



DIRECCIÓN DE SÍNTESIS Y CUENTAS NACIONALES (DSCN)

**CUENTA AMBIENTAL Y ECONÓMICA DE EXTENSIÓN
DE LOS ECOSISTEMAS (CAE-EE) / AMBIENTAL**

RESULTADOS EXPERIMENTALES

OCTUBRE de 2024

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA (DANE)

BEATRIZ PIEDAD URDINOLA CONTRERAS

Directora

ANDREA RAMÍREZ PISCO

Subdirectora

ÁLVARO FERNANDO GUZMÁN LUCERO

Secretario General (e)

DIRECTORES

CÉSAR MAURICIO LÓPEZ ALFONSO

Dirección de Metodología y Producción Estadística (DIMPE)

ANDRÉS FELIPE ORTIZ RICO

Dirección de Recolección y Acopio (DRA)

JAVIER SEBASTIÁN RUIZ SANTACRUZ

Dirección de Censos y Demografía (DCD)

JULIETH ALEJANDRA SOLANO VILLA

Dirección de Regulación, Planeación, Estandarización y Normalización (DIRPEN)

JUAN PABLO CARDOSO TORRES

Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales (DSCN)

ELKIN ERNESTO RAMÍREZ NIÑO

Dirección de Geoestadística (DIG)

ALVARO ENRIQUE DUQUE SOTO

Dirección de Difusión, Mercadeo

y Cultura Estadística (DICE)

Equipo de trabajo DANE

Camilo José Gómez Cardona

Carlos Alberto Duran Gil

Diego Andrés Cobaleda Martínez

Jenny Johana Rosado Ortiz

Juan Camilo Aros Castillo

Laura Alejandra Martínez Conde

Marlín Vanessa Botero Blanco

Óscar Mauricio Sarmiento Prieto

Sebastián Díaz Duran

Equipo de trabajo Centro Vasco para el Cambio

Climático (BC3, por sus siglas en inglés)

Alessio Bulckaen

Caterina Gilli

© DANE, 2024

Prohibida la reproducción total o parcial sin permiso o autorización del Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Colombia.

CONTENIDO

Introducción 5

1. Antecedentes 7

2. Objetivos 8

2.1 Objetivo general	8
2.2 Objetivos específicos	8

3. Metodología 9

3.1 Delimitación de unidades espaciales y definición de periodos de referencia	9
3.2 Clasificación de los tipos de ecosistemas	10
3.3 Cuadro de extensión de los ecosistemas.....	10
3.4 Matriz de cambio de tipos de ecosistemas	13
3.5 Indicadores derivados	13

4. Resultados 14

4.1 Cuadro de extensión de los ecosistemas.....	14
4.2 Matriz de cambios de tipos de ecosistemas.....	19
4.3 Indicadores derivados	23

5. Uso de ARIES en la implementación de la CAE-EE 27

5.1 Metodología.....	27
5.2 Alcance	34
5.3 Resultados	35

Bibliografía 39

Lista de tablas

Tabla 1. Fuentes de información para la CAE-EE	9
Tabla 2. Unidades espaciales de la CAE-EE	10
Tabla 3. Criterios de clasificación del cambio	11
Tabla 4. Cuadro de extensión de los ecosistemas, según reino (hectáreas)	14
Tabla 5. Cuadro de extensión de los ecosistemas terrestres, según bioma (hectáreas)	16
Tabla 6. Matriz de cambio de tipos de ecosistemas, según reino (hectáreas)	20
Tabla 7. Tabla de búsqueda simple para la identificación de ecosistemas	30
Tabla 8. Tabla de búsqueda con combinación de variables para la identificación de ecosistemas	30
Tabla 9. Tabla de búsqueda para la identificación de bosque basal inundable	32
Tabla 10. Coincidencia entre la superficie del MEC y ARIES, según tipo de ecosistema (hectáreas y %)	36
Tabla 11. Cambio en la extensión, según tipo de ecosistema (hectáreas y %)	37

Lista de gráficos

Gráfico 1. Participación porcentual de los reinos de los ecosistemas (porcentaje)	15
Gráfico 2. Participación porcentual de los biomas de los ecosistemas terrestres (porcentaje)	17
Gráfico 3. Cambio neto de la extensión, según grupo funcional del ecosistema. Ecosistemas con incremento de área (hectáreas)	18
Gráfico 4. Cambio neto de la extensión, según grupo funcional del ecosistema. Ecosistemas con reducción de área (hectáreas)	19
Gráfico 5. Zonas cultivadas (hectáreas)	23
Gráfico 6. Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema. Ecosistemas con incremento en la extensión (porcentaje)	24
Gráfico 7. Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema. Ecosistemas con reducción en la extensión (porcentaje)	25
Gráfico 8. Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema (%)	38

Lista de mapas

Mapa 1. Clasificación del cambio por tipo de ecosistema (hectáreas)	22
Mapa 2. Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema (porcentaje)	26

Lista de imágenes

Imagen 1. Árbol de decisión	28
Imagen 2. Superposición de variables para la identificación de bosque basal inundable	33
Imagen 3. Bosque basal inundable identificado a partir de la tabla de búsqueda	34

Introducción

El Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), tiene entre sus funciones la elaboración de las cuentas nacionales del país, de acuerdo con los estándares internacionales y buenas prácticas en materia de producción estadística bajo el Modelo Genérico del Proceso Estadístico (GSBPM, por sus siglas en inglés).

En cumplimiento de dichas funciones y con el objetivo de disponer de más y mejores resultados para la toma de decisiones basadas en el estudio de las interrelaciones entre la economía y el medio ambiente, a partir de 2022 la Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales (DSCN) adelanta las labores requeridas para la implementación en Colombia del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica – Contabilidad de los Ecosistemas (SCAE-CE)¹.

El SCAE-CE, adoptado en marzo de 2021 como estándar internacional, es un marco estadístico integrado con enfoque espacial para organizar información biofísica, medir los servicios ecosistémicos, rastrear cambios en la extensión y condición, y valorar los servicios y activos de los ecosistemas; y vincular esta información a las medidas de la actividad económica y humana.

Este documento presenta los resultados experimentales de la medición de la Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE), estructurada conceptualmente bajo los lineamientos del SCAE-CE.

El carácter de resultados experimentales está determinado por dos aspectos. El primero se refiere a la implementación de una correlación preliminar para la clasificación de los tipos de ecosistemas, diseñada con el fin de homologar los ecosistemas generales del Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC) con los grupos funcionales de ecosistemas establecidos en la Tipología Global de Ecosistemas (TGE) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Al respecto, se informa que el DANE y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) están trabajando de manera conjunta en la elaboración de la correlativa oficial entre ambas clasificaciones (MEC y TGE)

¹United Nations, et al. (2021). System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA EA). White cover publication, pre-edited text subject to official editing

El segundo aspecto está relacionado con la estimación de la extensión de los ecosistemas del país para 2020, obtenida mediante el uso de la plataforma de modelación Inteligencia Artificial para Ambiente y Sostenibilidad (ARIES, por sus siglas en inglés). Estas estimaciones, producto del trabajo conjunto entre el DANE y el Centro Vasco para el Cambio Climático (BC3, por sus siglas en inglés), buscan aportar información complementaria que permita mejorar la oportunidad de los resultados presentados en la CAE-EE.

El documento se estructura en cinco capítulos. En el primero de ellos se describen los principales antecedentes en relación con la implementación del Sistema de contabilidad Ambiental y Económica (SCAE) en Colombia. En el segundo, tercero y cuarto se detallan en su orden, los objetivos, la metodología y los resultados de la operación estadística obtenidos para 2007 y 2011, a partir del uso del MEC. El capítulo quinto especifica la metodología y los resultados obtenidos para 2020, a partir del uso de ARIES.

1. Antecedentes

En Colombia, los antecedentes de la contabilidad ambiental y económica se diferencian a partir de la implementación de los dos estándares disponibles: el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica – Marco Central (SCAE-MC), establecido como estándar estadístico en 2012 y el Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica – Contabilidad de los Ecosistemas (SCAE-CE), establecido como estándar estadístico en 2021.

En relación con la implementación de la contabilidad de los ecosistemas, previo al establecimiento del SCAE-CE como estándar estadístico, en 2013 el DANE y la Contraloría General de la República (CGR), realizaron un primer ejercicio de medición de los flujos de servicios ecosistémicos de provisión proporcionados a la sociedad entre 2005-2011 provisional (DANE & CGR, 2013), ejercicio que contó posteriormente con una actualización publicada en 2016 (DANE, 2016).

Aproximaciones adicionales a la contabilidad de los ecosistemas en el país fueron realizadas entre 2015 y 2017, en el marco del Programa Contabilidad de la Riqueza y Valoración de los Servicios Ecosistémicos (WAVES, por sus siglas en inglés) del Banco Mundial, quien en alianza con autoridades ambientales y entidades públicas de orden nacional y regional, desarrollaron pilotos de contabilidad experimental de ecosistemas para la macrocuenca del Orinoco, la cuenca del Río Chinchiná, y la cuenca del Lago de Tota (World Bank, 2016). A pesar de que no se publicaron, los pilotos permitieron conocer datos biofísicos del recurso hídrico, los bosques y algunos servicios ecosistémicos de provisión (p.e. cultivos) y regulación (p.e. stock de carbono forestal).

A partir de 2022, bajo el liderazgo de la DSCN, el DANE adelanta las labores requeridas para la implementación en Colombia del SCAE-CE, como estándar estadístico. De la producción de la información necesaria para el proceso, se resalta que los institutos de investigación² que conforman el Sistema Nacional Ambiental (SINA), han avanzado en la generación de estadísticas sobre biodiversidad y servicios ecosistémicos como insumo importante para la medición. Así, por ejemplo, el Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH) adelantó el desarrollo del Índice Huella Espacial Humana (IHEH) y la construcción del documento de la Lista Roja de los Ecosistemas Terrestres de Colombia (LRE), desarrollos que aportan información relevante para la medición de la

² Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH), Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas (SINCHI), Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andreis (INVEMAR), Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico John von Neumann (IIAP).

cuenta de condición de los ecosistemas; y el IDEAM ha publicado el Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC), insumo cartográfico requerido para la producción de la cuenta de extensión de los ecosistemas.

Para finalizar, en relación con las actividades específicas de construcción técnica, actualmente el DANE centraliza sus esfuerzos en la medición de la CAE-EE, priorizada a partir de un proceso de diagnóstico sustentado en la revisión de experiencias internacionales y nacionales.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Medir bajo el marco conceptual del Sistema de Contabilidad Ambiental y Económica – Contabilidad de los Ecosistemas (SCAE-CE), la Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE), a nivel nacional, durante un periodo contable.

2.2 Objetivos específicos

- Elaborar el cuadro de extensión de los ecosistemas en unidades físicas
- Elaborar la matriz de cambio de tipos de ecosistemas en unidades físicas
- Calcular indicadores derivados de la CAE-EE

3. Metodología

La CAE-EE es una operación estadística derivada³ que utiliza para su medición las fuentes de información que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Fuentes de información para la CAE-EE

Fuente	Información
IDEAM	Memoria Técnica del Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia de 2017. (Escala 1:100.000)
	Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros, y Marinos de Colombia (MEC). Escala 1:100.000. Versiones 1.1 y 2.1
	Variación de la superficie de los ecosistemas naturales continentales (VSENC)*

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE).

*Estadística de contraste

3.1 Delimitación de unidades espaciales y definición de períodos de referencia

La operación estadística se calcula a partir de la aplicación de las unidades espaciales que se especifican en la tabla 2. Para la delimitación del área de contabilidad del ecosistema (ACE) se intersectaron las capas de las versiones 1.1 y 2.1 del MEC, obteniendo una superficie de 114.470.654 hectáreas.

En la definición de los períodos de referencia se usó la marca de clase⁴ de la capa de coberturas de la tierra utilizada para la elaboración de las versiones 1.1 y 2.1 del MEC. A partir de lo anterior, los períodos de referencia de la CAE-EE corresponden a 2007 y 2011.

³Aplicación de un proceso estadístico que utiliza en la metodología estadística la estimación o el modelamiento, a partir del uso de información estadística o su combinación con bases de datos provenientes de una o varias fuentes, basado en conceptualizaciones o metodologías ajenas a las de las fuentes de datos utilizados (Conceptos estandarizados DANE, con base en OCDE).

⁴La marca de clase representa el punto medio de un intervalo.

Tabla 2. Unidades espaciales de la CAE-EE

Unidad espacial	Definición	Aplicación a la CAE-EE
Área de contabilidad del ecosistema (ACE)	Territorio geográfico para el cual se compila una cuenta de ecosistemas	Nacional. 114.470.654 hectáreas
Tipo de ecosistema (TE)	Conjunto distintivo de componentes abióticos y bióticos y sus interacciones	91 tipos de ecosistemas generales (incluidos los terrestres, acuáticos y costeros), de acuerdo con las clases definidas en el MEC
Activos del ecosistema (AE)	Espacios contiguos de un tipo de ecosistema específico que se caracterizan por un conjunto distintivo de componentes bióticos y abióticos, y sus interacciones	Polígonos contiguos pertenecientes a los 91 tipos de ecosistemas generales definidos en el MEC
Unidad básica espacial (UBE)	Construcción geométrica que representa un área espacial pequeña	Unidad mínima de mapeo del MEC. 25 hectáreas

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE). Elaborado a partir de las unidades espaciales definidas en el SCAE-CE.

3.2 Clasificación de los tipos de ecosistemas

Para la identificación de los tipos de ecosistemas que se registran en los cuadros de salida de la CAE-EE, en atención a la clasificación de referencia establecida en el SCAE-CE, los noventa y un ecosistemas generales que componen el MEC, son homologados con los grupos funcionales de ecosistemas de la Tipología Global de Ecosistemas (TGE) de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) haciendo uso de la correlativa⁵ diseñada para ello.

3.3 Cuadro de extensión de los ecosistemas

El cuadro de extensión de los ecosistemas registra las superficies y sus cambios con relación a todos los AE dentro del ACE, clasificados por TE. La metodología para la obtención de las variables que componen el cuadro de salida de la CAE-EE se muestra a continuación.

⁵La correlativa utilizada se encuentra en versión preliminar. El DANE y el IDEAM avanzan de manera articulada en la elaboración de la correlativa oficial entre el MEC y la TGE. De acuerdo con la necesidad, los resultados publicados en el presente documento serán actualizados una vez se disponga de ella.

Extensión de apertura. Corresponden a la superficie total de los AE de un determinado TE al principio del período contable. Se calcula haciendo uso de la siguiente expresión matemática:

$$EA_{it} = \sum AE_{it}$$

Donde:

EA_{it}=extensión de apertura del TE i y el tiempo t.

AE_{it}=superficie en hectáreas de todos los AE referentes al TE i y el tiempo t.

Adiciones y reducciones a la extensión. Corresponden al aumento o disminución de la superficie de un TE. Para la diferenciación de las adiciones y reducciones en gestionadas o no gestionadas, se aplican, a los intercambios de área identificadas a partir de la matriz de cambio entre TE, los criterios de clasificación del cambio que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Criterios de clasificación del cambio

Clasificación	Criterio
Sin Cambio (SC)	El tipo de ecosistema es el mismo en los periodos comparados
Gestionado (G)	De natural a transformado De transformado a transformado (siempre que no se refiera a otras áreas o sin información)
No gestionado (NG)	De transformado (siempre que no se refiera a otras áreas) a natural De natural a natural
No es posible clasificar el cambio (X)	De transformado a transformado (siempre que se refiera a otras áreas) De natural a transformado (siempre que se refiera a otras áreas) De transformado o natural a sin información De sin información a transformado o natural

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE).

- *Expansión gestionada:* corresponde al aumento de la superficie de un TE debido a la actividad humana directa, incluidos los efectos no planificados de dicha actividad. La actividad humana también puede crear nuevas superficies de otros tipos de ecosistemas naturales, por ejemplo, a través de la reforestación de zonas cultivadas. Se calcula haciendo uso de la siguiente expresión matemática:

$$Eg_{it} = \sum Cg_{it}$$

Donde:

Eg_{it}=expansión gestionada del TE i y el tiempo t.

Cg_{it}=superficie en hectáreas de todos los cambios gestionados referente al TE i y el tiempo t.

- *Expansión no gestionada:* corresponde al aumento de la superficie de un TE como resultado de procesos naturales, tales como germinación, rebrote, propagación por chupones o acodadura. La

expansión no gestionada puede verse afectada por la actividad humana, por ejemplo, la expansión de los desiertos debido a los efectos del cambio climático, o puede derivar del abandono de tierras por parte de la población. Se calcula haciendo uso de la siguiente expresión matemática:

$$Eng_{it} = \sum Cng_{it}$$

Donde:

Ena_{it}=expansión no gestionada del TE i y el tiempo t.

Cna_{it}=superficie en hectáreas de todos los cambios no gestionados referente al TE i y el tiempo t.

- *Reducción gestionada*: corresponde a la disminución de la superficie de un TE debido a la actividad humana directa, incluidos los efectos no planificados de dicha actividad o los casos en que la actividad pueda ser ilegal. Se calcula haciendo uso de la siguiente expresión matemática:

$$Rg_{it} = \sum RCg_{it}$$

Donde:

Ra_{it}=reducción gestionada del TE i y el tiempo t.

RCa_{it}=superficie en hectáreas de todas las reducciones de cambios gestionados referente al TE i y el tiempo t.

- *Reducción no gestionada*: corresponde a la disminución de la superficie de un TE asociada a procesos naturales. La reducción no gestionada puede verse afectada por la actividad humana, por ejemplo, la pérdida de arrecifes de coral debido a los efectos del cambio climático, o puede derivar del abandono de tierras por parte de la población. Se calcula haciendo uso de la siguiente expresión matemática:

$$Rng_{it} = \sum RCng_{it}$$

Donde:

Rng_{it}=reducción no gestionada del TE i y el tiempo t.

RCng_{it}=superficie en hectáreas de todas las reducciones de cambios no gestionados referente al TE i y el tiempo t.

Extensión de cierre. Corresponden a la superficie total de los AE de un determinado TE al final del período contable. Se calcula haciendo uso de la siguiente expresión matemática:

$$EC_{it} = EA_{it} + Eg_{it} + Eng_{it} - Rg_{it} - Rng_{it}$$

Donde:

EC_{it}=extensión de cierre del TE i y el tiempo t.

EA_{it}=extensión de apertura del TE i y el tiempo t.

Eg_{it}=expansión gestionada del TE i y el tiempo t.

Ang_{it}=expansión no gestionada del TE i y el tiempo t.

Rg_{it}=reducción gestionada del TE i y el tiempo t.

Rng_{it}=reducción no gestionada del TE i y el tiempo t.

Cambio neto de extensión. Se calcula como la extensión de cierre menos la extensión de apertura. La expresión matemática utilizada corresponde a:

$$CN_{it} = EC_{it} - EA_{it}$$

Donde:

CN_{it}=cambio neto de extensión del TE i y el tiempo t.

EC_{it}=extensión de cierre del TE i y el tiempo t.

EA_{it}=extensión de apertura del TE i y el tiempo t.

3.4 Matriz de cambio de tipos de ecosistemas

La matriz de cambios de tipos de ecosistemas muestra los detalles de los intercambios de áreas entre los TE. El análisis multitemporal para la identificación de los intercambios consistió en la intersección espacial de las capas de las versiones 1.1 y 2.1 del MEC, a partir de lo cual se generó una capa con la geometría y los atributos de las dos intersectadas.

3.5 Indicadores derivados

Zonas cultivadas. Muestra el total de la superficie cultivada dentro del ACE en el periodo contable analizado. De acuerdo con lo contemplado en el SCAE-CE, los grupos funcionales de los ecosistemas que se incluyen en el cálculo del indicador corresponden a: T7.1 cultivos anuales, T7.2 pastos y campos sembrados, y T7.3 plantaciones. La expresión matemática usada para el cálculo corresponde a:

$$Zcu_t = \sum TE\ cultivos_{it}$$

Donde:

Zcu_t=zonas cultivadas en el ACE y el tiempo t.

TE cultivos_{it}=área de los TE i referentes a cultivos en el ACE y el tiempo t.

Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema. Muestra el cambio en porcentaje de la extensión de cada TE en el periodo contable analizado. Los valores positivos en el resultado del indicador reflejan aumentos en la extensión en tanto que los valores negativos reflejan reducción. La expresión matemática usada para el cálculo corresponde a:

$$Vac_{it} = \frac{(EC_{it} - EA_{it})}{EA_{it}} * 100$$

Donde:

Vac_{it}=variación porcentual del área cubierta del TE i y el tiempo t.

EC_{it}=extensión de cierre en hectáreas del TE i y el tiempo t.

EA_{it}=extensión de apertura en hectáreas del TE i y el tiempo t.

4. Resultados

4.1 Cuadro de extensión de los ecosistemas

En la tabla 4 se muestra el cuadro de extensión de los ecosistemas agregado para los reinos de la TGE presentes en el país. El cuadro desagregado para los grupos funcionales del ecosistema puede ser consultado en el anexo estadístico.

Tabla 4. Cuadro de extensión de los ecosistemas, según reino (hectáreas)

Total nacional

Apertura 2007 – cierre 2011

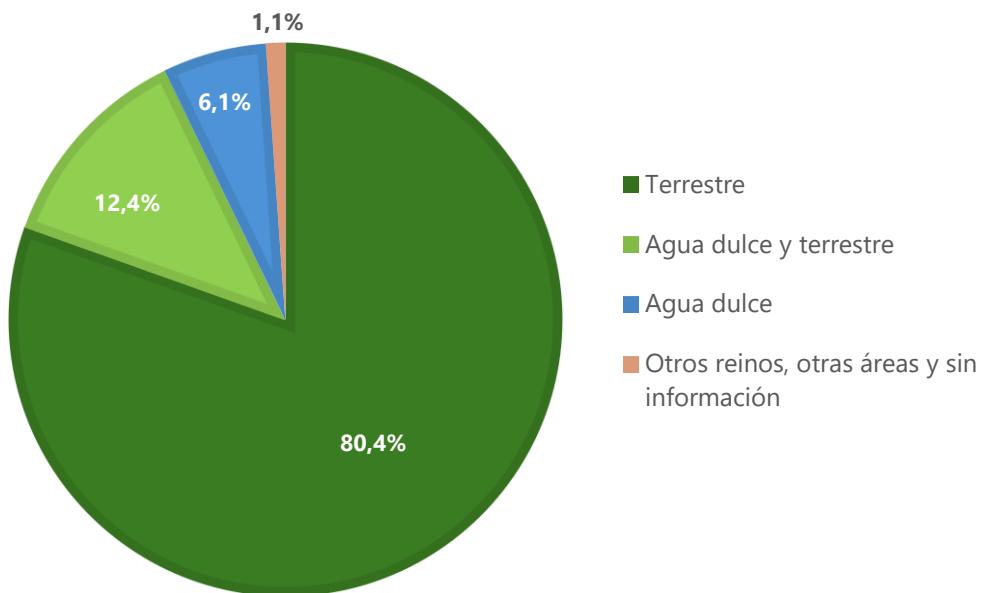
	Reino del ecosistema según la Tipología Global de Ecosistemas (TGE)							Otras áreas ¹ /sin información	Total
	F Agua dulce	FM Agua dulce-marino	M Marino	MFT Marino, agua dulce y terrestre	MT Marino y terrestre	T Terrestre	TF Agua dulce y terrestre		
Extensión de apertura 2007	6.493.309	144.743	472.816	386.748	110.544	91.450.057	14.830.992	581.444	114.470.654
Adiciones a la extensión	836.610	41.251	57	33.942	17.607	9.881.547	566.236	33.854	11.411.104
Expansión gestionada	719.222	40.991				7.624.915			8.385.128
Expansión no gestionada	94.461		57	33.270	17.547	1.792.931	556.499		2.494.765
Otras áreas ¹ /sin información	22.926	259		671	60	463.702	9.737	33.854	531.211
Reducciones en la extensión	383.702	22.596	39	21.430	22.041	9.255.247	1.207.909	498.140	11.411.104
Reducciones gestionadas	63.410	1.040	0.032	8.566	10.338	7.555.698	746.077		8.385.128
Reducciones no gestionadas	320.196	21.555	39	12.858	11.704	1.666.953	461.462		2.494.765
Otras áreas ¹ /sin información	96	1		7		32.596	371	498.140	531.211
Cambio neto de la extensión	452.908	18.655	18	12.511	-4.434	626.300	-641.673	-464.286	0
Extensión de cierre 2011	6.946.217	163.398	472.835	399.260	106.110	92.076.358	14.189.319	117.158	114.470.654

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

¹De acuerdo con el IDEAM las otras áreas incluyen los polígonos que representan combinaciones de atributos que no encajan en ecosistemas previamente definidos. Estos polígonos tienen asociadas coberturas de la tierra como áreas abiertas sin vegetación, canales, estanques para acuicultura marina y zonas arenosas naturales

Nota: las celdas en blanco corresponden a valores igual a cero

Para la extensión de cierre 2011, los resultados del cuadro permiten observar la predominancia de ecosistemas del reino terrestre con una superficie de 92,1 millones de hectáreas (80,4%), seguido de agua dulce y terrestre con 14,2 millones de hectáreas (12,4%) y agua dulce con 6,9 millones de hectáreas (6,1%) (ver gráfico 1).

Gráfico 1. Participación porcentual de los reinos de los ecosistemas (porcentaje)**Total nacional****Extensión de cierre 2011**

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

Nota 1: en otros reinos se incluyen agua dulce-marino; marino; marino, agua dulce y terrestre; y marino y terrestre. En otras áreas, de acuerdo con el IDEAM se incluyen los polígonos que representan combinaciones de atributos que no encajan en ecosistemas previamente definidos. Estos polígonos tienen asociadas coberturas de la tierra como áreas abiertas sin vegetación, canales, estanques para acuicultura marina y zonas arenosas naturales

En relación con los incrementos de área, entre 2007 y 2011 los resultados del cambio neto muestran un crecimiento de 12,9% (18.655 hectáreas) en la extensión de los ecosistemas del reino agua dulce-marino; de 7,0% (452.908 hectáreas) en agua dulce; de 3,2% (12.511 hectáreas) en marino, agua dulce y terrestre, y 0,7% (626.300 hectáreas) en terrestre.

Frente a las reducciones, entre 2007 y 2011 los resultados del cambio neto muestran decrecimiento de 4,3% (641.673 hectáreas) para ecosistemas de agua dulce y terrestre, y de 4,0% (4.434 hectáreas) para ecosistemas del reino marino y terrestre.

Teniendo en cuenta que los análisis anteriores muestran que los ecosistemas del reino terrestre predominan en el país, en la tabla 5 se detallan los biomas que lo conforman.

Tabla 5. Cuadro de extensión de los ecosistemas terrestres, según bioma (hectáreas)**Total nacional****Apertura 2007 – cierre 2011**

Variable/Bioma	Tipos de ecosistemas según la Tipología Global de Ecosistemas (TGE)						
	Reino T Terrestre						
	T1 Bosques tropicales y subtropicales	T3 Matorrales y bosques de matorrales	T4 Sabanas y pastizales	T5 Desiertos y semidesiertos	T6 Polares y alpinos (criogénicos)	T7 Sistemas de uso intensivo de la tierra	Total
Extensión de apertura 2007	45.741.719	4.185.864	7.175.260	1.220.697	2.325.803	30.800.714	91.450.057
Adiciones a la extensión	1.338.474	389.350	189.990	27.416	79.702	7.856.615	9.881.547
Expansión gestionada						7.624.915	7.624.915
Expansión no gestionada	1.144.226	378.014	187.992	27.203	55.495		1.792.931
Otras áreas ¹ /sin información	194.248	11.336	1.998	213	24.206	231.700	463.702
Reducciones en la extensión	1.845.098	539.195	400.992	81.135	81.823	6.307.004	9.255.247
Reducciones gestionadas	1.762.344	444.586	247.427	66.843	75.845	4.958.653	7.555.698
Reducciones no gestionadas	74.161	89.315	153.394	14.293	4.989	1.330.802	1.666.953
Otras áreas ¹ /sin información	8.594	5.294	171		989	17.548	32.596
Cambio neto de la extensión	-506.624	-149.845	-211.001	-53.719	-2.121	1.549.612	626.300
Extensión de cierre 2011	45.235.095	4.036.019	6.964.259	1.166.977	2.323.682	32.350.326	92.076.358

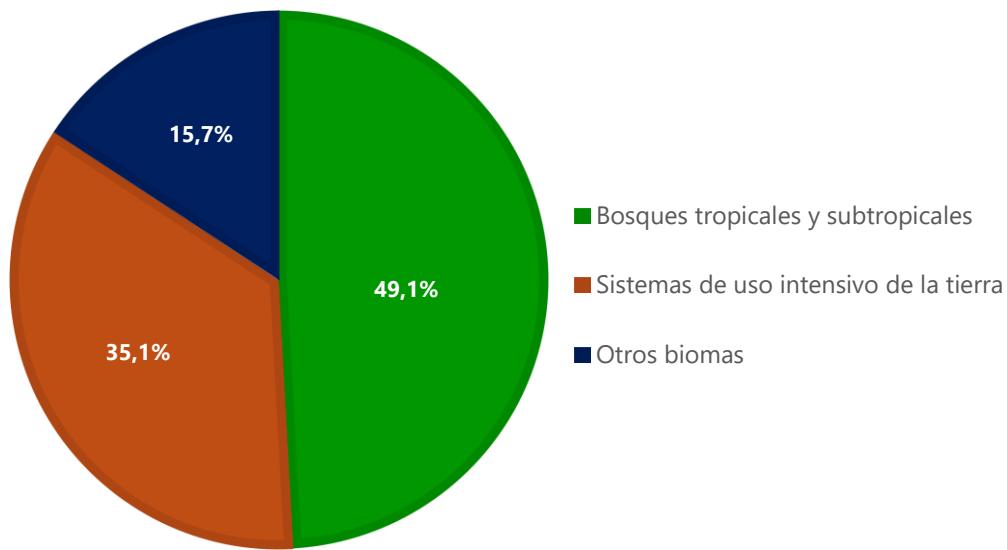
Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

¹De acuerdo con el IDEAM las otras áreas incluyen los polígonos que representan combinaciones de atributos que no encajan en ecosistemas previamente definidos. Estos polígonos tienen asociadas coberturas de la tierra como áreas abiertas sin vegetación, canales, estanques para acuicultura marina y zonas arenosas naturales

Nota: las celdas en blanco corresponden a valores igual a cero

Para la extensión de cierre 2011, los resultados del cuadro permiten observar que los bosques tropicales y subtropicales ocupan 45,2 millones de hectáreas (49,1%), los sistemas de uso intensivo de la tierra 32,4 millones de hectáreas (35,1%), y las sabanas y pastizales 7,0 millones de hectáreas (7,6%) (ver gráfico 2).

Gráfico 2. Participación porcentual de los biomas de los ecosistemas terrestres (porcentaje)
Total nacional
2011



Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

Nota: en otros biomas se incluyen sabanas y pastizales; matorrales y bosques de matorrales; polares y alpinos (criogénicos)¹ y desiertos y semidesiertos

En relación con los incrementos de área, entre 2007 y 2011 los resultados del cambio neto muestran un crecimiento de 5,0% (1.549.612 hectáreas) en la extensión de los sistemas de uso intensivo de la tierra.

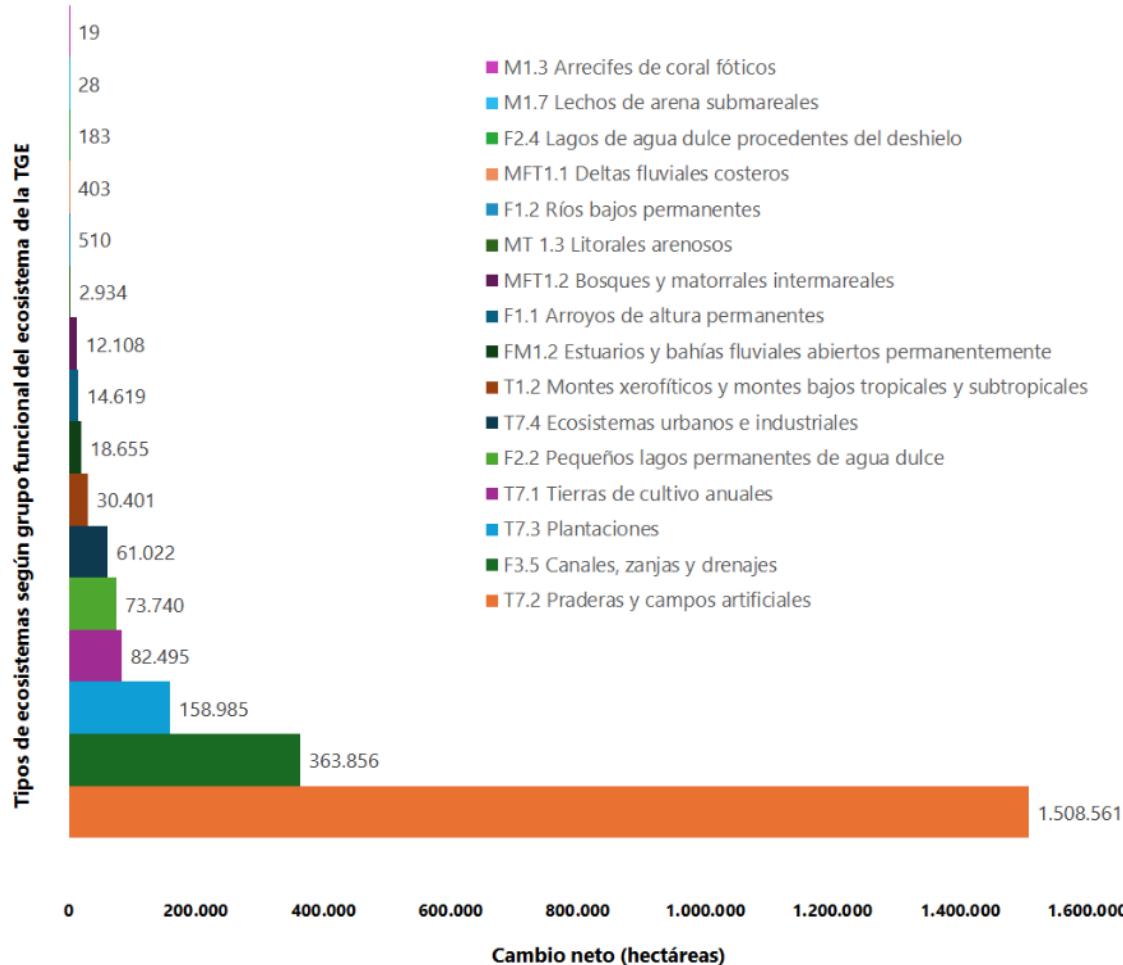
Frente a las reducciones, entre 2007 y 2011 los resultados del cambio neto permiten observar decrecimiento de 4,4% (53.719 hectáreas) en desiertos y semidesiertos; de 3,6% (149.845 hectáreas) en matorrales y bosques de matorrales; de 2,9% (211.001 hectáreas) en sabanas y pastizales; de 1,1% (506.624 hectáreas) en bosques tropicales y subtropicales, y de 0,1% (2.121 hectáreas) en polares y alpinos.

Los análisis del cambio neto a nivel de grupos funcionales del ecosistema muestran que entre 2007 y 2011, la extensión de praderas y campos artificiales presentó el mayor aumento con 1.508.561 hectáreas, seguida de canales zanjas y drenajes con 363.856 hectáreas y plantaciones con 158.985 hectáreas (ver gráfico 3).

Gráfico 3. Cambio neto de la extensión, según grupo funcional del ecosistema. Ecosistemas con incremento de área (hectáreas)

Total nacional

2011



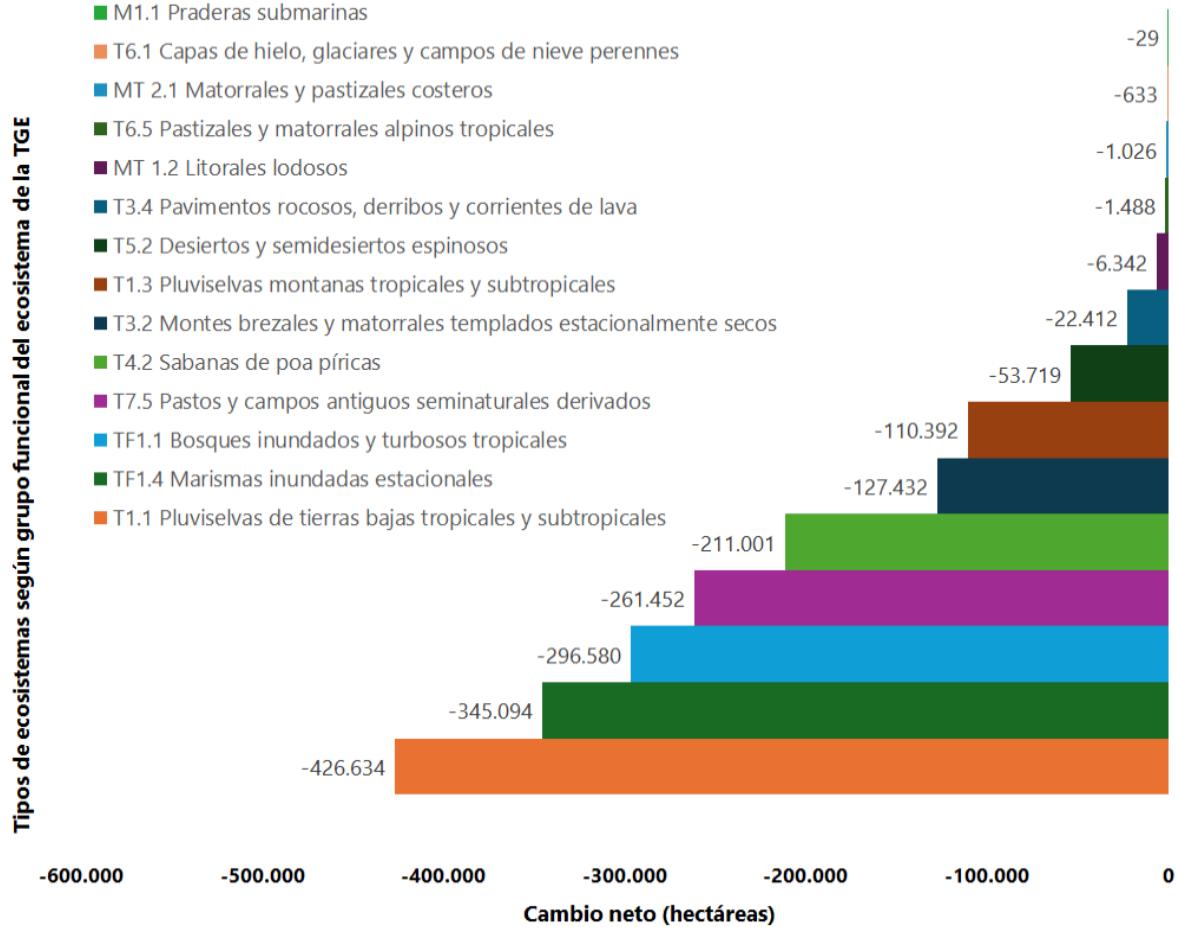
Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

En contraste los grupos funcionales con mayor disminución de área correspondieron a pluviselvas de tierras bajas tropicales y subtropicales con 426.634 hectáreas, marismas inundadas estacionales con 345.094 hectáreas y bosques inundados y turbosos tropicales con 296.580 hectáreas (ver gráfico 4).

Gráfico 4. Cambio neto de la extensión, según grupo funcional del ecosistema. Ecosistemas con reducción de área (hectáreas)

Total nacional

2011



Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

4.2 Matriz de cambios de tipos de ecosistemas

En la tabla 6 se muestra la matriz de cambio de tipos de ecosistemas agregada para los reinos de la TGE presentes en el país. La matriz desagregada para los grupos funcionales del ecosistema puede ser consultada en el anexo estadístico.

Tabla 6. Matriz de cambio de tipos de ecosistemas, según reino (hectáreas)**Total nacional****Apertura 2007 – cierre 2011**

		Reino del ecosistema según la Tipología Global de Ecosistemas (TGE)								
		Extensión de cierre								
Reino del ecosistema según la Tipología Global de Ecosistemas (TGE) Extensión de apertura	F Agua dulce	F Agua dulce-marino	M Marino	MFT Marino, agua dulce y terrestre	MT Marino y terrestre	T Terrestre	TF Agua dulce y terrestre	Otras áreas ¹ /sin información	Extensión de apertura 2007	
	F Agua dulce	6.131.726	128	0,001	598	403	78.702	281.657	96	6.493.309
	FM Agua dulce-marino	277	122.148	0,017	6.280	2.771	1.731	11.535	1	144.743
	M Marino	0,006	0,006	472.803	13	0,007	0,085	0,006		472.816
	MFT Marino, agua dulce y terrestre	648	7.085	31	367.785	4.801	1.895	4.496	7	386.748
	MT Marino y terrestre	80	10.056	0,003	4.266	93.844	703	1.595	0,005	110.544
	T Terrestre	38.603	745	0,267	894	1.818	91.356.672	18.729	32.596	91.450.057
	TF Agua dulce y terrestre	751.956	22.977	0,006	18.751	2.413	172.952	13.861.571	371	14.830.992
	Otras áreas¹/sin información	22.926	259		671	60	463.702	9.737	84.087	581.444
	Extensión de cierre 2011	6.946.217	163.398	472.835	399.260	106.110	92.076.358	14.189.319	117.158	114.470.654

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

¹De acuerdo con el IDEAM las otras áreas incluyen los polígonos que representan combinaciones de atributos que no encajan en ecosistemas previamente definidos. Estos polígonos tienen asociadas coberturas de la tierra como áreas abiertas sin vegetación, canales, estanques para acuicultura marina y zonas arenosas naturales

Nota: las celdas en blanco corresponden a valores igual a cero

Entre la extensión de apertura 2007 y la extensión de cierre 2011, el incremento en el área de los ecosistemas de agua dulce-marino estuvo principalmente representada por la ganancia neta de 11.443 hectáreas a ecosistemas de agua dulce y terrestre.

El aumento en la extensión de los ecosistemas de agua dulce correspondió mayormente a intercambios de superficie con ecosistemas de agua dulce y terrestre, en relación con los cuales se presentó una ganancia neta de 470.300 hectáreas. El incremento en el área de los ecosistemas marino, agua dulce y terrestre se explica principalmente por la ganancia neta de 14.255 hectáreas a ecosistemas de agua dulce y terrestre. El aumento en la extensión del ecosistema marino se explica por la ganancia neta de 18 hectáreas al ecosistema marino, agua dulce y terrestre.

Para el ecosistema terrestre, el incremento en la extensión estuvo determinado principalmente por la medición neta de 431.106 hectáreas de otras áreas y sin información.

Los análisis de los intercambios de áreas que generaron disminución de la extensión de los ecosistemas entre 2007 y 2011, muestran que la reducción de superficie de los ecosistemas de agua dulce y terrestre fue originada principalmente por intercambios de área con ecosistemas de agua dulce, en relación con los cuales tuvo una pérdida neta de 470.300 hectáreas.

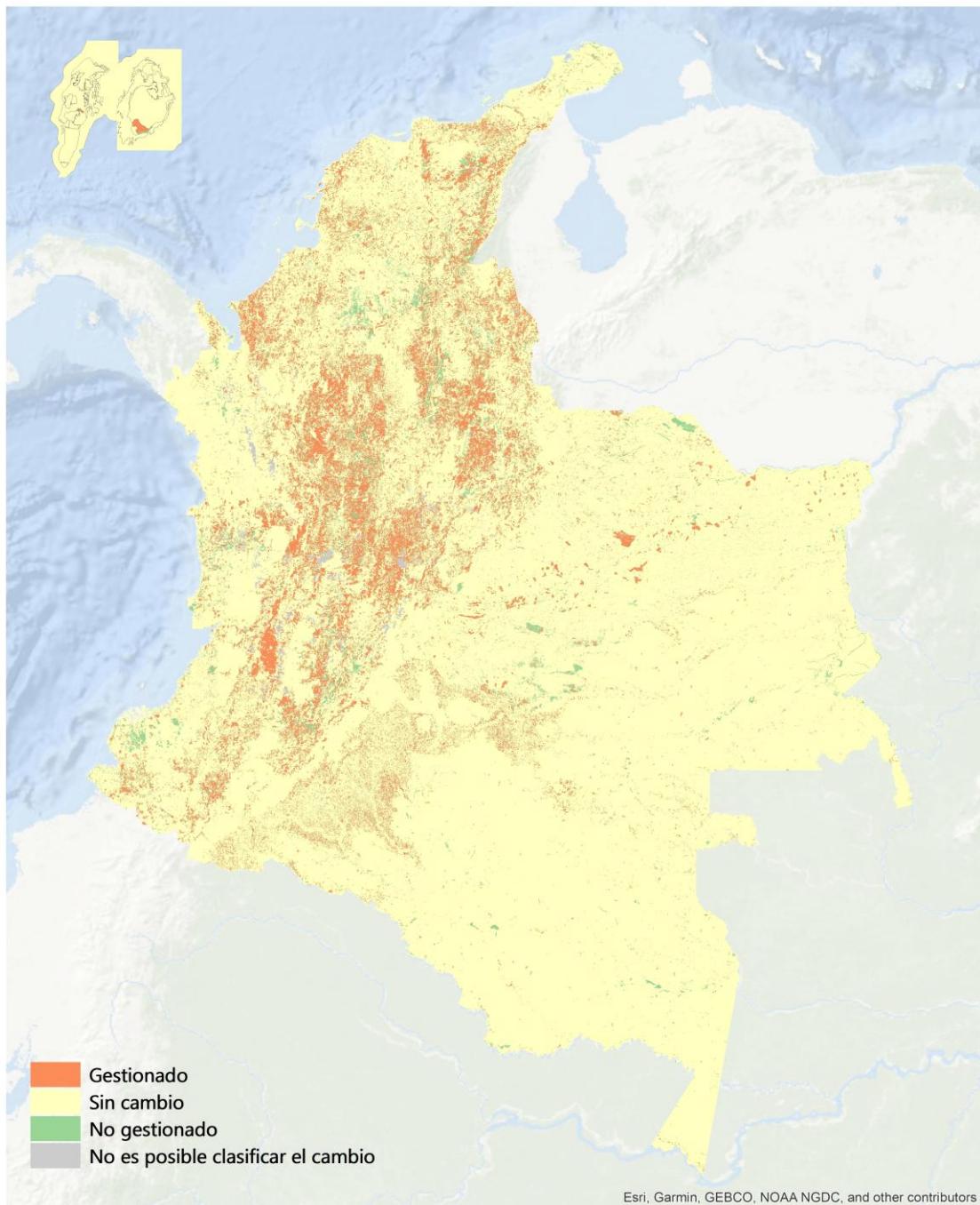
Para el ecosistema marino y terrestre, la disminución de superficie estuvo determinada principalmente por la pérdida neta de 7.285 hectáreas por ecosistemas de agua dulce-marino.

En el mapa 1 se muestra la clasificación del cambio por tipo de ecosistema.

Mapa 1. Clasificación del cambio por tipo de ecosistema (hectáreas)

Total nacional

Apertura 2007 – cierre 2011



Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

Nota: el mapa muestra información espacialmente explícita, por cuanto para su elaboración se asigna la clasificación del cambio, a cada polígono de un TE específico.

4.3 Indicadores derivados

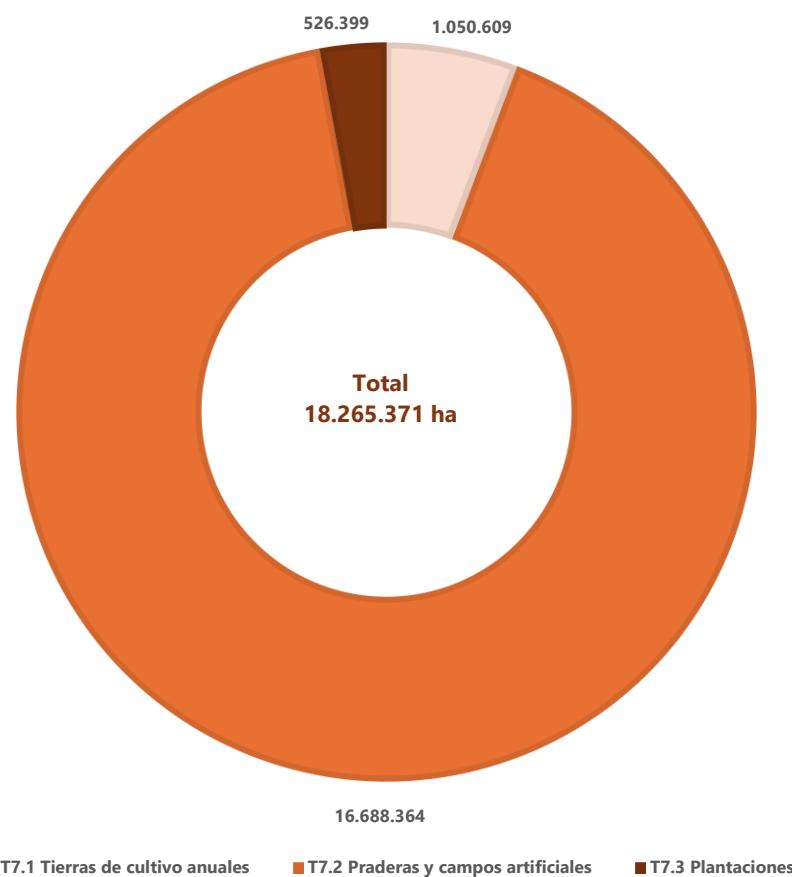
Zonas cultivadas

Para la extensión de cierre 2011 las zonas cultivadas presentaron una extensión 18.265.371 hectáreas, dentro de las cuales 16.688.364 hectáreas (91,4%) correspondieron a praderas y campos artificiales, 1.050.609 hectáreas (5,8%) a tierras de cultivos anuales y 526.399 hectáreas (2,9%) a plantaciones. La variación del indicador entre 2007 y 2011 fue de 10,6% para el total, de 9,9% para las praderas y campos artificiales, de 8,5% para las tierras de cultivos anuales y de 43,3% para las plantaciones.

Gráfico 5. Zonas cultivadas (hectáreas)

Total nacional

2011



Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)
ha: hectáreas

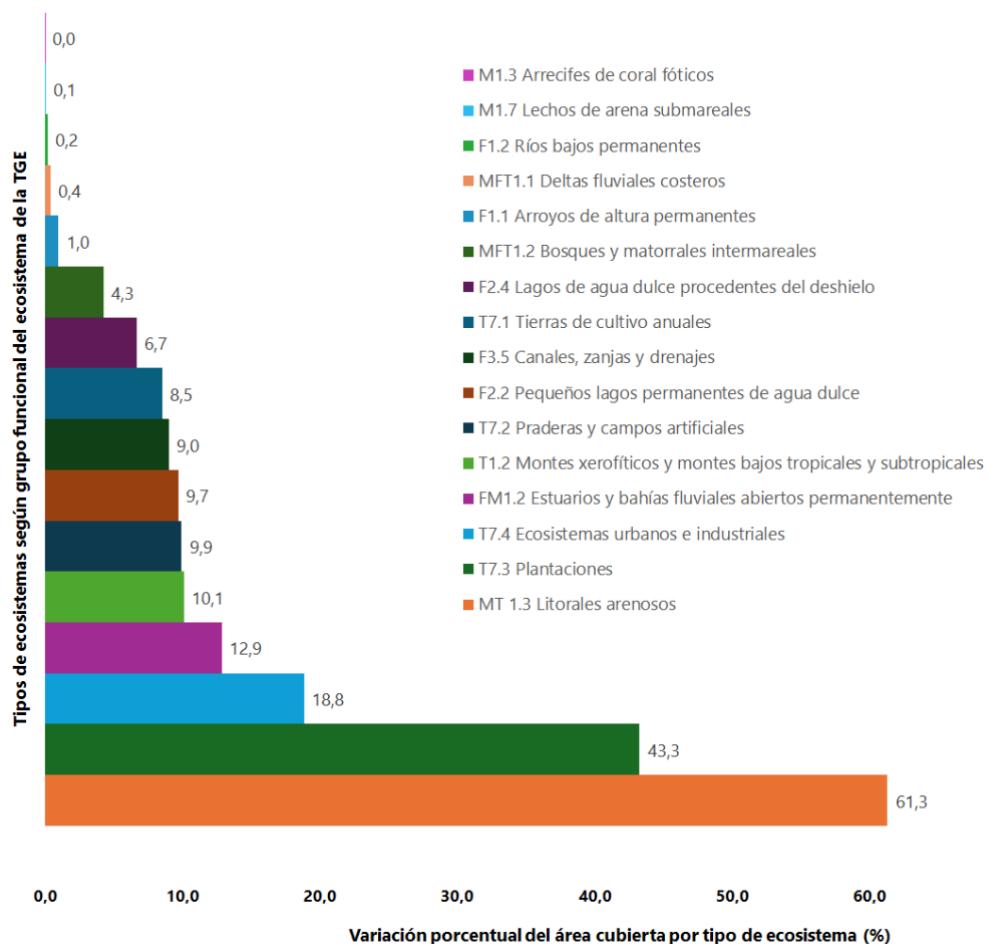
Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema

Los resultados del indicador muestran que entre 2007 y 2011 el ecosistema con mayor crecimiento en la extensión fue los litorales arenosos con un aumento de 61,3%, seguido de plantaciones con 43,3% y ecosistemas urbanos e industriales con 18,8%. Los de menor crecimiento correspondieron a arrecifes de coral fóticos con 0,0%, seguidos de lechos de arena submareales con 0,1% y ríos bajos permanentes con 0,2%.

Gráfico 6. Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema. Ecosistemas con incremento en la extensión (porcentaje)

Total nacional

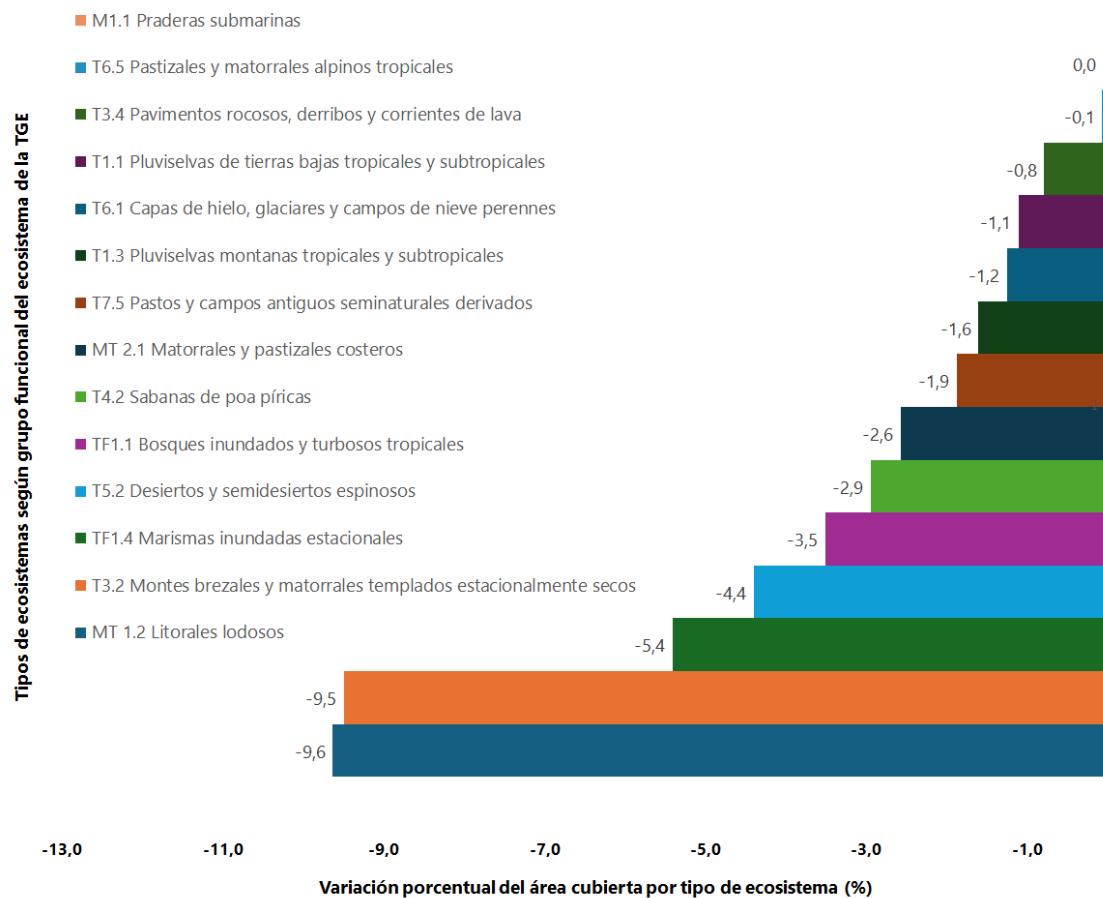
2011



Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)
TGE: tipología global de ecosistemas

Por su parte los ecosistemas con mayor decrecimiento correspondieron a litorales lodosos con 9,6%, seguidos de montes brezales y matorrales templados estacionalmente secos con 9,5% y marismas inundadas estacionales con 5,4%. Los ecosistemas de menor decrecimiento correspondieron a praderas submarinas con 0,0%, seguidas de pastizales y matorrales alpinos tropicales con 0,1% y pavimentos rocosos, derribos y corrientes de lava con 0,8%.

Gráfico 7. Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema. Ecosistemas con reducción en la extensión (porcentaje)
Total nacional
2011



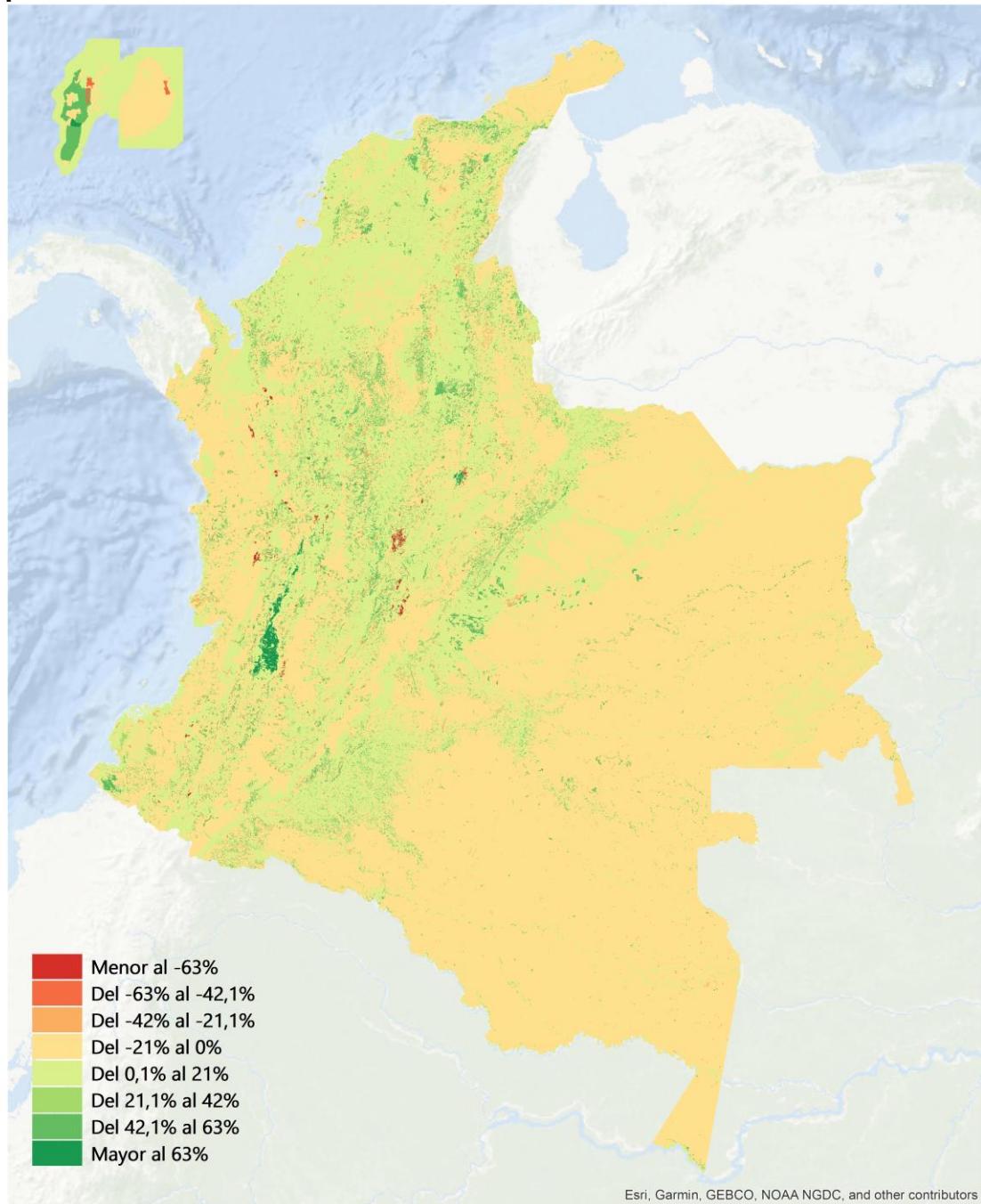
Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)
TGE: tipología global de ecosistemas

En el mapa 2 se muestra la variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema.

Mapa 2. Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema (porcentaje)

Total nacional

Apertura 2007 – cierre 2011



Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

Nota: el mapa no muestra información espacialmente explícita, por cuanto para su elaboración se asigna el mismo porcentaje de cambio, a todos los polígonos pertenecientes a un TE específico.

5. Uso de ARIES en la implementación de la CAE-EE

5.1 Metodología

La Inteligencia Artificial para Ambiente y Sostenibilidad (ARIES, por sus siglas en inglés) es una plataforma de modelación, soportada en el uso de machine reasoning para conectar datos y modelos en función de un objetivo. Su aplicación más conocida, enfocada en la contabilidad ambiental para el SCAE, (ARIES for SEEA, por sus siglas en inglés) usa la plataforma para reducir la gran cantidad de datos geoespaciales, la utilización de modelos biofísicos complejos y espacialmente explícitos, los tiempos necesarios y los costos de la tecnología computacional requerida para el procesamiento y validación, asociados a la producción de las cuentas ambientales.

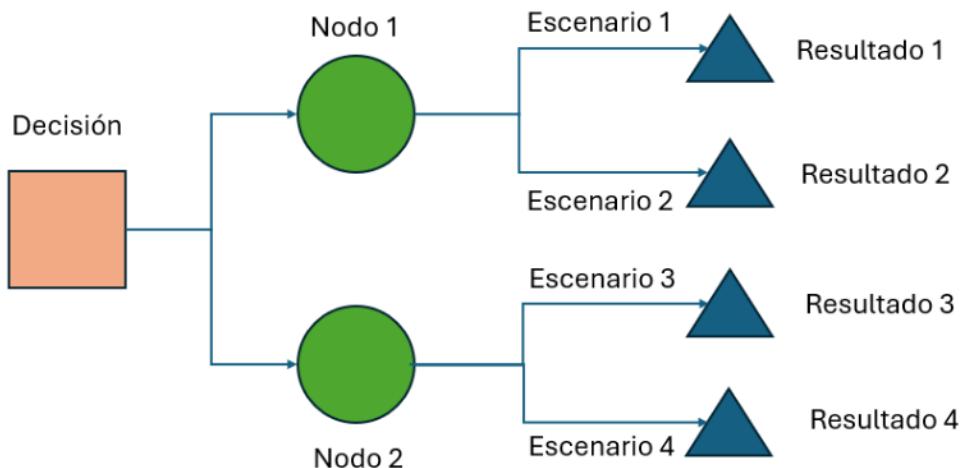
ARIES optimiza el proceso de producción de la contabilidad ambiental gracias a la implementación de una red de modelación que utiliza la semántica⁶ y la ontología⁷ para definir las reglas que determinan las relaciones de la información integrada y que permiten proporcionar una respuesta al usuario de forma automática, reutilizando el conocimiento previamente generado, siempre que este sea oportuno y adecuado. Del proceso en ARIES se resalta que tanto los modelos como la información integrada son determinados y depurados por expertos con conocimiento específico y que la inteligencia artificial (IA) es usada únicamente para conectar los datos y modelos de manera que proporcionen la respuesta más adecuada.

También es importante puntualizar que cada decisión tomada por la IA, es documentada detalladamente con las metodologías aplicadas, los insumos de información y los procedimientos utilizados en la transformación de los datos. La documentación, es creada automáticamente por ARIES para cada combinación de datos y modelos necesarios para obtener resultados intermedios y finales en respuesta a la pregunta del usuario. De esta forma, se garantiza la transparencia y replicabilidad de los resultados obtenidos, y la ejecución de los ajustes requeridos para mejorar la combinación de datos y modelos, a partir de la modificación de las reglas que componen la inteligencia de la plataforma.

El modelo estadístico utilizado por ARIES se basa en un árbol de decisión, que organiza de manera jerárquica la toma de decisiones, permitiendo que, al evaluar una serie de variables, se obtenga un resultado final. En este modelo, cada toma de decisión se representa como un nodo en el árbol; y cada nodo tiene múltiples escenarios posibles, que conducen a resultados distintos (ver imagen 1).

⁶ Significado de una unidad lingüística

⁷ Red o sistema de datos que define las relaciones existentes entre los conceptos de un dominio o área del conocimiento

Imagen 1. Árbol de decisión

Fuente: Elaboración propia

Para la aplicación del modelo se construye una tabla de búsqueda (lookup table) que actúa como una herramienta auxiliar para sintetizar todas las combinaciones posibles de variables y sus resultados asociados, y para otorgar un orden de prioridad a su aplicación, de acuerdo con su posición en la misma de manera que las filas superiores se evalúen primero, en relación con las filas inferiores. En lugar de recalcular los valores en tiempo real para cada posible combinación de variables, la tabla de búsqueda almacena previamente estas combinaciones, facilitando la consulta rápida de los resultados. Este método es particularmente útil cuando se trabaja con un número amplio de combinaciones de variables, ya que simplifica y agiliza el procesamiento de datos.

Identificación de TE de Colombia a partir del árbol de decisión*Consolidación de la base de datos y construcción de la tabla de búsqueda*

Las fuentes de información utilizadas para la consolidación de la base de datos que derivó en la construcción de la tabla de búsqueda (lookup table) requerida para la aplicación del árbol de decisión corresponden a la última publicación del Mapa Nacional de Coberturas de la Tierra, metodología CORINE Land Cover adoptada para Colombia, Escala 1:100.000, a partir de la que se obtuvieron las coberturas de la tierra 2020; y a la versión 2.1 del MEC con resultados para 2011 de la cual se tomó la información de las variables clases de clima (2014), biomas (2016), unidades bióticas (2016), ambiente edafogénico (2014), ecosistemas marinos (2014), tipos de agua (2011), clases de ambiente acuático (2011) y grado de transformación 2011. Considerando las características de la información se resalta que, a excepción de la cobertura de la tierra, todas las variables incorporadas en el modelo permanecen constantes.

A partir de la integración de las variables descritas, se establecieron cerca de 350.000 combinaciones posibles para identificar los TE del MEC. Dichas combinaciones se consolidaron en una base de datos con 26.000 registros depurados, luego de eliminar la información que por estar asociada a polígonos con distinta ubicación geográfica (diferentes AE) se repetía. En un segundo momento de depuración se redujeron los registros a las combinaciones de las variables mínimas y únicas que posibilitan distinguir los TE, siguiendo la metodología que se describe a continuación.

Automatización del proceso de selección de las variables mínimas para la identificación del TE

Para optimizar el proceso, se desarrolló un algoritmo que automatiza la selección de la cantidad mínima de información necesaria para identificar cada TE, a partir de la determinación de las combinaciones de variables que permite clasificarlos de manera única. Con este proceso, se eliminaron las combinaciones que no aportan nueva información relevante y se redujo significativamente la redundancia en el conjunto de datos.

El algoritmo funciona iterando, solo cuando es necesario, a través de las combinaciones disponibles desde las que requieren menor cantidad de variables (más simples) a las que requieren progresivamente una mayor cantidad (más complejas). Para cada combinación, el algoritmo verifica si es posible obtener un único resultado del TE. Si una combinación de variables es suficiente para identificar un TE de forma consistente, se almacena en una tabla de relaciones optimizada, mientras que las filas redundantes, ya explicadas por esta combinación, se eliminan del análisis posterior. De este modo, el proceso optimiza la búsqueda de relaciones, priorizando las combinaciones más simples antes de considerar las más complejas. Para mejorar la explicación del proceso, a continuación, se muestran algunos ejemplos.

En la tabla 7 se observa cómo el TE agroecosistema cañero se puede identificar únicamente conociendo que la cobertura de la tierra es caña. Para el mismo, el resto de las variables, pueden tomar cualquier valor, toda vez que independientemente de ellas siempre que la cobertura de la tierra sea caña, el TE corresponderá a agroecosistema cañero. De la misma manera, cada vez que la cobertura de la tierra es zonas de glaciares y nieves, o el clima es nival super húmedo el TE es glaciares y nivales.

Tabla 7. Tabla de búsqueda simple para la identificación de ecosistemas

Cobertura de la Tierra	Clima	Bioma	Unidad biótica	Ambiente edafogénico	Tipo de agua	Grado de transformación	Clase de ambiente acuático	Ecosistema marino	Tipo de ecosistema
Caña	#	#	#	#	#	#	#	#	Agroecosistema cañero
Zonas de glaciares y nieves	#	#	#	#	#	#	#	#	Glaciares y nivales
#	Nival super húmedo	#	#	#	#	#	#	#	Glaciares y nivales

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

indica que la variable no se requiere para identificar el ecosistema

En contraste con el ejemplo anterior, en la tabla 8 se observa que, para la diferenciación entre agroecosistema cafetero y transicional transformado, adicional a las variables cobertura de la tierra y clima se requiere la variable bioma. De igual forma, la tabla muestra las combinaciones de la cobertura de la tierra y clima necesarias para la identificación del TE agroecosistema cafetero y la combinación de cobertura de la tierra y bioma requerida para la identificación del TE transicional transformado.

Tabla 8. Tabla de búsqueda con combinación de variables para la identificación de ecosistemas

Cobertura de la Tierra	Clima	Bioma	Unidad biótica	Ambiente edafogénico	Tipo de agua	Grado de transformación	Clase de ambiente acuático	Ecosistema marino	Tipo de ecosistema
Café	Templado super húmedo	#	#	#	#	#	#	#	Agroecosistema cafetero
Café	Frio super húmedo	#	#	#	#	#	#	#	Agroecosistema cafetero
Café	Cálido semi húmedo	#	#	#	#	#	#	#	Agroecosistema cafetero
Café	Cálido semiárido	#	#	#	#	#	#	#	Agroecosistema cafetero
Café	Frio semiárido	#	#	#	#	#	#	#	Agroecosistema cafetero
Café	#	Helobioma	#	#	#	#	#	#	Transicional transformado

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

indica que la variable no se requiere para identificar el ecosistema

Como resultado de la aplicación del enfoque descrito, la base de datos depurada, que contenía aproximadamente 26.000 combinaciones de variables que corresponden a los escenarios, fue reducida a 2.227 registros, que constituyen la tabla de búsqueda final (lookup table), utilizada dentro del modelo de árbol de decisión para identificar los TE. Esta tabla condensada contiene únicamente la información

esencial, lo que permite una consulta rápida y eficiente de los resultados, asegurando a la vez que no se pierda precisión en la representación de los ecosistemas.

De la construcción de la tabla de búsqueda se resalta que, a pesar de los esfuerzos, algunos de los supuestos sobre las relaciones entre variables no posibilitaron clasificar únicamente los TE toda vez que para su identificación se necesitan atributos ecológicos adicionales a los considerados en el MEC. Como ejemplo de ello, no fue posible diferenciar adecuadamente el TE complejos rocosos de los andes del TE subxerofitía basal dado que en diversos casos la misma combinación de variables conlleva a la clasificación de cualquiera de los dos en el MEC. Estos casos requieren trabajos adicionales a fin de refinar las variables que los diferencian y de ampliar los resultados alcanzados en esta entrega.

Dada la limitada información sobre la relación entre ciertas variables y los tipos de ecosistemas, los supuestos utilizados en esta primera aproximación resultan incompletos. Por ejemplo, la relevancia del suelo como variable determinante en la modelación de los distintos TE ecosistemas se vio reducida al depender de la relación entre los ambientes edafogénicos y la clasificación de biomas.

Uso de la tabla de búsqueda (lookup table) en la identificación del TE

Tal como se mencionó anteriormente, la tabla de búsqueda (lookup table) otorga un orden de prioridad a la aplicación de las combinaciones de variables y sus resultados asociados, de acuerdo con su posición en la misma, de manera tal que las filas superiores se evalúen primero, en relación con las filas inferiores.

A partir de lo anterior, con el uso de la tabla de búsqueda (lookup table) en la identificación de los TE se otorga prioridad a las combinaciones de variables que aparecen en las primeras filas de la tabla. Cada fila mapea únicamente las áreas que no han sido identificadas por las líneas anteriores, asegurando que las combinaciones de mayor prioridad capturen las áreas más representativas de un determinado ecosistema. Esto garantiza que el modelo aplique primero las combinaciones que representan suposiciones más específicas y fundamentadas. En el modelo implementado, variables como cobertura del suelo, clima y unidades bióticas están ubicadas en las primeras posiciones de la tabla porque se asume que tienen un impacto más directo en la diferenciación de los tipos de ecosistemas.

Los casos más generales o las combinaciones con menor influencia se posicionan más abajo en la tabla, permitiendo que estos escenarios se utilicen para mapear únicamente aquellas áreas que no hayan sido clasificadas por las combinaciones anteriores. De esta forma, la tabla permite una estrategia jerárquica

para la identificación del TE, donde las hipótesis más específicas se aplican primero y las más generales, en segundo lugar, para cubrir los casos no resueltos previamente.

Para ejemplificar el uso de la tabla de búsqueda (lookup table), en la tabla 9 se muestra la combinación de variables requerida para la identificación del TE bosque basal inundable.

Tabla 9. Tabla de búsqueda para la identificación de bosque basal inundable

Cobertura de la Tierra	Clima	Bioma	Unidad biótica	Ambiente edafogénico	Tipo de agua	Grado de transformación	Clase de ambiente acuático	Ecosistema marino	Tipo de ecosistema
Bosque denso alto	Cálido húmedo	Helobioma	Yari Chiribiquete		1 Sin agua	Natural	Transicional	#	Bosque basal inundable

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

indica que la variable no se requiere para identificar el ecosistema

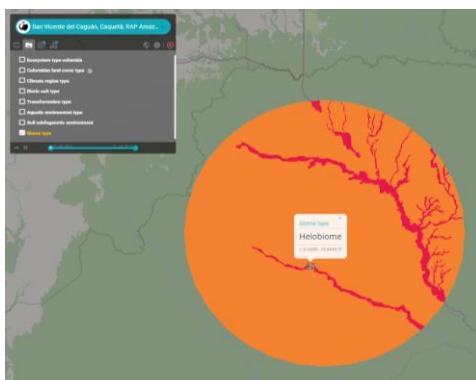
En términos prácticos, la tabla de búsqueda (lookup table) superpone la información de diferentes variables definiendo un determinado resultado con base en las combinaciones de los valores de estas. En la imagen 2 se ilustra el proceso de superposición. En ella se muestra, la combinación de variables y sus valores, requerida para identificar el TE bosque basal inundable, en un área específica delimitada por la circunferencia.

Imagen 2. Superposición de variables para la identificación de bosque basal inundable

1. Cobertura de la tierra: bosque denso alto



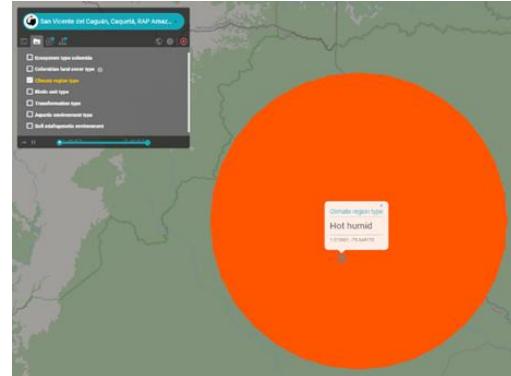
3. Bioma: helobioma



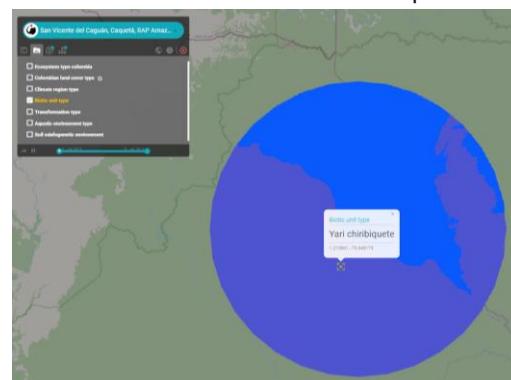
5. Grado de transformación: natural



2. Clima: cálido húmedo



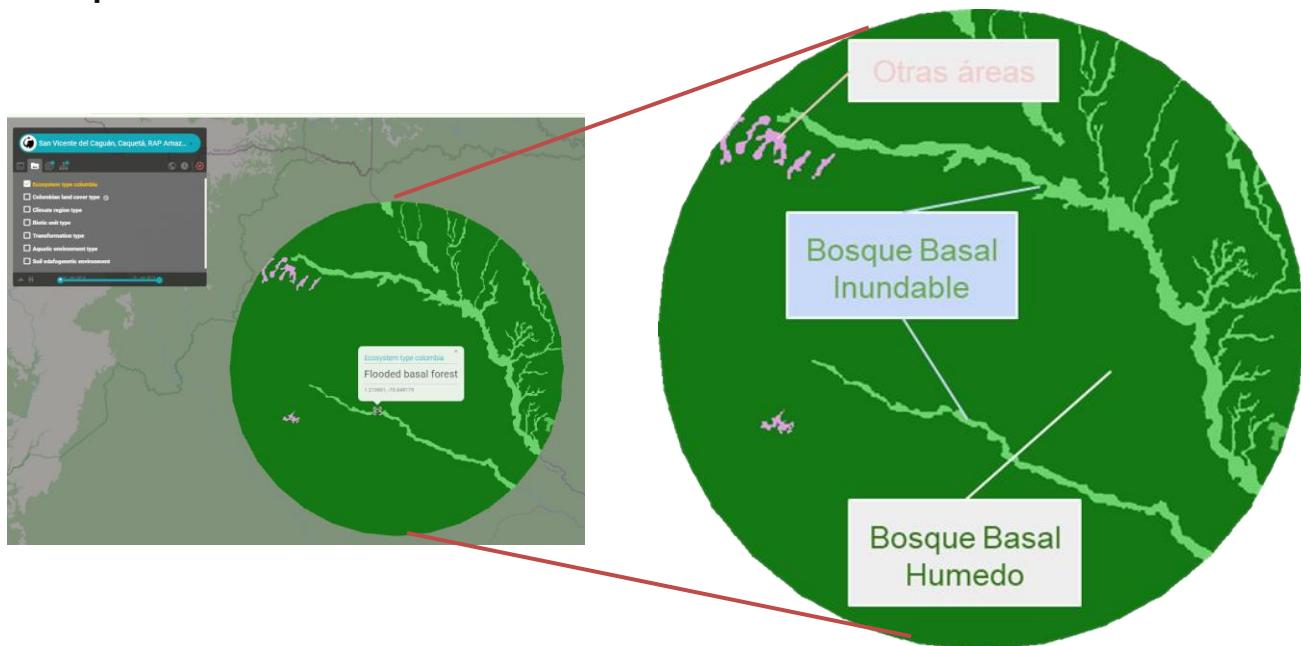
4. Unidad biótica: Yari Chiribiquete



Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

Como resultado de la superposición de las variables y sus valores, en la imagen 3 se identifica la extensión del bosque basal inundable (verde claro), para el área específica. En relación con las superficies de otras áreas (rosadas) y de bosque basal húmedo (verde oscuro) que se aprecian en la imagen, se resalta que su proceso de identificación requiere una combinación diferente de variables, que no se analizan en el ejemplo.

Imagen 3. Bosque basal inundable identificado a partir de la superposición de variables de la tabla de búsqueda



Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

Para finalizar el proceso, una vez se han identificado, los TE son homologados con los grupos funcionales de ecosistemas de la TGE de la UICN haciendo uso de la correlativa diseñada para ello, en atención a la clasificación de referencia establecida en el SCAE-CE.

5.2 Alcance

Teniendo en cuenta que el proceso de determinación de las características ecológicas requeridas para identificar correctamente el TE es un trabajo en progreso, los resultados experimentales que se entregan estiman parcialmente los grupos funcionales de los ecosistemas presentes en Colombia. Para avanzar en la obtención de resultados más precisos se requiere ajustar el orden de prioridad de las variables que

determinan la identificación de los TE que no han logrado estimarse adecuadamente para esta publicación.

Adicionalmente y considerando las características de la información incorporada en el modelo, dentro de las que se resalta que, a excepción de la cobertura de la tierra, todas las variables permanecen constantes, no fue posible estimar correctamente todos los ecosistemas en 2020. A partir de lo anterior, por ejemplo, la extensión de los ecosistemas marinos e insulares, al igual que la de los ubicados en zonas riparias donde ha cambiado el curso de los ríos o se requiere la actualización del tipo de suelo para su identificación y para los que no fue posible distinguir el grado de transformación (transformado o natural), permanece constante en relación con 2011.

5.3 Resultados

Los resultados obtenidos con la modelación muestran que un total de 21 grupos funcionales de los ecosistemas lograron identificarse con coincidencias entre el 112,9% y el 83,4%, al comparar las superficies de 2011 del MEC con las obtenidas con ARIES. Dichos grupos funcionales representan el 78,6% (89.942.816 hectáreas) de la ACE definida para la CAE-EE (114.470.654 hectáreas) (ver tabla 10).

Tabla 10. Coincidencia entre la superficie del MEC y ARIES, según tipo de ecosistema (hectáreas y %)**Total nacional****2011**

Tipos de ecosistemas según grupo funcional del ecosistema de la Tipología Global de Ecosistemas	MEC (ha)	ARIES (ha)	Coincidencia en la superficie¹ (%)
F1.2 Ríos bajos permanentes	232.662	194.109	83,4
F2.2 Pequeños lagos permanentes de agua dulce	832.578	822.099	98,7
F2.4 Lagos de agua dulce procedentes del deshielo	2.913	2.729	93,7
F3.5 Canales, zanjas y drenajes	4.395.422	3.969.841	90,3
FM1.2 Estuarios y bahías fluviales abiertos permanentemente	163.398	177.730	108,8
M1.1 Praderas submarinas	70.672	68.887	97,5
M1.3 Arrecifes de coral fóticos	348.201	345.353	99,2
M1.7 Lechos de arena submareales	53.962	53.924	99,9
MFT1.1 Deltas fluviales costeros	103.314	103.177	99,9
MFT1.2 Bosques y matorrales intermareales	295.945	297.424	100,5
MT 2.1 Matorrales y pastizales costeros	38.889	37.390	96,1
T1.1 Pluviselvas de tierras bajas tropicales y subtropicales	38.123.158	37.984.130	99,6
T1.3 Pluviselvas montanas tropicales y subtropicales	6.781.392	7.200.671	106,2
T3.4 Pavimentos rocosos, derribos y corrientes de lava	2.821.152	2.599.745	92,2
T4.2 Sabanas de poa píricas	6.964.259	7.104.305	102,0
T5.2 Desiertos y semidesiertos espinosos	1.166.977	1.317.650	112,9
T6.1 Capas de hielo, glaciares y campos de nieve perennes	50.165	48.636	97,0
T6.5 Pastizales y matorrales alpinos tropicales	2.273.516	2.457.805	108,1
T7.2 Praderas y campos artificiales	16.688.364	14.623.369	87,6
T7.4 Ecosistemas urbanos e industriales	384.816	410.613	106,7
TF1.1 Bosques inundados y turbosos tropicales	8.151.062	7.282.847	89,3
Total	89.942.816	87.102.432	96,8

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

ha: hectáreas

¹Representa el porcentaje de la superficie obtenida con ARIES en relación con la del MEC

A partir de los 21 grupos funcionales de los ecosistemas incluidos en la tabla 10, se logró estimar adecuadamente la extensión de 2020, para los 14 que se muestran en la tabla 11. En conjunto, dichos grupos funcionales representan el 67,7% (77.487.795 hectáreas) de la ACE definida para la CAE-EE.

Los resultados preliminares de la estimación de estos grupos funcionales permiten observar que entre 2011 y 2020 el ecosistema con mayor incremento en la extensión correspondió a praderas y campos artificiales con 591.852 hectáreas, seguido de estuarios y bahías fluviales abiertos permanentemente con 25.854 hectáreas, y capas de hielo, glaciares y campos de nieve perennes con 8.430 hectáreas (ver tabla 11).

El mismo análisis aplicado a las reducciones, presenta que entre 2011 y 2020 la mayor pérdida estimada de área la tuvo el tipo de ecosistema sabanas de poa píricas con 852.202 hectáreas, seguido de

pluviselvas de tierras bajas tropicales y subtropicales con 426.244 hectáreas y pluviselvas montanas tropicales y subtropicales con 266.488 hectáreas.

Tabla 11. Cambio en la extensión, según tipo de ecosistema (hectáreas y %)

Total nacional

Apertura 2011 – cierre 2020

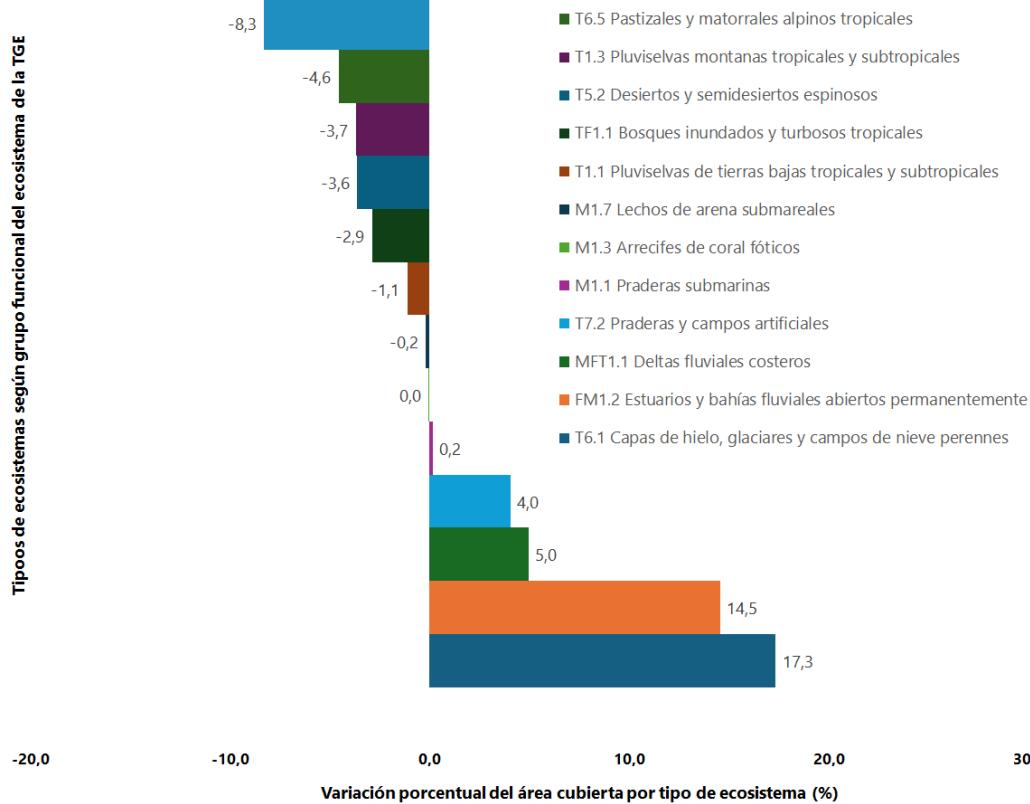
Tipos de ecosistemas según grupo funcional del ecosistema de la Tipología Global de Ecosistemas	Extensión de apertura 2011 (ha)	Extensión de cierre 2020 (ha)	Cambio neto por tipo de ecosistema (ha)	Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema (%)
F2.4 Lagos de agua dulce procedentes del deshielo	2.729	2.502	-226	-8,3
FM1.2 Estuarios y bahías fluviales abiertos permanentemente	177.730	203.584	25.854	14,5
M1.1 Praderas submarinas	68.887	68.993	106	0,2
M1.3 Arrecifes de coral fóticos	345.353	345.182	-171	0,0
M1.7 Lechos de arena submareales	53.924	53.825	-99	-0,2
MFT1.1 Deltas fluviales costeros	103.177	108.284	5.107	5,0
T1.1 Pluviselvas de tierras bajas tropicales y subtropicales	37.984.130	37.557.886	-426.244	-1,1
T1.3 Pluviselvas montanas tropicales y subtropicales	7.200.671	6.934.183	-266.488	-3,7
T4.2 Sabanas de poa píricas	7.104.305	6.252.102	-852.202	-12,0
T5.2 Desiertos y semidesiertos espinosos	1.317.650	1.269.795	-47.856	-3,6
T6.1 Capas de hielo, glaciares y campos de nieve perennes	48.636	57.066	8.430	17,3
T6.5 Pastizales y matorrales alpinos tropicales	2.457.805	2.345.821	-111.983	-4,6
T7.2 Praderas y campos artificiales	14.623.369	15.215.220	591.852	4,0
TF1.1 Bosques inundados y turbosos tropicales	7.282.847	7.073.351	-209.496	-2,9
Total	78.771.211	77.487.795	-1.283.416	-1,6

Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

Los resultados de cambio de área muestran que entre 2011 y 2020 el ecosistema con mayor crecimiento en la extensión fue capas de hielo, glaciares y campos de nieve perennes con 17,3%, seguido de estuarios y bahías fluviales abiertos permanentemente con 14,5% y deltas fluviales costeros con 5,0% (ver gráfico 8).

Por su parte los ecosistemas con mayor decrecimiento correspondieron a sabanas de poa píricas con 12,0%, seguidos de lagos de agua dulce procedentes del deshielo con 8,3% y pastizales y matorrales alpinos tropicales con 4,6%. Los ecosistemas de menor decrecimiento correspondieron a lechos de arena submareales con 0,2%, seguidas de pluviselvas de tierras bajas tropicales y subtropicales con 1,1% y bosques inundados y turbosos tropicales lava con 2,9% (ver gráfico 8).

Gráfico 8. Variación porcentual del área cubierta por tipo de ecosistema (%)
Total, nacional
2020



Fuente: DANE, Cuenta Ambiental y Económica de Extensión de los Ecosistemas (CAE-EE)

TGE: tipología global de ecosistemas

Bibliografía

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2004). Decreto 262 por medio del cual se modifica la estructura del DANE. Bogotá: DANE.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). Boletín Técnico de la Cuenta Experimental de los Ecosistemas, 2013-2014.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuenta_ecosistemas/BL_ecosistemas_2012_2014.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2017). Metodología de la Cuenta Satélite Ambiental (CSA).
http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/Metodologia_CSMA_mayo_2017.pdf.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2023). Resolución 2131 por medio del cual se crean unos grupos internos de trabajo y se establecen sus funciones. Bogotá: DANE.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Contraloría General de la República (CGR). (2013). Documento Exploratorio de la Cuenta de Ecosistemas.
https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/pib/ambientales/cuentas_ambientales/cuenta_ecosistemas/Doc_ecosistemas_11_13.pdf

United Nations et al. (2021). System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA EA). White cover publication, pre-edited text subject to official editing.
<https://seea.un.org/ecosystem-accounting>.

World Bank. (2016). Wealth Accounting and the Valuation of Ecosystem Services. Colombia Country Report 2016-Working Document. www.wavespartnership.org.