información por presencia de nubes, sombras y bandeamiento en las imágenes de satélite. A continuación, se listan los campos básicos incluidos en las tablas.

Las tablas incluyen la siguiente información:

- **Título.** De acuerdo con los estándares de IDEAM tiene la siguiente estructura Colombia: Nombre de indicador, nivel de desagregación y periodos de análisis incluidos en el indicador.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

- **Tabla de datos.** Incluye los siguientes datos y resultados para cada uno de los indicadores:
 - **Indicador Proporción de la superficie cubierta por bosque natural:** Superficie cubierta por bosque natural (ha) CSBN; Superficie sin información (ha) y Proporción de la superficie cubierta por bosque natural (%) PSBN.
 - **Indicador Cambio en la superficie cubierta por bosque natural: Superficie deforestada SD:** Superficie regenerada SR; Superficie sin información; Diferencia neta de la superficie cubierta por bosque periodo t1:t2; Cambio en la superficie cubierta por bosque natural CSBN. Todos los datos en unidades de hectáreas.
 - **Indicador Tasa anual de deforestación: Superficie de bosque estable (ha) SCBE:** Superficie deforestada (ha) SD; Promedio anual de la superficie deforestada (ha); Proporción de la superficie sin información (%).
- **Fuente.** Citación de la tabla de datos.
- **Notas de pie de página.** Incluye anotaciones sobre las definiciones de los datos e indicadores, notas aclaratorias que facilitan la interpretación del indicador, y la advertencia sobre el cambio periódico de los valores por ajuste de consistencia de la serie y otras que faciliten la interpretación de los resultados.
- **Fecha.** Corresponde a la fecha del cálculo del indicador. Esta fecha debe ser tomada en cuenta por el usuario para determinar la versión de los datos que está utilizando.

b. Diseño de gráficas



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

La serie histórica de los valores de los indicadores que hacen parte de la operación estadística se presentan en gráficas de barras, en las que el eje X corresponde a los años o periodos de análisis y el eje Y al valor del indicador, de manera que es posible ver el comportamiento histórico del fenómeno monitoreado (ver Anexo 3). Aunque existen datos para los indicadores desde 1990, en las gráficas únicamente se incluyen los periodos de análisis para los que se cuenta con información anual (2012 en adelante), con el fin de graficar los datos de la serie con la misma periodicidad de reporte. Las gráficas se presentan para cada uno de los niveles de desagregación geográfica (Nacional, departamentos y corporaciones autónomas regionales) y se acompañan de notas de pie de página que faciliten la correcta interpretación de los resultados.

c. Capas geográficas

Los reportes de los resultados incluyen las capas geográficas temáticas generadas a partir del procesamiento de las imágenes de satélite para cada periodo de análisis y de las cuales se extraen los datos para calcular los indicadores. Las capas son compatibles con la escala geográfica 1:100.000 y se encuentran proyectadas en el sistema de referencia oficial de Colombia MAGNA SIRGAS EPSG:3116. Se generan a nivel nacional en formato raster (*.tif o *.img) e incluyen todas las unidades de observación (píxeles de 30,72 x 30,26 m) que hacen parte del marco censal de la operación estadística. A partir de la capa geográfica nacional se obtienen las capas de cada una de las unidades de desagregación geográfica (departamentos y corporaciones autónomas regionales).

d. Salidas gráficas

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

La operación estadística genera formatos gráficos de los mapas y las capas geográficas: Cobertura de bosque – No bosque y Cambio de bosque (Ver Anexo 4). Los mapas se generan con el formato diseñado por el IDEAM, que incluye como mínimo:

- Título del mapa
- Leyenda con los colores definidos para cada clase
- Información acerca del sistema de referencia geográfico
- Logos del IDEAM, Ministerio de ambiente y socios donantes
- Grilla de coordenadas en el marco del área del mapa
- Información geográfica desplegada de la capa correspondiente
- Información geográfica desplegada de los límites del país y países vecinos

e. Reporte técnico

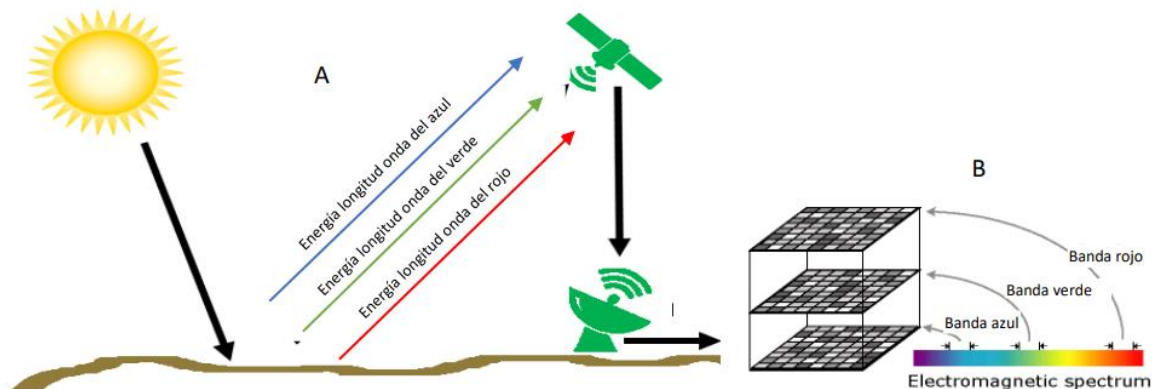
El reporte técnico presenta un análisis de los principales resultados e incluye un análisis de la dinámica de la superficie deforestada a lo largo de los años. También incluye una descripción de la metodología implementada, las imágenes utilizadas y procesadas, proceso de detección de cambios por deforestación, la evaluación de la exactitud temática. Este informe también incluye la actualización de las cifras de monitoreo de bosque del periodo de análisis en cuanto a la superficie de bosque y de cambio en la superficie del bosque natural. Esta dinámica se reporta tanto a nivel nacional como a nivel regional (Departamentos y Corporaciones autónomas regionales). Por otro lado, se realizan análisis espaciales de la dinámica de la deforestación a nivel nacional y regional tal como el análisis de tendencias para los municipios de mayor deforestación, el análisis de tamaños de los parches deforestados y la dinámica de los puntos de calor-deforestación. En este análisis se incluye también el análisis de las principales causas de la deforestación, las

tendencias espaciales de aceleración/desaceleración de la deforestación y el reporte de emisiones asociadas.

7 EXPLORACIÓN Y COMPROBACIÓN DE FUENTES DE DATOS Y SU DISPONIBILIDAD

Para el monitoreo de las áreas de bosque y la deforestación resulta fundamental el uso de imágenes de satélite (GOFC-GOLD, 2014), gracias a que brindan la posibilidad de obtener información de la superficie terrestre con un amplio cubrimiento espacial y en algunos casos temporal. Los satélites capturan información de la cantidad de energía reflejada por la superficie de la tierra en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético (bandas espectrales). La información de cada banda espectral es almacenada por separado en un archivo de formato raster en el que se representa la superficie terrestre mediante una rejilla de celdas o píxeles con coordenadas geográficas; el conjunto de estos archivos es lo que se conoce como imagen de satélite. En las imágenes cada píxel almacena el valor de la energía (reflectancia) registrada en la zona correspondiente de la superficie terrestre (Figura 2).

Figura 2. Captura de la información en las imágenes de satélite ópticas.





GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

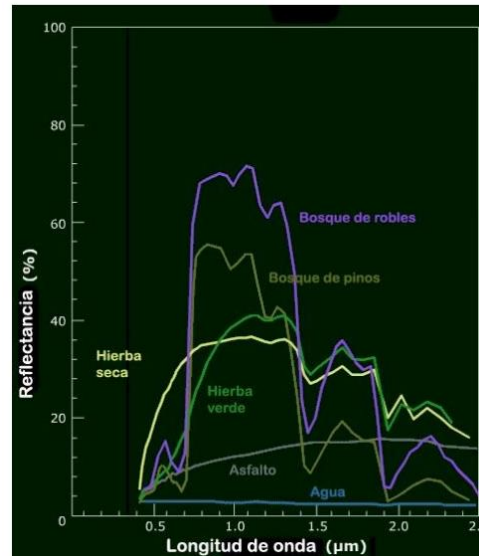
A. El sensor remoto (satélite) captura la energía reflejada en la superficie terrestre en diferentes longitudes de onda del espectro electromagnético o banda espectral. B. Una vez se reciben y procesan los datos registrados por el satélite, la información de cada banda espectral es almacenada por separado en un archivo de formato raster en el que se representa la superficie terrestre mediante una rejilla de celdas o píxeles con coordenadas geográficas; el conjunto de estos archivos conforma una imagen de satélite. En las imágenes, cada píxel almacena el valor de la energía (reflectancia) registrada en la parte correspondiente de la superficie terrestre.

Fuente: Tomado y adaptado de ESRI y Universidad de Toronto

<http://grindgis.com/>

Los objetos de la superficie de la tierra reflejan una cierta cantidad relativa de energía en cada longitud de onda de acuerdo con sus características físicas y químicas, de tal forma que existen patrones de respuestas o firmas espectrales que facilitan la identificación de las diferentes coberturas de la tierra, incluidos los bosques (Figura 3).

Figura 3. Firmas o respuesta espectral para diferentes elementos de la superficie de la tierra.



Cada elemento o cobertura de la tierra tiene un patrón diferencial de acuerdo con la cantidad de energía que refleja en cada longitud de onda o banda espectral, información que es almacenada en las imágenes de satélite. Los bosques presentan respuestas espectrales características que facilitan su identificación.

Fuente: Tomado de

http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material121/unidad1/firma_es.htm

Al comparar imágenes de satélite de diferentes fechas es posible detectar cambios en la respuesta espectral característica de los bosques que son originados por diferentes factores:



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

1. Cambios abruptos naturales o de origen antrópico que se pueden asociar a eventos de deforestación o regeneración.
2. Variaciones estacionales o cíclicas (e.g. época de lluvias y épocas secas) que afectan la fenología de las plantas y por ende la respuesta espectral en las imágenes.
3. Falsas detecciones de cambio debidas a errores geométricos, condiciones atmosféricas y efectos de nubes (Verbesselt, et al., 2010).

Para la operación estadística del monitoreo de la superficie de bosque natural, se requiere identificar únicamente aquellos cambios que corresponden a la ocurrencia de deforestación o regeneración y, por lo tanto, es necesario eliminar los otros tipos de variaciones. Para evitar las falsas detecciones causadas por errores geométricos y condiciones atmosféricas es necesario aplicar correcciones geométricas y radiométricas a las imágenes, así como eliminar las áreas de nubes. Respecto a las variaciones estacionales, la construcción de series de tiempo con imágenes tomadas a lo largo de todo el año permite diferenciar los cambios fenológicos estacionales de los eventos de deforestación o regeneración.

Selección de las imágenes de satélite para monitoreo de bosque

Si bien el número de satélites de observación que registran imágenes de la superficie de la Tierra se ha incrementado en las últimas décadas, es necesario seleccionar aquellos que por sus características permitan implementar y mantener un sistema de monitoreo para bosques, para lo cual se requiere:

- Escala adecuada: dependiendo de la escala cartográfica se deberán seleccionar imágenes con la resolución espacial adecuada correspondiente.
- Periodicidad: se requieren sistemas satelitales con periodos de revisita cortos y de los que se pueda adquirir el mayor número de imágenes



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

posibles a lo largo del año, de tal manera que sea posible construir series de tiempo que permitan diferenciar los cambios en la respuesta espectral debidos a los ciclos estacionales (fenológicos) de aquellos cambios que se asocian efectivamente a la deforestación o regeneración (Verbesselt et al., 2012). Así mismo, debido a la presencia de nubes, las series de tiempo con una mayor cantidad de imágenes mejora el cubrimiento del territorio al reducir las áreas sin información por nubosidad.

- Continuidad: se prefieren programas satelitales que garanticen en lo posible su continuidad a mediano y largo plazo, a través de la investigación y desarrollo para el mantenimiento de los satélites actuales y la puesta en órbita de nuevos satélites en el futuro.
- Disponibilidad de las imágenes: un sistema de monitoreo del bosque requiere contar con imágenes de satélite de manera fácil, oportuna y al menor costo.

Teniendo en cuenta las características de resolución espectral, espacial y temporal de las imágenes tomadas por los sensores del programa satelital LANDSAT, así como la disponibilidad de datos históricos, las facilidades para su adquisición y la política de toma continua y a largo plazo del programa satelital convierten a estas imágenes en el insumo principal y uno de los más adecuado actualmente para realizar el monitoreo de la superficie de bosque natural del país, de acuerdo a la escala geográfica definida.

El programa LANDSAT incluye una serie de satélites con sensores remotos a bordo que han adquirido imágenes de manera casi ininterrumpida desde 1972. Las plataformas satelitales que han tomado las imágenes de las últimas décadas son: LANDSAT 8 puesto en órbita en febrero de 2013 con el sensor Operational Land Imager - OLI, y el más reciente es el satélite LANDSAT 9, lanzado en el 2021. Todos con un periodo de revisita de 16 días.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Es importante destacar que, por la naturaleza de los datos producidos en el proceso estadístico y el fenómeno estudiado, actualmente no existen otras operaciones estadísticas en el Sistema Estadístico Nacional y en otra entidad de alcance nacional que produzcan información estadística parecida ni que satisfaga las necesidades identificadas alrededor del *monitoreo de la superficie de bosque natural*.

La principal característica de esta operación es que es única en su tipo, por ello la entidad productora es la única con disponibilidad de datos con este alcance temático.

Determinación de la fuente de datos

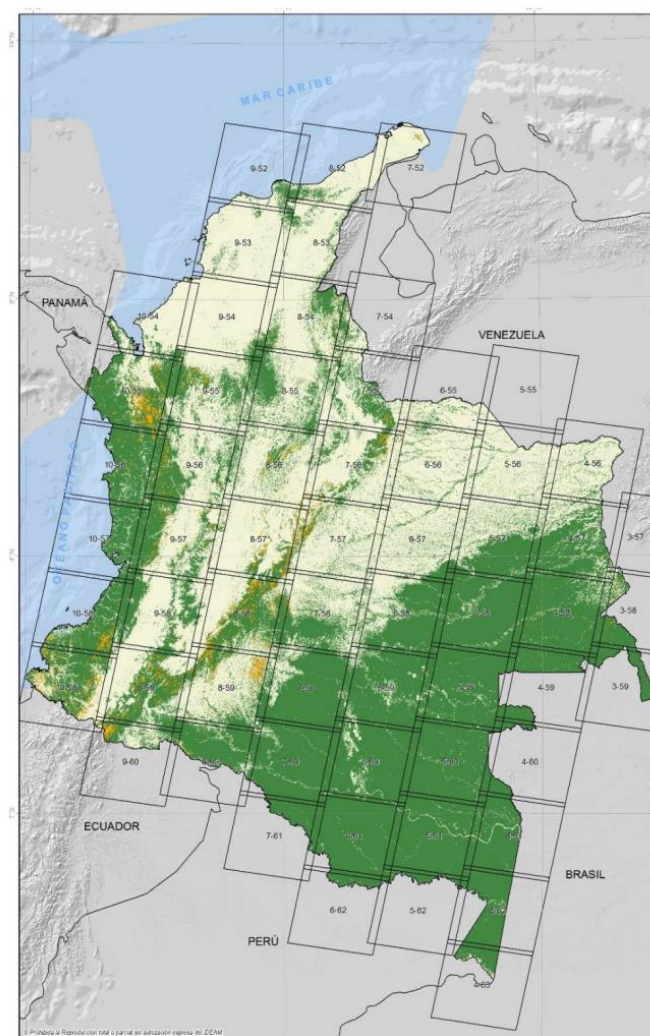
Los datos utilizados en la operación monitoreo de la superficie de bosque natural en Colombia provienen de un censo por imágenes de satélite, a través del cual se consolidan todas las unidades del marco estadístico.

La principal fuente de datos para obtener información de cada una de las unidades de observación son las imágenes obtenidas por los sensores Landsat OLI 8 y OLI 9, con un nivel de procesamiento L1 y L2. Las imágenes se obtienen del catálogo del USGS (<https://earthexplorer.usgs.gov/>) y se descargan los archivos digitales que se encuentran en formato raster.

Las imágenes se encuentran disponibles para descarga por escenas de acuerdo con una grilla definida específicamente para las imágenes LANDSAT, en las que cada unidad de la grilla corresponde a una escena numerada (Figura 4). Se descargan únicamente las escenas correspondientes a la superficie continental e insular de Colombia. Se emplean imágenes con fecha de toma entre el inicio y el final del periodo de análisis, que para el caso de los datos con periodicidad anual corresponde al 1 de enero y el 31 de diciembre. Las imágenes se

encuentran co-registradas entre sí garantizando que cada píxel corresponda año tras años a la misma unidad de observación.

Figura 4. Grilla de las imágenes LANDSAT con las escenas numeradas.



Las imágenes se encuentran disponibles para descarga por escena y se trabajan de esta forma durante el pre-procesamiento para la obtención del dato.

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

8 EXPLORACIÓN METODOLÓGICA

8.1 Aspectos básicos para el diseño estadístico

Tipo de operación estadística

La operación estadística “Monitoreo de la superficie de bosque natural” corresponde a un censo a partir de una fuente primaria.

a. Universo de estudio

La implementación de la operación de monitoreo de la superficie de bosque natural abarca la totalidad del territorio colombiano continental e insular de San Andrés y Providencia, que de acuerdo con el marco geoestadístico tiene un área de 114.064.555 ha.

b. Población objetivo

La población objetivo de la operación estadística corresponde a la totalidad del territorio colombiano continental e insular de San Andrés y Providencia.

c. Unidad de observación

Corresponde a cada uno de los pixeles de los 1.227'045.240 pixeles de 30,72 x 30,26 m en el sistema de proyección Magna SIRGAS, de los cuales se obtiene la información espectral de las imágenes de satélite para determinar si la unidad presenta una cobertura de bosque natural o no, o si presentó cambios.

d. Unidad de análisis



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

La unidad que se analiza y de la que se obtiene la información es el pixel, a partir de las cuales se sintetiza y presenta la información para la evaluación de la superficie de bosque natural y cambios en la superficie de bosque natural en Colombia.

e. Unidad de muestreo

No aplica para la operación estadística ya que ésta corresponde a un censo.

f. Cobertura geográfica

La implementación de la operación de monitoreo de la superficie de bosque natural permite presentar información de todo el territorio colombiano, continental e insular de San Andrés y Providencia.

g. Desagregación geográfica

Los resultados se generan en tres niveles de desagregación: i) Nacional, ii) departamental y iii) Jurisdicción de las Corporaciones autónomas regionales.

h. Desagregación temática

La información recolectada con la implementación de la operación monitoreo de la superficie de bosque natural en Colombia permite ofrecer información sobre la extensión, distribución y cambios de la superficie de bosque natural.

i. Periodo de referencia

Desde 2013 el monitoreo de la superficie del bosque se realiza anualmente, de manera que la información de la que se derivan los datos de la operación estadística corresponde a las imágenes de satélite tomadas entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del año de monitoreo. Es decir, para el año 2023 se completan diez periodos de monitoreo anuales.

j. Periodo de recolección



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Desde 2013 la recolección de los datos, procesamiento, análisis y difusión de los resultados de la operación estadística se lleva a cabo el siguiente año al del periodo de referencia, es decir que se realiza y reporta la información de cada año vencido. Sin embargo, en los últimos periodos el proceso de recolección está empezando desde el último trimestre del año anterior, y termina el año siguiente.

8.2 Método y técnicas de recolección y/o acopio de los datos

Los datos se recolectan mediante el procesamiento e interpretación de las imágenes de satélite Landsat, siguiendo los lineamientos del Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia. V2.0. Los procedimientos se resumen a continuación:

a. Esquema operativo

Empezando en enero de cada año, un conjunto de profesionales con experiencia en interpretación de coberturas de la tierra mediante el uso de imágenes de satélite se realiza en las instalaciones del IDEAM el proceso de descarga, preprocesamiento y procesamiento de las escenas de acuerdo con la asignación y los tiempos definidos por el coordinador y el control de calidad del proceso. Los archivos resultantes de cada una de las fases son almacenados por los intérpretes siguiendo una nomenclatura estandarizada que permite tener claridad del producto al que hace referencia, la fecha y la escena a la que corresponde; estos archivos son almacenados en un servidor del IDEAM siguiendo una estructura de carpetas definida para cada producto y un administrador de la estructura de datos realiza revisiones y copias de seguridad periódicas a esta información.

Cada uno de los productos, su nomenclatura y su estructuración es sometido a un proceso de control de calidad antes de seguir a la siguiente fase, y si es



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

necesario es ajustado por los intérpretes. Una vez finalizadas estas fases se realiza el proceso de evaluación de exactitud temática de los mapas generados.

Una vez ejecutados los procedimientos de control de calidad, la coordinación de PDI y Control de calidad generan los productos cartográficos finales y los indicadores de resultados, al igual que las versiones preliminares de publicación y presentación de resultados para ser evaluados por el Ministerio de Ambiente y el IDEAM. Durante todo el proceso hay una persona encargada de entrenar a nuevos intérpretes y un programador de software de manera transversal se encarga de mejorar y volver más eficiente cada uno de los procesos. (Tabla 5).

Tabla 5. Actores, procesos y roles del esquema operativo para la recolección de datos, análisis y resultados de la operación estadística del Monitoreo de la superficie de bosque natural.

Procesos / Roles	Actores											
	Coordinador PDI		Control de calidad		Intérpretes		Estructurador		Desarrollador		Capacitador	
	Interpretación/verificación	Mejoramiento de procesos	Interpretación/verificación	Mejoramiento de procesos	Interpretación/verificación	Mejoramiento de procesos	Interpretación/verificación	Mejoramiento de procesos	Interpretación/verificación	Mejoramiento de procesos	Interpretación/verificación	Mejoramiento de procesos
Selección y descarga de imágenes de satélite	R	R	R	R	E	R	A	A		E	A	A
Pre-procesamiento imágenes de satélite	R	R	R	R	E	R				E	A	A
Procesamiento para la detección de cambios	R	R	R	R	E	R				E	A	A
Control de calidad a los resultados generados por los intérpretes	R	R	E	E						E	A	A
Generación de productos e indicadores	E	E	E	E	A	A	A	A	A	A	A	A
Publicación y presentación oficial de los resultados	E		A		A		A					
Estructuración de la información	R	R	R	R	E	E	E	E		A		
Entrenamiento	R	R	A	A	A	A					E	E
	A Apoyo				R Responsabilidad				E Ejecución			

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Manejo de novedades operativas: La recolección de los datos de la operación estadística puede contemplar la ocurrencia de eventos que imposibiliten la obtención de imágenes, para esto se prevén acciones a seguir y controles a aplicar. Dichas causas, así como su evaluación y definición de controles, se definen con base en la GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO E-SGI-G-003 y se encuentran documentadas en el Formato matriz de riesgos E-SGI-F018 del IDEAM.

b. Métodos y mecanismos para la recolección

Los datos para determinar los cambios de bosque no bosque se derivan de la información espectral de las imágenes de satélite Landsat disponibles para cada periodo de referencia y que provienen de los sensores, 8OLI (2013) y 9OLI (2021 en adelante), así como los datos de Sentinel 2 (2016 en adelante) y datos Basemaps de imágenes Planet (2016 en adelante). Los procesos indicados se realizan para las imágenes disponibles en periodos que van desde el 1 de enero al 31 de diciembre de cada periodo de análisis. Esto se aplica a las imágenes del año respectivo. A continuación, se describe brevemente el procedimiento de recolección de la información:

Selección y descarga de imágenes

Para cada año de referencia, se descarga todo el catálogo de imágenes de los programas satelitales Landsat del 1 de enero al 31 de diciembre del periodo de análisis. Específicamente para el año de referencia 2023, se descargó todo el catálogo de imágenes de los programas satelitales Landsat (OLI 8 y OLI 9) del nivel L2 (superficie de reflectancia). De este conjunto, se seleccionaron todas aquellas imágenes con menos del 90 % de cobertura de nubes y con una



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

ventana temporal entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del año de referencia, y todas las imágenes del último trimestre del año. A este subconjunto de imágenes se les realizaron los procesos de enmascaramiento de nubes y sombras y de normalización radiométrica para generar los compuestos temporales anuales de imágenes, . Estos compuestos permiten optimizar la identificación de la superficie de bosque y sus cambios en el año de referencia. De tal manera, para el año de referencia 2023, para Colombia se descendieron 2766 imágenes Landsat 8 y Landsat 9 correspondientes al nivel L2 de la colección 2, de las cuales se enmascararon 2293 y las restantes se descartaron por porcentaje de nubes, todas estas se encuentran disponibles para descarga en el portal de la NASA (Earth Explorer) del USGS (United States Geological Survey o Servicio Geológico de Estados Unidos), así como en el servidor del IDEAM. Las imágenes de Landsat se descargan desde la proyección geográfica nativa de acuerdo con la plataforma de descarga Earth Explorer (<https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-data-user-handbooks>)

Para la generación de los mosaicos de Sentinel, sensores (Sentinel 2A y Sentinel 2B) se tienen en cuenta todas las imágenes con cobertura de nubes menor a 90% con una ventana temporal entre el 1 de enero y el 31 de diciembre del año de referencia- La generación del proceso de enmascaramiento y los compuestos de mediana y último píxel válido del periodo de interés se generan dentro de la plataforma de Google Earth Engine mediante un proceso automático

Adicional a estos conjuntos de datos, se aplica un procedimiento para complementar el análisis con otras plataformas satelitales como Planet Labs donde se utilizan los mosaicos mensuales del periodo de análisis a través de un servicio WMTS pago o que se obtiene a través de convenios interinstitucionales. Igualmente se hace uso de servicios MAXAR de imágenes ópticas de muy alta resolución y para algunas zonas del país, los datos de entrada se complementan con imágenes SAR de sentinel 1 para el mismo periodo calendario. En este caso el procesamiento se realiza en Google Earth Engine



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Pre-procesamiento

Esta etapa incluye el pre-procesamiento de las imágenes eliminando los píxeles de nubes y sombras y mejorando la calidad radiométrica para facilitar la identificación de los cambios de bosque, esto incluye los siguientes pasos:

1. Apilamiento de las bandas: una vez descargadas las imágenes, con el fin de tener más información y revisar zonas las cuales pudieron quedar sin información en el proceso de enmascaramiento por efecto de brumas y otros efectos atmosféricos, se reconstruyen mediante la unión de todas las bandas, descartando las que corresponden a la longitud de onda del infrarrojo térmico.

En el caso de Landsat 8 y 9 OLI, las capas de aerosoles y cirrus son también excluidas. Para el procesamiento y análisis de la detección de cambio, las bandas seleccionadas de las imágenes son extraídas y apiladas para cada una de las imágenes. Tanto para Landsat-8 como para Landsat 9 OLI, estas bandas corresponden a rojo, infrarrojo cercano (NIR, por sus siglas en inglés) y dos infrarrojos de onda corta. No obstante, para cada misión, estas corresponden a las siguientes bandas: para Landsat-8 y 9 OLI, se selecciona la banda 4 (rojo 0.636-0.673 nm), la banda 5 (infrarrojo cercano 0.851 -0.879 nm), la banda 6 (SWIR-1 1.566 -1.651 nm) y la banda 7 (SWIR2 2.107- 2.294 nm).

Para el caso de Sentinel 2 las bandas presentes en los mosaicos descargados corresponden a Banda 4 (Rojo, 665 nm), banda 8 (Infrarrojo cercano, 842 nm), banda 11 (Swir, infrarrojo medio, 1610 nm), banda 12 (infrarrojo lejano, 2190 nm).



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

En el caso de los mosaicos de planet las bandas utilizadas en los mosaicos corresponden a banda del Rojo (Útil para identificar vegetación y cambios en la superficie), Verde (Importante para la vegetación y la salud de las plantas) y Azul (Utilizado para estudios costeros y la detección de sedimentos).

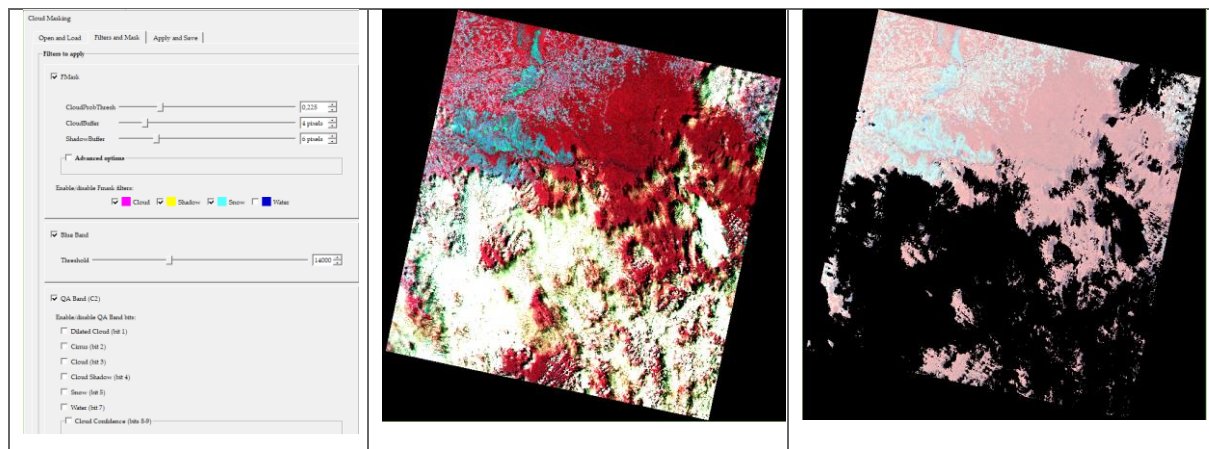
Las imágenes descargadas y apiladas se almacenan en directorios internos del IDEAM que fueron establecidos en la estructura de datos, la nomenclatura de las diferentes imágenes se desarrolla a través de los scripts de Python específicos para cada una de estas, dichos scripts se encuentran disponibles en la página de algoritmos del SMByC <https://github.com/SMByC>

2. Corrección geométrica: para la construcción de los compuestos anuales de imágenes, se requiere tener un corregistro exacto en píxeles entre todas las imágenes descargadas para cada escena. Los productos suministrados por el Earth Resources Observation and Science Center (EROS) de la colección 2 tienen una correspondencia exacta de los píxeles para más del 90% de los píxeles a nivel mundial. Por esto, antes de la interpretación se revisa cada imagen y se realiza la corrección geométrica únicamente para las imágenes que se encuentren con un desplazamiento sistemático, es decir, que estén desplazadas en alguno de los ejes o en ambos, pero de igual forma en toda la imagen se ajustan aquellas que no cumplan esta condición. Para facilitar este proceso, se ha desarrollado un algoritmo para QGIS, disponible en <https://github.com/SMByC/Coregistration-Qgis-processing>. El control de calidad revisa **sistemáticamente** el co-rregistro a nivel de pixel para las escenas procesadas.

3. Enmascaramiento de nubes y sombras: el proceso de enmascaramiento elimina las áreas de nubes, sombras o bruma presentes en las imágenes de satélite, mediante la implementación de un procedimiento semiautomatizado diseñado por el SMByC, el cual cuenta con herramientas para agrupar los valores

digitales de las nubes y las sombras, y así formar una máscara. La figura 5 representa un ejemplo de una imagen enmascarada.

Figura 5. Plug-in Cloud Masking, enmascaramiento de nubes y sombras de nubes.



Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural. Imagen del 3 de febrero de 2023.

Para su implementación, el SMBYC desarrolló un plugin denominado Cloud Masking, que funciona en el software QGIS e implementa una serie de filtros de enmascaramiento utilizados por el SMBYC del IDEAM (<https://github.com/SMBYC/CloudMasking>).

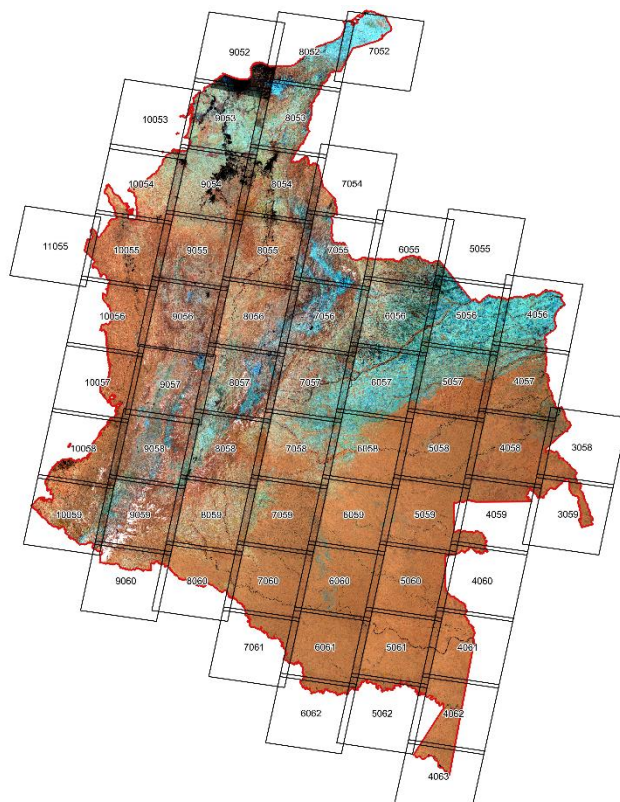
Las imágenes enmascaradas se someten a un proceso de control de calidad aplicando diferentes métricas estadísticas, diseñadas para dar resultados de muy alta calidad. Para este proceso, se utilizan los mosaicos de mínimo valor, máximo valor, cantidad de fechas utilizadas y el último pixel del día Juliano.

Para construir los compuestos primero se aplica un algoritmo donde se renombran las imágenes de cada escena principalmente para identificar las fechas en las métricas que lo requieran dentro del procesamiento. Estos

procedimientos se desarrollan a través de los scripts de Python específicos que se encuentran disponibles en la página del SMyC (<https://github.com/SMyC>).

La figura 6 presenta la métrica del mínimo estadístico para cada píxel en 2023, que incluye todas las imágenes enmascaradas y revisadas por el proceso de control de calidad. Con esta métrica se identifican errores en el enmascaramiento de sombras que requieren de un mejor detalle en cada una de las escenas. El círculo rojo representa un ejemplo de una zona que requiere de ajustes, ya que aún tiene sombras que deben enmascararse. Los comentarios sobre los ajustes se envían a los intérpretes para ajuste y revisión.

Figura 6. Mosaico de mínimo estadístico del año 2023.

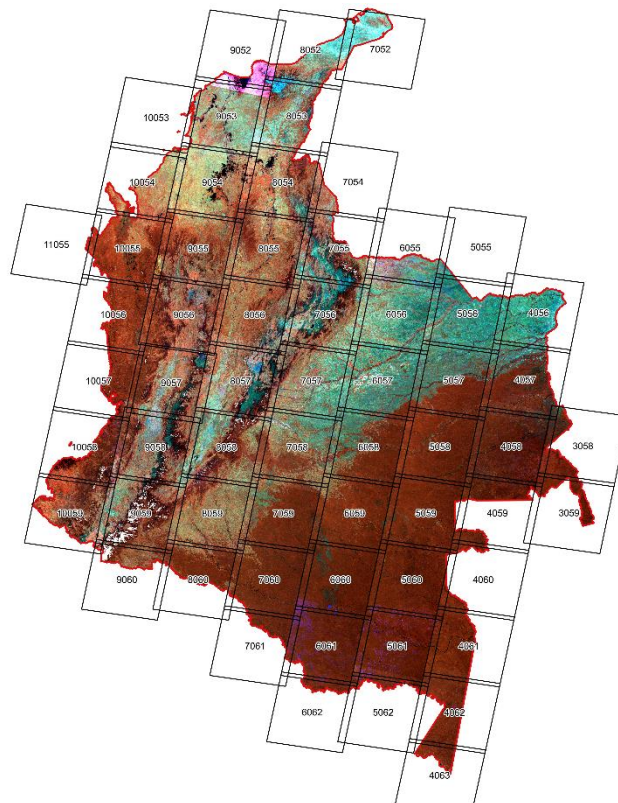


Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

Adicionalmente, el control de calidad también evalúa las imágenes enmascaradas con otra métrica denominada máximo estadístico. Con esta métrica se determina si hay errores en el enmascaramiento de las nubes.

La figura 7 muestra un mosaico de máximo estadístico para el año 2023. El óvalo rojo representa un ejemplo de una zona que requiere de ajustes, ya que aún tiene nubes por enmascarar.

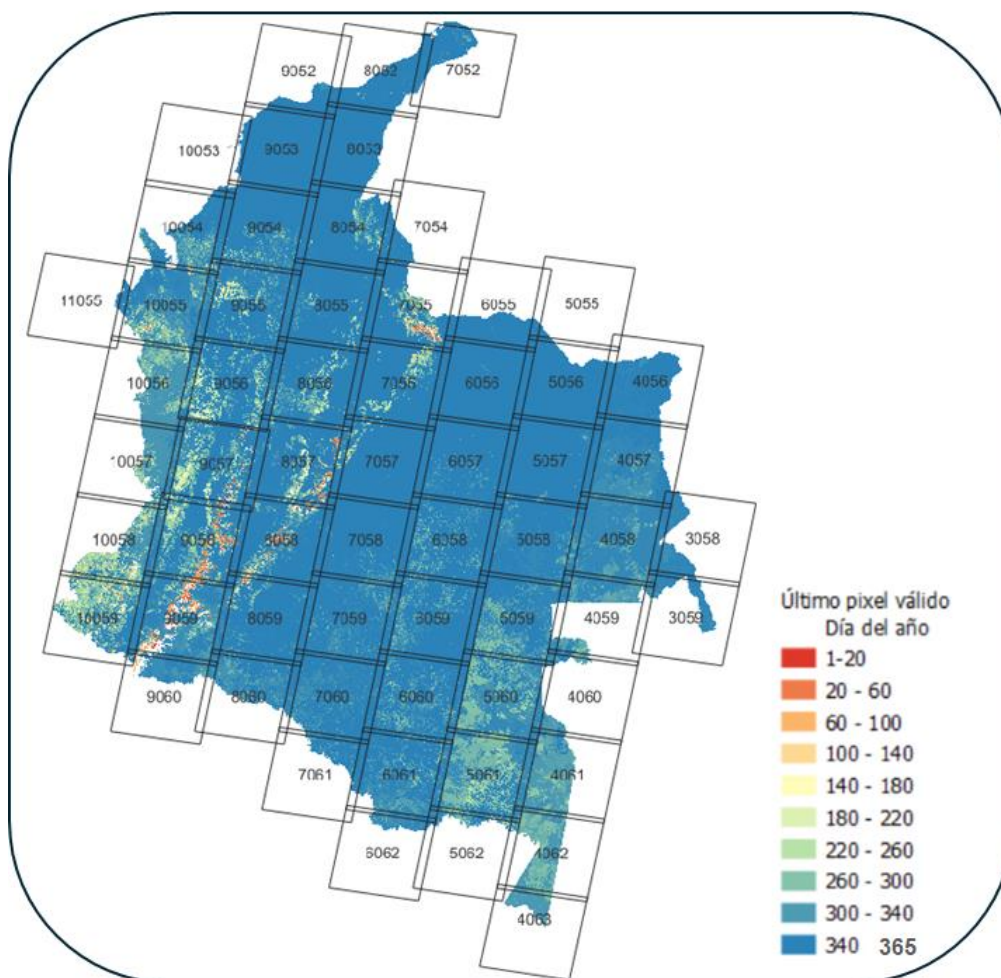
Figura 7. Mosaico de máximo estadístico del año 2023.



Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

Es prioritario realizar una revisión más detallada a las imágenes utilizadas en el último trimestre del año y para ello se utiliza la métrica del pixel válido de la última fecha registrada, la cual indica, según la escala de valores, a qué día del año corresponde un determinado pixel. Esta métrica se denomina jday-last-pixel. Para aquellas áreas donde no se cuenta con datos de Landsat para el último mes o trimestre del año, se prioriza el uso de imágenes Sentinel 2 o de Planetlabs. (Ver figura 8).

Figura 8. Mosaico de jday-last-pixel de 2023. Imágenes Landsat.





GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

4. Normalización radiométrica: una vez enmascaradas las imágenes, se realiza un proceso de normalización radiométrica relativa, en el cual se ajustan los valores radiométricos de forma que se reduzca la variabilidad entre las imágenes, debida a diferencias atmosféricas, de iluminación, calibración del sensor, distorsiones geométricas, entre otras, permitiendo así que las imágenes de los diferentes años sean comparables entre sí y los cambios detectados no se deban a este tipo de factores (Olthof et al., 2005; Potapov et al., 2012). La normalización radiométrica se hace para homogeneizar los valores de las imágenes de reflectancia en cada una de las cuatro bandas trabajadas.

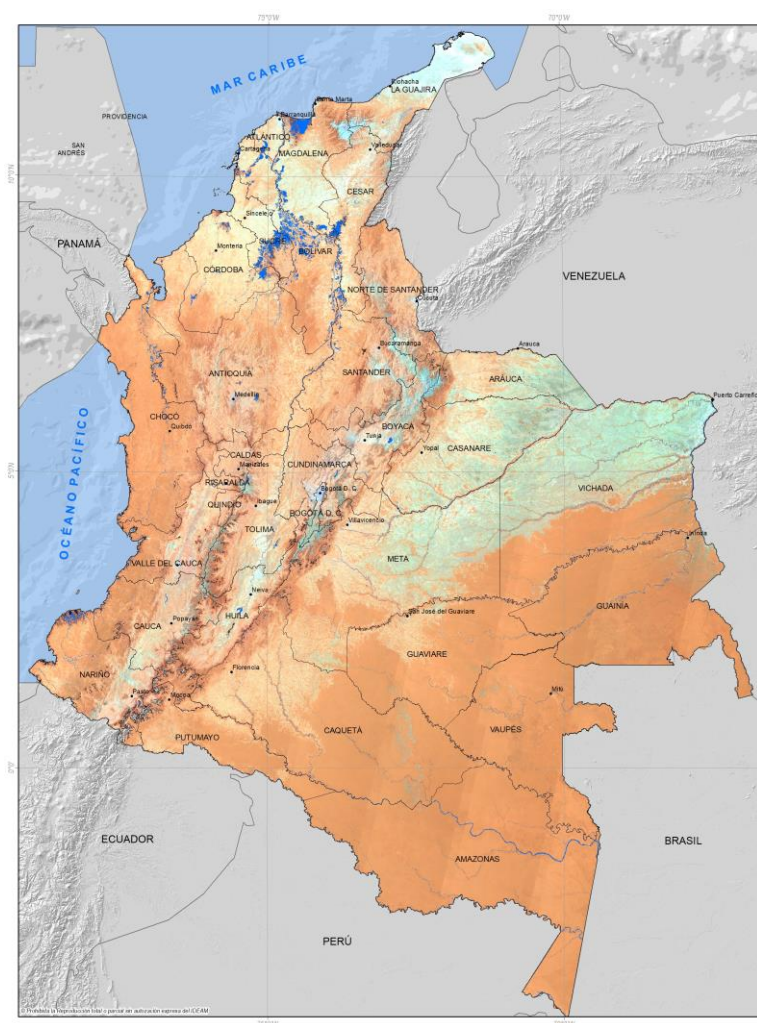
Para ejecutar este procedimiento, se ha desarrollado un algoritmo en Python denominado ArrNorm este se puede encontrar en <https://github.com/SMBByC/ArrNorm-Qgis-processing> este algoritmo reduce las diferencias entre la base y cada una de las 2266 imágenes de 2023, con el objetivo de efectuar una normalización relativa y automática de todas las imágenes, apoyada en la propiedad de invariabilidad de la transformación de detección de alteración multivariante (MAD) y la regresión lineal ortogonal (Canty y Nielsen, 2007).

5. Generación de métricas estadísticas: para la generación de las métricas estadísticas se toma como base las imágenes anuales normalizadas de la colección 2 Landsat 8 y 9 y con ellas se genera la métrica geo-estadística de tendencia central conocida como mosaico de mediana, así como la métrica denominada mosaico de último pixel válido (Last-pixel).

El proceso de las métricas estadísticas se realiza empleando todas las imágenes disponibles para Colombia del año calendario correspondiente al año de reporte,

con esto se implementa un procedimiento en el cual, para cada unidad de observación (píxel) se tiene una serie de tiempo anual con todos los datos de superficie de reflectancia válidos para ese año. De esta forma, para cada unidad de observación se obtiene un único valor radiométrico de superficie de reflectancia anual en cada una de las bandas radiométricas utilizadas (Rojo, NIR y SWIR-1 y SWIR-2). Ver figura 9.

Figura 9. Mosaico de Mediana estadística del año 2023.



Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Para ejecutar este procedimiento, se ha desarrollado un algoritmo en Python que corre en la plataforma Q GIS: <https://github.com/SMBByC/StackComposed-Qgis-processing>.

La métrica de Last-pixel complementa los cambios encontrados con la mediana, al facilitar la identificación de cambios al final de cada periodo. Otros insumos, los cuales complementan la identificación de los cambios, son la métrica de la mediana y del último píxel de Sentinel 2 para cada periodo, imágenes y compuestos Planet Labs y, en algunas ocasiones, Worldview, así como capas de guía conocidas, tales como Google Earth, Bing y Esri, al igual que información secundaria de plantaciones forestales, cultivos de palma o de aprovechamiento forestal, entre otras.

8.3 Instrumento de recolección apropiado

Si bien la operación estadística no precisa del diseño de cuestionario, se han diseñado otros instrumentos necesarios para el proceso de recolección de los datos y su control:

- ***Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia. V2.0:*** describe las bases generales del pre-procesamiento y procesamiento digital de las imágenes de satélite para obtener los datos del monitoreo de la superficie del bosque.
- ***Flujo de procesos:*** esquema detallado de cada uno de los pasos del pre-procesamiento y procesamiento de las imágenes de satélite, crítica y controles necesarios para generar la información de superficie y cambio



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

de la superficie de bosque, el cual sirve de guía a los intérpretes para aplicar cada uno de los procesos y determinar la forma como se debe entregar la información geográfica generada en cada etapa del proceso. De ser necesario, este esquema se actualiza cuando se presente alguna variación en el proceso. El protocolo se encuentra disponible para consulta en: [Publicaciones - Google Drive](#)

- **Formato de registro e inventario de las imágenes adquiridas y del pre-procesamiento aplicado:** tabla en la que se registran cada una de las imágenes de satélite adquiridas donde los intérpretes registran los procesos de preparación (pre-procesamiento) aplicados a cada una. En la tabla se especifica cuáles son empleadas para generar los datos y cuáles se descartan por deficiencias en la calidad radiométrica, espacial o por excesiva nubosidad; así mismo, este registro permite verificar que se han descargado imágenes con fechas de toma distribuidas a lo largo del año. Igualmente, en la tabla se indica al intérprete el nombre que se debe asignar a cada uno de los archivos generados durante el pre-procesamiento.
- **Formato de control de pre-procesos:** tabla en la que se registran los procesos aplicados previamente a las imágenes en las escenas asignadas para la generación de los mosaicos nacionales.
- **Formato de control de procesos de calidad:** tabla interna de trabajo en la que el profesional de control de calidad registra los resultados del proceso de validación aplicado a los productos de cambio de bosque entregados por los intérpretes. En esta tabla se registran los resultados del proceso de control de calidad del producto de cambio de bosque, de



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

tal manera que el intérprete sabe si el producto fue aceptado o se deben realizar ajustes

8.4 Métodos, estrategias e instrumentos propuestos para el procesamiento y análisis.

Es importante destacar que la operación estadística maneja datos no estructurados; por lo tanto, existe una estructura de datos que contienen las imágenes descargadas, procesadas y analizadas. Esta estructura de datos se encuentra en una carpeta de trabajo salvaguardada en los servidores informáticos destinados para la operación estadística. Además, existe un proceso de control de calidad para todas las imágenes; donde a través de tres formatos (Formato inventario de imágenes adquiridas y preprocesamiento, Formato de control de procesos y Formato de procesos de control de calidad), se realiza el seguimiento y control al manejo de todas las imágenes descargadas, procesadas y analizadas. Para estos tres formatos, existe un “diccionario de datos” en el cual se describen cada una de las variables o campos utilizados.

Procesamiento Digital de Imágenes de Satélite

Para el procesamiento de los datos primero se realiza la detección automatizada de cambios en la superficie de bosque usando principalmente el algoritmo de Análisis de Componentes Principales (PCA), teniendo como insumos las medianas y los compuestos de última imagen de cada año. Luego se hace verificación visual de los cambios detectados, control de calidad del proceso y reporte de los datos de actividad. Para la detección de los cambios en la superficie boscosa, la operación estadística utiliza varios insumos.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Detección del cambio de cobertura de bosque

Se realiza comparando las cuatro bandas de los compuestos de la mediana de Landsat del año de interés con la mediana de Landsat del año anterior, identificando cambios en los valores de la superficie de reflectancia de cada unidad de observación que puedan corresponder a un cambio asociado con una pérdida o ganancia de bosque (para los periodos de más de un año se compara el año inicial con el final).

Las Imágenes sentinel 2 (ópticas) se utilizan como insumo complementario a las Landsat, ya que esta fuente de datos está disponible desde 2016. Todas las imágenes anuales se les realiza un procesamiento equivalente al que se realiza con datos Landsat para generar mosaicos anuales de 30 m de resolución y con el mismo co-registro a los mosaicos Landsat. A diferencia del proceso con las imágenes Landsat, todo este proceso se realiza desde la plataforma Google Earth Engine.

Las imágenes Planet dentro de la operación estadística también son una fuente complementaria a los sensores de Landsat. En la operación estadística se utilizan los mosaicos mensuales a través de un servicio WMTS, y su utilización se realiza de manera visual tanto en el proceso de edición de los datos como en la verificación y evaluación de la exactitud temática.

Para identificar el cambio de cobertura de bosque, se utiliza un método directo y automatizado, aplicando el análisis de componentes principales (PCA)³ sobre la matriz de correlación de los valores de los píxeles del compuesto temporal de medianas⁴ generado en el último paso de la recolección, para luego realizar una reclasificación de los valores de los píxeles⁵ al valor de la clase correspondiente. La leyenda y los valores asignados en la reclasificación para cada clase son:

1. Bosque Estable
2. No Bosque Estable



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

3. Deforestación

4. Regeneración

5. Sin información (corresponde a los datos enmascarados debido a la ocurrencia de nubes y sombras de nube durante todo el periodo).

Para ejecutar este procedimiento, se ha desarrollado un plugin en el software Q GIS: <https://github.com/SMByC/PCA4CD>

Para ajustar las áreas sin información detectadas para cada periodo de reporte, se aplica un análisis de series de tiempo, con el cual se verifica la consistencia temporal. Para este proceso, se tiene en cuenta la información del más reciente periodo de reporte, y con esta se ajustan las áreas sin información retrospectivamente para los otros periodos de reporte.

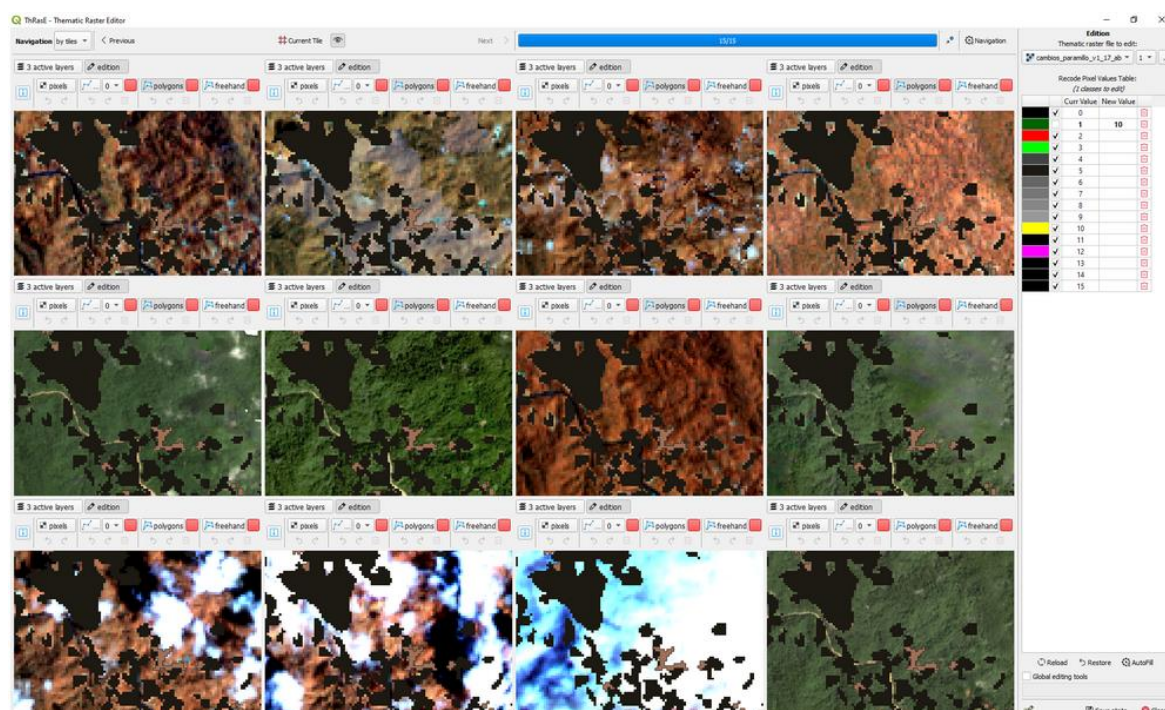
Verificación visual de los cambios detectados por parte del intérprete

A través del conocimiento de expertos se hace la verificación visual directa de los cambios sobre los mosaicos con el fin de establecer cuáles de dichos cambios corresponden a deforestación, eliminando los que no corresponden. Para ejecutar este procedimiento, se desarrolló un algoritmo en Python que corre en un plugin de la plataforma Q GIS denominado ThRasE: <https://github.com/SMByC/ThRasE>. Este software cuenta con una diversidad de ventanas y herramientas que facilitan la edición de los datos ráster temáticos, además, se pueden utilizar todos los insumos mencionados anteriormente de manera interactiva. La figura 10 representa un ejemplo de edición de cambios por deforestación en la zona de Paramillo.

La métrica de Last-pixel complementa los cambios encontrados con la mediana al facilitar la identificación de cambios al final de cada periodo. Otros insumos, los cuales complementan la identificación de los cambios son la métrica de la

mediana y del último píxel de sentinel 2 para cada periodo, imágenes y compuestos Planet y en algunas ocasiones Worldview, así como capas de guía conocidas tales como Google Earth, Bing y Esri, al igual que información secundaria de plantaciones forestales, cultivos de palma o de aprovechamiento forestal, entre otras.

Figura 10. Edición cambios por deforestación zona de Paramillo año 2023



Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

Control de calidad y ajustes durante el proceso

Se implementa un estricto proceso de control de calidad que implica el seguimiento de todos los procedimientos ejecutados, desde la descarga de las



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

imágenes de satélite y los productos intermedios hasta los resultados del mapa de cambio de bosque y el mapa de superficie de bosque. Además, se ha consolidado un conjunto de herramientas para garantizar la calidad, completitud y consistencia de los datos, a través de un script de Python ejecutado en QGIS© para producir los informes de control de calidad de cada escena.

Construcción de los mapas finales

Una vez cada intérprete termina el proceso de verificación y clasificación del mapa de detección de cambios de bosque/no bosque, la parte que interpretó es sometida a otro proceso de crítica y verificación por parte de intérpretes diferentes denominado como validación cruzada el cual consiste en ajustar de manera muy detallada los polígonos determinados como deforestación y también como revisión de posibles polígonos faltantes o que estén mal determinados como deforestación (este proceso lo realiza un intérprete diferente al asignado inicialmente en cada una de las zonas de trabajo para ajustar y pulir el área de cada uno de los cambios), en este proceso el control de calidad organiza un muestreo aleatorio de puntos de control donde se revisa como mínimo el 33% de los polígonos ajustados por cada intérprete, y generando una matriz de confusión para establecer el nivel de exactitud temática alcanzado en este nuevo ajuste, si dentro del ajuste no se cumple con el porcentaje mínimo de exactitud la capa se devuelve al intérprete para una última revisión hasta obtener una versión final satisfactoria de acuerdo con control de calidad.

Las versiones finales de cada zona son integradas en un único mapa de cambio de bosque que cubre la superficie continental e insular de San Andrés y Providencia. El mapa final se encuentra con el Sistema de Proyección oficial de Colombia MAGNA SIRGAS con origen Bogotá (EPSG: 3116)

Diseño de métodos y mecanismos para control de calidad



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

El proceso de control de calidad implica el seguimiento de todas las actividades de ejecución, desde la descarga de las imágenes de satélite, los productos intermedios (pre- procesamiento y procesamiento de las imágenes), hasta los resultados finales del Mapa de cambio de bosque y Mapa de cobertura de bosque no bosque, a partir de los cuales se generan los datos de las variables Cambio de la cobertura de bosque y Cobertura de bosque. El SMByC ha consolidado un conjunto de herramientas para garantizar la calidad, completitud y consistencia de los datos.

A continuación, se describe este proceso:

a. Control de calidad en las fases de descarga de las imágenes y pre-procesamiento: el seguimiento de estas fases de recolección de los datos se realiza apoyándose en el Formato de Inventario de imágenes (<https://shorturl.at/Ncn5u>) Al 50% de las imágenes se le realiza una reconstrucción a partir de su estructura en la base de datos; proceso en que se revisa su adecuado almacenamiento, estructura y pre-procesamiento.

La descarga y pre-procesamiento de las imágenes son asignadas a los intérpretes por escenas Cada interprete tiene asignado un tiempo para realizar las tareas en descarga y preprocesamiento o procesamiento y los resultados parciales se suben a una carpeta lo que permite monitorear constantemente el avance de todo el proceso, y, si es el caso, detectar las tareas que requieren más tiempo del estimado o para tomar las medidas necesarias para generar el resultado oportunamente.

A medida que el intérprete reporta la descarga y la generación de cada uno de los productos intermedios, se llevan a cabo los procesos de revisión por parte del profesional de control de calidad a través de un formato llamado control de pre-procesos (<https://shorturl.at/zDELs>), de acuerdo con las reglas de



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

validación establecidas para cada etapa o fase²; en caso de presentarse inconsistencias o errores, el intérprete realiza los ajustes necesarios hasta cumplir con los requerimientos de calidad. Durante este proceso y de acuerdo con las reglas de validación se garantiza que:

- Los datos anuales incluyan todas las imágenes que y cumplan con los criterios de nubosidad y que estas estén distribuidas a lo largo de todo el año con el fin de contar con información sobre variaciones estacionales asociadas a fenología.
- Se incluye la descarga y un adecuado pre-procesamiento y almacenamiento a a todas las imágenes de los últimos tres meses del año, de tal manera que puedan detectarse llos cambios ocurridos hasta final del año de monitoreo.
- Los productos intermedios se generen con la estructura y formatos definidos para el proceso, condiciones que son requeridas para aplicar los algoritmos de pre-procesamiento y para que no se presenten errores al construir el compuesto de la mediana (y de otras estadísticas o métricas) de todo el país.
- Exista una concordancia (co-registro) entre las unidades de observación de marco censal y los pixeles de las imágenes de satélite, de manera que sean consistentes y comparables en cada nueva fecha de monitoreo. Esta revisión se realiza para el 70% del marco censal y para cada escena.
- Se identifican y se eliminan las unidades de observación sin información por la presencia de bruma, sombras y bandeamientos (gaps), lo que mejora los resultados iniciales de las detecciones de cambio al disminuir las detecciones de cambios en la respuesta espectral que corresponden a factores atmosféricos.

² Para mayor especificidad, se puede consultar el documento metodológico de la operación estadística, donde se explican las reglas de validación y consistencia.



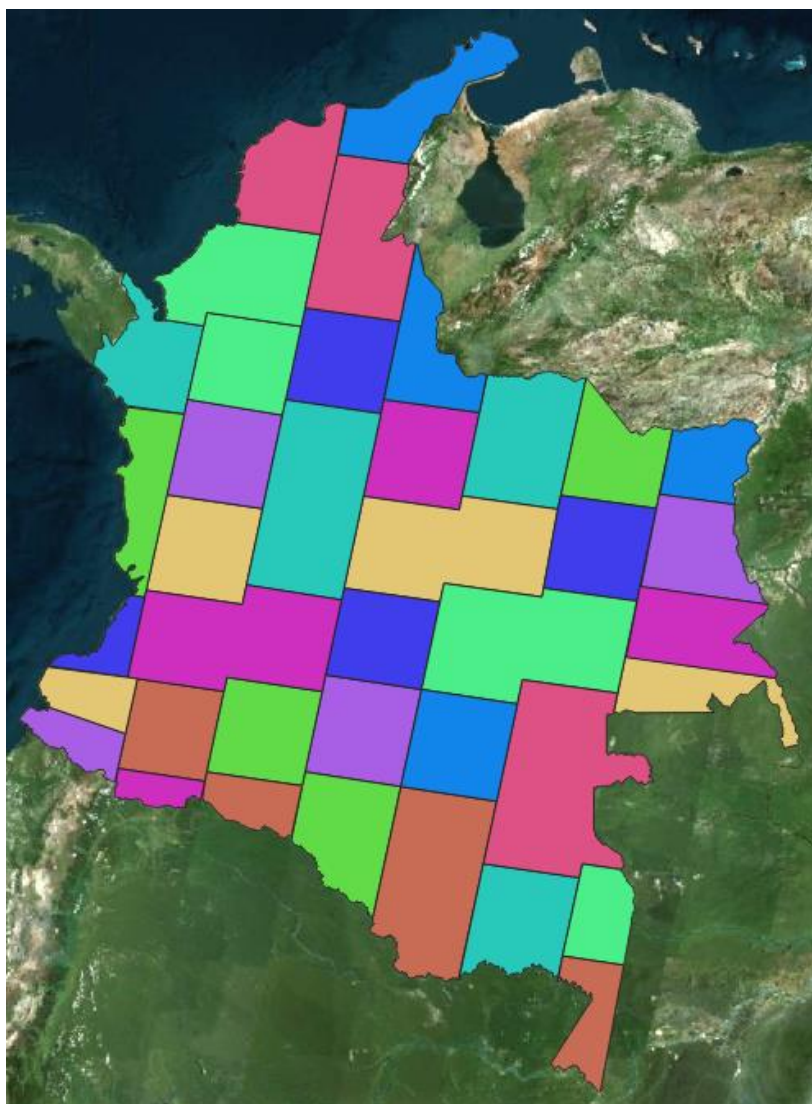
GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Cuando cada una de las escenas es revisada y aprobada, se construye el compuesto de la mediana y de las demás métricas o estadísticas para todo el país (Figura 6 y 7). Este compuesto también es revisado de acuerdo con las reglas de validación establecidas.

b. Control de calidad en la fase de Procesamiento: para el procesamiento, la asignación de la interpretación de los cambios por deforestación se realiza por zonas las cuales pueden contener más de una escena (Figura 11), para esta asignación también se considera el nivel de dificultad de cada zona, procurando tener una asignación balanceada para todos los intérpretes.

Figura 11. Asignación de zonas de interpretación de cambios por deforestación, cada color se relaciona a uno de los intérpretes.



Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

El seguimiento de los avances de esta etapa se realiza a través del Formato de control de procesos (<https://shorturl.at/zARwA>), en el que los intérpretes indican los avances en la generación de productos intermedios (capas de análisis de componentes principales y versiones del mapa de cambio de bosque) de acuerdo a las fechas establecidas. En este mismo formato, el profesional de control de calidad indica a los intérpretes los resultados y observaciones de la revisión de los mapas de cambio de bosque por escena. De acuerdo con la



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

metodología de recolección de datos, luego de que el intérprete realiza una crítica y validación con criterio de experto de los resultados del análisis de componentes principales mediante verificación con la fuente (“revisita” a las imágenes de satélite), se genera una primera versión del mapa de cambio de bosque para cada escena, mapa que es revisado de acuerdo con las reglas de validación y al cual se le aplica un proceso de control de calidad temática por escena.

Control de calidad temático del mapa de cambio de bosque por zona:

Este es un proceso iterativo de revisión y ajuste que se ejecuta hasta obtener un producto final satisfactorio. Se revisa a nivel de zona, de manera que cada versión del Mapa de Cambio entregada por el intérprete es evaluada, generando reportes gráficos y estadísticos de la exactitud temática del producto entregado, reportes que se registran en el Formato de procesos de control de calidad. Para la verificación del Mapa se realizan los siguientes pasos:

- I. Muestreo aleatorio estratificado por las clases del mapa de cambio inicial y del mapa de riesgo de deforestación y de error en la clasificación de deforestación. Este mapa de riesgo utilizado en el proceso de control de calidad se genera estableciendo áreas de alto y bajo riesgo de deforestación de acuerdo con la deforestación de los últimos 5 años anteriores al periodo de análisis. Con esta post-estratificación se busca que en el área de alto riesgo se concentren la mayoría de los puntos del muestreo como una zona prioritaria de evaluación. Para el año 2023, esta zona de alto *riesgo de deforestación* se generó a partir de la deforestación de los cinco años anteriores al periodo 2023, es decir desde 2018 a 2022 e incluyó un buffer de 3 km alrededor de todos estos polígonos. Adicionalmente, a este estrato definido como de alto riesgo se incluyeron las áreas de



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

los buffers de 3 kms alrededor los puntos de error de los muestreos implementados para las evaluaciones de la exactitud temática de los mapas nacionales de cambio de la cobertura de bosque natural desde 2015 hasta 2018. La figura 12 representa la zona de alto riesgo de deforestación a nivel nacional para el año 2023. Las áreas de riesgo bajo de deforestación son todas las otras por fuera de este estrato y dentro del marco geoestadístico nacional.

El muestreo aleatorio esta estratificado por las clases del mapa de cambio (Bosque estable, Deforestación y No bosque Estable y por los estratos de riesgo (Riesgo alto y riesgo bajo) de tal manera que cada mapa de cambio está estratificado en las siguientes seis clases:

- Bosque estable en zona de Alto riesgo de Deforestación
- Bosque estable en zona de bajo riesgo de Deforestación
- No Bosque Estable en zona de Alto riesgo de Deforestación
- No Bosque estable en zona de bajo riesgo de Deforestación
- Deforestación en zona de Alto riesgo de Deforestación
- Deforestación en zona de bajo riesgo de Deforestación

II. El tamaño de la muestra tiene un error estándar esperado general de clasificación que varía entre 0.013 y 0.025, asignando el número de puntos para cada clase de acuerdo con su área en el mapa de clasificación inicial y ampliado este número de puntos de muestreo para las tres clases de cambio. Sin observar el resultado del intérprete, cada uno de estos puntos del muestreo es clasificado por el control de calidad, empleando todos los insumos satelitales disponibles tal como los compuestos de mediana, última fecha, y mediana del último trimestre, entre otros.

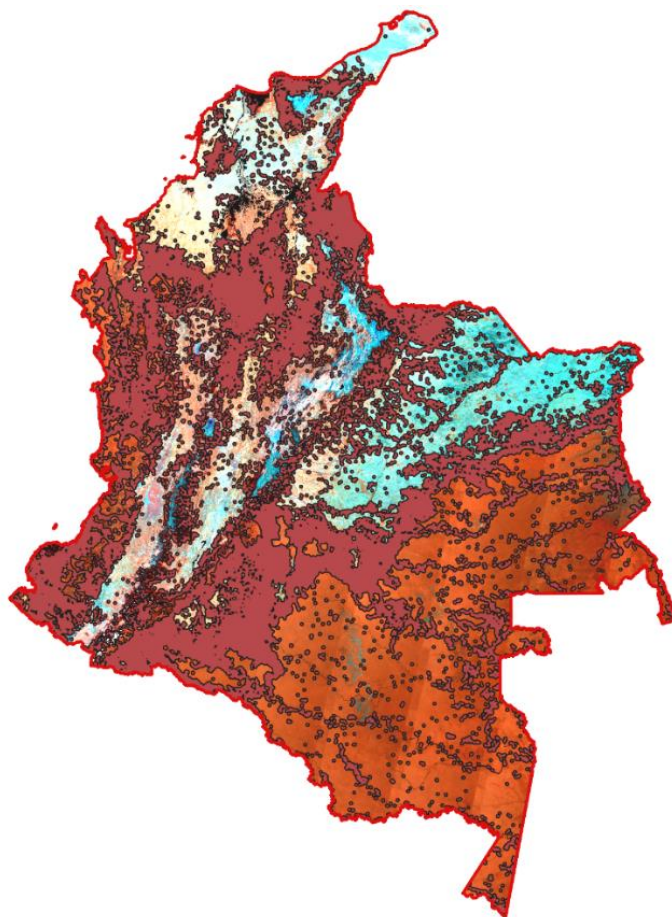


GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

- III. Con este resultado se construye una matriz de confusión o matriz de error en la que se registran las coincidencias y discrepancias entre las clases asignadas por el intérprete y por el control de calidad para cada punto. La Tabla 6 ejemplifica el muestreo clasificado en una zona de alto riesgo.
- IV. A partir de este resultado y siguiendo la propuesta de Olofsson et al. (2013, 2014), se calculan los porcentajes de exactitud total del mapa observado, exactitud de productor y exactitud de usuario de las clases de cambio.

Figura 12. Zona de alto riesgo de deforestación año 2023. (Color marrón)



Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

Tabla 6. Ejemplo de una matriz de error a partir de los resultados de interpretación de 1276 puntos para tres clases del mapa de cambio de bosque.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Clases	Validado por control de calidad (clase de referencia)				
Clase del mapa de cambio intérprete		BE	DEF	NBE	Total
	BE	20	0	0	20
	DEF	0	195	5	200
	NBE	3	0	53	56
	Total	23	195	58	276
Exactitud promedio total 98.7%					
Exactitud de usuario clase deforestación 100%					
Exactitud de productor clase deforestación 97.5%					

Bosque estable (BE), Deforestación (D) y No bosque estable (NEB). La diagonal corresponde a las clasificaciones coincidentes, mientras que las demás a las discrepancias. Abajo se presentan los resultados correspondientes para los tres indicadores definidos.

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

La exactitud temática a nivel cartográfico es definida como el grado en el cual el mapa producido concuerda con la referencia usada para la clasificación. El mapa de cambio de bosque es aceptado si presenta una exactitud de productor del 100% y del usuario del 95% y/o menos de tres errores de comisión para la clase de deforestación. Si los porcentajes de exactitud son inferiores, el intérprete revisa y ajusta nuevamente la capa, entregando una nueva versión de esta que pasa por el mismo proceso de control de calidad hasta cumplir con los criterios de calidad.

En el ejemplo de la Tabla 6 no se cumpliría con estos valores mínimos y el producto debería ser revisado ya que, aunque el umbral se encuentra por encima del 95 % hay más de tres puntos que se encuentran como comisión.

Adicionalmente control de calidad realiza una revisión general de cada una de las zonas de interpretación para identificar posibles omisiones o comisiones que no han salido el muestreo y que se deben corregir.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Finalmente, en aras de reducir el sesgo del resultado por el criterio del intérprete, se implementa un ejercicio de validación cruzada en el que la escena es revisada por un intérprete diferente al que la procesó, identificando inconsistencias tanto en las clases de cambio como en las clases estables. Los errores reportados en este ejercicio son validados por el encargado del control de calidad antes de realizar el ajuste definitivo.

c. Control de calidad del Mapa de cambio de bosque nacional: mediante la unión de los Mapas de cambio de bosque de cada zona aprobados en el proceso de control de calidad se construye el Mapa nacional de cambio de bosque. El mapa nacional es sometido a reglas de validación y ajuste:

- **Completitud del marco censal definido:** De acuerdo con las reglas de validación se verifica que el 100% de las unidades de observación estén incluidas en el mapa.
- **Área mínima de 1 ha:** La definición de bosque adoptada por el SMByC incluye el criterio de área mínima de 1 ha y, acorde con ello, se define esta área como la mínima cartografiable para todo el mapa. De esta forma, cualquier combinación de píxeles contiguos de la misma clase o categoría (laterales o diagonales) que en conjunto ocupen una superficie menor a 1 ha, se consideran inconsistentes y deberán ser recodificados. Esta recodificación se realiza mediante una técnica de imputación de vecindad.
- **Ajuste de consistencia de la serie histórica:** La operación estadística hace parte de un sistema de monitoreo, razón por la cual es necesario verificar la consistencia de la serie de tiempo para las variables “cobertura de bosque natural” y “cambios de la cobertura de bosque natural”. Este análisis permite imputar valores para unidades de observación clasificados como “Sin información” en periodos

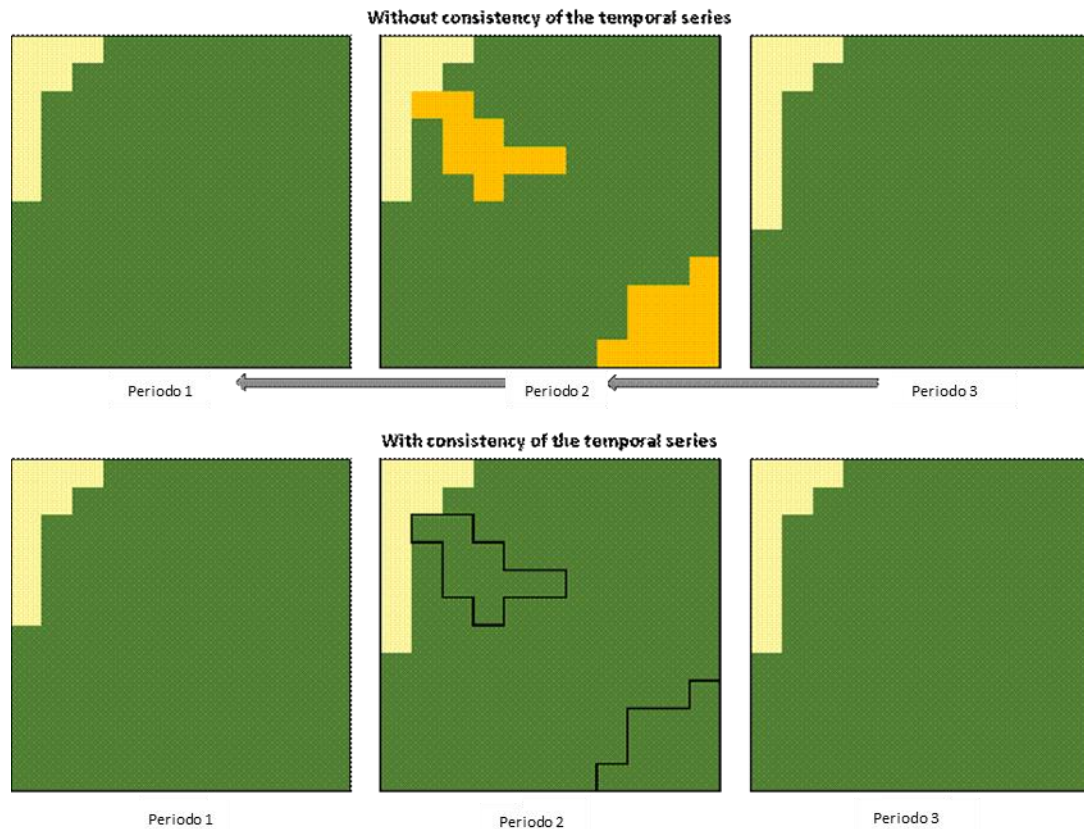


GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

anteriores de la serie histórica y ajustar las inconsistencias temáticas a partir de la información de los periodos de monitoreo anteriores. Para este análisis de series de tiempo ajustamos las áreas Sin Información, de acuerdo con la consistencia de la serie temporal para las mismas áreas. Para este proceso, tenemos en cuenta la información del periodo más reciente y ajustamos las áreas Sin Información retrospectivamente para los otros periodos de análisis. (Figura 13)

Figura 13. Ejemplo de consistencia en la serie temporal de los datos de actividad para el monitoreo de bosques.



En la esquina superior izquierda de la figura se representa en verde las áreas codificadas como **bosque** para cada uno de los periodos y en amarillo las que están codificadas como **no bosque** y En naranja las áreas con cobertura persistente en nubes en el año 2008 y codificadas como **Sin Información**. Para ajustar la consistencia de la serie de tiempo las áreas **Sin Información** de 2022 son recodificadas como **bosque** (verde) después de terminar el análisis de 2023. Esto SOLO se realiza cuando la clase precedente y subsecuente del periodo de análisis es **bosque** para los dos periodos o cuando es **no bosque**. Este procedimiento ayuda a reducir las áreas **Sin Información** de la serie temporal de datos.

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

También resaltamos que el promedio de la proporción de *áreas Sin Información* es de menos de 1%, y que estas áreas se han venido reduciendo hasta representar menos del 0.001% del marco geoestadístico; Por otro lado, la localización de estas áreas *Sin Información* se distribuye aleatoriamente a través de todo el país a excepción de unas zonas en el del Pacífico colombiano donde hay nubosidad persistente y donde además se identifica muy poca deforestación; estas áreas de no respuesta (sin información) afectan los reportes de deforestación mínimamente.

También se implementa un análisis de consistencia de la serie para asegurar que ningún píxel sea marcado dos veces como deforestación en los últimos 10 años. En el caso en que se presente, se recodifica el valor de píxel a *no bosque*.

Evaluación de la exactitud temática³

Una vez generados los mapas anuales de cambio en la superficie de bosque y de Bosque/no Bosque, se realiza un proceso de evaluación de exactitud temática de las variables Bosque Estable, No bosque estable, y deforestación, a partir de un análisis estadístico con el que se reportan medidas de exactitud temática de las cifras oficiales generadas. En línea con las recomendaciones del documento de métodos y orientaciones generada por la Iniciativa Global de Observación de los Bosques (GFOI, por sus siglas en inglés), este procedimiento satisface dos criterios: i) evitar subestimar o sobreestimar los cambios, en la medida en que

³ La evaluación de la exactitud temática permite generar métricas de confiabilidad de las cifras oficiales generadas. Este procedimiento permite: 1) no subestimar ni sobrestimar, en la medida en que pueda juzgarse, y (2) reducir la incertidumbre en la medida de lo posible (IPCC, 2003), en línea con lo propuesto en el documento de métodos y orientaciones generada por la Iniciativa Global de Observación de los Bosques (GFOI) 10. Este procedimiento aplica estimaciones de precisión global, la precisión del usuario (o error de comisión) y el productor de la precisión (o error de omisión) siguiendo las recomendaciones elaboradas por Olofsson et al. (2014), estimada a través de la evaluación de la exactitud del mapa cambios en el bosque. Esta evaluación de la exactitud incluye el cálculo de la incertidumbre de los estimadores.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

pueda juzgarse, y ii) Reducir la incertidumbre en la medida de lo posible (Penman et al. 2003).

El procedimiento se lleva a cabo siguiendo las recomendaciones establecidas en el **Outline paper I: Reporting on emission reductions relative to the reference level**. Se incorporan también los lineamientos de Olofsson et al. (2014); Stehman (2012) e IPCC (1996), lo que permite tener en cuenta estándares internacionales que consideren las capacidades nacionales. De acuerdo con estas propuestas se generan medidas de: i) Exactitud global del mapa, ii) Exactitud de usuario (asociada a errores de comisión) y iii) exactitud de productor (asociada a errores de omisión). Igualmente, la validación temática permite calcular áreas ajustadas para cada clase según los resultados de exactitud, junto con la incertidumbre de los estimadores.

En esta evaluación de exactitud temática, las zonas asignadas a los intérpretes para la generación de los cambios por deforestación son sometidas a un proceso de control de calidad. En este proceso se generan muestreos aleatorios estratificados para cada una de estas zonas, con el fin de determinar la exactitud del productor y el usuario. Si la zona no cumple con los estándares establecidos, se devuelve al intérprete para ajustes y revisión. En total, para todo el territorio nacional se evaluaron alrededor de 110.000 puntos de muestreo, solo para concretar la fase a su versión final.

Posteriormente, se realiza un proceso de validación cruzada, el cual permite que cada zona interpretada pueda ser revisada por una tercera persona. Este proceso también es sujeto a control de calidad, y para 2023 conllevó la evaluación de aproximadamente 1.230 nuevos puntos aleatorios distribuidos en 27 zonas.

Los pasos de la evaluación de la exactitud temática se resumen a continuación:

a. Diseño de muestreo



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

En términos generales, para la evaluación de la exactitud temática de los mapas de cambio de cobertura de la tierra se recomienda utilizar un muestreo aleatorio estratificado, en el que los estratos corresponden a las clases del mapa (Cakir et al. 2006; Huang et al. 2010; Mayaux et al. 2006; Olofsson et al. 2013; Olofsson et al. 2014).

Estratificación y tamaño de muestra

En la estratificación se utilizan las clases temáticas del mapa de cambio de bosque: (1) Bosque estable; (2) No bosque estable y (3) deforestación. Cada una de estas clases se subdivide de acuerdo con un mapa de riesgo de deforestación en el que se identifican las áreas de bajo y alto riesgo de acuerdo con las tendencias históricas de los últimos 5 años. De esta manera, se tienen 6 estratos para el muestreo y la validación del mapa de cambio de la superficie de bosque:

- (1) Bosque estable en zonas de alto riesgo de deforestación BE-RA,
- (2) No bosque estable en zonas de alto riesgo de deforestación NB-RA,
- (3) deforestación en zonas de alto riesgo de deforestación DEF-RA,
- (4) Bosque estable en áreas de bajo riesgo de deforestación BE-RB,
- (5) No Bosque estable en áreas de bajo riesgo de deforestación NB-RB y
- (6) deforestación en áreas de bajo riesgo de deforestación DEF-RB.

El tamaño de la muestra (n) se determina aplicando la ecuación de Cochran (1977) para un diseño de muestreo aleatorio estratificado; se calcula como la sumatoria de los productos de la proporción de área (W_i), asociada a cada clase/estrato i , por los errores estándar (S_i) de cada clase/estrato, sobre error estándar de la exactitud global que se desea lograr $S(o)$, elevados al cuadrado:

$$n = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (W_i S_i)}{S_o} \right]^2$$

Ecuacion 8

La proporción de área (W_i) corresponde al área que ocupa cada clase/estrato en el mapa (A_i) respecto al área total de todas las clases /estratos evaluados (A_{tot}):

$$W_i = A_i / A_{tot}$$

Ecuación 9

La desviación estándar de cada estrato i (S_i) se calcula como:

$$S_i \sqrt{U_i (1 - U_i)}$$

Ecuación 10

Para la desviación estándar (S_i) de los estratos de cobertura estable (BE_RB, BE-RA, NB-RB, NB-RB) que ocupan una mayor área en el mapa, se asigna un valor teórico de exactitud de usuario U_i (Ec.4) de 0,9 por considerar que estas clases suelen tener una alta exactitud; mientras que a los estratos de deforestación en áreas con alto riesgo (DEF-AR) y bajo riesgo (DEF-BR) se les asigna un valor de U_i de 0,80, puesto que el error suele ser mayor en las clases de cambio (Olofsson et al. 2014), tal como se ha detectado en los procesos de control de calidad históricos del SMBYC.

Una vez establecido el tamaño total de la muestra (n), se define el n_i de cada estrato, asignación que se basa en un enfoque simplificado del óptimo, en función de la proporción de área de cada estrato W_i . En este enfoque, los estratos más pequeños se ajustan minimizando el estimador de la varianza para



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

la exactitud de usuario de esas clases/estratos, de acuerdo con las recomendaciones de Olofsson et al. (2014).

Datos de referencia

Siguiendo esta misma guía de buenas prácticas, se recomienda que se utilice como datos de referencia un insumo de mayor resolución o producido con mayor calidad al que se utilizó para generar los datos originales. También esta guía recomienda utilizar solo un dato de referencia y no mezclar diferentes fuentes en la evaluación (e.g. usar datos de campo e imágenes de muy alta resolución). En consonancia con esas recomendaciones, como datos de referencia se utilizan las mismas imágenes Landsat con las que se genera el dato original, pero la verificación se realiza a partir de un proceso de revisión visual de cada muestra, ya que se considera que este método es de mayor calidad que la interpretación semiautomática con la que se generó el mapa de cambio de bosque.

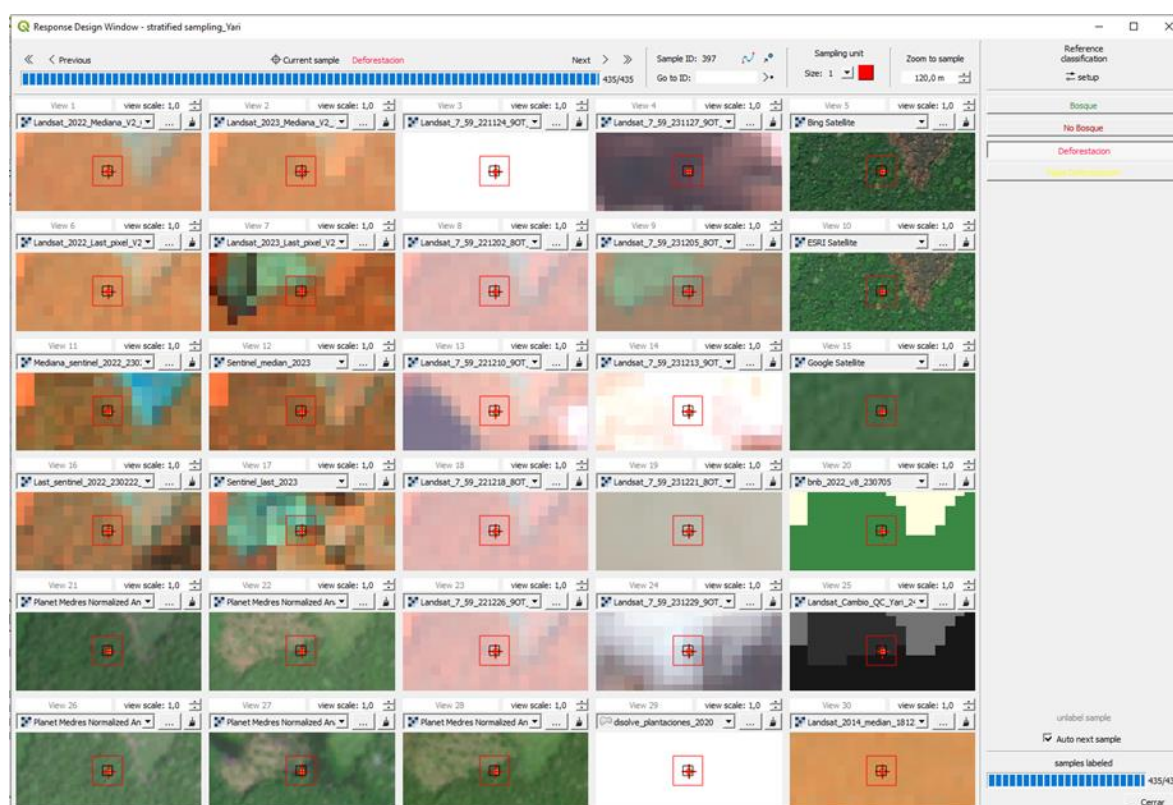
Implementación del muestreo

Una vez definido el tamaño de la muestra total y por estrato, se genera una capa con los puntos aleatorios que serán evaluados, aplicando una restricción de distancia mínima de separación de 500 a 1.000 metros para evitar la autocorrelación espacial y superposición entre las mismas. Igualmente, para la clasificación se asigna un orden aleatorio a los puntos, para evitar un posible sesgo que puedan cometer los intérpretes durante la verificación de la clase. La aplicación AcATaMa incorpora un algoritmo de muestreo que selecciona aleatoriamente un par de coordenadas X e Y dentro de la extensión del mapa; el punto es incluido en la muestra si cumple con los requisitos y restricciones de número de puntos por clase y distancia. Este método de aleatorización mostró mejores resultados en la generación de la muestra que otros algoritmos implementados en programas de SIG convencionales, en los cuales se observan patrones no aleatorios en los puntos.

b. Interpretación de los puntos de muestreo

En esta etapa, un equipo de profesionales realiza de manera independiente la interpretación visual de cada muestra, aplicando las definiciones de Bosque y Deforestación adoptadas. Con la aplicación AcATaMa es posible definir una escala de referencia fija para la interpretación, visualizar simultáneamente las imágenes de referencia de las fechas inicial y final del mapa de cambio evaluado, así como seleccionar la clase correspondiente (Figura 14). La interpretación de los puntos se realiza teniendo en cuenta los 8 vecinos circundantes al píxel en el que se encuentra el punto de la muestra.

Figura 14. Clasificación de las muestras utilizando AcATaMa.





GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Con esta aplicación es posible comparar simultáneamente las imágenes de la fecha inicial y final del mapa de cambio evaluado. En el ejemplo se observa la Evaluación de puntos aleatorios para la zona de Yarí periodo 2022-2023.

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

La clasificación de las muestras realizada por cada uno de los intérpretes es entregada a la persona líder del proceso, quien se encarga de consolidar los resultados, verificar la interpretación y dirimir las diferencias que se puedan presentar cuando los tres intérpretes no asignan la misma clase a un punto, hasta llegar a un consenso en cada uno de los puntos interpretados. Si un punto de muestreo no tuvo respuesta, se seleccionan nuevos puntos de manera aleatoria, siguiendo los criterios de diseño e implementación de muestreo previamente definidos, hasta completar el tamaño total establecido en el diseño muestral.

c. Matriz de error e intervalos de confianza

Con los datos de referencia recogidos en la reinterpretación de los puntos de muestreo, se estima la exactitud de la clasificación en el mapa de cambio final. El acuerdo/desacuerdo entre el mapa y la referencia se resume en una matriz de error o confusión, que proporciona una evaluación de la precisión del mapa. A partir de esto, se calcula la frecuencia de correspondencia para evaluar la exactitud de cada clase, en términos de proporciones estimadas de clases y errores de omisión y comisión.

Debido a que las medidas de exactitud son calculadas a partir de una muestra, están sujetas a incertidumbre (Olofsson et al., 2013). Dicha incertidumbre se representa mediante el cálculo de su error estándar, utilizado para construir intervalos de confianza del 95 % que muestra el rango de valores en las estimaciones de área para las clases de mapa.

Análisis de contexto



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Una vez realizados los análisis estadísticos y de series de tiempo; y generados los reportes finales de la detección de cambios en la cobertura terrestre, para el análisis de contexto se tiene en cuenta la caracterización de causas y agentes de la transformación del bosque; en la cual se realiza un análisis que identifica cualitativa y/o cuantitativamente las causas y los agentes subyacentes ligados a estos cambios en las diferentes regiones del país. Este análisis en gran parte es realizado por un grupo de profesionales diferentes al que genera la detección y el reporte de cambios en los bosques naturales y la explicación de sus procedimientos va más allá del alcance de este documento y de la operación estadística.

Así mismo, los resultados de la operación estadística como lo es la superficie de bosque natural son insumos para los datos de actividad (área) con los cuales se generan los reportes del Inventario Nacional de Emisiones y Absorciones Gases efecto Invernadero (INGEI). Por lo cual el análisis de contexto tiene en cuenta tanto el INGEI como los reportes del nivel de referencia de las emisiones forestales por degradación en Colombia.

Finalización de archivo de datos

El cierre del archivo de datos para las fases de recolección, procesamiento y análisis de la operación estadística se da mediante la actualización de los tres formatos de control de calidad (Formato inventario de imágenes adquiridas y preprocesamiento, Formato de control de procesos y Formato de procesos de control de calidad), de acuerdo con el cronograma de ejecución para cada fase y la iteración completa de la operación estadística. A través del proceso de control de calidad, se diligencian y actualizan los formatos para evidenciar el cierre de cada proceso y garantizar su correcta ejecución.

Adicionalmente, los productos incluidos en la fase de difusión se consideran finalizados una vez surte la publicación en el portal web del IDEAM y son salvaguardados en el almacenamiento en nube o servicio de alojamiento de



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

archivos, perteneciente al Grupo del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono.

8.5 Infraestructura requerida

De acuerdo con la Guía para el Cumplimiento de Requisitos Generales de la NTC PE 1000:2020, el desarrollo de las operaciones estadísticas está respaldado por la infraestructura que ofrece el IDEAM, así:

- Edificio sede principal, ubicado en la Calle 25 D No. 96 B - 70 Bogotá, D.C.
- La oficina de informática realiza la planeación de renovación tecnológica anual, a partir de la cual se inicia un proceso paulatino de renovación previa asignación por parte de la Oficina de Talento Humano y Almacén, para cada una de las dependencias y proyectos, cuya ejecución depende de las necesidades identificadas y solicitadas por las Subdirecciones y Oficinas de la institución, siendo a través de este proceso que se garantiza que las operaciones estadísticas puedan tener a su disposición los equipos que soporten el hardware y software necesario para ejecutar sus actividades.
- Plan Estratégico de las Tecnologías de la Información (PETI), el cual se utiliza para expresar la Estrategia de TI. Incluye visión, principios, indicadores, mapa de ruta, plan de comunicación y descripción de todos los demás aspectos (financieros, operativos, de manejo de riesgos, etc.) necesarios para la puesta en marcha y gestión. El PETI hace parte integral de la estrategia de la institución y alinea el contexto de TI con la estrategia institucional. Una vez que se adelantan procesos de Arquitectura Empresarial, su resultado debe ser integrado al PETI.
- La ejecución de los recursos financieros y de personal desde el grupo de Talento Humano, de la oficina Asesora Jurídica y de la Oficina



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Asesora de Planeación, orientan como se deben adelantar los proyectos institucionales, en el marco legal de la Ley Orgánica de Planeación y del Presupuesto, y la dimensión Direccionamiento Estratégico y Planeación de MIPG, de acuerdo con los procedimientos E-PI-P001 PROCEDIMIENTO FORMULACION PAA y el E-PI-P007

- PROCEDIMIENTO FORMULACIÓN Y SEGUIMIENTO DE PROGRAMAS, PLANES Y PROYECTOS, las dependencias asignan el presupuesto para el desarrollo las operaciones estadísticas.
- Los lineamientos y documentación que se relacionan con la implementación del proceso estadístico, que han sido elaborados por el Sistema de Gestión Integrado liderado por la Oficina Asesora de Planeación, así como por el grupo Sistema de Información Ambiental de la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental.

A su vez, para garantizar el buen funcionamiento de la entidad, la administración ha realizado contratos con diferentes proveedores en servicios como: vigilancia, aseo y cafetería, planta eléctrica, mantenimiento de las sedes, así como la adquisición de pólizas de seguros, licencias de uso de software y hardware; provistos como apoyo fundamental a las actividades para la generación de estadísticas. Así mismo se cuenta con la siguiente infraestructura tecnológica: Espacio físico en un centro de cómputo, infraestructura en Nube (servidores, capacidad de almacenamiento virtual, redes de cableado estructurado), computadores de escritorio, puntos de acceso, sensores y discos duros entre otros, escáneres, televisores, red de telefonía, red de cableado estructurado para intranet, servicios de internet y soporte técnico, sistema de vídeo conferencia, sistema de monitoreo y vigilancia (monitores y cámaras).

Estructura tecnológica

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

Para la ejecución de la operación estadística se debe contar con estaciones de trabajo que cumplan las siguientes características mínimas:

Tabla 7. Características mínimas de las estaciones de trabajo.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN

Plan General de la Operación Estadística

“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Requisitos Específicos Hardware	Tipo	Estación de trabajo tipo Torre
	Referencia	Referencia registrada internacional
	Dimensiones y peso	N/A
	Tipo de Procesador y características	Intel® Core™ i7/i9 o Xeon® W de última generación
	Memoria RAM	al menos 32 GB (2 x 16 GB) de DDR5 Expandible a mínimo 128 GB.
	Disco Duro	Unidad de estado sólido (SSD) de al menos 1 TB Unidad HDD de 2 TB
	Monitor	Resolución mínima: 4K Tamaño mínimo: 30"
	Controladora de Video	NVIDIA RTX mínimo 4 GB GDDR6
	WebCam y micrófono	N/A
	Unidad de DVD	Opcional
	Puertos	De 1-4 puertos USB-C y de 2-6 puertos USB-A
	Teclado	Teclado alámbrico para uso empresarial
	Mouse	Mouse alámbrico para uso empresarial
	Tarjeta de Red	Tarjeta de red Intel Ethernet mínima de 2.5 gbps
	Tarjeta inalámbrica	Opcional
Garantía	Vigencia de la Garantía	3 años de garantía extendida, la vigencia de la garantía se contabilizará a partir de la fecha del acta de entrega a satisfacción, instalación y puesta en funcionamiento. Debe incluir seguro contra daños accidentales por 3 años
	Trámite de Garantía	El proponente debe realizar las gestiones y/o trámites de garantía ante el fabricante. Para cumplir esta obligación, el proponente debe acreditar su calidad como distribuidor oficial.
	Tiempo de solución de fallas	El proponente deberá garantizar un tiempo de solución de fallas en sitio, menor o igual a 8 horas hábiles en Bogotá y un tiempo proporcional en otras ciudades.
	Soporte Técnico	El fabricante de los equipos, debe contar con una página web, que permita la descarga de controladores y software de valor agregado para los sistemas operativos soportados por el equipo, así como módulos de consulta, información y preguntas frecuentes sobre los equipos de la marca.
	Distribución	El proponente debe anexar certificación expedida por el fabricante de los equipos ofertados en el cual acredite la calidad de distribuidor o representante autorizado para ofrecer sus productos en Colombia.
Requisitos Específicos Software	Windows 10/11 Pro para Workstations, español. El Sistema Operativo debe contar con las últimas actualizaciones de Seguridad.	
	Licencia Microsoft Office 365 por 3 años	
	Herramientas para instalación del Sistema Operativo	
	Windows 10/11 Pro OS Recovery Media 64bit - USB	
Otros requerimientos del adaptable al producto	ANTIVIRUS: Kaspersky endpoint security, licencia gobierno ó McAfee® Small Business Security, Suscripción de 36 meses	
	Slots de expansión: (1) M.2 PCIe x1 2230 (para WLAN). (2) Conjunto M.2 PCIe x4 2280/2230 (para almacenamiento). (2) PCI Express v3.0 x1. (1) PCI Express v3.0 x16 (cableada como x4). (1) PCI Express v3.0 x16	
	Controladora de sonido: SD 4.0 con interfaz 5 en 1 (compatible con SD, SDXC, SDHC, UHS-I y UHS-II)	
	Puertos: Frente (2 USB 2.0, tipo A 1 USB 3.1, tipo A (5 GB) 1 USB 3.1, Type C (10 GB) 1 ficha de audio universal. Interno 1 USB 3.0/4 SATA de 6 Gb/s. Parte trasera 2 USB 2.0, tipo A (con SmartPower), 4 USB 3.1, tipo A (5 GB), 1 teclado, PS2 1 mouse PS2, 2 DisplayPort 1, puerto opcional (VGA, HDMI 2.0, DP++ 1.2, Type C c/modo DP-Alt), 1 conector de red RJ45, 1 serial, 1 ficha de audio universal	
	Batería: PSU con 90 % de eficiencia y 850 W (con certificación 80PLUS Gold) de conformidad con la norma Energy Star	

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

También se requiere de un servidor donde se almacenen las imágenes, resultados, proyectos y productos intermedios del proceso. Esta infraestructura requiere al menos de 200 Tb de almacenamiento para poder organizar toda la información histórica de la operación estadística. Se requiere también una máquina dentro de este servidor para realizar el procesamiento a nivel Nacional. Para realizar la operación estadística de 2023 se utilizó una máquina de al menos 500 Gb de memoria RAM, 32 núcleos y un sistema operativo Redhat con las librerías de procesamiento instaladas. Aunque esta infraestructura facilita la operación y acelera los procesos, también se podría realizar el proceso en cualquier equipo de escritorio, con mucho más tiempo de procesamiento.

Preferencia de uso de Software gratuito y/o libre

Para el monitoreo de bosques y la deforestación se recomienda priorizar el uso de programas de procesamiento de imágenes de carácter libre, de código abierto y/o gratuito⁴, de acuerdo con la disponibilidad y aplicabilidad de estos. Los programas libres de código abierto permiten optimizar las tareas de procesamiento, adecuar algoritmos para las necesidades particulares del sistema de monitoreo, mejorando la calidad y tiempo de los procesos computacionales. Estas ventajas traen como resultado un sistema de monitoreo cada vez más eficiente en el reporte de los datos y ubicación de los eventos de deforestación.

Por su parte el uso de programas gratuitos sea o no de libre distribución reducen la dependencia institucional de las licencias de tipo propietario con los costos y

⁴ Se entiende por programas de código abierto aquellos cuyo código de programación está disponible para ser modificado o mejorado por cualquier persona, junto con otros criterios de distribución, accesibilidad, usuarios y licenciamiento no restringido que hacen parte de su definición (Open Source Initiative). Los programas libres se definen como aquellos en el que el usuario tiene libertad para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, modificar y mejorar el programa, lo que implica un código de programación disponible (Free Software Foundation). La diferencia entre ambos radica en algunas consideraciones filosóficas. En ambos casos no necesariamente son gratuitos. Por su parte los programas gratuitos en muchos casos no son de código abierto.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

limitaciones de uso que conlleva, garantizando la sostenibilidad económica del sistema de monitoreo en el tiempo.

A continuación, se presentan los diversos recursos informáticos utilizados para el desarrollo de la operación estadística:

Tabla 8. Programas utilizados en la operación estadística

Programa	Propietario	Procesos en los que se emplea
Qgis	Software Libre	Diseño, procesamiento y Análisis. Los plugins de Thrash, Cloud Masking, Acatama, CCDC, Arrnom, PCA4CD y Stack Composed se encuentran en los repositorios oficiales de QGIS
Algoritmos en Lenguaje Python	Desarrollo propio	Para las fases de diseño, construcción, recolección y análisis. Los algoritmos están disponibles en https://github.com/SMBByC se les realiza un mantenimiento evolutivo.
ERDAS Imagine	Hexagon, Software propietario	Ajustes geométricos, reproyección de mapas en el sistema oficial Magna SIRSAS, análisis consistencia temporal
ArcGIS	ESRI Software propietario	Salidas gráficas y reportes para indicadores
PowerBi	Microsoft Software Propietario	Difusión de resultados

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

Así mismo, para la operación estadística se implementa un modelo de datos geoespacial raster, en donde los objetos representados se organizan en filas y columnas formando una rejilla regular y rectangular (CP-IDEA, 2013). Cada celda de la rejilla (pixel) tiene información de coordenadas de localización de su centroide almacenados de manera implícita y única (de acuerdo con el orden que ocupa en la rejilla) y también se almacena un único valor temático asociado a este pixel. Es decir, el modelo de datos raster está compuesto por los 1.227'045.240 pixeles (registros) con resolución espacial de (30.72 X, 30,26 Y) metros que conforman la superficie del territorio colombiano desde las coordenadas Este =161648 m y Norte= 1986579 hasta las coordenadas Este= 1828474 y Norte= 18401 en el Sistema de proyección Transverse Mercator, Datum Magna -3116. No es práctico ni fácil realizar una re-estructuración de una base de datos que almacene todos y cada uno de estos registros de una



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

forma distinta al modelo de datos geoespacial raster, por eso la gestión de los datos se hace en unidades de reporte agregadas, pero los datos raster base están disponible para descarga en la página web del SMByC del IDEAM.

Acopio de datos no estructurados:

Para el correcto acopio o recolección de imágenes digitales, la operación estadística dispone de la infraestructura tecnológica y el talento humano requerido para la búsqueda, organización y acopio de esta información. Así mismo, el IDEAM cuenta con la infraestructura descrita en el documento GCI-OE-PN001 Plan para el cumplimiento de requisitos generales de la NTC PE 1000:2020. En cuanto a la organización y acopio de la información, las imágenes satelitales recolectadas, procesadas y analizadas anteriores se soporta en la capacidad informática de almacenamiento de los equipos y ordenadores de la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental del IDEAM. En adición a esto, estas imágenes también se encuentran salvaguardadas en los servidores destinados para la operación estadística; donde a través de una estructura de datos, se acopian y organizan todas las imágenes.

Respecto a la transmisión de datos, para la operación estadística no se realiza como tal el proceso. Por lo tanto, al ser un censo a partir de imágenes de satélite, los datos se recopilan, organizan y archivan como se mencionó en la sección anterior.

Identificación de riesgos

Respecto a la identificación de riesgos, estos son identificados en el marco de la herramienta definida por el IDEAM para consignar la información referente a la gestión de riesgos y de corrupción, incluidos los asociados a las operaciones estadísticas según el proceso misional al que pertenezcan. Este debe ser



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

diligenciado y/o actualizado por los líderes del proceso, de conformidad con los lineamientos definidos en la guía GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DEL RIESGO E-SGI-G-003, con la asesoría y revisión de la Oficina Asesora de Planeación, y acompañamiento de la Oficina de Control Interno. Los riesgos son documentados en el Formato matriz de riesgos establecido por la entidad.

8.6 Pruebas previstas de los diseños y su construcción

La metodología de detección de cambio implementada en el primer protocolo de procesamiento Digital de Imágenes para la cuantificación de la deforestación (Cabrera et al., 2011) tenía un enfoque de comparación post-clasificación, es decir, se clasifican los mapas de bosque de manera separada para dos fechas y posteriormente se cruzan entre sí para identificar los cambios en la cobertura de bosque, allí donde los mapas presentan diferencias entre sí. Este tipo de aproximación, aunque fue pertinente como punto de partida del monitoreo de los bosques, suele tener una exactitud temática media, ya que los errores del mapa de cambio son la multiplicación de los errores de cada uno de los mapas iniciales.

Conociendo que los métodos de detección de cambio directos suelen tener menor incertidumbre, se realizó una prueba piloto en un área de interés donde se tuviese control de los datos y de los insumos para su validación. En esta prueba se evaluaron diferentes métodos directos de detección de cambio: Análisis de Mixtura Espectral multitemporal (e.g. Claslite, ImgTools), Análisis de Componentes Principales -PCA (Lillesand et al., 2008), Análisis de Cambios Vectoriales -CVA (Malila, 1980) y detección de cambios orientada a objetos. Como insumos para todas las pruebas se utilizaron imágenes Landsat de las mismas fechas y los resultados fueron evaluados calculando la exactitud temática de cada método, comparándolos con los resultados de la metodología



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

postclasificación que se venía utilizando. La validación se realizó a partir de un mismo muestreo sistemático, usando como datos de referencia imágenes de mayor resolución (Rapideye). Los resultados temáticos de los diferentes métodos se evaluaron a través de matrices de error, a la vez que se analizaron los tiempos de recolección y preparación, capacidades de procesamiento necesarias para su implementación, transparencia en los métodos y operatividad de los procesos.

Con estas pruebas se identificó que: i) PCA era un método sencillo de implementar, que podía ser ejecutado en casi cualquier software y que genera buenos resultados para la detección de cambios asociados a deforestación; ii) los procesos de interpretación que hacían uso de todo el conjunto de datos Landsat eran más eficientes en cobertura y en exactitud a los que usaban unas cuantas imágenes por periodo. Complementando lo anterior, la metodología establecida para el proceso de detección de Alertas Tempranas de Deforestación que se realiza con imágenes MODIS ya había permitido concluir que sí se realiza una selección de píxeles correctos para los datos espectrales de una serie de imágenes en un periodo de tiempo específico, y esta selección se agrega en un compuesto temporal representado en un valor de tendencia central (mediana), este compuesto facilita la detección de los cambios, logra mejorar los índices de cobertura y disminuye los tiempos de procesamiento. Partiendo de estos resultados se llevaron a cabo nuevas pruebas piloto en la que los intérpretes detectaron cambios asociados a deforestación a través de PCA, usando compuestos de medianas anuales Landsat a los que se les aplica un preprocesamiento cada vez más riguroso. Los resultados consolidados de todas estas pruebas permitieron establecer la metodología consignada en la segunda versión del Protocolo de Procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la Deforestación (Galindo et al., 2014).

Aunque la producción de los datos del monitoreo del bosque natural es un proceso operativo, se nutre permanentemente con actividades de investigación



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

que permitan la mejora continua en todas las etapas. Para lograr este objetivo, antes de adoptar alguna modificación en los métodos establecidos, el SMByC realiza las pruebas piloto necesarias para evaluar si el cambio garantiza una mejora en la calidad de los datos, aumento de productividad, disminución en tiempos, etc. Por esta razón, se procura que los intérpretes tengan a cargo actividades de evaluación de metodologías o conjuntos de datos diferentes a las imágenes usadas regularmente. Igualmente, se revisan constantemente los procesos contruidos por otros grupos nacionales e internacionales para el monitoreo de las coberturas de la tierra, realizando pruebas de las metodologías que se consideran pertinentes y evaluando en cada caso las capacidades de procesamiento, los tiempos de recolección y la operatividad de la implementación de dichos procesos. Es así que el SMByC ha llevado a cabo pruebas piloto para el uso de imágenes SAR, datos Lidar, imágenes de muy alta resolución, así como la evaluación de diferentes métodos de procesamiento de imágenes y de análisis de los resultados. A continuación, se listan y se describen brevemente algunas de las pruebas realizadas en cada una de las fases de la operación estadística:

Fase de Diseño:

- Para la Fase de diseño estadístico, a través del apoyo de una tesis de Msc de la Universidad Nacional, se realizaron pruebas en las que se utilizaron diferentes esquemas de muestreo y tamaños de muestra para evaluar la exactitud temática, las emisiones y la incertidumbre asociada de la deforestación. Esto con el fin de mejorar la calidad de los datos de la operación estadística, así como el desarrollo de nuevos parámetros de cálculo de las emisiones de GEI.
- En la fase de diseño estadístico, también se han realizado pruebas para incorporar nuevos diseños de muestreo en AcATaMa, tal como el diseño aleatorio simple, postestratificación y el muestreo sistemático. También



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

se han hecho pruebas para la incorporación del cálculo de tamaño de muestra para los diseños aleatorio simple y sistemático.

- Para la Fase de diseño de la difusión, se realizaron pruebas para incorporar los resultados de la operación estadística en la página web institucional y en el geoportal del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- En la fase de diseño de la construcción, se incorporó un algoritmo de series de tiempo implementado Google earth engine (CCDC) para ser incorporado en la fase de procesamiento. Con este se mejora la calidad y se incrementan los insumos disponibles para la edición de los datos satelitales.

Fase de Construcción:

- A partir de un desarrollo evolutivo, constantemente se hacen actualizaciones a los instrumentos de recolección, acopio de la información y procesamiento y análisis, específicamente a los aplicativos de Qgis de cloudmasking, Thrace y Acatama. Los ajustes se realizan por los cambios de versión de qgis, actualizaciones o reportes reportados por los usuarios. También se incorporan mejoras en los documentos de recolección que facilitan el uso de imágenes satelitales tal como una mejora en la navegación o en la incorporación de nuevas funcionalidades operativas.
- Se realizaron pruebas para mejorar el aplicativo de Cloudmasking de Qgis incorporando nuevos procesos y filtros. También se realizaron pruebas para utilizar de manera efectiva las imágenes Landsat de colección 2.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Fase de recolección

- Se organizaron pruebas con las imágenes Landsat de los sensores 8 y 9 de la colección 2, la cual incluye un co-registro de mayor exactitud, así como la introducción de mejoras en la calibración radiométrica y geométrica de todos los sensores Landsat y ofreciendo productos de reflectancia de superficie (Nivel 2) más precisos que los de la colección 1.

Fase de Procesamiento

- Históricamente el catálogo de información satelital disponible para el monitoreo de las coberturas de la tierra se apoyan las imágenes ópticas gratuitas tal como Landsat y Sentinel 2. Sin embargo, en los últimos años, tanto la Agencia Espacial Europea (Esa) como la NASA han preparado misiones espaciales para ofrecerle al mundo un conjunto de imágenes SAR gratuitas que podrían ser utilizadas para el monitoreo de las coberturas de la tierra y entre ellas, la deforestación. Por esta razón el SMByC ha realizado pruebas de diseño y de procesamiento para incorporar el uso de imágenes SAR dentro de las cadenas de procesamiento del SMByC. Desde el año 2023 se ha construido un proceso junto con grupos de investigación de los Países Bajos para incorporar el uso de SAR en las cadenas de procesamiento del SMByC. Esta evaluación involucra las mejoras tecnológicas y en conocimiento del personal, así como también las transferencias de conocimiento y una estrategia de sostenibilidad de todo el proceso. La incorporación de imágenes SAR en la operación estadística permitiría mejoras en los tiempos de procesamiento y en la calidad de los datos.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Fase de Análisis

- Desde el año 2020 se incorpora un análisis de explicación de los resultados en la que se hace el análisis de tamaño de parche y de los núcleos de deforestación. Este ha sido el insumo de muchos procesos asociados con la toma de decisiones y de planificación en el país.
- El seguimiento a la deforestación a nivel subnacional o local permite mejorar la explicación de los resultados. En este sentido se han implementado procesos de seguimiento a nivel predial y también de seguimiento a sectores como el palmero, el cafetero, el forestal. También se han hecho pruebas para su implementación asociado a su aprovechamiento legal o a el consumo de leña.

9 DIAGNÓSTICO DEL MARCO ESTADÍSTICO

Teniendo en cuenta que un marco estadístico es considerado como la herramienta que permite identificar y ubicar a todos los elementos de la población objetivo, la operación de monitoreo ha consolidado como marco estadístico el conjunto de los 1.227´045.240 pixeles de 30,72m x 30,26 m en el sistema de proyección Magna SIRGAS EPSG 3116 desde las coordenadas 161.648 E y 1.986.579 N hasta las coordenadas 1.828.474 E y 18.401 N que son observados durante el proceso de recolección de información y que se encuentran incluidos dentro del límite oficial del área continental e insular de San Andrés y Providencia para Colombia declarado por el IGAC. Cada uno de estos pixeles constituye una unidad de observación con una posición geográfica definida por las coordenadas de su centroide y tiene una correspondencia exacta con los pixeles de las imágenes de satélite LANDSAT generadas por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). Por ser un marco de áreas, las unidades de observación se encuentran definidas y almacenadas en un mapa en formato raster.

Integridad del marco

Para definir el límite de las unidades de observación que hacen parte del marco censal se utiliza la cartografía del límite oficial de Colombia, escala 1:100.000 generada por el IGAC, entidad encargada de producir la cartografía básica del país. Debido a que esta cartografía se encuentra en formato vector, y que los pixeles del marco se encuentran estructurados en formato raster, el área total del marco censal no coincide exactamente con el área oficial definida para Colombia (Figura 15).

Figura 15. Límite oficial de Colombia en formato vector (en negro) y límite del marco censal en formato raster (en verde y crema).



Las diferencias en el área total oficial y el área del marco estadístico se deben a que el marco se encuentra conformado por pixeles que constituyen las unidades de observación almacenados en un formato raster, mientras que el límite oficial se define mediante el trazo de una línea.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Fuente: IDEAM, Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural.

Para garantizar que en cada periodo se monitorea la misma unidad de observación (píxel), las imágenes de las cuales se obtienen la información deben tener una posición geográfica coincidente (co-registro). La cadena de preprocesamiento del USGS, con la cual se generan las imágenes en un nivel 1 las cuales son descargadas por el IDEAM, suelen tener una correspondencia exacta a nivel de píxel (LITP); sin embargo, antes de utilizar las imágenes se verifica el adecuado co-registro de cada una, ajustando aquellas que no cumplan esta condición.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, el marco se actualiza en la medida en que se modifique la cartografía oficial del país escala 1:100.000 con los límites continentales y de San Andrés y Providencia o cuando la cadena de procesamiento de las imágenes de satélite de USGS sea modificada.

Seguridad de la información

Tanto la cartografía utilizada para definir el marco censal, como las imágenes de satélite LANDSAT son de carácter público y por lo tanto no requieren procesos de anonimización ni confidencialidad. Así mismo, no se manejan datos personales o sensibles que deban ser anonimizados en algún momento del proceso.

De todos modos, es importante destacar que mediante la Resolución No. 2821 de 2016 el IDEAM adoptó la “Política de Tratamiento y Protección de Datos Personales”, con el fin de regular las acciones que el Instituto realiza en lo relacionado con la recolección, almacenamiento, tratamiento, administración y protección de la información de los usuarios. Mediante Resolución No. 0371 del 30 de abril de 2021, el Instituto actualizó la Política General de Seguridad y Privacidad de la Información, Seguridad Digital y Continuidad de la Operación



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

de los servicios del IDEAM, y definió los lineamientos de uso y manejo de la información, conforme a las directrices establecidas en la Política Nacional de Confianza y Seguridad Digital, expedida mediante el CONPES 3995 de 2020. Esta política tiene como propósito “asegurar la confidencialidad, integridad, disponibilidad, no repudio y autenticidad de la información, con el desarrollo de buenas prácticas que permitan a la entidad gestionar de forma integral riesgos de seguridad y privacidad de la información y seguridad digital, para la prevención de incidentes que puedan comprometer o generar perjuicios severos al IDEAM” y es aplicable a todos los niveles funcionales y organizacionales del instituto, a todos sus funcionarios, contratistas, proveedores, operadores, así como aquellas personas o terceros que utilicen, generen, procesen, recolecten, consulten, compartan e intercambien su información, así como las entidades de control, y demás entidades relacionadas que accedan, ya sea interna o externamente a cualquier activo de información, independientemente de su ubicación. Adicionalmente, se cuenta con el Manual de Políticas de Seguridad de la Información mediante el cual se garantiza la efectiva aplicación e implementación de la política referida.

Indicadores de cobertura del marco estadístico

El marco censal de la operación estadística corresponde a un marco de áreas, que, como se mencionó antes, se define a partir de la cartografía de límite oficial del país generada por el IGAC, y en el cual las unidades de observación (píxeles) cubren el límite oficial continental e insular de San Andrés y Providencia. La cobertura operativa es del 100% ya que se recolecta información de todas las unidades que conforman el marco estadístico.

En cuanto a la cobertura temática, no es posible obtener información de todas las unidades de observación debido a la presencia de nubes, sombra o bandeamiento (gaps) en las imágenes de satélite. El indicador de cobertura por



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

no respuesta se mide como el porcentaje de unidades de observación sin información respecto al total de unidades del marco estadístico.

10 PLAN DE ACTIVIDADES, CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

Como parte integral del plan general se establece un plan de actividades por fases para el desarrollo de la operación estadística con su respectivo cronograma y presupuesto requerido, el cual se encuentra documentado, mediante el formato M-GCI-F002 Plan de actividades, cronograma y presupuesto para la operación estadística “Monitoreo de la superficie de bosque natural”.

Respecto a la fuente de financiación de la operación estadística, el Decreto 1655 de 2017 establece la organización y el funcionamiento del Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono del IDEAM, como parte del Sistema de Información Ambiental para Colombia, y establece como su principal objetivo la generación de información oficial sobre la superficie de bosque natural, la deforestación y la identificación de las principales causas directas de transformación del bosque y sus efectos.

Para cumplir este propósito el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono se ha caracterizado por ser un aliado estratégico para diferentes actores que trabajan por mitigar la deforestación en el país, como el Programa REM Colombia-Visión Amazonía (fase II), la iniciativa GEF-Corazón de la Amazonía, FAO GCF - Visión Amazonía, y el Convenio 010 “Fortalecimiento del monitoreo y seguimiento ambiental de áreas de bosques naturales, otras coberturas de la tierra y las dinámicas de transformación del territorio - Etapa 1, nacional”, con cargo a recursos del Fondo para la Vida y la Biodiversidad.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

11 BIBLIOGRAFÍA

AIBA, S. & KITAYAMA, K. 1999. Structure, composition and species diversity in an altitude- substrate matrix of rain forest tree communities on Mount Kinabalu, Borneo. *Plant Ecology* 140: 139- 157.

ÁLVAREZ, E., DUQUE, A., SALDARRIAGA, J. G., CABRERA, K., DE LAS SALAS, G., DEL VALLE, J. I., MORENO, F., 792 ORREGO, S. A & RODRÍGUEZ, L. 2012. Tree above-ground biomass allometries for carbon stocks estimation in the natural forests of Colombia. *Forest Ecology and Management* 267: 297-308.

BARTH A, WALLERMAN J., & STÅHL G. 2009. Spatially consistent nearest neighbor imputation of forest stand data. *Remote Sensing of Environment*, 113(3): 546-553. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2008.09.011>.

BOUCHER D., ELIAS P., FAIRES J. SMITH S. 2014. Historias de éxito en torno a la deforestación. *Union f Concerned Scientists*.

BOYLE, B., HOPKINS, N., LU, Z., RAYGOZA-GARAY, J.A., MOZZHERIN, D., REES, T., MATASCI, N., NARRO, M.L., PIEL, W.H., MCKAY, S.J., LOWRY, S., FREELAND, C., PEET, R.K. & ENQUIST, B.J. 2013. The taxonomic name resolution service: an online tool for automated standardization of plant 815 names. *BMC Bioinformatics* 14: 16.

CABRERA, E., VARGAS, D., GALINDO. 2011. Protocolo de Procesamiento Digital de Imágenes para la Cuantificación de la Deforestación en Colombia: Nivel Nacional, Escala Gruesa y Fina. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá C.D., Colombia. 44 p.

CABRERA, E., VARGAS, D., GALINDO, G., GARCIA, M., ORDOÑEZ, M., VERGARA, L. K., PACHECO, A.M., RUBIANO, J.C. & GIRALDO, P. 2011. Memoria técnica de



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

la cuantificación de la deforestación histórica nacional escalas gruesa y fina. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Bogotá C.D., Colombia. 106 p.

CAIRNS M A, BROWN S, HELMER E H AND BAUMGARDNER G A 1997. Root biomass allocation in the world's upland forests. *Oecologia* 111: 1–11.

CAKIR, H. I., KHORRAM, S. & NELSON, S. A. C. 2006. Correspondence analysis for detecting land cover change. *Remote Sensing of Environment*, 102: 306–317

CANTY, M & ALLAN. A. N. 2008. Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery with the iteratively re-weighted MAD transformation. *Remote Sensing of Environment* 112 (3): 1025-1036

CASTRO, L.M. & ÁVILA, D.M. Una introducción a la imputación de valores perdidos. Universidad Central de Venezuela. *Terra Nueva Etapa XXII* (31): 127-151

CHAMBERS, J.Q., DOS SANTOS, J., RIBEIRO, R.J. & HIGUCHI, N. 2001. Tree damage, allometric relationships, and aboveground net primary production in a central Amazon forest. *Forest Ecology and Management* 152: 73-84.

CHAVE, J., CONDIT, R., AGUILAR, S., HERNANDEZ, A., LAO, S. & PEREZ, R. 2004. Error propagation and scaling for tropical forest biomass estimates. *Philosophical Transactions Royal Society B* 359: 409-420.

CMNUCC. 2010. Informe de la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto sobre su sexto período de sesiones, celebrado en Cancún del 29 de noviembre al 10 de diciembre de 2010: Decisiones adoptadas por la Conferencia de las Partes en calidad de reunión de las Partes en el Protocolo de Kyoto. <http://unfccc.int/resource/docs/2010/cmp6/spa/12a01s.pdf>. Accedido el 12 de agosto de 2012.

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

COLLINS, J. B., & WOODCOCK, C. E. 1996. An assessment of several linear change detection techniques for mapping forest mortality using multitemporal Landsat TM data. Remote Sensing of Environment, 56: 66–77.

CONGRESO DE COLOMBIA. 1993. Ley 99 de 1993. “Por la cual se crea el MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA y se dictan otras disposiciones”.

COOMES, D.A. & ALLEN, R.B. 2007. Effects of size, competition and altitude on tree growth. Journal of Ecology 95: 1084-1097.

COPPIN, P., & BAUER, M. E. 1996. Change detection in forest ecosystems with remote sensing digital imagery digital change detection in temperate forests. Remote Sensing Reviews, 13: 207– 234.

CP-IDEA. 2013. Modelo de Datos Geoespaciales de las Américas. Comité permanente para la infraestructura de datos Geoespaciales de las Américas.

DEFRIES, R., ACHARD, F., BROWN, S., HEROLD, M., MURDIYARSO, D., SCHALAMADINGER, B., & D.E. SOUZA, C. 2006. Reducing greenhouse gas in temperate forests. Remote Sensing Reviews, 13, 207–852. Emissions from Deforestation in developing countries: Considerations for monitoring and measuring, report of the Global Terrestrial Observing System (GTOS) Number 46, GOFCEGOLD report 26 (p. 23). Roma, Italia.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN / DNP. 2015. Plan Nacional de Desarrollo: Todos por un nuevo país Tomos 1 y 2. ISBN 978-958-8340-88-3. Bogotá, D.C., Colombia. 1059p.

DÍAZ-ALMANZA, E. 2013. Informe de avance - Contrato PC-CPS-013/2013. Junio 2013. Patrimonio Natural Fondo para la Biodiversidad y Áreas Protegidas. Bogotá D.C. 24 pp.

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

EK, A.R., ROBINSON, A.P., RADTKE, P.J. & D. K. WALTERS. 1997. Development and testing of regeneration imputation models for forests in Minnesota. Forest Ecology and Management 94(1-3):129-140. doi:10.1016/S0378-1127(96)03970-9.

FAO. 2010. Global forest resources assessment. 2010. Main Report. Fao Forestry Paper 163 (p. 378). Roma, Italia.

FUNG, T., & LEDREW, E. 1987. Application of Principal Components Analysis to change detection. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 53(12): 1649–1658

GALINDO G., ESPEJO O. J., RUBIANO J. C., VERGARA L. K., CABRERA E. 2014. Protocolo de procesamiento digital de imágenes para la cuantificación de la deforestación en Colombia. V 2.0. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. 54 p.

GIRARDIN, C.A.J., MALHI, Y., ARAGÃO, L.E.O.C., MAMANI, M., HUARACA HUASCO, W., DURAND, L., FEELEY, K.J., RAPP, J., SILVA-ESPEJO, J.E., SILMAN, M., SALINAS, N. & WHITTAKER, R.J. 2010. Net primary productivity allocation and cycling of carbon along a tropical forest elevational transect in 883 the Peruvian Andes. Global Change Biology 16: 3176-3192.

GOFC-GOLD. 2009. Reducing Greenhouse gas emissions from deforestation and degradation in developing countries: A sourcebook of methods and procedures for monitoring, measuring and reporting, GOFC-GOLD Report version COP14-2. (F. Achard, S. Brown, R. De Fries, G. Grassi, M. Herold, D. Mollicone , Pandey, D. & C. J. Souza, Eds.) (p. 185). Alberta, Canada.

GOFC-GOLD. 2014. A sourcebook of methods and procedures for monitoring and reporting anthropogenic greenhouse gas emissions and removals associated with deforestation, gains and losses of carbon stocks in forests remaining



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

forests, and forestation. GOF-C-GOLD Report version (p. 243). Países Bajos: Wageningen University

GONZÁLEZ, J., CUBILLOS, A., ARIAS, M. & ZAPATA, B. 2014. Resultados de la simulación de la deforestación para el ajuste del nivel de referencia del área subnacional A8. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, Colombia.

GRUBB, P.J., LLOYD, J.R., PENNINGTON, T.D. & WHITMORE, T.C. 1963. A comparison of montane and lowland rain forest in Ecuador. The forest structure, physiognomy and floristics. Journal of Ecology 51: 567-601.

HANSEN, M. C., & LOVELAND, T. R. 2012. A review of large area monitoring of land cover change using Landsat data. Remote Sensing of Environment, 122: 66-74.

HARRIS, N. L., BROWN, S., HAGEN, S. C., SAATCHI, S. S., PETROVA, S., SALAS, W., HANSEN, M., POTAPOV, P. & LOTSCH, A. 2012. Baseline map of carbon emissions from deforestation in tropical regions. Science, 336(6088): 1573-1575

HASSAN, R., SCHOLLES, R., & ASH, N. 2005. Ecosystems and Human Well-being : Current State and Trends , Millennium Ecosystem Assessment Series, Volume 1. Ecosystems and Human Wellbeing : Current State and Trends. Island Press. Washington, D.C., EEUU: 47p. HAYES, D. J., & SADER, S. A. 2001. Comparison of change detection techniques for monitoring tropical forest clearing and vegetation regrowth in a time series. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 67(9): 1067-1075

HOLDRIDGE, L.R., GRENKE, W., HATHEWAY, W.H., LIANG, T. & TOSI, J.A. 1971. Forest 920 Environments in Tropical Life Zones: A Pilot Study. Pergamon Press, Oxford.

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

HOUGHTON, R. A. 2005. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. *Global Change Biology*, 11(6): 945–958.

HOUGHTON, R.A. 2012. Carbon emissions and the drivers of deforestation and forest degradation in the tropics. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 4(6):597–603

HUANG, C., GOWARD, S.N., MASEK, J.G., THOMAS, N., ZHU, Z. & VOGELMANN, J.E. 2010. An automated approach for reconstructing recent forest disturbance history using dense Landsat time series stacks. *Remote Sensing of Environment*, 114 (1): 183-198.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES (IDEAM). 2005. Distribución espacio-temporal de las variables del clima. En: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (Eds.), *Atlas climatológico de Colombia*. Bogotá D.C. 218 p.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2015. Inventario nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI) de Colombia. Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático de COLOMBIA, IDEAM, PNUD, MADS, DNP. CANCELLERÍA; FMAM. Bogotá D.C. 36 p.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA. 2017. Resumen ejecutivo Tercera Comunicación Nacional De Colombia a La Convención Marco De Las Naciones Unidas Sobre Cambio Climático (CMNUCC). Tercera Comunicación Nacional de Cambio Climático.

IDEAM, PNUD, MADS, DNP, CANCELLERÍA, FMAM. Bogotá D.C., Colombia. 37p.
 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. Bogotá, D. C., 72p.

	GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN Plan General de la Operación Estadística “Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”	Código: GCI-BN-PG001 Versión: 01 Fecha: 13/12/2025
--	--	---

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES - MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE [IDEAM - MADS], 2023. Actualización de cifras de monitoreo de la superficie de bosque - Año 2022., 65 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC. 2004. Adopción del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS como datum oficial de Colombia. Subdirección de Geografía y Cartografía. 33 p.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI – IGAC. 2008. Concepto sobre la superficie continental e insular del país. Subdirección de Geografía y Cartografía. Bogotá. 2008. 2 p.

IPCC 2003. Intergovernmental Panel on Climate Change. Good Practice Guidance for Land Use, LandUse Change and Forestry. Edited by Jim Penman, Michael Gytarsky, Taka Hiraishi, Thelma Krug, Dina Kruger, RiittaPipatti, Leandro Buendia, Kyoko Miwa, Todd Ngara, Kiyoto Tanabe and Fabian Wagner. Published by the Institute for Global Environmental Strategies (IGES) for the IPCC.

IPCC 2006. Intergubernamental Panel on Climate Change.VOL. 4 Agricultura Silvicultura y Otros Usos de la Tierra. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), IPCC/OECD/IEA/IGES, Hayama, Japan.

IPCC. 2007. Climate Change 2007 The Physical Science Basis. Contribution of Wor- king Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Cli- mate Change. (S. Solomon, D. Qin, M. Manning, M. Marquis, K. Averyt, M. Ti gnor, Mi- ller, H. & Z. Chen, Eds.) (p. 996). Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

KITAYAMA, K. & AIBA, S. 2002. Ecosystem structure and productivity of tropical rain forests along 952 altitudinal gradients with contrasting soil phosphorus pools on Mount Kinabalu, Borneo. Journal of 953 Ecology 90: 37-51.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

KITAYAMA, K. & MUELLER-DOMBOIS, D. 1994. An altitudinal transect analysis of the windward vegetation on Haleakala, a Hawaiian island mountain. *Phytocoenologia* 24: 135-154.

KÖRNER, C. 1998. A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation. *Oecologia* 115: 445-459.

KÖRNER, C. 2006. Plant CO₂ responses: an issue of definition, time and resource supply. *New Phytologist* 172: 393-411.

KÖRNER, C. 2007. The use of 'altitude' in ecological research. *TRENDS in Ecology and Evolution* 965 22(11): 569-574.

LIEBERMAN, D., LIEBERMAN, M., PERALTA, R. & HARTSHORN, G.S. 1996. Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal of Ecology* 84: 137-152

LILLESAND, T.M., KIEFER, R.W., CHIPMAN, J.W. 2008. *Remote Sensing and Image Interpretation*, sixth ed. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.

MALILA, W.A., 1980. Change vector analysis: an approach for detecting forest changes with Landsat. In: 6th Annual Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue University, West Lafayette, Indiana, pp. 326–335

MAYAUX, P., EVA H., GALLEGO J., STRAHLER A., HEROLD M., SHEFALI A., NAUMOV S., DE MIRANDA E., DI BELLA C., JOHANSSON D., ORDOYNE C., KOPIN I. & BELWARD A., 200., Validation of the Global Land Cover 2000 Map. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 44 (7-1): 1728-1739.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE-DNP. 1996. Política de Bosques. Documento CONPES No. 2834. Bogotá, Colombia 39 p.

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. 2001. Plan Nacional de Desarrollo Forestal. Documento CONPES 3125. ISBN: 9487-12-2. Bogotá, Colombia. 76p.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL - MAVDT. 2002. Definición de Bosque para proyectos de uso del suelo, cambio de uso del suelo y silvicultura para el primer período de compromiso. Bogotá D.C., Colombia.19p.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL - MAVDT. 2004. Resolución 643 del 2 de junio de 2004. “Por medio de la cual se establecen los indicadores mínimos de que trata el artículo 11 del Decreto 1200 de 2004 y se adoptan otras disposiciones”.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2014. Política Nacional para la Gestión de la Biodiversidad y sus Servicios Ecosistémicos PNGIBSE. ISBN: 978-958-8343-71-6 Bogotá D.C., Colombia. 124p.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2015. Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2016. Decreto 667 del 27 de abril de 2016. “Por la cual se establecen los indicadores mínimos de que trata el artículo 2.2.8.6.5.3 del Decreto 1076 de 2015 y se adoptan otras disposiciones”.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2017. Decreto 1257 del 25 de julio de 2017 “Por medio del cual se crea la Comisión Intersectorial para el Control de la Deforestación y la Gestión Integral para la Protección de Bosques Naturales y se toman otras determinaciones”.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2017. Estrategia integral del control a la deforestación y gestión d los bosques (EICDGB). Bogotá D.C., Colombia. 347 p.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. 2017. Decreto 1655 del 10 de octubre de 2017 “Por medio del cual se adiciona al Libro 2, parte



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

2, Titulo 8, Capitulo 9 del Decreto 1076 de 2015, cinco nuevas secciones en el sentido de establecer la organización y funcionamiento del Sistema Nacional de Información Forestal, el Inventario Forestal Nacional y el Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono que hacen parte del Sistema de Información Ambiental para Colombia, y se dictan otras disposiciones".

MUCHONEY & HAACK, 1994 MUCHONEY, D. M., & HAACK, B. N. 1994. Change Detection for Monitoring Forest De- foliation. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 60(10): 1243–1251.

OLANDER, L., GIBBS, H., STEININGER, M., SWENSON, J., & MURRAY, B. C. 2007. Data and methods to estimate national historical deforestation baselines in support of UN- FCC REDD. Durham, USA: Duke University. Recuperado de: <http://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/publications/data-and-methods-to-estimate-national-historical-deforestation-baselines-in-support-of-unfccc-redd-paper.pdf>

OLTHOF, I., POULIOT, D., FERNANDES, R., & LATIFOVIC, R. 2005. Landsat-7 ETM+ radiometric normalization comparison for northern mapping applications. Remote Sensing of Environment, 1007 95(3): 388–398.

PAN, Y., BIRDSEY, R. A, FANG, J., HOUGHTON, R., KAUPPI, P. E., KURZ, W., PHILLIPS, O, SHVI- DENKO, A., LEWIS, S., CANADELL, J., CIAIS, P., JACKSON, R., RAUTIAINEN, A., SITCH, S. & HA- YES, D. 2011. A large and persistent carbon sink in the world’s forests. Science, 333(6045): 988–993

POTAPOV, P., YAROSHENKO, A., TURUBANOVA, S., DUBININ, M., LAESTADIUS, L., THIES, C., AK- SENOV, D., EGOROV, A., YESIPOVA, Y., GLUSHKOV, I., KARPACHEVSKIY, M., KOSTIKOVA, A., MA- NISHA, A. & TSYBIKOVA, E. 2008. Mapping the World ’ s Intact Forest Landscapes by Remote Sensing. Ecology and Society, 13(2): 51



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

POTAPOV, P. V., TURUBANOVA, S., HANSEN, M. C., ADUSEI, B., BROICH, M., ALTSTATT, A., MANE, L. & JUSTICE, C. O. 2012. Quantifying forest cover loss in Democratic Republic of the Congo, 2000– 2010, with Landsat ETM+ data. Remote Sensing of Environment, 122: 106–116.

PUYRAVAUD, J-P. 2003 . Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. Forest ecology and management 177: 593-596.

STEHMAN, S. V., OLOFSSON, P., WOODCOCK, C. E., HEROLD, M., & FRIEDL, M. A. (2012). A global land cover validation dataset, II: Augmenting a stratified sampling design to estimate accuracy by region and land-cover class. International Journal of Remote Sensing, 33: 6975–6993.

THOMAS, C.E. & RENNIE, J.C. 1987. Combining Inventory Data for Improved Estimates of Forest 1044 Resources. Southern Journal of Applied Forestry 11(3): 168-171. 1045-1046 UNFCCC. 2009. Advance unedited version Decision -/CP.15 The Conference of the Parties, takes note of the Copenhagen Accord of 18 December 2009. http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/application/pdf/cop15_cph_auv.pdf.
Accedido el 14 de agosto de 2012.

UNITED STATES GEOLOGICAL SERVICE. 2014. USGS Landsat Project. Disponible en línea en: <http://landsat.usgs.gov/>.

VERBESSELT, J., HYNDMAN, R., NEWNHAM, G., & CULVENOR, D. 2010. Detecting trend and seasonal changes in satellite image time series. Remote Sensing of Environment, 114(1): 106–115.

WESTFALL, J.A., PATTERSON, P.L. & COULSTON, J.W. 2011. Post-stratified estimation: within-strata and total sample size recommendations. Canadian Journal of Forest Research 41: 1130-1139.

ZHU, Z. and WOODCOCK, C.E. 2012. Object-based cloud and cloud shadow detection in Landsat imagery Remote Sensing of Environment 118: 83-94.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

12 HISTORIAL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Descripción
1	13/12/2025	Creación del documento



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de
Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

ANEXOS

Anexo 1. Hoja metodológica de los indicadores

República de Colombia
Nombre del indicador
(Hoja metodológica versión X.X)

1. Identificación del indicador	
Contexto nacional o internacional en la que se encuentra	
Tema de referencia	
Unidad de medida	
Periodicidad de la publicación	☐ Anual ☐ Semestral ☐ Trimestral ☐ Mensual ☐ Diario ☐ Otra, cuál: _____
Cobertura geográfica	☐ Nacional ☐ Departamental —



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

	☐ Municipal ☐ Otra, cuál: _____
Cobertura temporal	

2. Descripción del indicador

Definición	
Pertinencia	
Metas / Estándares	
Marco conceptual	
Fórmula de cálculo	
Metodología de cálculo	
Interpretación	
Restricciones o Limitaciones	
Facilidad de obtención	☐ Fácil ☐ Regular ☐ Difícil ¿Por qué?: _____

3. Responsable del indicador

1	Entidad	
	Subdirección	



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Dependencia	
Coordinador del grupo	
Nombre del funcionario	
Correo electrónico	
Teléfono	
Dirección	

4. Ubicación principal para la consulta del indicador

Física o digital	
URL	

5. Fuente de las variables

V 1	Nombre de la variable	
	Tipo de fuente	Registro primario de información ☐ Censo ☐ Muestra ☐ Registro administrativo ☐ Teledetección ☐ Estación de monitoreo ☐ Otro, cual: Registro secundario de información ☐ Registro administrativo



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

		☐ Teledetección
		☐ Estación de monitoreo
		☐ Estimaciones directas
		☐ Estimaciones indirectas
		☐ Otro, cual: _____
	Frecuencia de medición	☐ Anual
		☐ Semestral
		☐ Trimestral
		☐ Mensual
		☐ Diario
☐ Otra, cual: _____		
Ubicación para consulta		
Medio de consulta		
Física o digital		
URL		
Responsable		
Entidad		
Dependencia		
Correo electrónico		
Teléfono		



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

	Dirección	
--	------------------	--

6. Observaciones generales

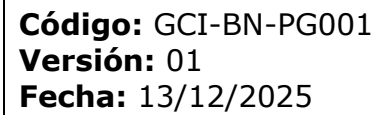
7. Referencias

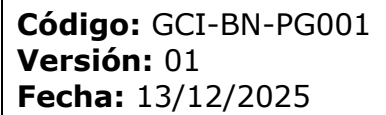
8. Información sobre la Hoja Metodológica

Fecha	Versión	Datos del autor de la versión de la hoja metodológica	Descripción de los cambios en la versión
DD/MM/AAA A	1.0	Nombre funcionario: Cargo: Dependencia: Entidad: Correo electrónico: Teléfono: Dirección: Cítese como:	



Fecha de actualización: 30 de octubre de 2024

[illegible]



Unidad: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 2014. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Bosques 2014. Proyecto Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC). Bogotá, D. C., Colombia.

Se refiere a la superficie continental e insular cubierta por bosque natural. El bosque natural se define como: Tierra ocupada principalmente por árboles que puede contener arbustos, palmas, guadas, hierbas y lianas, en la que predomina la cobertura arbórea con una densidad mínima de dosel del 30%, una altura mínima de dosel (in situ) de 5 metros al momento de su identificación, y un área mínima de una hectárea. Se excluyen las corporaciones arbóreas de plantaciones forestales comerciales, cultivos de palma y árboles sembrados para la producción agropecuaria.

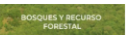
Los dosel excluyen la superficie sin información (debido a la presencia de nubes y otros factores que impiden su cobertura), de manera que es posible que para cada período se registre una superficie menor a la superficie que en realidad está cubierta por bosque.

Notas:

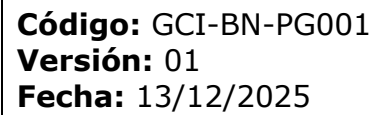
Los valores de las superficies cubiertas por bosque natural, superficie sin información y datos del indicador reportados en la tabla puede cambiar periódicamente debido a que la metodología de procesamiento incluye un análisis de consistencia en la serie temporal cada vez que se generan los datos de nuevos períodos de monitoreo. Para uso de los datos tener en cuenta la fecha de actualización de la información que se encuentra al final de la tabla.

La suma total de la superficie cubierta por bosque natural de todas las Corporaciones Autónomas Regionales puede no coincidir exactamente con las cifras reportadas a nivel nacional para los mismos períodos, debido a que los valores de las variables y del indicador se redondean a hectárea.

Fecha de actualización: 30 de octubre de 2024



Departamento	Variable/indicador	1990	2000	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
AMAZONAS	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
ANTIOQUIA	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
ARAUCA	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
ATLÁNTICO	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
BOGOTÁ, D.C.	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
BOLÍVAR	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
BOYACÁ	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
CALDAS	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
CAQUETÁ	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
CASANARE	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
CAUCA	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
CESAR	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
CHOCÓ	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
CÓRDOBA	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																
CUNDINAMARCA	Superficie cubierta por bosque natural SCBN: (ha)																
	Superficie sin información: (ha)																
	Proporción de la superficie cubierta por bosque natural PSBN (%)																





GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Indicador cambio en la superficie cubierta por bosque natural



Colombia. Cambio en la superficie cubierta por bosque natural en el territorio continental e insular
Periodos: 1990:2000, 2000:2005, 2005:2010, 2010:2012, 2012:2013, 2013:2014, 2014:2015, 2015:2016, 2016:2017, 2017:2018, 2018:2019, 2019:2020, 2020:2021, 2021:2022, 2022:2023

Hectáreas (ha)					
Periodo $t_1 : t_2$	Superficie deforestada SD	Superficie regenerada SR	Superficie sin información ¹	Diferencia neta de la superficie cubierta por bosque periodo $t_1 : t_2$	Cambio superficie cubierta por bosque natural ² $CSBN$
1990 : 2000					
2000 : 2005					
2005 : 2010					
2010 : 2012					
2012 : 2013					
2013 : 2014					
2014 : 2015					
2015 : 2016					
2016 : 2017					
2017 : 2018					
2018 : 2019					
2019 : 2020					
2020 : 2021					
2021 : 2022					
2022 : 2023					

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 2024. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Bosques 2024. Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC). Bogotá, D. C., Colombia.

¹Corresponde a la superficie continental e insular sin información en el año t_1 , t_2 o en los dos; esta área no se considera en el análisis de cambio.

² Diferencia entre la superficie de bosque natural regenerada y la superficie de bosque natural deforestado entre el año inicial (t_1) y el final (t_2) del periodo de análisis.

³ Diferencia promedio anual entre la superficie de bosque regenerado (ganancia) y la superficie de bosque deforestado (pérdida), resulta de dividir la diferencia neta de la superficie cubierta por bosque natural entre el periodo ($t_1 : t_2$) por el número de años del periodo (10 para 1990-2000, 5 para 2000-2005, 2005-2010, 2 para 2010-2012 y 1 desde el periodo 2013-2014 en adelante). Valores negativos representan pérdidas netas de superficie cubierta por bosque natural, en tanto que valores positivos representan ganancias netas de ésta.

Nota: Los valores reportados en la tabla pueden cambiar periódicamente debido a que la metodología de procesamiento incluye un análisis de consistencia en las serie temporal cada vez que se generan los datos de nuevos periodos de monitoreo. Para uso de los datos tener en cuenta la fecha de actualización de la información que se encuentra al final de la tabla.

Al graficar el indicador se recomienda incluir únicamente los datos generados con una periodicidad anual (2012-2013 en adelante). Los datos de 1990 a 2000 provienen de un único periodo de monitoreo de 10 años, los datos de 2000 a 2010 de dos monitoreos quinquenales: 2000-2005 y 2005-2010 y los datos de 2010-2012 de un periodo bienal, por lo que no se deben incluir en las gráficas.



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025



Colombia. Cambio en la superficie cubierta por bosque natural: según Departamento															
Resultados consolidados entre 1990-2023															
	Hectáreas (ha)														
Departamento	1990-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023
AMAZONAS															
ANTIOQUIA															
ARAUCA															
ATLÁNTICO															
BOGOTÁ, D.C															
BOLÍVAR															
BOYACÁ															
CALDAS															
CAQUETÁ															
CASANARE															
CAUCA															
CESAR															
CHOCÓ															
CÓRDOBA															
CUNDINAMARCA															
GUAINÍA															
GUAVIARE															
HUILA															
LA GUAJIRA															
MAGDALENA															
META															
NARIÑO															
NORTE DE SANTANDER															
PUTUMAYO															
QUINDÍO															
RISARALDA															
SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA															
SANTANDER															
SUCRE															
TOLIMA															
VALLE DEL CAUCA															
VAUPÉS															
VICHADA															
Total															

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2024. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Bosques 2023. Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC). Bogotá, D. C., Colombia.

1. Diferencia promedio anual entre la superficie de bosque regenerado (ganancia) y la superficie de bosque deforestado (pérdida) entre los años t_1 y t_2 : resulta de dividir la diferencia neta de la superficie cubierta por bosque natural entre el periodo $(t_2 - t_1)$ por el número de años del periodo (10 para 1990-2000, 5 para 2000-2005, 2005-2010; 2 para 2010-2012 y 1 desde el periodo 2013-2014 en adelante). Valores negativos representan pérdidas netas de superficie cubierta por bosque natural, en tanto que valores positivos representan ganancias netas de ésta.

Notas:

Los valores reportados en la tabla pueden cambiar periódicamente debido a que la metodología de procesamiento incluye un análisis de consistencia en las serie temporal cada vez que se generan los datos de nuevos periodos de monitoreo. Para uso de los datos tener en cuenta la fecha de actualización de la información que se encuentra al final de la tabla.

La suma Total del cambio en la superficie de bosque natural de todos los departamentos puede no coincidir exactamente con las cifras reportadas a nivel nacional para los mismos periodos, debido a que los valores de las variables y del indicador se redondean a hectárea.

Al graficar el indicador se recomienda incluir únicamente los datos generados con una periodicidad anual (2012-2013 en adelante). Los datos de 1990 a 2000 provienen de un único periodo de monitoreo de 10 años, los datos de 2000 a 2010 de dos monitoreos quinquenales: 2000-2005 y 2005-2010 y los datos de 2010-2012 de un periodo bienal, por lo que no se deben incluir en las gráficas.

Fecha de actualización. Octubre 30 de 2024



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025



Colombia. Cambio en la superficie cubierta por bosque natural según Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible. 2022-2023					
Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible	Superficie deforestada <i>SD</i>	Superficie regenerada <i>SR</i>	Superficie sin información:	Diferencia neta de la superficie cubierta por bosque periodo <i>t1 : t2</i>	Cambio superficie cubierta por bosques: <i>CSBN</i>
				<i>t1 : t2</i>	Hectáreas (ha)
AMVA					
CAM					
CAR					
CARDER					
CARDIQUE					
CARSUCRE					
CAS					
CDA					
CDMB					
CODECHOCÓ					
CORALINA					
CORANTIOQUIA					
CORMACARENA					
CORNARE					
CORPAMAG					
CORPOAMAZONÍA					
CORPOBOYACÁ					
CORPOCALDAS					
CORPOCESAR					
CORPOCHIVOR					
CORPOGUAJIRA					
CORPOGUAVIO					
CORPOMOJANA					
CORPONARIÑO					
CORPONOR					
CORPORINOQUIÁ					
CORPOURABÁ					
CORTOLIMA					
CRA					
CRC					
CRQ					
CSB					
CVC					
CVS					
SDA					
Total					

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 2024. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Bosques. Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC). Bogotá, D. C., Colombia.

1Corresponde a la superficie continental e insular sin información en el año *t1*, *t2* o en los dos; esta área no se considera en el análisis de cambio.

2 Diferencia entre la superficie de bosque natural regenerada y la superficie de bosque natural deforestado entre el año inicial(*t1*) y el final(*t2*) del periodo de análisis.

3 Diferencia promedio anual entre la superficie de bosque regenerado (ganancia) y la superficie de bosque deforestado (pérdida) entre los años *t1* y *t2*; resulta de dividir la diferencia neta de la superficie cubierta por bosque natural entre el periodo (*t1 : t2*) por el número de años del periodo (10 para 1990-2000, 5 para 2000-2005, 2005-2010; 2 para 2010-2012 y 1 desde el periodo 2013-2014 en adelante). Valores negativos representan pérdidas netas de superficie cubierta por bosque natural, en tanto que valores positivos representan ganancias netas de ésta.

Notas:

Los valores reportados en la tabla pueden cambiar periódicamente debido a que la metodología de procesamiento incluye un análisis de consistencia en las serie temporal cada vez que se generan los datos de nuevos periodos de monitoreo. Para uso de los datos tener en cuenta la fecha de actualización de la información que se encuentra al final de la tabla.

La suma Total del cambio en la superficie de bosque natural de todas las corporaciones autónomas regionales puede no coincidir exactamente con las cifras reportadas a nivel nacional para los mismos periodos, debido a que los valores de las variables y del indicador se redondean a hectárea.

Al graficar el indicador se recomienda incluir únicamente los datos generados con una periodicidad anual (2012-2013 en adelante). Los datos de 1990 a 2000 provienen de un único periodo de monitoreo de 10 años, los datos de 2000 a 2010 de dos monitoreos quinquenales: 2000-2005 y 2005-2010 y los datos de 2010-2012 de un periodo bienal, por lo que no se deben incluir en las gráficas.

Fecha de actualización. Octubre 30 de 2024

Indicador tasa anual de deforestación



Colombia. Tasa anual de deforestación

Periodos: 1990:2000, 2000:2005, 2005:2010, 2010:2012, 2012:2013, 2013:2014, 2014:2015, 2015:2016, 2016:2017, 2017:2018, 2018:2019, 2019:2020, 2020:2021, 2021:2022, 2022:2023.

Periodo <i>t₁ : t₂</i>	Superficie de bosque estable (ha) <i>SCBE</i>	Superficie deforestada: (ha) <i>SD</i>	Promedio anual de superficie deforestada (ha/año)	Proporción de la superficie sin información: (%)	Tasa anual de deforestación ⁴ (%) <i>TD</i>
1990 : 2000					
2000 : 2005					
2005 : 2010					
2010 : 2012					
2012 : 2013					
2013 : 2014					
2014 :2015					
2015 : 2016					
2016 : 2017					
2017 : 2018					
2018 : 2019					
2019 : 2020					
2020 : 2021					
2021 : 2022					
2022 : 2023					

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 2024. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Bosques 2024. Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono (SMBYC). Bogotá, D. C., Colombia.

1 Superficie que permanece cubierta por bosque natural tanto al inicio(*t₁*) como al final(*t₂*) del periodo de análisis

2 Superficie que habiendo estado cubierta por bosque natural en el año inicial, presentó otro tipo de cobertura en el año final.*t*

3 Corresponde a la proporción de la superficie continental e insular sin información en el año *t* en los dos años esta superficie no se considera en el análisis de deforestación.

4 Calculada mediante la expresión $TD_{j(t_1:t_2)} = \left[\frac{1}{(t_2 - t_1)} \right] * \ln \left[\frac{SCBE_{j(t_1:t_2)}}{(SCBE_{j(t_1:t_2)} + SD_{j(t_1:t_2)})} \right] * 100$. Donde *t₁* y *t₂* corresponden al año inicial y final del periodo de análisis; *SCBE_{j(t_1:t_2)}* representa el bosque estable y *SD_{j(t_1:t_2)}* es la superficie deforestada en la unidad espacial de referencia *j*.

• El dato del indicador se reporta únicamente cuando se tiene información de al menos un 90% del territorio, es decir cuando el porcentaje de la superficie sin información es inferior al 10%.

Nota: Los valores del indicador y de las variables reportadas en la tabla pueden cambiar periódicamente debido a que la metodología de procesamiento incluye un análisis de consistencia en las serie temporal cada vez que se generan los datos de nuevos periodos de monitoreo. Para uso de los datos tener en cuenta la fecha de actualización de la información que se encuentra al final de la tabla.

Los datos de 1990 a 2000 provienen de un único periodo de monitoreo de 10 años, los datos de 2000 a 2010 de dos monitoreos quinquenales (2000-2005 y 2005-2010), los datos de 2010-2012 de un periodo bienal, del periodo 2012-2013 el monitoreo se realiza anualmente.

Al graficar el indicador se recomienda incluir únicamente los datos generados con una periodicidad anual (2012-2013 en adelante). Los datos de 1990 a 2000 provienen de un único periodo de monitoreo de 10 años, los datos de 2000 a 2010 de dos monitoreos quinquenales: 2000-2005 y 2005-2010 y los datos de 2010-2012 de un periodo bienal, por lo que no se deben incluir en las gráficas.

Fecha de actualización. Octubre 30 de 2024



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025



Colombia. Tasa anual de deforestación según Departamento. Resultados consolidados entre 1990-2023															Porcentaje (%)
Departamento	1990-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023
AMAZONAS															
ANTIOQUIA															
ARAUCA															
ATLÁNTICO															
BOGOTÁ, D.C															
BOLÍVAR															
BOYACÁ															
CALDAS															
CAQUETÁ															
CASANARE															
CAUCA															
CESAR															
CHOCÓ															
CÓRDOBA															
CUNDINAMARCA															
GUAINÍA															
GUAVIARE															
HUILA															
LA GUAJIRA															
MAGDALENA															
META															
NARIÑO															
NORTE DE SANTANDER															
PUTUMAYO															
QUINDÍO															
RISARALDA															
SAN ANDRÉS Y PROVIDENCIA															
SANTANDER															
SUCRE															
TOLIMA															

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 2024. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Bosques 2024. Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono. Bogotá, D. C., Colombia.
* El dato del indicador se reporta únicamente cuando se tiene información de al menos un 90% del territorio, es decir cuando el porcentaje de la superficie sin información es inferior al 10%.

Notas:
El indicador toma valores menores o iguales a cero. Valores menores a cero señalan pérdidas de superficie cubierta por bosque natural; el valor nulo o igual a cero significa que no existió deforestación en el periodo de análisis.
Los datos de 1990 a 2000 provienen de un único periodo de monitoreo de 10 años, los datos de 2000 a 2010 de dos monitoreos quinquenales (2000-2005 y 2005-2010) , los datos de 2010-2012 de un periodo bienal, del periodo 2012-2013 el monitoreo se realiza anualmente.
Los valores del indicador pueden cambiar periódicamente debido a que la metodología de procesamiento incluye un análisis de consistencia en las serie temporal cada vez que se generan los datos de nuevos periodos de monitoreo. Para uso de los datos tener en cuenta la fecha de actualización de la información que se encuentra al final de la tabla.
Al graficar el indicador se recomienda incluir únicamente los datos generados con una periodicidad anual (2012-2013 en adelante). Los datos de 1990 a 2000 provienen de un único periodo de monitoreo de 10 años, los datos de 2000 a 2010 de dos monitoreos quinquenales: 2000-2005 y 2005-2010 - y los datos de 2010-2012 de un periodo bienal, por lo que no se deben incluir en las gráficas.
Fecha de actualización. Octubre 30 de 2024



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025



Colombia. Tasa anual de deforestación según Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible. Resultados consolidados entre 1990-2023															Porcentaje (%)
Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible	1990-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020-2021	2021-2022	2022-2023
AMVA															
CAM															
CAR															
CARDER															
CARDIQUE															
CARSUCRE															
CAS															
CDA															
CDMB															
CODECHOCÓ															
CORALINA															
CORANTIOQUIA															
CORMACARENA															
CORNARE															
CORPAMAG															
CORPOAMAZONÍA															
CORPOBOYACÁ															
CORPOCALDAS															
CORPOCESAR															
CORPOCHIVOR															
CORPOGUAJIRA															
CORPOGUAVIO															
CORPOMOJANA															
CORPONARIÑO															
CORPONOR															
CORPORINOQUIÁ															
CORPOURABA															
CORTOLIMA															
CRA															
CRC															
CRI															
CSB															
CVC															
CVS															
SDA															

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, 2022. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, Grupo de Bosques 2022. Sistema de Monitoreo de Bosques y Carbono. Bogotá, D. C., Colombia.

* El dato del indicador se reporta únicamente cuando se tiene información de al menos un 90% del territorio, es decir cuando el porcentaje de la superficie sin información es inferior al 10%.

Notas:

El indicador toma valores menores o iguales a cero. Valores menores a cero señalan pérdidas de superficie cubierta por bosque natural; el valor nulo o igual a cero significa que no existió deforestación en el periodo de análisis.

Los datos de 1990 a 2000 provienen de un único periodo de monitoreo de 10 años, los datos de 2000 a 2010 de dos monitoreos quinquenales (2000-2005 y 2005-2010) , los datos de 2010-2012 de un periodo bienal, del periodo 2012-2013 el monitoreo se realiza anualmente.

Los valores del indicador pueden cambiar periódicamente debido a que la metodología de procesamiento incluye un análisis de consistencia en las serie temporal cada vez que se generan los datos de nuevos periodos de monitoreo. Para uso de los datos tener en cuenta la fecha de actualización de la información que se encuentra al final de la tabla.

Al graficar el indicador se recomienda incluir únicamente los datos generados con una periodicidad anual (2012-2013 en adelante). Los datos de 1990 a 2000 provienen de un único periodo de monitoreo de 10 años, los datos de 2000 a 2010 de dos monitoreos quinquenales: 2000-2005 y 2005-2010 y los datos de 2010-2012 de un periodo bienal, por lo que no se deben incluir en las gráficas.

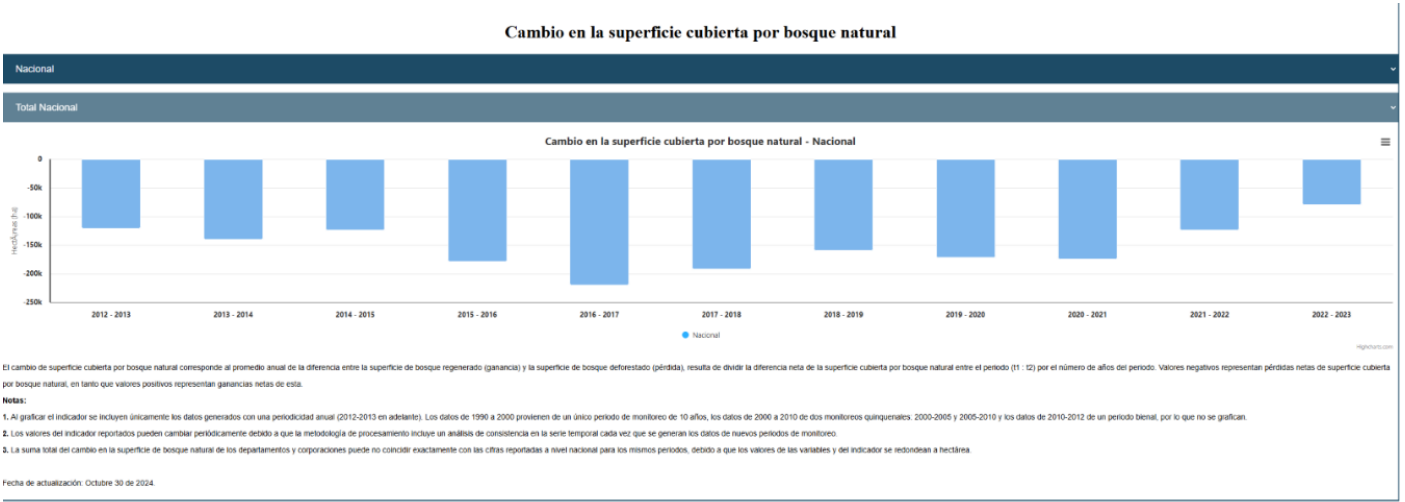
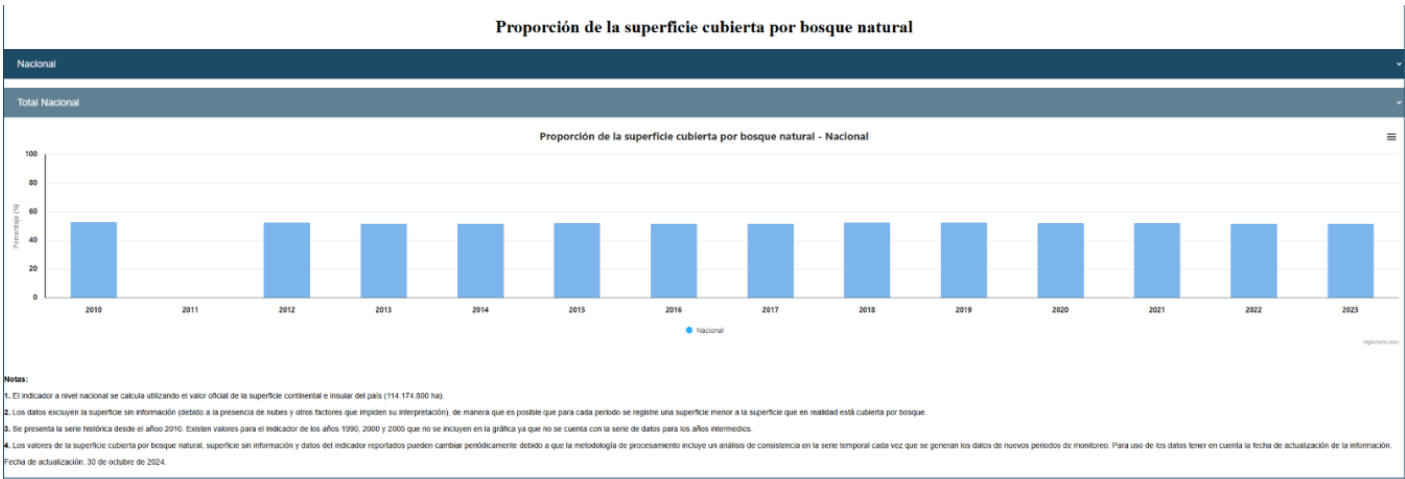
Fecha de actualización, Octubre 30 de 2024



GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN
Plan General de la Operación Estadística
“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025

Anexo 3. Formatos de las gráficas de los indicadores



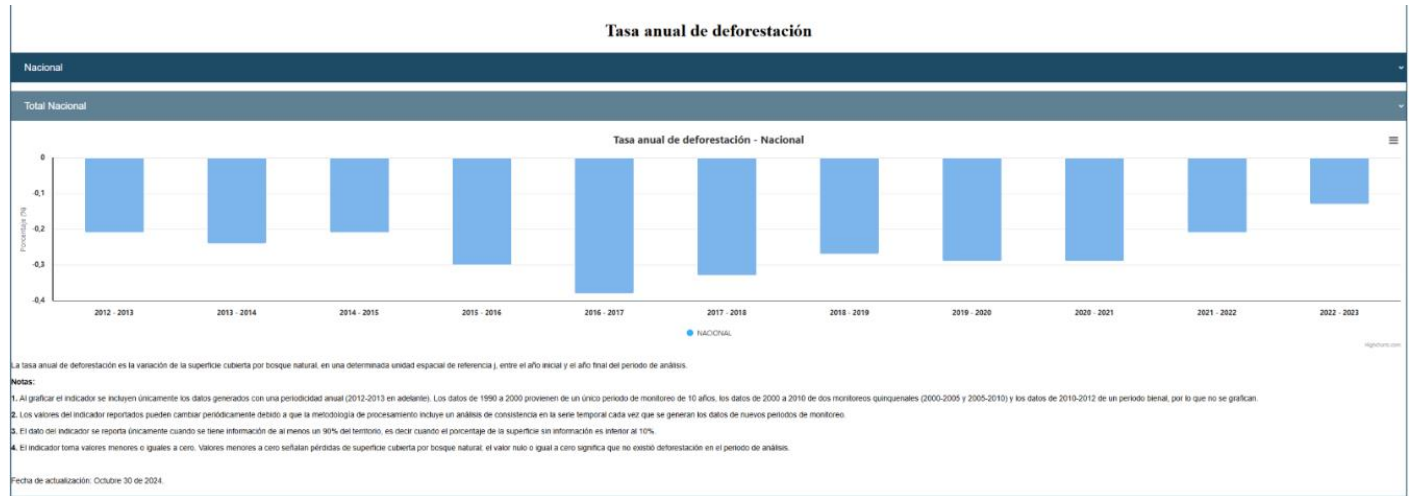


GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO E INVESTIGACIÓN

Plan General de la Operación Estadística

“Estadísticas del Monitoreo de la Superficie de Bosque Natural”

Código: GCI-BN-PG001
Versión: 01
Fecha: 13/12/2025



Anexo 4. Formatos de las salidas gráficas

