



**PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA
“BALANCE DE MASA GLACIAR”**

Código: M-GCI-M030

Versión: 01

Fecha: 04/06/2021


Página: 1 de 15



IDEAM

**Instituto de Hidrología,
Meteorología y
Estudios Ambientales**

**PLAN GENERAL
PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA
“BALANCE DE MASA GLACIAR”**

	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 2 de 15

1. IDENTIFICACIÓN Y CONFIRMACIÓN DE NECESIDADES

Nombre de la operación estadística

BALANCE DE MASA GLACIAR (BMG)

Actividades realizadas con los usuarios y grupos de interés para consolidar las necesidades de información estadística:

El IDEAM ha establecido mecanismos e instrumentos de identificación y caracterización. Este reconocimiento y caracterización se realiza principalmente por medio del Grupo de Servicio al Ciudadano, que en un proceso interno selecciona, depura y caracteriza las necesidades provenientes de usuarios externos (PQRS).

Complementariamente realiza una *caracterización de usuarios de información glaciológica*, por medio de la herramienta encuesta. Este documento, que tiene como objetivo identificar y caracterizar los usuarios de la información glaciológica mediante el diligenciamiento de un cuestionario tipo formulario de Google, permite caracterizar y confirmar las necesidades de información.

También se cuenta con el *Directorio de usuarios de información glaciológica*. Este documento consiste en una lista actualizada de usuarios de información glaciológica en el que se identifica la entidad, datos de contacto, sector, temática de interés, necesidades específicas de información, así como una caracterización de estos. Dicho documento se alimenta a partir de información recolectada con la *Encuesta de caracterización de usuarios de información glaciológica*; pero a su vez puede constatar usuarios con necesidades o solicitudes recibidas a través de mecanismos como reuniones, comités de expertos, mesas de trabajo, encuestas o requerimientos de organismos internacionales.


Necesidades internas

La información estadística de la operación puede y ha sido usada en diferentes informes y comunicaciones eventuales de la entidad productora. A continuación, se reseñan los principales productos que presentan necesidades periódicas internas de la información de la operación:

- Estudio Nacional del Agua (ENA)
- Informe del Estado del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (IEARNR)
- Comunicación Nacional de Cambio Climático

Necesidades externas

La Operación Estadística BMG encuentra la principal razón de la necesidad para su desarrollo y viabilidad en el hecho que es de importancia mundial. El IDEAM ha conformado desde el año 2006 una red de monitoreo glaciológico e hidrometeorológico de la alta montaña para comprender su funcionamiento y la relación con el clima. Dos glaciares de estudio se han instrumentado para observarlos directamente en campo: el volcán nevado Santa Isabel (cordillera Central, departamentos de Caldas, Tolima y Risaralda) y la sierra nevada El Cocuy o Güicán (cordillera Oriental, departamentos de Boyacá y Arauca). Gracias a este monitoreo en terreno, que tienen como eje central la operación estadística, el primero de estos glaciares ha sido incluido como un glaciar representativo con información detallada en

 <p>IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 3 de 15

los boletines de cambio glaciar global de la principal red de datos glaciológicos en el planeta y usuario de la información: el Servicio Mundial de Monitoreo Glaciar (WGMS, por sus siglas en inglés) con sede en la Universidad de Zúrich en Suiza. La necesidad de este organismo internacional por los datos generados de la Operación Estadística Balance de Masa Glaciar es anual e ininterrumpida y se identifica mediante una solicitud electrónica denominada “*call for data*”.

El llamado a enviar datos o “*call-for-data*”, es la solicitud oficial del WGMS demandando el envío de datos de los glaciares donde está implementado el Balance de Masa Glaciar; mediante un correo electrónico masivo anual cada fin de año (meses octubre o noviembre), enviado a los 40 corresponsales o representantes nacionales de dicha organización.

Adicionalmente y desde el ámbito nacional, diferentes entidades han presentado necesidades de información glaciológica, directa o indirectamente dada la representatividad de los datos para la comprensión del medio ambiente y el cambio climático. Tal es el caso del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR’s), quienes a su vez también usan información registrada en el Estudio Nacional del Agua (ENA) y en el Informe del Estado del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables (IEARNR).

Vale la pena destacar a la entidad de orden nacional Parques Nacionales Naturales de Colombia, encargada de la administración y manejo del Sistema de Parques Nacionales Naturales y la coordinación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, como otro usuario de información de glaciología; particularmente en los parques dentro de los cuales se están los glaciares estudiados.

Necesidades de información confirmadas con los usuarios


El IDEAM, complementario al proceso de identificación de las necesidades, confirma las mismas teniendo en cuenta la importancia para el país y el fenómeno de estudio. La operación estadística Balance de Masa Glaciar se caracteriza porque varios de los principales usuarios de la información del proceso estadístico son organismos e institutos internacionales o investigadores de reconocido bagaje internacional.

Se retroalimentan opiniones de expertos internacionales y se canalizan mediante mensajes consignados a través de la *Encuesta de caracterización de usuarios de información glaciológica*. De esta manera se establece, implementa, mantiene y actualiza una comunicación con las partes interesadas en la información estadística, mediante el registro no solamente de las solicitudes, sino de las necesidades confirmadas y satisfechas.

Finalmente, se debe tener en cuenta que la ampliación de la explicación y análisis de la fase de identificación y confirmación de necesidades se concentra y describe en el numeral 1 de la *metodología de la operación estadística balance de masa glaciar*.

2. JUSTIFICACIÓN

El IDEAM, como integrante del Sistema Estadístico Nacional (SEN) y entidad productora de información estadística, implementa técnicas de estudio glaciológico como el Balance de Masa Glaciar, que permiten evaluar la dinámica y evolución de los glaciares o nevados nacionales. El Balance de Masa Glaciar es una estadística oficial única en todo

	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 4 de 15

el país y de importancia mundial, representa una cuantificación de cuánta masa gana o pierde un glaciar en determinado periodo de tiempo.

Todos los nevados colombianos son estudiados rutinariamente por métodos indirectos, e igualmente el IDEAM aplica el método directo en campo, con el fin de determinar de manera más exacta y mediante técnicas cuantitativas las pérdidas o ganancias de masa de la criósfera¹ colombiana. En este último sentido, a inicios del presente siglo, el IDEAM adoptó una de las técnicas glaciológicas de mayor uso a nivel mundial en dos zonas glaciares del país (Volcán Nevado Santa Isabel y Sierra Nevada El Cocuy o Güicán): el cálculo del Balance de Masa Glaciar por el método glaciológico directo.

La Operación Estadística Balance de Masa Glaciar encuentra la principal razón de la necesidad para su desarrollo y viabilidad en el hecho de que es de importancia mundial. La necesidad por el estudio de los glaciares en todo el planeta es incuestionable. Los glaciares son uno de los mejores indicadores naturales de cambio climático, ampliamente reconocidos en el mundo por entidades como el Panel Intergubernamental de Cambio Climático de las Naciones Unidas – IPCC, el órgano de las Naciones Unidas encargado de evaluar los conocimientos científicos relativos al cambio climático. La mayor ventaja de los glaciares como objeto de estudio radica en su sensibilidad climática: los cambios en los glaciares y las capas de hielo proporcionan una de las evidencias más claras del cambio climático, y como tal, constituyen variables clave para la identificación de estrategias de observación del clima global.


En el caso de Colombia, el IDEAM tiene esa enorme responsabilidad. A nivel mundial se ha recomendado que los países que posean en su territorio parte de la criósfera terrestre realicen observaciones periódicas, sistemáticas y estandarizadas, para poder relacionar estos cambios con dinámicas observadas en la atmósfera, hidrósfera y biósfera terrestre. Sumado a la importancia que cumplen los glaciares como indicadores de alteraciones en el clima terrestre, hay que añadirle las posibles implicaciones para los grupos sociales que mantienen una relación directa con estos sistemas desde los aspectos socioeconómico y cultural. Los glaciares ecuatoriales, como los ubicados en Colombia, son especialmente sensibles a este proceso, pues aun cuando el proceso de reducción glaciar es mundial, es diferencial según la zona geográfica del planeta. Los glaciares tropicales andinos se consideran especialmente sensibles al actual cambio climático. Según el informe especial *El océano y la criósfera en un clima cambiante* del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático IPCC, se prevé que las regiones donde predominan los glaciares más pequeños -por ejemplo, Europa central, el Cáucaso, Asia septentrional, Escandinavia, los Andes tropicales, México, África oriental e Indonesia- sufrirán la pérdida de más del 80 % de su masa de hielo actual en 2100 en el marco de la trayectoria de concentración representativa (RCP8.5), el modelo más pesimista o la trayectoria con el nivel más elevado de emisiones de gases de efecto invernadero.

3. OBJETIVOS Y ALCANCE

Objetivo general de la operación estadística

Generar estadísticas de la dinámica glaciar en Colombia, mediante el cálculo de balance de masa glaciológico por el método directo para el Volcán Nevado Santa Isabel (sector Conejeras) y la Sierra Nevada El Cocuy (sector Ritacuba

¹ Los componentes del sistema Tierra que están congelados, incluyendo cobertura de nieve, glaciares, casquetes de hielo continental, plataformas de hielo flotantes, icebergs, hielo marino, hielo en lagunas, hielo en ríos, permafrost y suelo congelado estacional (IPCC, 2019).

 <p>IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<p>PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”</p>	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 5 de 15

Blanco), que permita identificar el estado del glaciar conociendo sus pérdidas o ganancias de masa, durante un periodo establecido.

Objetivos específicos

- Obtener información intra-anual del comportamiento de los glaciares representativos.
- Determinar los lineamientos de la recolección de datos glaciológicos en el país.
- Generar información de alta calidad e importancia global.
- Calcular el indicador ambiental Balance de masa glaciar.
- Poner a disposición del público en general la información glaciológica producida.

Alcance temático

La generación de información sobre la dinámica glaciar en Colombia mediante el cálculo de balance de masa glaciológico, específicamente por un corpus teórico y consecuente método denominado “método directo o glaciológico”, desarrollado en el Volcán Nevado Santa Isabel (sector Conejeras) y la Sierra Nevada El Cocuy (sector Ritacuba Blanco), que permita identificar el estado del glaciar conociendo sus pérdidas y ganancias de masa durante un periodo establecido.


4. CONCEPTOS BÁSICOS, VARIABLES, INDICADORES ESTADÍSTICOS Y CLASIFICACIONES

Conceptos básicos

El balance de masa consiste en un cálculo periódico y cuantitativo de las pérdidas y ganancias de masa (hielo y nieve), derivado del monitoreo mensual y/o bimestral en campo que desarrolla el IDEAM en el sector Conejeras (Volcán Nevado Santa Isabel) y en el sector Ritacuba Blanco (Sierra Nevada El Cocuy o Güicán) respectivamente. Representa metafóricamente el estado de salud de un glaciar, pues indica cuánta masa (hielo y nieve) ha perdido o ganado durante un lapso de tiempo determinado. Bajo este cálculo, el glaciar es entendido conceptualmente como un sistema de entradas (+) y salidas (-). Las entradas representan ganancia o acumulación de masa (precipitación sólida); por el contrario, las salidas evidencian pérdida, ablación o derretimiento (fusión, evaporación y sublimación). Mediante mediciones directas sobre la superficie del glaciar en dos momentos diferentes, se estiman las salidas o entradas para el periodo de tiempo transcurrido. Para las entradas se considera únicamente la precipitación sólida (nieve y granizo) la cual, bajo determinadas condiciones ambientales, se acumula sin derretirse y puede transformarse en hielo. Para las salidas del sistema solo se considera la pérdida por fusión glaciar (estado sólido a líquido) y se desprecia las pérdidas por evaporación y sublimación debido a su insignificante contribución en el balance y su difícil medición.

A continuación, la terminología básica que enmarca la temática:

Ablación: conjunto de procesos que reducen la masa de un glaciar. Incluye la transferencia de energía desde la atmósfera mediante procesos de radiación y flujos turbulentos en el aire adyacente a la superficie.

 <p> IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales </p>	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 6 de 15

Acumulación: conjunto de procesos que adicionan masa a un glaciar. Incluye la deposición por escarcha, lluvia helada, precipitación sólida en formas como nieve, vientos de nieve y avalanchas.

Año o Ciclo Hidrológico: ciclo o período de un año dado por la sucesión natural de las estaciones hidrológicas en períodos de precipitación y períodos secos.

Balace de Masa: el cambio de masa de un glaciar (medido como un volumen de agua líquida equivalente), ocurrido durante un periodo de tiempo, normalmente la duración del año hidrológico. Un balance positivo indica acumulación de masa mientras que un balance negativo significa pérdida de masa.

Baliza o Estaca de Ablación: tubo delgado normalmente de plástico y de algunos centímetros de diámetro, enterrado en forma vertical a varios metros de profundidad dentro de la superficie del hielo. Sirve como sensor con el cual se obtienen los datos mediante observaciones y mediciones directamente en campo de los cambios altitudinales de la superficie glaciar.

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.

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.

Línea de equilibrio: El conjunto de puntos en la superficie del glaciar donde el balance de masa es cero en un determinado momento; la línea de equilibrio (Equilibrium-line altitude ELA) separa las zonas de acumulación y ablación.

Método glaciológico directo: método para determinar el balance de masa de forma directa o in-situ, por medio de medidas de acumulación y ablación, generalmente balizas y pozos sobre el glaciar; método directo es un sinónimo.

Nieve: precipitación sólida compuesta de cristales de hielo entrelazados, con espacios ocupados por agua líquida y aire. Convencionalmente se entiende la densidad de la nieve entre 10 y 400 kg m⁻³.


Perforadora de hielo: taladro de vapor de agua caliente que perfora la superficie del hielo y la nieve derritiendo un punto de diámetro definido a través del vapor de agua dispersado desde una punta metálica.

Zona de ablación: la parte del glaciar donde la ablación excede a la acumulación.

Zona de acumulación: la parte del glaciar donde la acumulación excede en magnitud a la ablación.

Variables

Área Relativa por Rango (Area-altitude distribution): La distribución del área de los glaciares en rangos altitudinales (elevación), generalmente presentada como una tabla con valores hipsométricos que indica el área del glaciar dentro de sucesivos intervalos de altitud.

	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 7 de 15

Densidad de la nieve: relación entre la masa del hielo y el volumen que ocupa. Convencionalmente, la línea divisoria entre nieve y neviza está cerca de una densidad de 400 kg m-3. Para Colombia, convencionalmente se asume la densidad de la nieve en la superficie de los glaciares en 400 kg m-3

Densidad del hielo: relación entre la masa del hielo y el volumen que ocupa. Es muy común asumir que la densidad aparente del glaciar es 900 kg m-3. Para Colombia, convencionalmente se asume la densidad del hielo en 900 kg m-3.

Emergencia de la baliza: medida vertical del segmento aflorado por fuera de la superficie del glaciar de una baliza en un punto fijo en el espacio, debido al vector de velocidad de flujo del glaciar en el sentido contrario. Altura de la baliza sobre la superficie.

Espesor del hielo: distancia vertical entre la superficie del glaciar y el lecho rocoso. El espesor del hielo se mide idealmente interpolando mediciones puntuales, realizadas con un equipo de radar de penetración de tierra.

Espesor de la nieve: distancia vertical entre la superficie del glaciar y la superficie del hielo para un punto cualquiera del glaciar, por ejemplo, una baliza o un pozo o calicata.

Rangos altitudinales: secciones o intervalos altitudinales en las que se divide el glaciar y que fluctúan, generalmente, entre 50 y 100 m. Su determinación es importante ya que cada área relativa por rango del glaciar es afectada por el valor medido con la baliza (o del pozo) localizada en el rango en cuestión.

Sección de la baliza: segmento del que se componen las balizas compuestas, lo que permite sustraer tramos de la baliza cuando la ablación es muy alta o por el contrario, agregar un nuevo segmento para así extender el largo total cuando la acumulación de nieve es suficiente como para sepultar una baliza. En Colombia, generalmente cada sección de la baliza tiene una longitud de dos metros y se denomina con un número ascendente (i, ii, iii...) empezando por la sección que se encuentra a mayor profundidad.


Superficie o Área glaciar: extensión en dos dimensiones del glaciar de estudio o parte de este cuando el límite del glaciar se proyecta sobre la superficie de un elipsoide que se aproxima a la superficie de la Tierra o sobre un plano (horizontal) aproximado a ese elipsoide.

Indicador

El indicador ambiental Balance de Masa Glaciar hace parte de la batería de indicadores ambientales del IDEAM, reglamentados por la Resolución 667 de 2016 y a partir del Decreto 1086 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; corresponde a la sumatoria de la acumulación y de la ablación glaciar, en una unidad espacial de referencia en el tiempo. Ese cambio de masa se ve representado en un volumen equivalente de agua ocurrido durante un periodo de tiempo definido, determinado normalmente, por la duración de un año hidrológico. Se representa bajo la siguiente ecuación:

$$b = c + a$$

donde *b* es el balance de masa específico, *c* es la acumulación y *a* es la ablación, todos medidos en cualquier punto del glaciar y expresados en volumen equivalente de agua.

	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 8 de 15

Complementariamente otros indicadores estadísticos son producidos durante el proceso de la operación estadística:

Altitud de la Línea de Equilibrio: El conjunto de puntos en la superficie del glaciar donde el balance de masa es cero en un determinado momento; la línea de equilibrio (Equilibrium-line altitude ELA) separa las zonas de acumulación y ablación (Cogley et.al., 2011). Es un indicador usado en el mundo para seguir el impacto del actual cambio climático en los glaciares y como un indicador indirecto de su intensidad. En los glaciares de montaña, la tendencia mundial es que la ELA asciende cada vez más rápido.

Balance de masa glaciar intra-anual: Corresponde al balance de masa calculado dentro del año hidrológico. Ya que se realizan varias mediciones intra-anales es posible determinar el comportamiento del glaciar en diferentes temporadas climáticas (lluvia o seca) dentro de un año.

Balance de masa glaciar acumulado: Corresponde a la sumatoria algebraica de los balances anuales. De esta forma se tiene las pérdidas o ganancias de masa glaciar total multianual.

Gradiente del balance de masa glaciar: Es una estadística para conocer cuánto varía el balance de masa en relación con la altitud. Es una regresión lineal que utiliza los datos del balance de masa de cada punto de medición o baliza su altitud. Se relaciona directamente con la ELA.

Nieve acumulada: Durante las campañas de campo se toman datos de la nieve acumulada sobre la superficie glaciar en cada punto o baliza como una de las fuentes para calcular el balance de masa. Usando independientemente estos datos es posible calcular estadísticas intra-anales o anuales de cómo se comporta esta variable.


Clasificaciones y nomenclaturas

Esta operación estadística no tiene comparación en nuestro territorio. Por esta razón, se basa en estándares internacionales. Se aplica y usa la clasificación estandarizada en el sistema métrico y la metodología de 'Balance de masa glaciar', reconocida en el ámbito mundial y aplicada con éxito en los Andes la cual está detallada en el documento “*Métodos de observación de glaciares en los Andes Tropicales, mediciones de terreno y procesamiento de datos*” de los autores Bernard Francou y Bernard Pouyaud. La relación bibliográfica antes referida se puede encontrar en la *metodología de la operación estadística balance de masa glaciar*. Ahora bien, las clasificaciones y nomenclaturas referidas son aceptadas y usadas por el WGMS, las cuales están disponibles en: <https://wgms.ch/>

Específicamente, el WGMS dispone de una clasificación y nomenclatura internacional, la cual utiliza la operación estadística. Estas se encuentran disponibles en el documento ‘*General Guidelines for Data Submission and Notes on the Completion of Data Sheets*’ disponible en https://wgms.ch/downloads/WGMS_AttributeDescription.pdf

Bajo esta clasificación y nomenclatura estandarizada internacional, los glaciares de estudio tienen las siguientes características [descripción del campo]:

1. POLITICAL UNIT [alphabetic code; 2 digits]
2. GLACIER NAME [alpha-numeric code; up to 60 digits]
3. WGMS ID [numeric code; 5 digits]
4. GEOGRAPHICAL LOCATION (GENERAL) [alpha-numeric code; up to 30 digits]
5. GEOGRAPHICAL LOCATION (SPECIFIC) [alpha-numeric code; up to 30 digits]
6. LATITUDE [decimal degree North or South; up to 6 digits]

 <p>IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	<p>PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”</p>	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 9 de 15

7. LONGITUDE [decimal degree East or West; up to 7 digits]
8. CODE [numeric code; 3 digits]
9. EXPOSITION OF ACCUMULATION AREA [cardinal point; up to 2 digits]
10. EXPOSITION OF ABLATION AREA [cardinal point; up to 2 digits]
11. PARENT GLACIER [numeric code; 5 digits]
12. GLACIER REGION [alphabetic code; 3 digits]
13. GLACIER SUBREGION [alpha-numeric code; 6 digits]

Por último, para la cartografía oficial del IDEAM se tienen el sistema geográfico GCS_MAGNA (wkid: 4686) y el sistema de coordenadas planas/proyectadas MAGNA_Colombia_Bogotá (wkid: 3116), el cual cubre todos los glaciares del país. Esto en concordancia con el estándar de adopción del marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS como DATUM oficial de Colombia, según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

5. RESULTADOS ESPERADOS

Se espera la generación de información generalizada sobre la dinámica glaciar en Colombia con base en el cálculo del balance de masa glaciológico para dos sitios de estudio por el método denominado directo o glaciológico y que permite conocer las pérdidas y ganancias de masa durante un periodo establecido.

Durante el proceso de la operación estadística se obtiene resultados complementarios como:


- Mapas del balance de masa entre periodos y anual
- Altitud de la línea de equilibrio entre periodos y anual
- Nieve acumulada entre periodos y anual
- Balance de masa glaciar total multianual
- Gradiente del balance de masa entre periodos y anual
- Informes del estado de los glaciares colombianos

6. EXPLORACIÓN DE FUENTES DE DATOS

Por la naturaleza de los datos producidos en el proceso estadístico y el fenómeno natural estudiado, no existen otras operaciones estadísticas en el SEN y en otra entidad de alcance nacional que produzcan información estadística que satisfaga las necesidades identificadas alrededor de la dinámica de la pérdida o ganancia de masa en los glaciares colombianos.

Desde la operación estadística se realiza un monitoreo glaciar a partir de la estimación del balance de masa glaciar por método glaciológico directo de manera sistemática, es decir datos primarios o de campo. La principal característica de esta operación es que es única en su tipo, por ello la entidad productora (IDEAM) es la única con disponibilidad de datos con este alcance temático. En vista de la exclusividad y carácter único y especial de los datos producidos, la operación estadística Balance de Masa Glaciar tiene varias características que permiten concluir lo siguiente:

- a) Reconociendo la inexistencia actual de datos oficiales de otras fuentes en el país, el IDEAM está comprometido con la calidad de la producción del registro al ser la única fuente oficial de datos.

	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 10 de 15

- b) Es el único registro existente en el país que puede dar respuesta a solicitudes de información provenientes de compromisos internacionales de este tipo. Esta comprobación de disponibilidad de datos permite identificar al IDEAM como la fuente idónea de datos para el plan general de la operación estadística.
- c) En el ámbito mundial, la información estadística de balance de masa es calculada en países de todos los continentes y en la mayoría bajo la misma metodología.
- d) Es el único registro que permite responder a necesidades de política pública intersectorial o territorial en dicho tema, por lo tanto, puede ser fuente para algunos de los sistemas de información sectoriales de interés para el país o el territorio en lo referente al estado de los glaciares colombianos.
- e) El indicador ambiental institucional Balance de masa glaciar ha permitido la construcción de esta operación estadística.

7. EXPLORACIÓN METODOLÓGICA

Metodología estadística


Los actuales seis glaciares o nevados del territorio colombiano desde el punto de vista teórico, pueden ser objeto de la operación estadística. No obstante, teniendo en cuenta tanto la experiencia científica de 15 años del IDEAM en el tema de monitoreo glaciar, es necesario seleccionar las áreas de estudio. Esto debido fundamentalmente a la dificultad logística, técnica y económica de realizar mediciones directas sobre todos los glaciares del país. El IDEAM atiende criterios científicos, técnicos y logísticos de desagregación y cobertura geográfica del universo de estudio. Se define por tanto una red de medición para dos sitios de observación que permiten lograr los objetivos de la operación estadística, seleccionando las muestras a partir de los siguientes criterios:

- Representatividad del glaciar
- Tamaño del glaciar
- Morfología de la cuenca
- Estado del frente glaciar e hidrología
- Viabilidad, accesibilidad y seguridad.

Teniendo en cuenta los criterios se seleccionan muestras de la población por conveniencia técnico-científica en la cual cada muestra tiene su propio comportamiento sin que ello afecte la representatividad respecto al universo de estudio. La selección de la muestra se hace teniendo en cuenta lo arriba descrito teniendo en cuenta que el fenómeno no puede ser medido en todos los puntos del espacio en intervalos de tiempo de forma altamente regular, entonces, se define unos lugares que guardan coherencia con el objetivo de la operación estadística. Se definen las dos unidades estadísticas de observación y análisis reseñadas anteriormente, a saber:

- El volcán nevado Santa Isabel (sector Conejeras)
- La sierra nevada El Cocuy o Güicán (sector Ritacuba Blanco).

En razón a lo expuesto, ésta operación estadística se cataloga como un muestreo No Probabilístico por Conveniencia, en donde se seleccionan muestras de la población por conveniencia técnico-científica en la cual cada muestra tiene su propio comportamiento sin que necesariamente represente al universo de estudio, pero sí refleja una generalidad de una realidad ambiental nacional. Estos dos lugares geográficos tienen las condiciones básicas para practicar la estadística: Son dinámicos, responden a las condiciones climáticas locales y regionales, delimitables, seguros para transitar sobre su superficie, vías de acceso adecuadas y contexto social estable.

	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 11 de 15

En cuanto a la periodicidad definida por la metodología aquí reseñada, se prevé visitas de campo mensuales para el volcán nevado Santa Isabel y bimestrales para la sierra nevada El Cocuy o Güicán. Esta periodicidad en las observaciones en terreno se debe principalmente a la posición ecuatorial de los glaciares colombianos, que implica un comportamiento climático estacional diferente a los regímenes climáticos de altas latitudes, marcados por una estacionalidad más astronómica. Así mismo, la diferenciación entre las mediciones mensuales o bimestrales, responde básicamente a características propias de cada glaciar objeto de estudio en lo relativo a la altitud y el tamaño. Por un lado, el volcán nevado Santa Isabel (altitud máxima 4968m. aprox) es el de menor altitud y el más pequeño de los glaciares colombianos; esta condición hace que sea muy dinámico y tenga una variabilidad muy alta entre meses. Por otro lado, la sierra nevada El Cocuy o Güicán (altitud máxima 5330m. aprox) es el complejo glaciar más grande del país, lo cual lo hace relativamente más estable.

Metodología técnica

El método glaciológico, también conocido como directo, es el más común en todo el mundo para medir el cambio de masa de un glaciar. Además, se considera el método más preciso y económico hasta la fecha y proporciona la información más detallada sobre la variación espacial de las magnitudes del balance de masa. Se basa en la implementación de una red de instrumentos (balizas o estacas) distribuidos sobre la superficie glaciar que actúan como referencia para la toma de medidas lineales métricas del cambio de su superficie. Complementariamente, se puede lograr mayor precisión, pero se basa en mediciones de campo repetidas, que deben llevarse a cabo bajo condiciones ambientales en ocasiones desafiantes, por lo que puede implicar una tasa de recolección de datos no rutinaria en términos de lapsos de tiempo.

Para su aplicación, la metodología definida requiere de la visita periódica a los glaciares, pues la implementación y mantenimiento de la red de instrumentos de medición, así como la recolección de los datos dependen de ello.

Los aspectos técnicos, tecnológicos e informáticos requeridos para la recolección, el procesamiento, el análisis y la difusión consisten de manera general en:


- Equipos especializados para monitoreo glaciar en campo (Perforadora de hielo, GPS, sonda de nieve, cámara fotográfica).
- Vestimenta apropiada para trabajos en altitud.
- Programas computacionales para procesamiento, análisis y almacenamiento (Microsoft Office, ArcGIS, Pix4D).
- Suministro y mantenimiento de equipos de cómputo.

8. DIAGNÓSTICO DEL MARCO ESTADÍSTICO

El marco estadístico planificado es el siguiente:

Tipo de operación estadística: Muestreo No Probabilístico

Universo de estudio: La masa glaciar de la totalidad de los glaciares en el territorio colombiano.

 <p>IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 12 de 15

Población objetivo: La masa glaciar de la Sierra nevada El Cocuy o Güicán (6° 30'N; 72° 15'W; 5380m.) y el Volcán nevado Santa Isabel (4° 48'N; 75° 22'W; 4968 m.).

Unidades estadísticas: La masa glaciar medida en el Volcán Nevado Santa Isabel (sector Conejeras) y Sierra Nevada El Cocuy (sector Ritacuba Blanco) en el territorio colombiano. Desde 2006 y 2009 respectivamente, se han realizado sistemática y periódicamente observaciones a estas unidades; que con base en una red de instrumentos sobre y alrededor de las superficies glaciares seleccionados han arrojado datos que permiten una mejor comprensión del actual estado de la criósfera colombiana, así como de la dinámica de la baja tropósfera.

Fuentes: La fuente de información es primaria y única, corresponde con los datos capturados en los puntos de observación sobre la superficie de los glaciares objeto de estudio directo por parte del IDEAM.

Tamaño de la muestra: Dos (2) unidades de observación. Es viable incluir más o cambiar las unidades de observación en el proceso. Las unidades o glaciares seleccionados son el volcán nevado Santa Isabel (sector Conejeras, Parque Nacional Natural Los Nevados) y la sierra nevada El Cocuy o Güicán (sector Ritacuba Blanco, Parque Nacional Natural El Cocuy). El cálculo de la selección de la muestra obedece principalmente a la característica principal del diseño muestral: es imposible, por factores presupuestales, humanos y logísticos, visitar en campo los seis glaciares del país. Por ende, se selecciona la muestra a partir de criterios técnico-científicos de representatividad y accesibilidad.


Mantenimiento de la muestra: La muestra se mantendrá en el tiempo y en el espacio, y su variación estará sujeta a la inclusión de una nueva unidad de observación, o al impedimento de seguir monitoreando el volcán nevado Santa Isabel (sector Conejeras) ó la sierra nevada El Cocuy o Güicán (sector Ritacuba Blanco) por el no cumplimiento de los criterios anteriormente expuestos.

Cobertura geográfica: La operación estadística cubre el estudio del Volcán Nevado Santa Isabel (sector Conejeras) y Sierra Nevada El Cocuy (sector Ritacuba Blanco), por lo cual la cobertura es de carácter regional sobre el territorio colombiano.

Periodo de referencia: La operación estadística hace referencia a la generación de información de balance de masa durante un periodo establecido por el IDEAM, normalmente un año hidrológico. Para los estudios de glaciología en Colombia, se considera un año hidrológico a un ciclo estacional completo del comportamiento del clima de la región donde está el glaciar, esto es, inicio de un periodo húmedo o seco y finaliza al año siguiente en el mismo periodo húmedo y seco. Por esta razón el criterio de inicio y finalización de un periodo de medición no está estrictamente determinado por el calendario gregoriano. Históricamente, la duración del año hidrológico ha tenido gran variabilidad en los sitios de estudio. A continuación, se detallan estas fechas para los dos glaciares objeto de estudio:

Volcán nevado Santa Isabel (sector Conejeras):

- 2006: inicia el 03/03/2006 y finaliza el 31/12/2006
- 2007: inicia el 26/01/2007 y finaliza el 31/12/2007
- 2008: inicia el 26/01/2008 y finaliza el 31/12/2008
- 2009: inicia el 10/02/2009 y finaliza el 31/12/2009
- 2010: inicia el 12/01/2010 y finaliza el 31/12/2010
- 2011: inicia el 18/01/2011 y finaliza el 31/12/2011
- 2012: inicia el 04/01/2012 y finaliza el 31/12/2012
- 2013: inicia el 19/01/2013 y finaliza el 31/12/2013

 <p>IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales</p>	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA “BALANCE DE MASA GLACIAR”	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 13 de 15

- 2014: inicia el 22/01/2014 y finaliza el 31/12/2014
- 2015: inicia el 03/02/2015 y finaliza el 31/12/2015
- 2016: inicia el 03/01/2016 y finaliza el 31/12/2016
- 2017: inicia el 21/01/2017 y finaliza el 31/01/2018
- 2018: inicia el 31/01/2018 y finaliza el 12/02/2019
- 2019: inicia el 12/02/2019 y finaliza el 28/01/2020
- 2020: inicia el 28/01/2020 y finaliza el 26/02/2021

Sierra nevada El Cocuy o Güicán (sector Ritacuba Blanco):


- 2009: inicia el 01/01/2009 y finaliza el 31/12/2009
- 2010: inicia el 24/03/2010 y finaliza el 31/12/2010
- 2011: inicia el 17/02/2011 y finaliza el 31/12/2011
- 2012: inicia el 15/03/2012 y finaliza el 31/12/2012
- 2013: inicia el 14/01/2013 y finaliza el 17/02/2014
- 2014: inicia el 17/02/2014 y finaliza el 02/03/2015
- 2015: inicia el 02/03/2015 y finaliza el 23/02/2016
- 2016: inicia el 23/02/2016 y finaliza el 13/02/2017
- 2017: inicia el 13/02/2017 y finaliza el 14/02/2018
- 2018: inicia el 14/02/2018 y finaliza el 23/02/2019
- 2019: inicia el 23/02/2019 y finaliza el 02/12/2019

Periodicidad de recolección: De acuerdo con la secuencia bimodal que caracteriza la región natural andina colombiana, donde están los glaciares monitoreados y de acuerdo con la experiencia adquirida que tiene en cuenta esa condición natural, más la administrativa de las instituciones gubernamentales, se ha definido el ciclo hidrológico desde inicios de febrero a inicios de febrero del año siguiente. Este periodo coincide con el fin de una temporada seca (enero-febrero) e institucionalmente están disponibles los recursos humanos y presupuestales (contratación, fin de temporada vacacional y transferencias presupuestales desde el gobierno central).

El calendario estimado de recolección consiste en una visita mensual al sitio de estudio sector glaciar Santa Isabel (sector Conejeras) y una visita bimestral al sitio de estudio sierra nevada El Cocuy (sector Ritacuba Blanco); consistente en 12 y 6 visitas al año respectivamente. Por circunstancias de tiempo meteorológico, logístico, presupuestal o de fuerza mayor, la periodicidad corresponderá a una visita a cada sitio por cada periodo seco o de lluvias de la región Andina, es decir 2 campañas de campo en temporada seca para cada sitio y 2 campañas de campo en temporada húmeda para cada sitio de acuerdo con el comportamiento bimodal de esta región natural.


9. PLAN DE ACTIVIDADES Y CRONOGRAMA

Como parte integral del plan general se establece un plan de actividades por fases para el desarrollo de la operación estadística con su respectivo cronograma, el cual se encuentra como anexo y parte de los documentos de la operación estadística Balance de Masa Glaciar. Este se documenta en el formato *Plan de actividades, cronograma y presupuesto para la operación estadística balance de masa glaciar*.

	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA "BALANCE DE MASA GLACIAR"	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 14 de 15

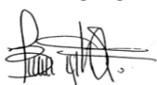

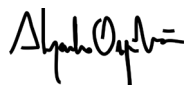
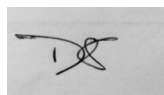

10. PRESUPUESTO

El presupuesto general de las fases de la operación estadística Balance de Masa Glaciar se contempla en el formato *Plan de actividades, cronograma y presupuesto para la operación estadística balance de masa glaciar*, el cual hace parte integral del presente documento.

	PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA "BALANCE DE MASA GLACIAR"	Código: M-GCI-M030
		Versión: 01
		Fecha: 04/06/2021
		Página: 15 de 15

RELACIÓN DE AUTORES Y VERSIÓN DEL PLAN GENERAL

RELACIÓN DE AUTORES, VERSIÓN Y CONTROL DE CAMBIOS DEL PLAN GENERAL PARA LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA BALANCE DE MASA GLACIAR			
Fecha	Versión	Datos del autor o de quien ajustó la guía	Descripción de los ajustes
04/06/2021	1.0	<p>Jorge Luis Ceballos Liévano Profesional Especializado Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental iceballos@ideam.gov.co</p> <p>Leslie Briyith Sacristán Vega Contratista Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental lsacristan@ideam.gov.co</p> <p>José Alejandro Ospina Niño Consultor Programa Páramos y Bosques Chemonics - IDEAM jaospina@ideam.gov.co</p> <p>Cítese como: Ceballos J. L., Sacristán L.B., Ospina J.A (2021). Plan general para la operación estadística "Balance de masa glaciar" (Versión 1,0). Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. 15 pág.</p>	Creación del documento

<p>ELABORÓ:</p>  <p>Leslie Briyith Sacristán Vega Contratista</p>  <p>Jorge Luis Ceballos Liévano Profesional Especializado</p>  <p>Jose Alejandro Ospina Niño Contratista</p>	<p>REVISÓ:</p>  <p>Jhonatan Danilo Uasapud García Coordinador Grupo de Monitoreo de Alta Montaña</p>	<p>APROBÓ:</p>  <p>Ana Celia Salinas Martin Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental</p>
---	---	--