

**República de Colombia**  
**Formato Común de Hoja Metodológica de Indicadores Ambientales**

**Cambio de superficie glaciar (SG)**  
(Hoja metodológica versión 1,00)

**Código Único Nacional del Indicador**  
*Registre la nomenclatura nacional asignada al indicador*

<b>Identificación del Indicador</b>	
<b>Contexto nacional o internacional en la que se encuentra</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Servicio Mundial de Monitoreo Glaciar (WGMS, por sus siglas en inglés).</li> <li>• Grupo de Trabajo en Hielo y Nieves Andinos (GTNH, PHI-UNESCO).</li> <li>• Informe del Estado del Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables.</li> <li>• Comunicaciones nacionales ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.</li> </ul>
<b>Tema de referencia</b>	Glaciares
<b>Código de identificación para Indicadores de Iniciativas Internacionales (ID)</b>	No aplica
<b>Unidad de medida</b>	Kilómetros cuadrados (km <sup>2</sup> )
<b>Periodicidad</b>	<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>Irregular</u>
<b>Cobertura geográfica</b>	<input checked="" type="checkbox"/> Nacional <input type="checkbox"/> Departamental <input type="checkbox"/> Municipal <input checked="" type="checkbox"/> Otra, cuál: <u>Glaciares</u>

<b>Cobertura temporal</b>	1850, 1939, 1946, 1954, 1958, 1959, 1965, 1975, 1978, 1981, 1985, 1986, 1987, 1989, 1990, 1994, 1995, 1997, 2001, 2002, 2003, 2007, 2008, 2009, 2010, 2013.
---------------------------	---

<b><u>Descripción del Indicador</u></b>	
<b>Definición</b>	Cambio de superficie glaciar (SG) es la diferencia numérica de cobertura glaciar de una unidad espacial de referencia $j$ , entre dos momentos de tiempo diferentes $t_1$ y $t_2$ .
<b>Pertinencia</b>	<p><b>Finalidad / Propósito</b></p> <p>Obtener información precisa, confiable y actualizada de la cobertura glaciar y su cambio en el tiempo. Esta información permite conocer la intensidad del calentamiento de la baja atmosfera y percibir los impactos en el sistema de alta montaña.</p>
<b>Metas / Estándares</b>	Ninguna
<b>Marco conceptual</b>	<p>Los numerales 2 y 4 del artículo 2 del Decreto 1277 de 1994, por medio del cual se establece el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, determinan que en desarrollo de su objeto, el IDEAM genere y maneje información de temáticas relacionadas con este indicador (Republica de Colombia, 1994).</p> <p>A nivel mundial, es un hecho ampliamente reconocido que el cambio climático y la variabilidad climática ejercerá una influencia creciente en el desarrollo social y económico de todos los países. Los Informes de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC) mencionan a los glaciares como pruebas del inequívoco calentamiento del sistema climático. Así mismo, el IPCC dentro de sus objetivos fija la importancia de las redes de observación terrestre y se recomienda a los países que posean glaciares sobre sus territorios realizar seguimiento. Las fluctuaciones de los glaciares son reconocidas como indicadores de cambio climático (IPCC) y como variable en las estrategias de detección temprana en el sistema de vigilancia del clima mundial.</p> <p>La observación de los glaciares se ha efectuado de forma coordinada a nivel mundial 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).</p> <p>Solo tres zonas en el mundo presentan masas glaciares cerca a la línea del Ecuador (Colombia/Ecuador, Este de África y Nueva Guinea), su estudio resulta entonces de importancia para comprender la variabilidad climática intranual en zonas de montaña.</p> <p>Colombia en la actualidad tiene sobre su territorio seis masas glaciares independientes en el espacio:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sierra Nevada de El Cocuy, Güican o Chita.</li> <li>• Sierra Nevada de Santa Marta</li> <li>• Volcán nevado Ruiz</li> <li>• Volcán nevado Santa Isabel</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volcán nevado Tolima</li> <li>• Volcán nevado Huila</li> </ul> <p>Cada una de estas masas glaciares es objeto de la aplicación del indicador. La sumatoria de los seis datos de superficie glaciar corresponden a la superficie total glaciar del país para un periodo de tiempo t.</p> <p>Para este indicador existen las siguientes definiciones:</p> <p><b>Glaciar:</b></p> <p>“Una masa perenne de hielo, y, posiblemente, neviza y nieve, que se origina en la superficie de la Tierra por la recrystalización de la nieve u otras formas de precipitación sólida que muestra evidencia actual o pasada de flujo” (Cogley, J.G., et al. 2011).</p> <p><b>Complejo Glaciar:</b></p> <p>Un número de glaciares contiguos.</p> <p><b>Fluctuaciones de un glaciar:</b></p> <p>“Los cambios del glaciar en el tiempo, como los cambios de longitud, área, espesor, volumen y masa” (Francou B. et al 2004).</p> <p><b>Frente Glaciar:</b></p> <p>Parte terminal del glaciar. Borde altitudinalmente inferior (Francou B. et al 2004).</p> <p><b>Límite del Glaciar :</b></p> <p>Línea que separa el glaciar del terreno libre de glaciar (no glaciar) (Francou B. et al 2004).</p> <p>El dato de superficie glaciar en un momento de tiempo t1 y en kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>) y para un glaciar o nevado específico se genera a partir de la interpretación manual, automática o semiautomática de fotografías aéreas o imágenes de satélite o ambas aplicando procesos computacionales o procesos fotogramétricos convencionales o digitales que separen o delimiten con la precisión propia de los medios e instrumentos utilizados, la cobertura espacial glaciar de las demás coberturas terrestres. Para un momento de tiempo t2 y para el mismo glaciar o nevado se realiza el mismo proceso. La diferencia aritmética entre los datos de superficie glaciar para dos momentos diferentes de tiempo t1 y t2 es el cambio de superficie sucedido para el periodo de tiempo t2-t1.</p>
<p><b>Fórmula de cálculo</b></p>	<p>El cálculo de cambio de superficie para un glaciar se define mediante la siguiente fórmula:</p> $\Delta SG1_{t1-t2} = SG1_{t1} - SG1_{t2}$ <p>Donde:</p> <p><math>\Delta SG1_{t1-t2}</math> Es el cambio de superficie del glaciar 1 entre los momentos de tiempo t1 y t2.</p> <p><math>SG1_{t1}</math> Es la superficie del glaciar 1 calculada para el momentos de tiempo t1.</p> <p><math>SG1_{t2}</math> Es la superficie del glaciar 1 calculada para el momentos de tiempo t2.</p>

	<p>La superficie glaciaria total nacional (SGT) es la sumatoria de las seis superficies glaciarias.</p> $SGT = \sum SG1 + SG2 + SG3 + SG4 + SG5 + SG6$ <p>El cambio de superficie glaciaria nacional es la diferencia aritmética entre los datos de superficie glaciaria total nacional obtenidos para dos momentos diferentes de tiempo t1 y t2.</p>
<b>Metodología de cálculo</b>	<p>El Indicador se calcula realizando la diferencia aritmética entre los datos de superficie glaciaria obtenidos para dos momentos diferentes de tiempo t1 y t2, el cual se interpreta como el cambio de superficie sucedido para el periodo de tiempo t2-t1.</p> <p>La periodicidad del indicador depende de la disponibilidad en cantidad y calidad (nubosidad y resolución espacial) de las imágenes de satélite o fotografías aéreas para realizar el cálculo.</p> <p>La exactitud del cálculo del cambio de superficie glaciaria depende de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolución temporal, espacial y espectral de la imagen de satélite;</li> <li>• Proceso fotogramétrico aplicado y;</li> <li>• Habilidad y experiencia del intérprete.</li> </ul>
<b>Interpretación</b>	<p>El indicador toma valores negativos, positivos o iguales a cero. Valores positivos del indicador indican una disminución o pérdida de área o cobertura glaciaria para el nevado objeto de cálculo o para el área total nacional. El valor nulo o igual a cero significa que la superficie cubierta por glaciaria no cambió entre el intervalo de tiempo t1 y t2. Valores negativos indican aumento de superficie glaciaria para un nevado específico o para el total nacional.</p>
<b>Restricciones Limitaciones</b>	<p>El valor económico y la disponibilidad de las imágenes de sensores remotos así como su calidad y el elevado costo de su pos-proceso limitan cumplir la periodicidad del cálculo del indicador.</p> <p>Para mayor precisión del dato de superficie glaciaria se requiere en el tiempo imágenes de satélite de alta resolución espacial.</p> <p>o</p> <p>Cuando se utilizan fotografías aéreas para el cálculo de superficie glaciaria los costos aumentan y se depende de las condiciones atmosféricas para su toma. El proceso fotogramétrico para las fotografías requiere de equipos de cómputo, programas computacionales y personal especializado.</p> <p>Cuando se dispone de imágenes de sensores remotos capturadas en épocas de lluvia se dificulta la interpretación del límite glaciario y con ello aumenta el error de cálculo.</p>
<b>Facilidad de obtención</b>	<p><input type="checkbox"/> Fácil</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Regular</p> <p><input type="checkbox"/> Difícil</p> <p>¿Por qué?: <u>La disponibilidad de información no siempre es la adecuada.</u></p>

<b>Responsable del Indicador</b>	
<b>Entidad</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM
<b>Dependencia</b>	Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de suelos y tierras
<b>Nombre del funcionario</b>	Mariai Saralux Valbuena López, Jorge Luis Ceballos Liévano
<b>1 Cargo</b>	Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental Profesional Especializado Grupo Suelos y Tierras
<b>Correo electrónico</b>	ecosistemas@ideam.gov.co, mvalbuena@ideam.gov.co jceballos@ideam.gov.co
<b>Teléfono</b>	57 (1) 3527160 Ext. 1641 y 2121
<b>Dirección</b>	Calle 25 D No. 96B – 70

<b>Ubicación principal para la consulta del Indicador</b>	
<b>Nombre</b>	<p>Ceballos J., Meneses I. 2014. Informe de Actividades Glaciológicas: Sierra nevada de El Cocuy y Volcán Nevado Santa Isabel. Colombia, 2013. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Bogotá D.C.</p> <p>Ceballos J., Real E., Meneses I. 2010. Informe de Actividades Glaciológicas: Sierra nevada de El Cocuy y Volcán Nevado Santa Isabel. Colombia, 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Bogotá D.C.</p> <p>Ceballos J., Real E., Meneses I. 2009. Informe de Actividades Glaciológicas: Sierra nevada de El Cocuy y Volcán Nevado Santa Isabel. Colombia, 2008-2009. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Bogotá D.C.</p> <p>Ceballos J., Tobón E. 2008. Informe de Actividades Glaciológicas: Sierra nevada de El Cocuy y Volcán Nevado Santa Isabel. Colombia, 2006-2007. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Bogotá D.C.</p>
<b>Física</b>	Subdirección de Ecosistemas e información ambiental.

<b>URL</b>	<a href="http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&amp;lTipo=publicaciones&amp;lFuncion=loadContenidoPublicacion&amp;id=1734">http://institucional.ideam.gov.co/jsp/loader.jsf?lServicio=Publicaciones&amp;lTipo=publicaciones&amp;lFuncion=loadContenidoPublicacion&amp;id=1734</a> <a href="http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/022428/022428.htm">http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/Bvirtual/022428/022428.htm</a> <a href="http://institucional.ideam.gov.co/jsp/consulte-los-indicadores-ambientales_577">http://institucional.ideam.gov.co/jsp/consulte-los-indicadores-ambientales_577</a>
------------	---

<b>Fuente de las Variables</b>																			
<b>V1</b>	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 20%;"><b>Nombre de la variable</b></td> <td><math>SGI_{1n}</math> Es la superficie del glaciar 1 calculada para el momento n de tiempo.</td> </tr> <tr> <td><b>Tipo</b></td> <td> <p><b>Registro primario de información</b></p> <input type="checkbox"/> Censo  <input type="checkbox"/> Muestra  <input type="checkbox"/> Registro administrativo  <input checked="" type="checkbox"/> Teledetección  <input type="checkbox"/> Estación de monitoreo  <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____</td> </tr> <tr> <td><b>Frecuencia de medición</b></td> <td> <p><b>Registro secundario de información</b></p> <input type="checkbox"/> Estimaciones directas  <input type="checkbox"/> Estimaciones indirectas  <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____</td> </tr> <tr> <td></td> <td> <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>Irregular</u> </td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Ubicación para consulta</b></td> </tr> <tr> <td><b>Nombre</b></td> <td>Cambio de área glaciar.</td> </tr> <tr> <td><b>Física</b></td> <td>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Calle 25 D No. 96B – 70.</td> </tr> <tr> <td><b>URL</b></td> <td>No disponible</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;"><b>Responsable</b></td> </tr> </table>	<b>Nombre de la variable</b>	$SGI_{1n}$ Es la superficie del glaciar 1 calculada para el momento n de tiempo.	<b>Tipo</b>	<p><b>Registro primario de información</b></p> <input type="checkbox"/> Censo <input type="checkbox"/> Muestra <input type="checkbox"/> Registro administrativo <input checked="" type="checkbox"/> Teledetección <input type="checkbox"/> Estación de monitoreo <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____	<b>Frecuencia de medición</b>	<p><b>Registro secundario de información</b></p> <input type="checkbox"/> Estimaciones directas <input type="checkbox"/> Estimaciones indirectas <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____		<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>Irregular</u>	<b>Ubicación para consulta</b>		<b>Nombre</b>	Cambio de área glaciar.	<b>Física</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Calle 25 D No. 96B – 70.	<b>URL</b>	No disponible	<b>Responsable</b>	
<b>Nombre de la variable</b>	$SGI_{1n}$ Es la superficie del glaciar 1 calculada para el momento n de tiempo.																		
<b>Tipo</b>	<p><b>Registro primario de información</b></p> <input type="checkbox"/> Censo <input type="checkbox"/> Muestra <input type="checkbox"/> Registro administrativo <input checked="" type="checkbox"/> Teledetección <input type="checkbox"/> Estación de monitoreo <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____																		
<b>Frecuencia de medición</b>	<p><b>Registro secundario de información</b></p> <input type="checkbox"/> Estimaciones directas <input type="checkbox"/> Estimaciones indirectas <input type="checkbox"/> Otro, cual: _____																		
	<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>Irregular</u>																		
<b>Ubicación para consulta</b>																			
<b>Nombre</b>	Cambio de área glaciar.																		
<b>Física</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Calle 25 D No. 96B – 70.																		
<b>URL</b>	No disponible																		
<b>Responsable</b>																			

<b>Entidad</b>	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM.
<b>Dependencia</b>	Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de suelos y tierras
<b>Nombre del funcionario</b>	Jorge Luis Ceballos Liévano
<b>Cargo</b>	Profesional Especializado Grupo Suelos y Tierras
<b>Correo electrónico</b>	jceballos@ideam.gov.co
<b>Teléfono</b>	57 (1) 3527160 Ext. 2121
<b>Dirección</b>	Calle 25 D No. 96B – 70

**Observaciones Generales**

La información sobre superficie glaciar de 1850 se calculó utilizando métodos de reconstrucción de paleoclima (mediante el método de depósitos morrénicos).

**Bibliografía**

Ceballos J., Meneses I. 2014. Informe de Actividades Glaciológicas: Sierra nevada de El Cocuy y Volcán Nevado Santa Isabel. Colombia, 2013. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Bogotá D.C.

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.

Ceballos J., Real E., Meneses I. 2010. Informe de Actividades Glaciológicas: Sierra nevada de El Cocuy y Volcán Nevado Santa Isabel. Colombia, 2010. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Bogotá D.C.

Ceballos J., Real E., Meneses I. 2009. Informe de Actividades Glaciológicas: Sierra nevada de El Cocuy y Volcán Nevado Santa Isabel. Colombia, 2008-2009. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Bogotá D.C.

Ceballos J., Tobón E. 2008. Informe de Actividades Glaciológicas: Sierra nevada de El Cocuy y Volcán Nevado Santa

Isabel. Colombia, 2006-2007. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM. Subdirección de ecosistemas e Información Ambiental. Bogotá D.C.

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

Kaser G., Fountain A., Jansson P. 2003. A manual for monitoring the mass balance of mountain glaciers. Technical Documents in Hydrology N° 59. UNESCO. Paris.

Frank P. 2000. Evaluation of different methods for glacier mapping using Landsat TM. University of Zurich. Switzerland.

**Información sobre la Hoja Metodológica**

Fecha	Versión	Datos del autor o de quien ajustó la hoja metodológica	Descripción de los ajustes
04/06/2014	1,00	<p><b>Nombre funcionario:</b> Jorge Luis Ceballos Liévano, Edgard Leonardo Real Núñez</p> <p><b>Cargo:</b> Profesional especializado, Contratista</p> <p><b>Dependencia:</b> Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental. Grupo de suelos y tierras.</p> <p><b>Entidad:</b> Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM</p> <p><b>Correo electrónico:</b> jceballos@ideam.gov.co, ereal@ideam.gov.co</p> <p><b>Teléfono:</b> 57 (1) 3527160 Ext. 2121</p> <p><b>Dirección:</b> Carrera 10 No. 20-30 Bogotá D.C. Piso 6.</p> <p><b>Cítese como:</b></p> <p>Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2014). Hoja metodológica del indicador Cambio de superficie glaciar (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia. Colombia: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. 8p.</p>	