

 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	MANUAL - REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA DE LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA BALANCE DE MASA GLACIAR	Código: M-GCI-E-M028
		Versión: 01
		Fecha: 25/05/2021
		Página: 1 de 7

INTRODUCCIÓN

El IDEAM, dentro de su función específica de “Realizar el levantamiento y manejo de la información científica y técnica sobre los ecosistemas que forman parte del patrimonio ambiental del país”, incluye la recopilación, análisis y divulgación de información sobre la dinámica de los glaciares del país como un sistema natural único con tendencia a su reducción espacial y ser indicador natural del actual cambio climático que experimenta el planeta. Esta tarea se desarrolla en la Subdirección de Ecosistemas e Información Ambiental, Grupo de Monitoreo de Ecosistemas de Alta Montaña. En particular, para determinar el estado y tendencia de un glaciar, se utiliza en el ámbito mundial y desde hace varias décadas el cálculo matemático de los balances de masas, es decir, el cuantificar en periodos de tiempo sucesivos, las entradas y salidas de materia y energía en el sistema glaciar, o lo que es lo mismo, cuantificar las pérdidas y ganancias de masa, entendiéndose masa glaciar como los diferentes estados del agua sólida que conforman un glaciar como lo son básicamente, la nieve, la neviza y el hielo. El balance de masa glaciar representa su *estado de salud* e indica indirectamente la evolución de la dinámica de la baja atmósfera.

En el mundo, alrededor de 163 glaciares en más de 40 países son objeto del cálculo periódico de balances de masa por diferentes métodos (World Glacier Monitoring Service, [WGMS], 2020), entre los cuales el más reconocido y utilizado es el balance de masa por el método directo, es decir la captura de datos directamente en terreno mediante instrumentos físicos instalados sobre la superficie del hielo conocidos como estacas o balizas que cumplen la función de servir de referencia de medida lineal del cambio espacial vertical de la superficie de un glaciar. Haciendo un símil de una baliza, se puede comparar con la función que cumple un limnómetro en una corriente de agua líquida.

En Colombia, por su diversidad climática local, topografía y accesos, se han seleccionado dos sitios para su cálculo: glaciar Santa Isabel (sector Conejeras, +4.80°, -72.36°, 4956m) y la Sierra Nevada El Cocuy (sector Ritacuba Blanco, +6.48°, -72.30°, 5330m) los cuales se iniciaron mediciones por el método directo desde 2006 para el primer caso y desde 2008 para el segundo. Los resultados de los balances de masa han sido divulgados en el ámbito nacional, principalmente en la página web institucional (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [Ideam], 2020), publicaciones científicas y en el ámbito internacional de manera anual en la base de datos del WGMS desde el año 2009 (WGMS, 2020). Las bases de datos de balance de masa glaciar también pueden ser consultadas en periodos de tiempo intraanual ya que las campañas de campo se llevan a cabo regularmente de forma mensual para el primer caso y bimestralmente para el segundo.

Con el fin de certificar el cumplimiento de las buenas prácticas en la operación estadística “Balance de masa glaciar”, el IDEAM realiza la identificación de las reglas de consistencia y validación necesarias que especifican los requerimientos desde la toma de dato en terreno y su procesamiento hasta el resultado final de su cálculo.

Este documento tiene el propósito de presentar las reglas de validación y consistencia que aplican para la operación estadística Balance de Masa Glaciar. Además, se tienen en cuenta la calidad de la información y el

 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	MANUAL - REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA DE LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA BALANCE DE MASA GLACIAR	Código: M-GCI-E-M028
		Versión: 01
		Fecha: 25/05/2021
		Página: 2 de 7

cumplimiento de los criterios de validación para depurar y mejorar la calidad de los datos finales que llegan al público objetivo.

1. OBJETIVO

Construir las reglas de validación y consistencia de los datos en la operación estadística Balance de masa glaciar, que permitan aumentar la confiabilidad y validez de los resultados de dicha operación estadística.

Objetivos específicos

- Identificar las reglas de validación previas al análisis estadístico final de los datos de la operación estadística Balance de masa glaciar, de acuerdo con las diferentes etapas o pasos de su cálculo final.
- Identificar los datos inconsistentes durante el análisis estadístico inicial de los datos primarios y procesados.
- Aumentar la confiabilidad de los datos estadísticos resultantes de la validación y detección de consistencia en el producto de difusión de la operación estadística Balance de masa glaciar.

2. ALCANCE

En el presente documento se describen las reglas de validación y consistencia que aplica el IDEAM durante el proceso de recolección, procesamiento y cálculo de la operación estadística Balance de Masa Glaciar.

3. MARCO CONCEPTUAL

Para estimar el balance de masa total de un glaciar, los datos de campo representan puntos específicos y provienen de la red de balizas. Al balance de masa calculado para cada baliza o punto se le denomina balance de masa específico el cual es una medición discreta y suele simbolizarse con letra minúscula en la siguiente ecuación:

$$1. \quad b = c + a$$

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 (Rivera et.al, 2016). En segundo lugar, el balance de masa es una medición en un punto del glaciar entre dos periodos de medición db/dt , por lo cual la ecuación básica teniendo en cuenta esta cualidad es:

$$db/dt = \rho dh/dt$$

 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	MANUAL - REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA DE LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA BALANCE DE MASA GLACIAR	Código: M-GCI-E-M028
		Versión: 01
		Fecha: 25/05/2021
		Página: 3 de 7

Donde ρ es la densidad del hielo de espesor h , que varía según el tiempo t . Lo anterior asumiendo un cambio de la masa de hielo con densidad constante (Francou, 2004). No obstante, si se tiene en cuenta que, como se ha predefinido en la identificación de conceptos, en ese punto específico del glaciar se miden longitudes de materiales con diferentes densidades como la del hielo y la nieve, se tiene que el balance en un punto del glaciar entre dos periodos de medición es:

$$b_i = \rho_0 \Delta h + (\rho_2 h_2 - \rho_1 h_1)$$

Donde b_i corresponde al balance de masa en el sitio i , ρ_0 es la densidad del hielo y Δh su cambio de espesor. El primer término de la ecuación representa por tanto el balance del hielo. La segunda parte de la ecuación representa el balance o la diferencia del material poroso (nieve o neviza) ρ_2 y ρ_1 en función del tiempo (Francou, 2004).

Dato primario

El dato primario, considerado aquí como el dato numérico que el investigador obtiene en terreno a partir de la red de balizas de ablación y acumulación glaciar y corresponde a una medida en el sistema métrico cuyos pasos para obtener un dato válido se especifican en el *Instructivo para la recolección de datos primarios del balance de masa glaciar* y el *Formato para la recolección de datos e información de campo del balance de masa glaciar*.

Dato procesado

El dato procesado en la operación estadística Balance de masa glaciar es aquel que resulta de la preparación del dato primario, introducción en un sistema digital, procesamiento matemático en un programa computacional o aplicativo informático, salida o representación numérica o gráfica y su almacenamiento y salvaguarda física o digital. El procesamiento de datos se especifica en la *Guía para el procesamiento de datos para el cálculo del balance de masa glaciar*.

Dato atípico

Corresponde a un dato que es considerablemente diferente a los otros datos de la muestra. Los valores atípicos en un conjunto de datos pueden alertar a los estadísticos sobre las anomalías experimentales o los errores en las mediciones tomadas, y debido a esto pueden ser descartados del conjunto de datos. Si los valores atípicos del conjunto se ignoran, puede haber cambios importantes en las conclusiones obtenidas del estudio.

 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	MANUAL - REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA DE LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA BALANCE DE MASA GLACIAR	Código: M-GCI-E-M028
		Versión: 01
		Fecha: 25/05/2021
		Página: 4 de 7

Dato inconsistente

Para la operación estadística Balance de masa glaciar, el dato inconsistente es aquel que, durante el proceso de preparación del dato primario, introducción, procesamiento, salida o almacenamiento, se deban hacer copias y en su consulta en diferentes partes del proceso matemático, se presentan diferencias cuantitativas de los datos.

4. DESARROLLO

REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA DE DATOS DE LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA BALANCE DE MASA GLACIAR

El proceso de validación y consistencia permite a los profesionales encargados de la operación estadística Balance de masa glaciar, garantizar que los resultados generen confianza en los usuarios y se conviertan en instrumento de toma de decisiones para los responsables de la gestión ambiental en el país. Para esta operación estadística se establecieron reglas de validación e inconsistencias conforme las características de las variables a determinar. A continuación, se presentan las reglas de toma de decisiones en la validación de los datos.

a) Datos atípicos primarios

En estadística un valor atípico corresponde a un dato que es considerablemente diferente a los otros datos de la muestra. Con frecuencia, los valores atípicos en un conjunto de datos pueden alertar anomalías experimentales o los errores en las mediciones tomadas, y debido a esto pueden ser descartados del conjunto de datos. Para identificar posibles datos atípicos en la serie de datos de una campaña de campo se realizan los siguientes pasos:

1. En cada sitio de medición, es decir, en cada baliza objeto de la medida, se comprueba en el *Formato para la recolección de datos e información de campo del balance de masa glaciar*, si la continuidad de la "Sección de la baliza" corresponde con la lógica del número de la Sección del dato de la medición de la campaña inmediatamente anterior.
2. En la columna "Emergencia" del mismo formato, se realiza la misma verificación de lógica de la secuencia del dato con base en el dato de la medición de la campaña inmediatamente anterior.
3. Esta lógica igualmente se compara con las balizas vecinas del mismo rango altitudinal con las cuales se agrupan. Los datos deben tener similar comportamiento.
4. En la columna "Nieve" del mismo formato, el dato numérico debe comprobarse repitiendo una o dos veces adicionales la medida.

 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	MANUAL - REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA DE LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA BALANCE DE MASA GLACIAR	Código: M-GCI-E-M028
		Versión: 01
		Fecha: 25/05/2021
		Página: 5 de 7

5. En los pasos anteriores No. 2 y 4, se debe verificar que la unidad de medida sea la misma, en este caso el formato requiere que las medidas sean registradas en centímetros.
6. Con base en los pasos anteriores, una vez identificado uno o varios datos atípicos, estos serán objeto nuevamente de verificación en oficina con base tanto en los registros de la campaña de campo inmediatamente anterior como con las fotografías o videos que se deben tomar en cada sitio de medición.

Hay que tener en cuenta que en cuestión de mediciones científicas ambientales en terreno hay situaciones inesperadas que por naturaleza pueden suceder, por lo que algún dato atípico puede ser descartado por error y podría significar una tendencia nueva o un nuevo descubrimiento. Para tales casos, una adecuada y completa capacitación y experticia del tomador de datos de campo facilita la identificación de datos atípicos y su decisión de descarte. Para el caso concreto de mediciones glaciares en campo, puede suceder que eventos climáticos extremos tipo “El Niño” o “La Niña” o extraordinarios como intensas precipitaciones sólidas, temporadas muy secas o caída de ceniza volcánica, generen cambios rápidos en la superficie glaciar entre campañas de campo como derretimientos o acumulaciones excesivas que pueden alterar los datos típicos. En estos casos las estaciones meteorológicas que están instaladas en cercanía de los glaciares de medición, proporcionan datos del comportamiento del clima que en conjunto con el paso número 3, donde se confronta un dato con las balizas vecinas del mismo rango altitudinal e incluso con las balizas de otros rangos, son fuente de información válida para verificar comportamientos climáticos anormales en la región.

Regla: El responsable del subproceso de revisión y validación realiza el paso No. 6 para identificar o verificar la existencia de datos atípicos, faltantes o fuera del rango, aprobando los datos primarios.

b) Dato inconsistente

Las inconsistencias se pueden presentar en los datos procesados y se establecieron las siguientes posibles inconsistencias para la población de datos:

- a) En la preparación de los datos de campo: La introducción del dato de campo manualmente (número de la baliza, número de la sección y el valor de la Emergencia) a los aplicativos digitales o programas computacionales o informáticos, puede generar error de transcripción y duplicidad.
- b) En el procesamiento de datos: La redundancia en el proceso del cálculo del balance de masa puede dar origen a inconsistencia de datos en las siguientes etapas:
 - Cálculo del balance promedio de masa glaciar por rango altitudinal: Datos de balances de masa repetidos por rango altitudinal o repetidos por periodo de medición.
 - Cálculo del balance ponderado de masa glaciar por rango altitudinal: Datos de balances de masa repetidos por rango altitudinal o repetidos por periodo de medición.
 - Cálculo del balance de masa glaciar intra-anual. Datos de balances de masa repetidos por periodo de medición.

 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	MANUAL - REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA DE LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA BALANCE DE MASA GLACIAR	Código: M-GCI-E-M028
		Versión: 01
		Fecha: 25/05/2021
		Página: 6 de 7

Regla: El responsable del subproceso de revisión y validación verifica que la transcripción manual del dato primario al repositorio sea correcta. Inspecciones oculares de los balances por rangos altitudinales y los ponderados, así como cálculos manuales verificarán inconsistencias.

GLOSARIO

Crítica estadística: es un proceso en el que se depura el conjunto de datos durante su recolección y procesamiento, aplicando unas reglas que permitan garantizar que dichos datos estén completos, sean correctos y consistentes (DANE, 2014). Las reglas se aplican para los siguientes tres procesos.

Proceso de validación: define los valores que en forma individual pueden asumir las variables (DANE, 2014).

Proceso de consistencia: establece las relaciones que deberían existir entre unas variables y otras (DANE, 2014).

Operación estadística: Aplicación de un proceso estadístico sobre un objeto de estudio que conduce a la producción de información estadística.

Proceso estadístico: Conjunto sistemático de actividades encaminadas a la producción de estadísticas que comprende, entre otras, la detección de necesidades, el diseño, la recolección, el procesamiento, el análisis y la difusión.

BIBLIOGRAFÍA

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (8 de abril de 2021). *Balance de masa glaciológico: El estado de salud de un glaciar*. <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/balace-de-masa-glaciologico>.

Francou B., (20104) Métodos de observación de glaciares en los Andes tropicales: mediciones de terreno y procesamiento de datos: version-1 : 2004. *Researchgate*. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/282171220_Metodos_de_observacion_de_glaciares_en_los_Andes_tropicales_mediciones_de_terreno_y_procesamiento_de_datos_version-1_2004/stats#fullTextFileContent.

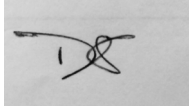
WGMS (2020): Fluctuations of Glaciers Database. World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland. DOI:10.5904/wgms-fog-2020-08. Online access: <http://dx.doi.org/10.5904/wgms-fog-2020-08>

WGMS (2020): Global Glacier Change Bulletin No. 3 (2016-2017). Zemp, M., Gärtner-Roer, I., Nussbaumer, S. U., Bannwart, J., Rastner, P., Paul, F., and Hoelzle, M. (eds.), ISC(WDS)/IUGG(IACS)/UNEP/UNESCO/WMO, World Glacier Monitoring Service, Zurich, Switzerland, 274 pp. Based on database version: doi:10.5904/wgms-fog-2019-12.

 IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales	MANUAL - REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA DE LA OPERACIÓN ESTADÍSTICA BALANCE DE MASA GLACIAR	Código: M-GCI-E-M028
		Versión: 01
		Fecha: 25/05/2021
		Página: 7 de 7

5. HISTORIAL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Descripción
01	25/05/2021	Creación del documento

ELABORÓ:  Jorge Luis Ceballos Liévano Profesional Especializado	REVISÓ:  Jhonatan Danilo Uasapud García Coordinador Grupo de Monitoreo de Alta Montaña	APROBÓ:  Ana Celia Salinas Martín Subdirectora de Ecosistemas e Información Ambiental
---	--	---