


República de Colombia
Área y cambio de cobertura glaciar

(Hoja metodológica versión 1,2)

1. Identificación del Indicador

<p>Contexto nacional o internacional en el que se encuentra</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● Operación estadística Balance de masa glaciar, certificación DANE 22-PE-E63-OE542, versión NTC PE 1000: 2020 ● Global Land Ice Measurements from Space initiative (GLIMS) ● Servicio Mundial de Monitoreo Glaciar (WGMS, por sus siglas en inglés). ● Grupo de Trabajo en Hielo y Nieves Andinos (GTNH, PHI-UNESCO). ● Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IDEAM). ● Estudio Nacional del Agua (IDEAM) ● Comunicaciones Nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (IDEAM).
<p>Tema de referencia</p>	<p>Ecosistemas</p>
<p>Unidad de medida</p>	<p>Kilómetros cuadrados (km²)</p>
<p>Periodicidad</p>	<p> <input type="checkbox"/> Anual <input type="checkbox"/> Semestral <input type="checkbox"/> Trimestral <input type="checkbox"/> Mensual <input type="checkbox"/> Diario <input checked="" type="checkbox"/> Otra, cuál: <u>Bienal</u> </p>
<p>Cobertura geográfica</p>	<p> <input checked="" type="checkbox"/> Nacional <input type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Municipal <input type="checkbox"/> Otra, cuál: _____ </p>
<p>Cobertura temporal</p>	<p>±1850, 1939, 1946, 1954, 1955, 1958, 1959, 1965, 1975, 1978, 1981, 1985, 1986, 1987, 1989, 1990, 1994, 1995, 1996, 1997, 2001, 2002, 2003, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2014, 2015, 2016, 2017, 2019, 2020, 2021, 2022.</p>

	FORMATO HOJA METODOLÓGICA INDICADORES	Código: M-GCI-F008
		Versión : 01
		Fecha: 09/11/2021
		Página: 2 de 14

2. Descripción del Indicador	
Definición	<p>La operación estadística presenta el indicador ambiental Área y Cambio de Cobertura glaciar, que representa el estado actual y la tendencia histórica de la superficie continental colombiana que se encuentra cubierta por hielo glaciar. La operación estadística reúne dos indicadores estadísticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área glaciar: Permite conocer la extensión de los glaciares del país, presentando desagregación geográfica a nivel nacional y para cada nevado. • Variación de la cobertura glaciar: Presenta el cambio en el área del glaciar para el año de estudio respecto al periodo anterior. Cuenta con desagregación geográfica a nivel nacional y para cada uno de los nevados del país.
Pertinencia	<p>La necesidad por el estudio de la criósfera terrestre, entre ellos los glaciares, es incuestionable debido a que son uno de los mejores indicadores naturales de cambio climático por su sensibilidad a los cambios en la temperatura, la precipitación y la radiación solar. En el país, el IDEAM es la única entidad gubernamental que por su misionalidad tiene bajo su responsabilidad el estudio de los glaciares colombianos.</p> <p>Desde su creación en 1993 y adopción de estatutos en 1995, el IDEAM llevó a cabo en el año 1997 el estudio y publicación denominado Geosistemas de la alta montaña, realizado en conjunto con la Universidad Nacional de Colombia. Este estudio determinó los datos de las áreas glaciares colombianas para finales de la década de 1990 con los que el país cuenta hasta el día de hoy. Desde aquel entonces, la entidad productora de la operación estadística ha tenido la responsabilidad de ofrecer al país los datos oficiales de la totalidad de los glaciares colombianos, los cuales han sido tenidos en cuenta nacional e internacionalmente.</p>
Metas / Estándares	No aplica
Marco conceptual	<p>Introducción y contexto</p> <p>La preocupación global por el aumento de gases de efecto invernadero y el ascenso de la temperatura en todo el planeta, ha marcado el inicio de investigaciones para entender el cambio del clima y las consecuentes respuestas del sistema terrestre. Un componente importante de este sistema es la criósfera, ya que los mecanismos de retroalimentación relacionados con los glaciares, rigen la respuesta atmosférica, hidrosférica y litosférica (Bishop et al, 2004). La mayoría de los glaciares en el planeta se están reduciendo desde el final de la Pequeña Edad de Hielo (siglos XVI a XIX), con tasas particularmente crecientes de pérdidas desde principios de la década de 1980 (IPCC, 2019). Los perfiles verticales de temperatura medidos a través de todo el espesor de los glaciares de montaña, o a través de capas de hielo, proporcionan una clara evidencia de un clima más cálido en las últimas décadas (IPCC, 2019). El deterioro de los glaciares es un proceso global.</p> <p>Por este motivo, la observación de los glaciares se ha hecho necesaria en todo el mundo. A escala global se ha efectuado de forma coordinada desde finales del siglo XIX y existen datos estandarizados, compilados y divulgados por entidades internacionales como World Glacier Monitoring Service (WGMS), National Snow and Ice Data Center (NSIDC) y Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS). Una de las principales tareas y</p>

esfuerzos globales de la investigación en glaciares en las últimas décadas ha sido consolidar inventarios glaciares nacionales. Hoy en día se evidencia una mejora continua de los inventarios en todo el mundo, ya sean muy generales o detallados, utilizando fotografías aéreas o, en la mayoría de los casos, imágenes por satélite. En el caso de Colombia, este indicador ambiental satisface dicha necesidad.

Glaciares en Colombia

Los glaciares como los de Colombia tienen una característica única en el planeta: por su ubicación dentro de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT). Los glaciares ecuatoriales son de enorme importancia debido a su particularidad como ambientes sensibles al cambio climático y excepcionalidad geográfica. La inmensa importancia en su monitoreo y estudio radica en que los glaciares constituyen indicadores excelentes de alteraciones en el clima terrestre y sus posibles implicaciones para los grupos sociales al mantener una relación directa con este fenómeno climático. En Colombia actualmente existen seis masas glaciares clasificadas como ecuatoriales por su posición latitudinal, con coordenadas geográficas en su punto central y altitud máxima así:

- Sierra nevada El Cocuy o Güicán (6° 30'N; 72° 15'W; 5.380m.).
- Sierra nevada de Santa Marta (10° 50'N; 73° 41'W; 5.775m.).
- Volcán nevado del Ruiz (4° 53'N; 75° 19'W; 5.330m.).
- Volcán nevado Santa Isabel (4° 48'N; 75° 22'W; 4.968m.).
- Volcán nevado del Tolima (4° 39'N; 75° 19'W; 5.280m.).
- Volcán nevado del Huila (2° 55'N; 76° 01'W; 5.364m.).

Por último, existen las siguientes definiciones que facilitan la lectura del indicador ambiental:

- *Fluctuación glaciar: cambios en los glaciares a través del tiempo, relacionados con la longitud, la superficie, grosor, volumen y masa del cuerpo de hielo (Cogley et.al., 2011).*
- *Fragmento glaciar: Porción de un glaciar que, por efecto del proceso de derretimiento o por fracturamiento del hielo causado por su propia dinámica, ha quedado separado de una masa de mayor tamaño, pero sigue haciendo parte del mismo glaciar. Se incluye como fragmento glaciar, el hielo muerto.*
- *Frente glaciar (Terminus): extremo altitudinalmente más bajo del glaciar. El término se aplica principalmente a glaciares con lenguas bien definidas y corrientes de hielo (Cogley et.al., 2011).*
- *Glaciar: Cuerpo de hielo y nieve que cubre un sector de la superficie del planeta. Se caracteriza por tener una zona de acumulación, una de ablación y una línea de equilibrio (IDEAM, 2012).*
- *Hielo glaciar: hielo que hace parte de un glaciar y que, a través de la compactación y la recristalización, sobrevivió al menos una temporada de ablación. Convencionalmente se entiende la densidad de 830 kg m-3 a la cual se compactan los espacios vacíos, es decir: la neviza se convierte en hielo de glaciar (Cogley et.al., 2011).*

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Hielo muerto: Para el Servicio Mundial de Monitoreo Glaciar (WGMS, por sus siglas en inglés), el Hielo muerto o “Dead ice” es cualquier parte de un glaciar que no fluye a una velocidad detectable (Cogley et.al., 2011). El hielo muerto se considera también un fragmento glaciar.</i> • <i>Imagen de satélite: Es una representación pictórica de la medición de energía electromagnética registrada por un sensor; y no por medios fotográficos. Ficheros ráster, formadas por una matriz regular o rejilla de celdas, a cada una de las cuales, denominada píxel, se le asigna un valor digital, que corresponde a la reflectividad recogida por el sensor (INAIGEM, 2017)</i> • <i>Límite del glaciar: línea que separa el glaciar del terreno libre de glaciar (Francou y Pouyaud, 2004).</i> • <i>Pequeña Edad De Hielo - PEH (Little Ice Age-LIA): un período de mayor masa y extensión glaciar, en relación con los períodos anteriores y siguientes, que significó un aumento del espesor y la extensión de los glaciares a altitudes más bajas que en la actualidad. En diferentes regiones de la Tierra, en ambos hemisferios, la Pequeña Edad de Hielo comenzó y terminó en diferentes épocas, comenzando tan temprano como alrededor del año 1300 y terminando tan tarde como alrededor de 1900 (Cogley et al, 2011).</i> • <i>Retroceso Glaciar: disminución de la longitud de una línea de flujo (frente glaciar), medida desde un punto fijo en el terreno. En la práctica, cuando el retroceso es de un glaciar que termina en tierra, este punto fijo o marca de retroceso, suele ser más abajo del frente glaciar, es decir, un área sin glaciar que colinda con el margen del glaciar (Cogley et al, 2011).</i> • <i>Sistemas de Información Geográfica (SIG): Programas informáticos que proporcionan herramientas para el procesamiento, gestión, análisis y representación de datos con un componente cartográfico (INAIGEM, 2017).</i> • <i>Teledetección: Técnica mediante la cual se obtiene información sobre la superficie de la Tierra, a través del análisis de los datos adquiridos por un sensor o dispositivo situado a cierta distancia, apoyándose en medidas de energía electromagnética reflejadas o emitidas (INAIGEM, 2017).</i>
<p>Fórmula de cálculo</p>	<p>Variables:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Área del fragmento j del glaciar i (Afg_{ji}): Extensión del fragmento j del glaciar i, se emplea como unidad espacial de referencia kilómetros cuadrados (km^2).</i> • <i>Glaciar (i): Cuerpo de hielo y nieve que cubre un sector de la superficie del planeta, que se caracteriza por tener una zona de acumulación, una de ablación y una línea de equilibrio (IDEAM, 2012). Actualmente, Colombia cuenta con 6 nevados ubicados sobre seis entidades geográficas identificados como: Sierra Nevada de Santa Marta, Sierra Nevada el Cocuy o Güicán, Volcán Nevado del Ruiz, Volcán Nevado Santa Isabel, Volcán Nevado Tolima y Volcán Nevado del Huila.</i> <p>Indicadores y fórmula de cálculo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Área glaciar:</i>

Permite conocer la extensión de los glaciares del país, presentando desagregación geográfica a nivel nacional y para cada nevado. De esta manera, se obtiene:

- *Área del glaciar i (AG_{it}):* Extensión del glaciar i para el año t , se emplea como unidad espacial de referencia los kilómetros cuadrados (km^2). Definida por:

$$AG_{it} = \sum_{j=1}^N Af g_{jit}$$

Donde:

AG_{it} : Área del glaciar i (km^2) en el año t .

i : Glaciar.

$i \in \{\text{Sierra Nevada de Santa Marta, Sierra Nevada el Cocuy o Güicán, Volcán Nevado del Ruiz, Volcán Nevado Santa Isabel, Volcán Nevado Tolima, Volcán Nevado del Huila}\}$

t : año de estudio.

$Af g_{jit}$: Área del fragmento j (km^2) del glaciar i en el año t .

j : Número del fragmento del glaciar i .

N : Cantidad de fragmentos del glaciar i en el año t .

- *Área Glaciar Nacional (AGN):* El área glaciar para Colombia, está representada por la suma de las áreas de las masas glaciares del país, en kilómetros cuadrados (km^2), calculada por:

$$AGN_t = \sum_{i=1}^M AG_{it}$$

En donde:

AGN_t : Área Glaciar Nacional (km^2) para el año t .

AG_{it} : Área del glaciar i (km^2) en el año t .

i : Glaciar.

$i \in \{\text{Sierra Nevada de Santa Marta, Sierra Nevada el Cocuy o Güicán, Volcán Nevado del Ruiz, Volcán Nevado Santa Isabel, Volcán Nevado Tolima, Volcán Nevado del Huila}\}$

M : Cantidad de glaciares en el territorio nacional en el año t .

t : año de estudio.

- *Variación de la cobertura glaciar:*
Presenta el cambio en el área del glaciar para el año de estudio respecto al periodo anterior. Cuenta con desagregación geográfica a nivel nacional y para cada uno de los nevados del país.

	<ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Variación de la cobertura del glaciar i (VCG_i):</i> Permite conocer el cambio en el área del glaciar i en kilómetros cuadrados (km^2), definido como la diferencia del área del glaciar en dos períodos consecutivos de estudio: $VCG_{it} = AG_{it} - AG_{i(t-1)}$ <p>Donde: VCG_{it}: Variación de la cobertura del glaciar i (km^2) en el año t respecto al periodo anterior. AG_{it}: Área del glaciar i (km^2) en el año t. $AG_{i(t-1)}$: Área del glaciar i (km^2) en el año o periodo anterior ($t - 1$). i: Glaciar. $i \in \{Sierra Nevada de Santa Marta, Sierra Nevada el Cocuy o Güicán, Volcán Nevado del Ruiz, Volcán Nevado Santa Isabel, Volcán Nevado Tolima, Volcán Nevado del Huila\}$ t: año de estudio.</p> ○ <i>Variación de la cobertura glaciar Nacional ($VCGN$):</i> Cambio en el área glaciar a nivel nacional para el año de estudio t respecto al periodo anterior, en kilómetros cuadrados (km^2). Definido como: $VCGN_t = AGN_t - AGN_{(t-1)}$ <p>Donde: $VCGN_t$: Variación de la cobertura glaciar nacional (km^2) en el año t respecto al periodo anterior. AGN_t: Área Glaciar Nacional (km^2) para el año t. $AGN_{(t-1)}$: Área Glaciar Nacional (km^2) para el año o periodo anterior ($t - 1$). t: año de estudio.</p>
<p>Metodología de cálculo</p>	<p>Método por sensoramiento remoto</p> <p>En términos generales, el marco conceptual del monitoreo y obtención de áreas glaciares, se lleva a cabo en dos grandes etapas.</p> <p>Una primera etapa consiste en la técnica de relación de bandas o band ratio. Esta técnica desarrollada entre otros por Hall et al (1987); Jacobs et al (1997) y resumida en Kääh et al (2014) y Rastner et al (2014), consiste en obtener el cociente entre dos bandas con información espectral diferente. Para el caso de la delimitación de glaciares, se utiliza generalmente una banda como la del rojo visible (alrededor de 0.65 micras) en la que la respuesta radiométrica de las superficies glaciares tiene alta reflectancia y una banda donde las superficies glaciares tiene muy baja reflectancia, normalmente la longitud de onda del infrarrojo de onda corta (1.60 micras aproximadamente).</p> <p>La segunda etapa nace del hecho de que, debido a condiciones locales de los glaciares colombianos como su pequeño tamaño o la normal cobertura por roca o ceniza volcánica,</p>

es necesario realizar una delineación manual. Se entiende la delineación manual cómo la digitalización en la pantalla de un monitor de aerofotografías o imágenes satelitales basada en la interpretación visual de áreas cubiertas de nieve o glaciar, por parte de intérpretes y a juicio de expertos, utilizando un conjunto de elementos como: combinación de bandas, textura, tamaño, color, patrón y conocimiento de la zona. Complementariamente, el proceso debe incluir etapas adicionales como el cálculo de incertidumbres y consulta con expertos.

La información numérica de la evolución del área glaciar de los glaciares colombianos es generada a partir de dos fuentes de información: 1) Fotografías aéreas multitemporales y 2) Imágenes de satélite multitemporales.

El área glaciar del año ± 1850 corresponde aproximadamente al final de la Pequeña Edad de Hielo (PEH), evento climático de condiciones frías mundialmente reconocido cuando los glaciares aumentaron su masa dejando depósitos morrénicos que sirven para identificar la extensión glaciar de aquella época y luego interpretados en el estudio con datos de área "Los nevados de Colombia: glaciales y glaciaciones", publicado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en el año 1992 y luego verificado por el Ideam con imágenes de satélite. Posteriormente y hasta 1997 los datos son tomados del documento anterior y del estudio titulado "Geosistemas de la alta montaña" (Convenio 041/1997 entre el IDEAM y la Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geografía)

Para los años 2001, 2002 y 2003 se utilizó para el cálculo de la cobertura glaciar, la interpretación de imágenes satelitales tomadas en su mayoría por los satélites del programa estadounidense Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM. En años posteriores, entre los años 2006 a 2009 y gracias a la consecución del Proyecto piloto nacional de adaptación al cambio climático (INAP 2006-2011) así como al Proyecto Regional Andino de Adaptación al Impacto del Retroceso Acelerado de Glaciares en los Andes Tropicales (PRAA); se utilizaron, complementariamente a las imágenes Landsat ETM, algunas imágenes de la empresa Quickbird, agencia francesa SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Terre) y agencia japonesa ALOS (Advanced Land Observing Satellite) para la estimación de varias áreas glaciares en estos años.


Para el año 2010, utilizando principalmente el sensor AVNIR-2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer) del satélite ALOS así como imágenes de la empresa RapidEye, el IDEAM realiza la actualización del inventario glaciar nacional para este año y con una cobertura geográfica de todo el territorio nacional. En el año 2016 se realiza un nuevo inventario glaciar nacional en el marco del proyecto Monitoreo de glaciares Tropicales Andinos en un contexto de Cambio Climático: una mirada desde lo social y lo técnico, mediante el uso de imágenes Sentinel 2 (Agencia Espacial Europea), SPOT 6, SPOT 7 y fotografías aéreas digitales de la Fuerza Aérea Colombiana. Para los años 2020, 2021 y 2022 se utilizan imágenes Sentinel, PlanetScope, SPOT y Pleiades.

Para la generación actual de áreas glaciares se utilizan los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de licencia de pago ArcGis® y ERDAS Imagine®.

<p>Interpretación</p>	<p>El indicador <i>Área glaciar</i> se entiende como la extensión en kilómetros cuadrados (km^2) de un glaciar particular o a nivel nacional para el año de estudio.</p> <p>Por su parte, el indicador <i>Variación de la cobertura glaciar</i> puede tomar valores negativos, positivos o iguales a cero, en donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Valores negativos indican una disminución de área o cobertura glaciar para el nevado objeto de cálculo o para el área total nacional, respecto al periodo anterior. • Valores positivos muestran aumento del área glaciar en el año de referencia respecto al periodo anterior. • El valor nulo o igual a cero significa que la superficie cubierta por glaciar no cambió en el año de referencia respecto al periodo anterior.
<p>Restricciones o Limitaciones</p>	<p>Se pueden presentar restricciones o limitaciones producto del incumplimiento de alguno de los siguientes requisitos o situaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de personal profesional • Productos de sensoramiento remoto que no cumplan con características mínimas de calidad, según el requerimiento, como: <ul style="list-style-type: none"> ○ Resolución espectral mínima de 4 bandas espectrales y resolución radiométrica mínima hasta una porción de infrarrojo de longitud de onda corta o Short-wave infrared – SWIR con valores entre 1,56 y 1,65 μm. ○ Resolución espacial con un detalle mayor o igual a 5 metros para interpretación manual. ○ Baja o nula presencia de nieve estacional. ○ Baja o nula cobertura por nubes.
<p>Facilidad de obtención</p>	<p><input type="checkbox"/> Fácil</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Regular</p> <p><input type="checkbox"/> Difícil</p> <p>¿Por qué?: <u>Disponibilidad de insumos y capital humano.</u></p>

3. Responsable del Indicador

<p>Entidad</p>	<p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM</p>
<p>Dependencia</p>	<p>Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Monitoreo de Ecosistemas de Alta Montaña</p>
<p>Funcionario responsable</p>	<p>Subdirector(a) de Ecosistemas e Información Ambiental Profesional Especializado, Grupo de Monitoreo de Ecosistemas de Alta Montaña</p>
<p>Correo electrónico</p>	<p>ecosistemas@ideam.gov.co</p>
<p>Teléfono</p>	<p>57 (1) 3527160 Ext. 1708</p>
<p>Dirección</p>	<p>Calle 25 D No. 96B – 70 Bogotá D.C., Colombia</p>

	FORMATO HOJA METODOLÓGICA INDICADORES	Código: M-GCI-F008
		Versión : 01
		Fecha: 09/11/2021
		Página: 9 de 14

4. Ubicación principal para la consulta del Indicador	
Nombre	Página web IDEAM sección Indicadores de Ecosistemas: http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/ecosistemas1
Física	Subdirección de Ecosistemas e Información ambiental. IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales Sede Principal
URL	<p>Indicador ambiental Área y Cambio de Cobertura Glaciar: la difusión del indicador Área Glaciar se compone de esta hoja metodológica, datos y gráfica. (http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/ecosistemas1)</p> <p>Glaciares de Colombia. Página web principal en donde se difunden los resultados del indicador y la Operación estadística Área y Cambio de Cobertura Glaciar (http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares)</p> <p>Documentos de interés: Se divulgan documentos relacionados con el trabajo y la investigación glaciológica, que incluyen artículos, libros o informes relacionados con la información producida por el proceso estadístico. En este espacio se divulgan los Informes anuales del estado de los glaciares de estudio y el Informe periódico del estado de los glaciares colombianos (http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/investigacion-publicaciones)</p>

5. Fuente de las variables		
V1	Nombre de la variable	<i>Área del fragmento j del glaciar i (Afg_{ji})</i> <i>Glaciar (i)</i>
	Tipo de fuente	<p>Fuente primaria de información</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Censo</p> <p><input type="checkbox"/> Muestra</p> <p>Fuente secundaria de información</p> <p><input type="checkbox"/> Registro administrativo</p> <p><input type="checkbox"/> Teledetección</p> <p><input type="checkbox"/> Estación de monitoreo</p> <p><input type="checkbox"/> Otro, cual _____</p>

Frecuencia de medición	<input type="checkbox"/> Anual
	<input type="checkbox"/> Semestral
	<input type="checkbox"/> Trimestral
	<input type="checkbox"/> Mensual
	<input type="checkbox"/> Diario
	<input checked="" type="checkbox"/> Otra, cual: <u>Bienal</u>
Ubicación para consulta	
Nombre	Área y cambio de cobertura glaciar
Física	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales –IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información ambiental. Dirección: Calle 25 D No. 96 B - 70 Bogotá D.C.
URL	http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/ecosistemas1 http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/glaciares-colombia
Responsable	
Entidad	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
Dependencia	Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, Grupo de Monitoreo de Ecosistemas de Alta Montaña.
Funcionario responsable	Profesional Especializado, Grupo de Monitoreo de Ecosistemas de Alta Montaña.
Correo electrónico	ecosistemas@ideam.gov.co
Teléfono	57 (1) 3527160 Ext. 1708
Dirección	Calle 25D N. 96B- 70 Bogotá D. C., Colombia

6. Observaciones Generales

Ninguna

7. Bibliografía

Bishop, M.P., Barry, R.G., Bush, A.B.G., Copeland, L., Dwyer, J.L., Fountain, A.G., Haeberli, W., Hall, D.K., Kääb, A., Kargel, J.S., Molnia, B.F., Olsenholler, J.A., Paul, F., Raup, B.H., Shroder, J.F., Trabant, D.C., and Wessels, R. (2004). Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS): Remote sensing and GIS investigations of the Earth's cryosphere. *Geocarto International*, 19 (2), 57-85.

Cogley, J.G., R. Hock, L.A. Rasmussen, A.A. Arendt, A. Bauder, R.J. Braithwaite, P. Jansson, G. Kaser, M. Möller, L. Nicholson and M. Zemp, 2011, Glossary of Glacier Mass Balance and Related Terms, IHP-VII Technical Documents in Hydrology No. 86, IACS Contribution No. 2, UNESCO-IHP, Paris.

Flórez A. (1992). Los nevados de Colombia, glaciares y glaciaciones. Instituto Geográfico Agustín Codazzi-IGAC

Francou, B & Pouyaud, B. 2004. Métodos de observación de glaciares en los Andes tropicales. IRD. Bolivia. 243 p.

Global Terrestrial Network for Glaciers GTN-G. (2021 B). Global land ice measurements from space (GLIMS) glacier inventory. Recuperado de https://www.gtn-g.ch/data_catalogue_glims/

Hall, D. K., Ormsby, J. P., Bindschadler, R. A., & Siddalingaiah, H. (1987). Characterization of snow and ice reflectance zones on glaciers using Landsat Thematic Mapper data. *Annals of Glaciology*, 9(1), 104-108.

Hall, D., Williams, R., and Bayr, K. (1992) Glacier recession in Iceland and Austria. *EOS Trans. Am. Geophys. Unión*, 73(12), 129, 135, 141.

IDEAM (2012) Glaciares de Colombia: más que montañas con hielo. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. 344 p.

IDEAM (2010) Segunda Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Bogotá D.C., Colombia. Editorial Scripto Ltda. Bogotá D.C.

IDEAM (2010 B). Sistemas Morfogénicos del Territorio Colombiano. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, D. C., 252 p., 2 anexos, 26 planchas en DVD

IDEAM (2012) Glaciares de Colombia: más que montañas con hielo. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá D.C. 344 p.

IDEAM. (2015). Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá D.C.

IDEAM. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá D.C.

IDEAM y Universidad Nacional de Colombia. 1997. Geosistemas de la Alta Montaña. IDEAM, Subdirección de Geomorfología y Suelos. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

INAIGEM. (2017). Manual metodológico de inventario nacional de glaciares. Instituto Nacional de investigación en glaciares y ecosistemas de montaña - INAIGEM. Huaraz, Perú. 126p.

IPCC. (2019). IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]

Jacobs, J. D., Simms, É. L., & Simms, A. (1997). Recession of the southern part of Barnes Ice Cap, Baffin Island, Canada, between 1961 and 1993, determined from digital mapping of Landsat TM. *Journal of Glaciology*, 43(143), 98-102.

Kääb, A., Bolch, T., Casey, K., Heid, T., Kargel, J., Leonard, G., Raup, B. (2014). Glacier Mapping and Monitoring Using Multispectral Data. <https://doi.org/10.5167/uzh-102068>

NSIDC-National Snow and Ice Data Center. 2020 'Cryosphere Glossary' Recuperado de: <https://nsidc.org/cryosphere/glossary/all>

Organización Meteorológica Mundial. (2022) El estado del clima en América Latina y el Caribe 2021 (OMM-Nº 1295). Recuperado de: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=11271

Paul, F., Winsvold, S. H., Kääb, A., Nagler, T., & Schwaizer, G. (2016). Glacier Remote Sensing Using Sentinel-2. Part II: Mapping Glacier Extents and Surface Facies, and Comparison to Landsat 8. *Remote Sensing*, 8(7), 575p.

Rastner, P., Bolch, T., Notarnicola, C., & Paul, F. (2014). A comparison of pixel-and object-based glacier classification with optical satellite images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 7(3), 853-862.

8. Información sobre la Hoja Metodológica

Fecha	Versión	Datos del autor o de quien ajustó la hoja metodológica	Descripción de los ajustes
14/12/2018	1,0	<p>Nombre Jorge Luis Ceballos Liévano Profesional Especializado Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de suelos y tierras. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM iceballos@ideam.gov.co 57 (1) 3527160 Ext. 1708 Calle 25D N. 96B- 70 Piso 2. Bogotá D. C., Colombia.</p> <p>Francisco Rojas Heredia Contratista Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental Grupo de suelos y tierras. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM frojas@ideam.gov.co 57 (1) 3527160 Ext. 1708 Calle 25D N. 96B- 70 Piso 2. Bogotá D. C., Colombia</p>	Construcción de la Hoja Metodológica

		<p>Jose Alejandro Ospina Niño Contratista Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental Grupo de suelos y tierras. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM jaospina@ideam.gov.co 57 (1) 3527160 Ext. 1708 Calle 25D N. 96B- 70 Piso 2. Bogotá D. C., Colombia</p> <p>Cítese como: Ceballos J.L., Rojas F. y Ospina J.A. (2018) Hoja metodológica del indicador “Cambio de Superficie Glaciar” (Versión 1,0). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 9p.</p>	
10/11/2021	1,1	<p>Nombre Jorge Luis Ceballos Liévano Profesional Especializado Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Monitoreo de Ecosistemas de Alta Montaña. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM jceballos@ideam.gov.co 57 (1) 3527160 Ext. 1708 Calle 25D N. 96B- 70 Piso 2. Bogotá D. C., Colombia</p> <p>Jose Alejandro Ospina Niño Contratista Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Monitoreo de Ecosistemas de Alta Montaña. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM jaospina@ideam.gov.co 57 (1) 3527160 Ext. 1708 Calle 25D N. 96B- 70 Piso 2. Bogotá D. C., Colombia</p> <p>Cítese como: Ceballos J.L. y Ospina J.A. (2021) Hoja metodológica del indicador “Área y Cambio de Cobertura glaciar” (Versión 1,0). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 12p.</p>	<p>Se realizan mejoras en los acápites de definición, pertinencia, metas/estándares, marco conceptual, fórmula de cálculo metodología de cálculo y restricciones o limitaciones; producto de la documentación y certificación de la operación estadística del mismo indicador ambiental.</p> <p>Se realiza el cambio de nombre del indicador ambiental a ‘Área y Cambio de Cobertura glaciar’ debido a que en glaciología el término superficie tiene un significado conceptualmente más amplio que el de área: como adjetivo puede remitir a la zona superficial de la masa de hielo en donde se realizan diferentes estudios de profundidad teniendo en cuenta la dimensión Z del glaciar, lo cual puede prestarse a confusiones.</p> <p>Por su parte, el concepto de área se ajusta mucho mejor al alcance temático de la operación al representar una medida cuantitativa de un espacio en dos dimensiones. El término cobertura se ajusta a la terminología del Ideam para ese tipo de análisis espaciales referidas a ‘coberturas de la tierra’.</p>
11/07/2023	1,2	<p>Dependencia: Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de Monitoreo de Ecosistemas de Alta Montaña.</p> <p>Entidad:</p>	<p>Se realizan mejoras en el Marco Conceptual y fórmula de cálculo en cuanto a inclusión de conceptos como <i>Fluctuación glaciar</i>, <i>Fragmento glaciar</i> y <i>Hielo muerto</i>, así como ampliación</p>

	<p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM</p> <p>Correo electrónico: ecosistemas@ideam.gov.co</p> <p>Teléfono: 57 (1) 3527160 Ext. 1708</p> <p>Dirección: Calle 25D N. 96B- 70 Piso 2. Bogotá D. C., Colombia</p> <p>Cítese como: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. (2023). Hoja metodológica del indicador “Área y cambio de cobertura glaciar” (versión 1,2). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 14p.</p>	<p>de la descripción de la variable Área y actualización de bibliografía.</p>
--	--	---