

SIMPOSIO

Glaciares y su entorno: estado actual

Organizado como parte de los eventos del Año Internacional de los Glaciares (2025) y el día declarado “Día Mundial de los Glaciares” (21 de marzo) por la UNESCO.

Sede: Instituto de Geofísica, UNAM, CdMex

Comité Organizador: Hugo Delgado Granados, Alejandro Carrillo Chávez, Jorge Cortés, Pablo Lepe, Miguel Rubio, Víctor Soto, Eric Vázquez y Lorenzo Vázquez Selem.

UNAM-Universidad Veracruzana, UNESCO, Academia Mexicana de Ciencias, CICESE, Agencia Mexicana de Estudios Antárticos

Resúmenes de Ponencias (oral y posters)

Avances en la reconstrucción de la cobertura de permafrost en el volcán Cofre de Perote, durante el Último Máximo de Permafrost

Jorge Ángel Arano-Robledo^{*1}, Víctor Soto²

¹Licenciatura en Geografía, Universidad Veracruzana, Mx

²Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Mx

* jorge.aranor@gmail.com

El planeta oscila entre períodos fríos (glaciares) y cálidos (interglaciares) que originan cambios de clima cíclicos, los cuales generan el avance y retroceso de masas de hielo continentales en el hemisferio norte, así como en relieves montañosos de zonas intertropicales; sin embargo, también favorecen el desarrollo de permafrost a una altitud menor que en la actualidad. Al último periodo de máxima extensión se le conoce como Último Máximo de Permafrost (UMP, ~20 mil años AP). Este evento climático influyó en la modelación del relieve en la alta montaña del país, donde cumbres de 3,000 msnm pudieron potencialmente desarrollar permafrost, y por lo tanto, influir en la evolución de la montaña debido a la estabilidad geomorfológica que brinda el permafrost dada su acción cementante. Puesto que el volcán Cofre de Perote presentó su última actividad volcánica hace ~200 mil años AP, es posible interpretar el relieve actual en paralelo con estudios paleoclimáticos para reconstruir la cobertura que alcanzó el permafrost durante el UMP. Actualmente se cuentan con 10 de 12 meses muestreados de la temperatura del suelo y aire a distinta

profundidad y altitud, que en complemento con información climática existente y el ajuste a valores correspondientes al UMP, se pretende construir un modelo geoestadístico correlacionando temperatura y altitud para estimar la extensión y profundidad del permafrost en dicha temporalidad. A partir de esto, se podrá comprender el papel del permafrost en la estabilidad y evolución geomorfológica de las laderas del Cofre de Perote, así como realizar una aproximación a potenciales riesgos geomorfológicos a los que estaría expuesta la población e infraestructura circundante.

Análisis de microplásticos en hielo y agua glaciar: Evaluación de la contaminación en montañas de Perú y Bolivia

Daniela K. Calvo-Ramos^{1*}, Alejandro Carrillo-Chávez¹, Regina Goque², Itzamna Zaknite Flores-Ocampo³, Luisa Rueda-Garzón¹ y Guillermo Ontiveros-González¹.

¹Inst. de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla.

²Universidad del Valle de México, Campus Querétaro.

³Inst. de Geología, UNAM, CU CdMex.

* dcalvo@geociencias.unam.mx

Los microplásticos son partículas con un tamaño menor a 5 mm derivadas de la degradación de plásticos. Debido a la inadecuada gestión de desechos, los microplásticos terminan en cuerpos de agua, suelos y aire, infiltrándose en todos los ecosistemas y penetrando en la cadena trófica. En este estudio, se analizaron los residuos sólidos contenidos en muestras de nieve y agua glaciar de montañas de Perú y Bolivia utilizando las técnicas de microscopía óptica y espectroscopía infrarroja (IR) para identificar la presencia de microplásticos y los polímeros que los constituyen. El análisis espectroscópico reveló la presencia de varios tipos de plásticos incluidos celofán, estireno acrilonitrilo, poliacrilato de etilo, poliacrilonitrilo y etilvinilacetato. Estos hallazgos demuestran la extendida contaminación por microplásticos en regiones montañosas remotas, resaltando la necesidad de medidas de gestión de residuos más efectivas.

Isótopos estables de zinc y su uso como trazadores en el medio ambiente de nieve de alta montaña en México (Iztaccíhuatl y Pico de Orizaba)

Daniela K. Calvo-Ramos¹, Mike Pribil², Rocío García³, Carolina Muñoz-Torres¹ y Alejandro Carrillo-Chávez^{1*}

¹Inst. de Geociencias, UNAM, Campus Juriquilla.

²United States Geological Survey, USGS, Denver, Colorado, EUA

³Inst. de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM, CU, CdMex.

* ambiente@geociencias.unam.mx

Desde hace unos 6,000 años hemos usado metales como Cu, Fe, Zn entre otros. Desde la revolución industrial (1700's) aumentamos considerablemente el uso y cantidad de metales en procesos industriales. Pero en los últimos 40 años el número de metales usados en la tecnología moderna ronda los 68 (un buen ejemplo son nuestros dispositivos móviles). Por otro lado, algunos metales como: Ca, Mg, Fe, Cu, Zn (entre otros) son básicos en procesos metabólicos de plantas, animales, incluso el ser humano. Durante los

últimos años se ha investigado el sistema isotópico de los metales de transición para comprender cuestiones importantes como el rastreo de fuentes y destinos de contaminantes metálicos y el desarrollo de firmas biológicas de isótopos. Los isótopos de Zn y la relación Isotópica entre ^{66}Zn y ^{64}Zn nos sirve como trazador ambiental para determinar el origen de Zn: antropogénico u origen natural. El Zn es uno de los metales más minados y utilizados por el ser humano y tiene una función metabólica enzimática muy importante en organismos superiores, incluyendo al ser humano. En el ser humano y otros organismos, el Zn debe de estar en un balance, es decir, exceso o déficit de Zn en el organismo puede producir mal funcionamiento metabólico. En el centro de México existe un importante desarrollo industrial y es importante cuantificar los isótopos estables de Zn ($\delta^{66}\text{Zn}$) nieve de alta montaña de México con la finalidad de encontrar la concentración y fuente del Zn (ambiental o antropogénica).

Dos décadas de monitoreo de metales pesados en nieve, agua y hielo glaciar en altas montañas de México

Alejandro Carrillo-Chávez¹, Carolina Muñoz Torres¹, Daniela Calvo¹, Luisa Rueda¹, Rocio García²

¹*Inst. Geociencias, UNAM Campus Juriquilla.*

²*Inst. de C. de la Atmósfera y C.C. UNAM, CU.*

* ambiente@geociencias.unam.mx

En las últimas dos décadas, el análisis de la concentración de metales pesados en hielo glaciar, nieve y agua de las altas montañas de México ha proporcionado información fundamental sobre la deposición atmosférica, los efectos del cambio climático y las fuentes de contaminación. Se presenta un análisis de las tendencias en 2 décadas (2006 a 2025) en la acumulación de metales, centrándose en: Zn, Cr, Fe, Ni, Cu, Cd, Pb, y As (metaloide). Se examinan las metodologías de muestreo y análisis, incluidas las extracciones de núcleos de hielo somero. Los resultados indican un aumento de las concentraciones de metales, influidas por las emisiones urbanas e industriales, los incendios forestales, las erupciones volcánicas (Popocatepetl) y el polvo natural. Se exploran las implicaciones para el deshielo de los glaciares, la calidad del agua y la salud de los ecosistemas. Comprender estas tendencias a largo plazo es esencial para desarrollar estrategias de mitigación e informar la política medioambiental. Esta charla subraya la importancia de la vigilancia continua a gran altitud para evaluar los impactos antropogénicos en los frágiles ecosistemas de montaña.

Revisión del área glaciada del volcán Citlaltépetl: implicaciones para la caracterización regional y climática de los Glaciares Mexicanos

*Jorge Cortés Ramos^{*1,4}, Hugo Delgado Granados², Guillermo Ontiveros González³*

¹*SECIHTI-CICESE, Unidad Académica La Paz, La Paz, BCS.*

²*Instituto de Geofísica, UNAM CU, Circuito Exterior, CdMx.*

³*Universidad Veracruzana, Jalapa, Ver.*

⁴*Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior CU, CdMx.*

* jorgeer@cicese.mx

De acuerdo con los registros y mediciones del Prof. José Luis Lorenzo sobre la extensión y morfología de los glaciares existentes en el volcán Citlaltépetl (Pico de Orizaba), en 1958, el sistema de glaciares tenía una extensión de $>9 \text{ km}^2$. Para 2001 y con base en fotogrametría satelital, este sistema medía 0.98 km^2 . Esto significaba una pérdida del 80% del área glaciar en tan sólo 40 años. Dada la magnitud del retroceso, se inició una revisión profunda acerca de este retroceso tan acelerado, considerando que el cambio se dio en uno de los sistemas glaciales más alejado de zonas urbanas, industriales y con poca actividad volcánica. Se encontró que la cartografía del Prof. Lorenzo y sus estimaciones adolecían de un error de proyección que magnificó las dimensiones de este sistema de glaciares de 2.04 a 9.5 km^2 . Resultado de esta revisión se inició un análisis de la caracterización regional y climática de los glaciares Mexicanos. En términos generales, se encontró que este sistema de glaciares evolucionaba de una manera similar a la de los glaciares del Iztaccíhuatl. Estacionalmente, el régimen climático de estos glaciares se limita a dos estaciones el invierno (frío y subhúmedo) y el verano (cálido y húmedo). Durante el invierno el calor latente es el que domina el balance de energía sobre el glaciar, provocando principalmente la sublimación de la superficie glaciar. En veranos lluviosos, el balance de energía es negativo y la presencia de nieve sobre la superficie (dada la altitud) limita la fusión del hielo producto de la radiación neta. Se concluyó que de los regímenes glacial y climático, los glaciares mexicanos son un híbrido de los glaciares tropicales con una respuesta a la temperatura similar a la de los glaciares en latitudes medias; algo próximo a los glaciares subtropicales.

Reconstrucción glaciar de las evidencias del último Máximo Glacial (UMG) en el volcán La Malinche, Tlaxcala-Puebla.

*Juan Carlos De Jesús Rojas^{*1}, José Juan Zamorano Orozco², José María Fernández-Fernández³, David Palacios Estremera³*

¹*Posgrado en Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, Circuito Exterior CU, CdMx.*

²*Instituto de Geografía, UNAM CU, Circuito Exterior, CdMx.*

³*Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.*

* juan.rojas.dejesus@gmail.com.mx

La Malinche es una de las principales elevaciones del Centro de México (4461 msnm), volcán de tipo compuesto producto de una alternancia volcánica entre amplios periodos de inactividad y eventos explosivos-efusivos de gran magnitud, acontecimientos que le han otorgado una configuración específica a dicha estructura (Castro-Govea y Siebe, 2007). Sumado al vulcanismo como configurador del relieve en La Malinche, han sido los procesos glaciares asociados al Último Máximo Glacial (UMG; 20-14 Ka) los responsables del arreglo morfológico de la zona (Vázquez-Selem y Lachniet, 2017). Este evento paleoclimático generó la formación y avance de grandes masas de hielo (glaciares) en terrenos cumbresales, mismos que han dejado evidencia de su paso, a partir de formas erosivas (circos) y acumulativas (depósitos morrénicos),

que sirven como punto de partida para la reconstrucción de los *paleoglaciares*.

A partir de un criterio geomorfológico, con el reconocimiento y cartografía de las evidencias glaciares, se reconstruyeron las máximas extensiones que ocuparon los *paleoglaciares* en la zona, la altura y espesor de sus hielos, así como el cálculo de la Altitud de la Línea de Equilibrio Glaciar (ELA), a partir de la estimación de tres escenarios probables (máximo, medio y mínimo) y con el uso de una herramienta semiautomática aplicada en un SIG, GlaRe y ELA calculation (Pellitero, *et al.*, 2015 y Pellitero, *et al.*, 2016).

Los resultados fueron un área glaciar reconstruida de 17459 km², con una extensión máxima del hielo hasta los 2 960 msnm y un espesor máximo del hielo de 192 m, el cuál llegó a acumular un volumen de agua cercano a los 64 km³, y una ELA promedio de 3672 msnm (De Jesús-Rojas, 2021).

~70 años de monitoreo de glaciares en México

¹ Instituto de Geofísica, UNAM CU, CdMx, México

² Facultad de Ciencias Sociales y Humanidades, UASLP, Alvaro Obregón 64, Centro, SLP, 78000 México.

³ SECIHTI- CICESE Unidad Académica La Paz, Calle Miraflores 334, Col. Bella Vista, La Paz, Baja California Sur, 23050 México.

⁴ Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, México

⁵ Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM, Circuito Exterior CU-UNAM, Coyoacán, Cd. Mex., 04510 México.

*Corresponding author: hdelgado@unam.mx

Esta contribución trata de los trabajos glaciológicos realizados en los últimos ~70 años en las montañas mexicanas. En 1964 se midió el tamaño de 12 glaciares en el volcán Iztaccíhuatl mediante fotografías aéreas, resultando una extensión de 1.4 km². Al momento, sólo existen remanentes estáticos del hielo glaciar que hubo en esta montaña. Aunque gran parte del retroceso glaciar está relacionado con el cambio climático, las observaciones *in situ* sugieren también flujos de calor geotérmicos e hidrotermales en el área del cráter. Los glaciares del Popocatepetl: el área glaciar en 1964 era de 0.72 km² y consistía en 3 glaciares. Antes de 1994, el retroceso glaciar era del orden de ~10,000 m²/año. El 21 de diciembre de 1994 inició un período eruptivo en el volcán caracterizado por explosiones alternadas con fases de construcción-destrucción de domos de lava. El aumento del flujo de calor bajo el hielo glaciar, la caída de tefra sobre su superficie y los flujos piroclásticos que se desplazaron sobre la superficie del glaciar, provocaron un adelgazamiento irregular, retroceso y, en la etapa final, su fragmentación entre 1994 y 2001. En el volcán Citlaltépetl se estableció la existencia de 9 glaciares, que cubrían una superficie de 2.04 km². En 2007 cubrían una superficie de 0.62 km², y para 2019 quedó expuesto el lecho rocoso, más rápido de lo previsto anteriormente. La zona de acumulación del sistema glaciar no existe desde entonces. La exposición del lecho rocoso aumenta la transferencia de energía solar en forma de calor al hielo y la nieve adyacentes, provocando un derretimiento creciente. Al

mismo tiempo, impide el flujo de hielo hacia la zona de ablación, provocando un retroceso acelerado del frente glaciar. La superficie del glaciar en 2019 era de ~0,46 km², y la extensión actual en 2024 es de sólo ~0,37 km².

Estimación de la cobertura de nieve efímera y su equivalente en agua en la Sierra de San Pedro Mártir, Baja California, México

Mariana E. Espinosa-Blas*¹, Napoleón Gudiño Elizondo¹, Alejandro González Ortega², Trent W. Biggs³

¹ Instituto de Investigaciones Oceanológicas, Universidad Autónoma de Baja California

² Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada.

³ San Diego State University

*Autor de correspondencia (elizabeth.espinosa@uabc.edu.mx)

En los últimos años, el incremento de la temperatura ha ocasionado que las capas de nieve (reservorios naturales) a nivel global reduzcan su extensión, así como su dinámica y su permanencia. La nieve efímera corresponde a aquella capa de nieve que permanece en el suelo desde horas hasta dos meses, y proviene de una sola tormenta. El presente trabajo tiene como objetivo estimar la cobertura de nieve efímera en la Sierra de San Pedro Mártir y su equivalente de agua (SWE, por sus siglas en inglés) a partir de datos de libre acceso aplicando técnicas de percepción remota. Para lograrlo, se determinó un umbral óptimo de NDSI (*Normalized Difference Snow Index*) para las condiciones de nieve efímera en la zona, se comparó con las condiciones climáticas (años húmedos, secos y normales) de 20 años y con la topografía local. Los resultados indican que en años húmedos la proporción de nevadas en la sierra suele ser de hasta 20% de la precipitación anual, mientras que en años secos esta proporción suele ser menor del 15%. El umbral óptimo de NDSI suele ser entre 5 y 6 dependiendo del satélite que se utilice. De acuerdo a la topografía local, el potencial SWE está influenciado principalmente por la pendiente y la elevación del terreno. Se utilizaron técnicas de validación cruzada, imágenes de cámaras trampa y escasos datos *in situ*. Este estudio sugiere extender las mediciones en campo para aumentar la robustez de los análisis, así como explorar otras técnicas de menor resolución temporal como Lidar e interferometría SAR o GNSS, e implementar la ciencia ciudadana para documentar las observaciones de las nevadas, con el fin de avanzar en el conocimiento de la dinámica de las capas de nieve efímera y la hidrología en zonas montañosas.

Mapeo de la cobertura glaciar en la Cordillera Blanca mediante el algoritmo de clasificación Random Forest en imágenes Radar.

Junior Figueroa-Miranda*^{1,2}, Edwin Loarte*^{1,2}, Katy Medina*^{1,2}

¹ Centro de Investigación en Ciencias de la Tierra, Ambiente y Tecnología (ESAT), Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), Huaraz, Perú.

² Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM), Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), Huaraz, Perú.

*Autor de correspondencia: jafigueroam@unasam.edu.pe

El Perú alberga a la Cordillera Blanca, siendo esta la que posee la mayor concentración de glaciares tropicales en el mundo. Sin embargo, estos glaciares están experimentando una reducción rápida de su cobertura debido al calentamiento global, lo que representa una amenaza para la seguridad hídrica. Para ello es necesario tener una cartografía adecuada que nos permita monitorear y comprender la evolución de la cobertura glaciar y con ello evaluar los impactos del cambio climático en los ecosistemas de las montañas.

El estudio tuvo como objetivo evaluar a nivel de la eficacia del algoritmo de clasificación Random Forest; para esto se utilizaron imágenes del satélite Sentinel-1 y se mapeó la cobertura glaciar en las tres unidades hidrográficas de la Cordillera Blanca. Los resultados se evaluaron a nivel de la precisión del productor y el índice de Kappa.

Las imágenes satelitales utilizadas comprenden los meses de octubre y noviembre del 2016 y 2020. Antes del proceso de clasificación, se aplicaron correcciones geométricas, radiométricas y de ruido para mejorar la calidad de los datos. Además, se planteó la combinación de tres bandas SAR, en las que se aplicó el algoritmo de clasificación. Los resultados obtenidos en cada escenario fueron validados con los inventarios glaciológicos nacionales (INAIGEM, 2018, 2023). De los escenarios planteados, se obtuvo el mejor resultado en el tercer escenario, siendo los valores del productor de 79.61% e índice de Kappa de 0.78 en 2016 y 75.66% y 0.74 en 2020, respectivamente. Los valores indican una alta confiabilidad del modelo de identificación en la cobertura glaciar, que se obtienen con imágenes radar, lo que lleva a demostrar el potencial que tiene en el inventario glaciológico.

Los resultados demuestran la confiabilidad del mapeo de la cobertura glaciar mediante imágenes SAR y resaltan la utilidad para evaluar el retroceso glaciar en la Cordillera Blanca.

Aspectos geológicos claves en la generación de procesos de drenaje ácido de roca en la zona sur occidental de la cordillera Blanca

Jose Herrera¹, Yeidy Montano¹, Frank Santiago¹, Mirtha Camacho Hernández^{1}*

¹*Instituto Nacional de Investigación en Glaciares y Ecosistemas de Montaña; Huaraz, Perú*

**Autor de correspondencia: mcamacho@inaigem.gob.pe*

La zona sur occidental de la cordillera Blanca, ubicada en los andes centrales de Perú, ha sufrido una significativa pérdida de masa glaciar, favoreciendo la exposición de afloramientos rocosos al contacto con agua y condiciones atmosféricas. El análisis de información secundaria espacial, evaluaciones de campo, así como análisis mineralógicos y geoquímicos en esta área, han permitido constatar que las unidades rocosas correspondientes al grupo Chicama y cuerpos subvolcánicos están enriquecidos con minerales sulfurosos como pirita, esfalerita y bornita. Estas rocas, debido a los procesos de oxidación están generando procesos de drenaje ácido de roca (DAR), impactando directamente a las poblaciones aledañas, a los ecosistemas de montaña con la acidificación de los cuerpos de agua.

Estudio de la seguridad hídrica en las principales localidades hidro-dependientes del glaciar norte del Pico de Orizaba

Isis Maharai Rincon Callejas^{1}, Soto Victor²*

¹*Estudiante de la Licenciatura en Geografía, Universidad Veracruzana, Mex*

²*Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Mex*

**Autor de correspondencia: isismaharai@gmail.com*

Los glaciares son fuentes de agua primordiales para las poblaciones que se encuentran cerca estos cuerpos de hielo, otorgando un suministro de agua para sus actividades básicas y económicas. Sin embargo, el cambio climático ha dado pie a su acelerado retroceso, comprometiendo el acceso y calidad del recurso hídrico. Un ejemplo de ello es la desaparición del glaciar Chacaltaya en Bolivia y su impacto en la ciudad de La Paz, el cual evidenció la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua ante la desaparición de los glaciares. En México, el volcán Pico de Orizaba alberga al último glaciar registrado, nombrado “*Glaciar Jamapa*”, el cual, cuenta hasta el año 2024 con una extensión de 0.37 km² y a su alrededor se ubican localidades rurales, entre las que destacan Nueva Vaquería (3,063 msnm), Nuevo Jacal (3,007 msnm) y San Miguel Tlacotiopa (2,792 msnm); todas están catalogadas como localidades alta y medianamente marginadas; todas las localidades son hidro dependientes del glaciar dada su altura de localización. Esta investigación busca evaluar la seguridad hídrica de las localidades dependientes del agua del deshielo natural, esto mediante el cálculo de la oferta hídrica potencial del glaciar y la demanda de agua de la población futura; con ello se busca construir un Índice de Seguridad hídrica que permita reconocer los niveles de riesgo y así poder contribuir a la construcción de estrategias de mitigación. Se espera que estos resultados colaboren en futuros estudios sobre la reducción de la vulnerabilidad hídrica en localidades afectadas.

Cambios en las altas cumbres de América Latina que comprometen las reservas de agua de la criósfera

*Rodolfo Iturraspe^{*1,2}*

¹*Coordinador del Grupo de Trabajo de Nieves y Hielos – PHI-LAC, UNESCO*

²*Instituto de Ciencias Polares, Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Nacional de Tierra del Fuego, Antártida e Islas del Atlántico Sur.*

**Autor de correspondencia: rodolfoiturraspe@yahoo.com*

Desde México al extremo sur de Chile y Argentina predomina notablemente la intensificación de la tendencia recesiva en los glaciares, producto del calentamiento global. El ciclo de 12 meses entre febrero de 2023 y enero de 2024 superó la temperatura media global de 1,5 °C de incremento respecto del nivel preindustrial, límite que el IPCC ha recomendado no alcanzar. La pérdida de hielo, evidenciada en la reducción de la superficie y del espesor ha motivado la extinción de numerosos glaciares en la última centuria, en muchos casos no documentada, con impacto en la biodiversidad y en actividades humanas. Por otra parte, el incremento de la temperatura ha producido la reducción de la acumulación de nieve estacional, de vital importancia en la regulación de los recursos hídricos de cuencas de

montaña. La dimensión del problema se agrava por la ocurrencia de sequías prolongadas, como la que afectó gran parte de los Andes de Chile y Argentina entre 2010 y 2022, dando lugar a escasez de agua generalizada en la región. En adición, cabe destacar la alta variabilidad de la respuesta de diferentes glaciares en el contexto recesivo, que agrega complejidad a la evaluación de las consecuencias de los cambios que se presentan en las altas cumbres de América Latina.

El registro paleoecológico de Nahualac, un sitio arqueológico de altura en el Iztaccíhuatl: dinámica y evolución del paisaje

Socorro Lozano-García^{*1}, Montserrat Amezcua¹, Diana Avendaño-Villeda¹, Lorenzo Vázquez-Selem², Itzel Sigala-Regalado³, Margarita Caballero⁴, Susana Sosa-Nájera¹.

¹Instituto de Geología, UNAM CU, Circuito Exterior, CdMx.

²Instituto de Geografía, UNAM CU, Circuito Exterior, CdMx.

³Facultad de Ciencias, UNAM CU, Circuito Exterior, CdMx.

⁴Instituto de Geofísica, UNAM CU, Circuito Exterior, CdMx.

*Autor de correspondencia: mslozano@unam.mx

El estanque de Nahualac se encuentra en una pequeña depresión en la parte superior de un flujo de lava Iztaccíhuatl (5280 msnm), a una altitud de 3900 msnm. El flujo de lava fue moldeado por la erosión glaciar durante el Último Máximo Glacial, entre 21 y 14.5 ka. El glaciar sobre-excavó depresiones preexistentes en la lava, en una de las cuales se encuentra el estanque de Nahualac, donde se han acumulado sedimentos desde fines del Pleistoceno hasta hoy. Se presenta la reconstrucción del paisaje a través del análisis multiproxy: análisis de microfósiles, geoquímica de los sedimentos, cronología de ¹⁴C y tefracronología de una secuencia sedimentaria. Se registran tres etapas, en la primera, 8300 a 5200 ka dominan diatomeas bentónicas como *Pinnularia borealis*, *Surirella linearis* y *Gomphonema* spp. indicando un ambiente acuático-subacuático, frío, pocos nutrientes y aguas ácidas. La vegetación (8300 – 5200 ka) corresponde a pastizales alpinos con elementos de bosques mixtos con *Pinus*, *Quercus*, y *Alnus* que cambian a bosques de *Pinus* (6500 – 5200 ka). En la segunda etapa, 5200 – 4500 ka se incrementa el nivel del agua favoreciendo las comunidades de microcrustáceos e insectos acuáticos. Hay diatomeas de ambientes plantónicos como *Aulacoseira nivaloides*, *Fragilaria capucina* y *F. crotonensis*. La vegetación transita hacia comunidades abiertas diversas con *Pinus*, *Quercus*, *Abies*, *Alnus* y Cupresasaeae y pastos. La última etapa de 4500 ka a la actualidad, se observan fluctuaciones en el nivel lacustre, las asociaciones de diatomeas indican el dominio del medio bentónico y una disminución del nivel lacustre, con predominancia de los bosques de *Pinus*. A partir del año 1500 ka, los cambios en los ensambles de cladóceros, ostrácosos y quironómidos sugieren la alteración del paisaje asociada a la ritualización del sitio, con un uso intensificado a partir del año 700 dC y continuando hasta el año 1250 dC.

Extensión de los glaciares del Iztaccíhuatl entre 1960 - 2024 a partir de imágenes satelitales de Google Earth

Óscar Gerardo Mena Montes^{*1} Lorenzo Vázquez Selem²

¹ Posgrado en Geografía, UNAM CU, CdMx.

² Instituto de Geografía, UNAM CU, CdMx

*Autor de correspondencia: osgmena@gmail.com

Desde la segunda mitad del siglo XX se han presentado importantes variaciones en los glaciares del Iztaccíhuatl siendo las más evidentes su drástica reducción en número y extensión superficial. Una forma de visualizar de manera gráfica estos cambios acelerados es a través de la cartografía de sus superficies, las cuales han sido reportadas en las investigaciones realizadas desde la década de los 1960s y que en la actualidad, pueden representarse sobre una base de imágenes satelitales de alta resolución espacial.

En este trabajo se ilustran los cambios en la extensión superficial de los glaciares del Iztaccíhuatl en época reciente, considerando la investigación de José Luis Lorenzo y su equipo en 1964, la fotointerpretación de imágenes aéreas de 1983 y la delimitación de las superficies glaciares entre 2012 y 2024 a partir de imágenes satelitales de Google Earth georreferenciadas por medio de puntos de control, así como fotografías de superficie de los autores. El resultado es la representación por medio de líneas de los cambios en la extensión superficial de los glaciares del Iztaccíhuatl acontecidos en los últimos 65 años.

Glacier Dynamics in Response to Climate Change, Madhyamaheshwar Watershed (Mandakini Basin), Uttarakhand, Central Himalaya

Aditya Mishra^{*1,2}, Sumit Mishra^{1,3}, Harish Chandra Nainwal¹

¹Department of Geology, HNB Garhwal University (A Central University), Srinagar Garhwal, Uttarakhand, 246174, India

²Geophysical Flows Lab, Department of Aerospace, Indian Institute of Technology Madras, Chennai, 600036, India

³Instituto de Geociencias, UNAM, Juriquilla Boulevard Juriquilla 3001, Juriquilla, Querétaro, 076230, Mexico

*Author for correspondence: adityamishra.glacio@gmail.com

Elevation-dependent warming makes Himalayan glaciers increasingly susceptible to changes in water availability. Regular monitoring of glaciers and documentation of the changes in their dynamic parameters are crucial for the response to climate change, water resource management, and potential hazards at the basin scale. The present work provides insights into the changes in glacier attributes of the Madhyamaheshwar Watershed (MMW), Uttarakhand, Central Himalaya from 1994 to 2024 through remote sensing data and techniques where such changes have not been reported yet. In 2024, there are 30 glaciers occupying an area of ~150 km², with an average size of 0.9 km² (0.02 -- 15 km²). The glaciers of the MMW have varied topographic characteristics and show an area loss of ~6% (or ~0.22% yr⁻¹) during the studied period. It is also found in the present work that glacier snowline altitude (SLA) increased up-glacier by 65 m, from 4450 m to 4515 m, in the past three decades, exposing the glacier ice to melt under warming temperatures. The changes in glaciers are attributed to the increasing rate of temperature in the MMW and the influence of topographic factors. The study also reports the fragmentation of two glaciers in the basin from 1968/1980 based on Corona and Hexagon images to 2020 (Sentinel-2). The changes in glaciers in MMW are higher

than the glaciers of adjacent basins owing to their relatively small size and less debris-covered ice extent.

Exploración del DNA ambiental en permafrost de zonas periglaciares de alta montaña

Barbara Moguel¹, Alejandro Carrillo-Chavez², and Victor Soto³

¹Departamento de Ciencias Químico-Biológicas, Universidad de las Américas Puebla - UDLAP

²Instituto de Geociencias, UNAM Campu Juriquilla, Qro.

³Universidad Veracruzana, Jalapa, Ver.

*Autor de correspondencia: barbara.moguel@udlap.mx

El permafrost periglacial de alta montaña actúa como un archivo crítico de DNA ambiental (eDNA), ofreciendo perspectivas únicas sobre climas, ecosistemas y comunidades microbianas del pasado y presente. A pesar de los desafíos en la extracción de DNA de muestras de permafrost, estudios recientes han demostrado su capacidad para preservar material genético por más de 2 millones de años. Este proyecto busca comprender la biodiversidad microbiana en zonas periglaciares afectadas por el deshielo y su impacto en los ciclos biogeoquímicos en los glaciares mexicanos. En este encuentro, buscamos presentar los hallazgos clave de estudios de DNA en permafrost, técnicas optimizadas para entornos criogénicos, y procedimientos bioinformáticos para reconstruir la diversidad microbiana y detectar señales genéticas antiguas. Se destaca el papel del permafrost como reservorio genético, revelando cambios en la composición microbiana vinculados a fluctuaciones climáticas. Comprender la dinámica del eDNA en entornos periglaciares en proyectos transdisciplinarios mejora nuestro entendimiento de procesos geocológicos en respuesta al cambio climático global.

Ecosistema de alta montaña: Estado actual del bosque del Valle de Perote

María Esther Nava Bringas^{*1}, Carolina Andrea Ochoa Martínez¹, Victor Soto¹

¹Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz..

*Autor de correspondencia: esnava@uv.mx

En nuestro país se ha identificado el límite superior de bosque continuo y discontinuo en las montañas superiores a 4000 metros sobre el nivel del mar, donde la vegetación del ecosistema de alta montaña presenta un cambio direccional en la distribución de las especies dominantes debido al incremento de la altitud, por lo que se ha sugerido que existe un cambio de estructura de la vegetación y además, disminución en la riqueza de especies leñosas. Adicionalmente existen algunos estudios que han caracterizado la vegetación de alta montaña, de acuerdo a diversos factores ambientales que impactan en la distribución de las diversas especies características de este ecosistema. Dada la crisis ambiental, cada vez más intensa al igual que sus efectos, resulta prioritario mantener e incrementar las condiciones naturales de los ecosistemas del país, es decir, mantener la capacidad de los ecosistemas para amortiguar y mitigar los impactos sobre nuestras actividades e infraestructura. De esta manera, un sistema de

áreas protegidas resiliente a sus efectos adversos no solo es una oportunidad para conservar el patrimonio natural de México, sino que representa una solución natural y de manera paralela que permitirá fortalecer la economía y mejorar el bienestar humano en un contexto de Cambio Climático. El presente trabajo muestra un análisis documental que muestra el posible impacto de los factores climáticos y, en consecuencia, el sufrimiento de un calentamiento del bosque existente en el Valle de Perote, Veracruz, México, lo que está generando cambios en la estructura y composición en la distribución de las especies dominantes, importantes para el mantenimiento de los servicios ambientales como la captación de agua y la captura de carbono.

La flora periglacial del México central: algunas singularidades y notas sobre ciertas de sus especies

Jorge Alberto Neyra Jáuregui.

Investigador independiente de la organización: "Las Montañas como Inspiración para Conservar".

*Autor de correspondencia: jneyrajauregui@gmail.com

La existencia de ambientes periglaciares está reconocida en las montañas que superan los 3900 metros sobre el nivel del mar (msnm) en la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y cerca de una docena de estratovolcanes muestran la presencia de un tipo de flora llamada "alpina". Sin embargo, las afinidades biogeográficas de esta comunidad vegetal, son más estrechas con las montañas sudamericanas que con las europeas. Estas plantas vasculares están adaptadas a vivir bajo heladas frecuentes gran parte del año y también con altos niveles de radiación ultravioleta. Son de subrayarse los endemismos de distribución restringida a la FVT, como, por ejemplo: *Castilleja toluensis* y *Draba nivicola*. En especial *D. nivicola* resalta por ser una especie que llega a sobrevivir por encima incluso de los 4700 msnm junto con el pasto *Festuca livida*, por lo que se pueden considerar colonizadoras de nuevos nichos ante el retroceso y extinción de los glaciares mexicanos. Hay algunas como *Arenaria bryoides* cuya distribución alcanza la montaña más alta del sur de México (volcán Tacaná de 4100 msnm) y los volcanes guatemaltecos de más de 3900 msnm. El sobresaliente arbusto leñoso postrado *Juniperus monticola* es importante por ser una especie utilizada para estudios dendrocronológicos con buenos resultados a fin de establecer secuencias de variaciones climáticas ocurridas en las últimas centurias en el centro de México; además, es un endemismo mexicano catalogado como "bajo protección especial" por la NOM-059-SEMARNAT-2010. El cardo *Eyngium proteiflorum* es un taxón icónico que abunda en todas las altas montañas del centro y oriente de la FVT. Es una planta de aspecto carismático y apreciada por un creciente número de turistas quienes cada vez más incursionan en los ambientes periglaciares y con ello se avizora un mayor impacto humano en la flora típica de estos ecosistemas de clima frío.

Carbono Negro (BCe) en nieve, agua y hielo glaciar en glaciares de Mexico, Peru y Bolivia

'Guillermo Ontiveros-González', Alejandro Carrillo-Chávez', Luzmila Davila-Roller', Carolina Muñoz-Torres', Daniela Kristell Calvo-Ramos' y Rocio Garcia'
'Instituto de Geociencias, UNAM Campus Juriquilla, Querétaro. Instituto Nacional de Investigaciones en Glaciares y Ecosistemas de Montana (INAIGEM) Huaraz, Peru, Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM CU, CdMex

Se cuantificaron las concentraciones de partículas atmosféricas depositadas en ambiente de alta montaña (BCe) en el centro de México, en Cordillera Blanca, Perú y en Cordillera Real, Bolivia. Los resultados se reportan como carbono negro equivalente (BCe). Para todas las localizaciones, las muestras de nieve presentan una media de 1400 ng/g BCe; para las muestras de agua, 1100 ng/g BCe; y para las muestras de hielo, 450 ng/g BCe. Para todas las muestras, se midió un mínimo de 12 ng/g BCe y un máximo de 2678 ng/g BCe, correspondientes a Vallunaraju (Perú) e Iztaccihuatl (México), respectivamente. Finalmente, utilizamos el Modelo HYSPLYT de la NOAA para trazar las posibles trayectorias de retroceso en las tres localidades. Las concentraciones medidas en este trabajo de BCe son comparables con las registradas en otras partes del mundo.

Variabilidad estacional del carbono negro durante una década en los glaciares de la Cordillera Blanca, Perú

Wilmer Sánchez Rodríguez^{1,2}, Carl Schmitt¹, Alejandro Carrillo-Chávez¹, Edwin Loarte Cadenas^{1,2}, Katy Medina Marcos^{1,2}*
'Centro de Investigación en Ciencias de la Tierra, Ambiente y Tecnología (ESAT), Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), Av. Centenario 200, Huaraz, 02002, Perú.
'Facultad de Ciencias del Ambiente (FCAM), Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), Av. Centenario 200, Huaraz, 02002, Perú.
'Universidad de Alaska, Fairbanks, USA.
' Centro de Geociencias, UNAM Juriquilla Campus, Querétaro, 76230 México.
**Autor de correspondencia: wsanchezr@unasam.edu.pe*

La Cordillera Blanca (CB) es la cadena montañosa tropical más extensa del mundo y es una de las 18 cordilleras nevadas del Perú, albergando un total de 511 glaciares; que representa un área de 424.86 km². Desde 1962 hasta 2020, la CB ha experimentado una reducción del 41.5% en su cobertura glaciar (INAIGEM, 2023) debido al cambio climático y factores antropogénicos. Uno de los factores que agravan el derretimiento de los glaciares de la CB es la deposición del carbono negro (CN) sobre la nieve. Este aerosol con alta capacidad de absorción de radiación solar proviene de la quema de biomasa y la combustión incompleta de combustibles fósiles. Desde 2014 hasta 2024, se recolectaron y analizaron muestras de nieve en distintos glaciares de la CB, incluyendo, Yanapaccha, Shallap, Vallunaraju, Tocllaraju y Copa. Las muestras fueron procesadas siguiendo la metodología de absorción de luz por calentamiento (LAHM) para cuantificar la concentración de carbono negro efectivo (CNe) en la nieve. Los resultados muestran una variabilidad estacional en la concentración de CNe, con valores promedio significativamente más elevados durante la época de estiaje (seca) (~231.32 ng/g) en comparación con la época de lluvias (húmeda) (~94.31 ng/g). Además, se logró evidenciar que El Niño-Oscilación del Sur (ENOS)

favorecen una mayor deposición de CN en los glaciares, con concentraciones que alcanzan ~520.16 ng/g). Asimismo, se evidenció una mayor acumulación de CN en los glaciares más cercanos a la ciudad de Huaraz, lo que sugiere una influencia significativa de las fuentes urbanas de emisión en comparación a los más lejanos cuya influencia es de fuentes locales, como la quema de pastos. Se estima que el CN es responsable de aproximadamente 15-20% del derretimiento glaciar en la CB durante la última década, a través del mecanismo de forzamiento radiativo. Al absorber la radiación solar y transferirla en forma de energía térmica a la nieve, el CN reduce la reflectancia superficial (albedo) y acelera el proceso de fusión del hielo glaciar. Estos hallazgos resaltan la necesidad de estrategias de mitigación para reducir las emisiones de aerosoles de carbono negro y su impacto en la criósfera tropical.

Geomorfología periglacial tras la retracción del glaciar Norte del Pico de Orizaba

*Víctor Soto*¹, Carlos Welsh¹, Hugo Delgado¹*
'Centro de Ciencias de la Tierra, Univ. Veracruzana, Xalapa, Ver.
'Instituto de Geofísica, UNAM CU, Cd Mex
**Autor de correspondencia: visoto@uv.mx*

El retroceso glaciar trae consigo distintos impactos en el entorno. Una de las consecuencias más notorias, y con mayor importancia en términos de los riesgos asociados, tiene que ver con la dinámica geomorfológica que se presenta en las áreas previamente cubiertas por hielo glaciar. En la vertiente norte del Pico de Orizaba, entre la cota 4700 y 5050 msnm se ubica la franja periglacial, caracterizada por una gran inestabilidad de la temperatura, con rangos diurnos que alcanzan una oscilación que va de 14°C al mediodía y desciende a -10°C en horas de la madrugada; aquí se ha identificado una caída de temperatura que alcanza 9°C en solo 60 minutos. Los ciclos de congelamiento y deshielo ocurren casi todos los días del año, y si a esto se suma la aportación de humedad proveniente del deshielo y de la fusión nival, origina la mecánica de gelifración del basamento y de las paredes rocosas. La respuesta de la roca volcánica, resistente a la compresión, pero con baja capacidad elástica, consiste en la frecuente ruptura y el desprendimiento de fragmentos que dan origen a depósitos de crioclastos. Esta dinámica constante ocasiona que esta franja sea la más activa en cuanto al proceso de derrumbes y flujos de escombros, modificando frecuentemente su entorno. Los riesgos potenciales asociados a esta dinámica pueden representar una amenaza latente para los montañistas que diariamente ascienden a la cima; pero más aún, para asentamientos aledaños, si esta creciente acumulación se combina con hidrometeoros de gran magnitud.

Biodiversidad oculta: tapetes microbianos antárticos

Valdespino-Castillo, P. M.^{1,2}, Alcántara-Hernández, R. J.³, Falcón, L. I.⁴ y Mercado-Juárez, R. A.⁵*
¹Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, UNAM CU, CdMex.
²Agencia Mexicana de Estudios Antárticos. México.
³Instituto de Geología, UNAM CU, CdMex.
⁴Laboratorio de Ecología Bacteriana, Instituto de Ecología, Unidad Mérida, UNAM CU, CdMex.

⁵ Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM CU, CdMx.
*Autor de correspondencia: valdespinopm@encit.unam.mx

En el continente antártico, la vida enfrenta diversas condiciones limitantes, por ejemplo baja temperatura, ciclos de congelación-descongelación, limitación por nutrientes y por luz, entre otros. En este ambiente poliextremo, los microorganismos representan el compartimiento con la más alta biodiversidad entre los ecosistemas antárticos. Así mismo, son responsables de las transformaciones biogeoquímicas y el cambio ecosistémico, a partir de sus metabolismos extraordinarios que están codificados en sus genomas.

El estudio de los microbios antárticos tiene actualmente una amplia contribución a la ciencia moderna en áreas como la Biogeoquímica, la Ecología, la Astrobiología, la Biotecnología, las ciencias médicas y las ciencias de materiales. Pero a pesar de su enorme potencial, la diversidad, los patrones ecológicos y el potencial metabólico de los microorganismos antárticos es bastante desconocido. Por ello, hemos estudiado comunidades microbianas bénticas que habitan aguas de deshielo glaciar de la Antártida marítima y peninsular, son conocidas como tapetes microbianos. Los resultados de nuestra investigación, que integra la genómica y la biogeoquímica, evidencian patrones ecológicos de procariontes relacionados con la ultra-oligotrofia, particularmente relacionados con el ciclaje biogeoquímico del nitrógeno. Entre los microeucariontes, grupos como diatomeas mostraron una distribución diferencial en el gradiente ambiental estudiado, que comprendió Antártida marítima, peninsular y los Valles secos.

Glaciaciones del Pleistoceno terminal y el Holoceno en México: Estado del conocimiento

Lorenzo Vázquez Selem^{*1}, Oscar G. Mena Montes²

¹Instituto de Geografía, UNAM CU, CdMx.

²Posgrado en Geografía, UNAM CU, CdMx.

*Autor de correspondencia: lselem@geografia.unam.mx

Después del Último Máximo Glacial Global (26 ka - 18 ka), los glaciares del mundo experimentaron fluctuaciones significativas, tanto al final del Pleistoceno (Younger Dryas) como en el Holoceno, en respuesta a fases frías cuya magnitud está aún por investigarse cabalmente en zonas intertropicales. Las altas montañas del centro de México tienen un registro glacial local muy significativo de estas fases frías planetarias, aunque diferente dependiendo de su altitud. En este trabajo se presenta el estado actual del conocimiento sobre la extensión y la edad de los avances glaciales desde el Pleistoceno terminal.

Entre 13 ka y 11 ka en cada valle del Iztaccíhuatl se formaron morrenas de pequeña altura que indican glaciares en lento retroceso con una altitud de la línea de equilibrio (ALE) de 4200-4300 msnm, un término a 3800-3900 msnm y un área de 45 km². En el Nevado de Toluca en esta fase se desprendían del cráter dos lenguas glaciares, hacia el oeste y hacia el norte. En el Cofre de Perote existía un pequeño glaciar de circo arriba de 3900 msnm.

En el Holoceno temprano (9 ka - 8 ka) hay evidencia de glaciares en el Iztaccíhuatl que descendían hasta 4100-4200 msnm, cubriendo alrededor de 29 km², mientras en el

Nevado de Toluca y La Malinche hubo glaciares verdaderos y glaciares de roca hasta altitudes similares.

La Pequeña Edad de Hielo formó morrenas terminales muy evidentes en el Iztaccíhuatl alrededor de los 4500 msnm, con un área glaciar del orden de 7.6 km². Debido a su actividad eruptiva, el registro glacial en el Pico de Orizaba y el Popocatepetl se limita sobre todo a esta fase. En otras montañas de menor altitud (Malinche, Nevado de Toluca, Cofre de Perote), solo ocurrieron fenómenos periglaciares.

Escenarios de calentamiento global en el glaciar

Jamapa:

¿Enfermedad crónica o límite de la capacidad humana?

Carlos Manuel Welsh Rodríguez^{*1}, Agustín Fernández Eguiarte², Víctor Soto¹

¹Centro de Ciencias de la Tierra, Univ. Veracruzana, Xalapa, Ver.

²Instituto de Ciencias de la Atmósfera y Cambio Climático, UNAM CU, CdMx.

*Autor de correspondencia: cwelsh@uv.mx

Los escenarios de calentamiento global son, en la actualidad, herramientas que permiten observar los efectos en la fragilidad de los cuerpos de hielo (glaciares) en altas montañas del mundo. En este trabajo se presenta y discuten los efectos adversos en el Citlaltépetl, no sólo por su relevancia histórica, geográfica y natural, sino porque a nivel planetario, como en muchos otros, la especie humana contempla su deterioro y su extensión, como si se tratara de un enfermo terminal que tiene los días contados, mostrando que los límites humanos, su capacidad creadora, talento y desarrollo en muchas áreas, parece no estar a la altura del reto global, y siendo testigo de una muerte anunciada, probablemente señalará en el futuro a toda una generación que tuvo el dominio de la inteligencia artificial, del genoma de múltiples especies; sin embargo, fue incapaz de encontrar una vía para salvaguardar el patrimonio natural e histórico que representan esas masas de hielo.

Thermal state of permafrost in the high mountains of Mexico and thermal interactions of glaciers with permafrost

Kenji Yoshikawa^{*1}, Víctor Soto², Guillermo Ontiveros-González³, Samael Oliver Vagamontes⁴, Hugo Delgado Granados^{3,5}, Lorenzo Vázquez-Selem⁶, David Palacios⁷

¹Water and Environmental Research Center, Institute of Northern Engineering, University of Alaska Fairbanks, USA

²Centro de Ciencias de la Tierra, Univ. Veracruzana, México

³Instituto de Geofísica, UNAM CU, CdMx.

⁴Club Brujos de la Montaña, México

⁵Department of Earth and Environmental Sciences, Ludwig-Maximilians-Universität, Munich, Germany

⁶Instituto de Geografía, UNAM CU, CdMx

⁷Universidad Complutense, Madrid, Spain

*Corresponding author: kyoshikawa@alaska.edu

This paper summarizes the thermal state of Mexican permafrost and its relationship to snow, ice and geothermal environments. Ice-rich permafrost is observed near the summits of Citlaltépetl (Pico de Orizaba) and Iztaccíhuatl volcanoes. The lower limit of mountain permafrost is about 5200-5300 m a.s.l., much higher than originally thought. Some of the sporadic permafrost may still exist on the Little

Ice Age rock glaciers, but most of the buried glacial ice between 4500-5000 m a.s.l. is slowly decaying and not thermally stable as permafrost. During the summer months, the Inter-Tropical Convergence Zone approaches the Mexican highlands and provides moist conditions sufficient for snow cover at high elevations. Maximum active layer thickness occurred during the snow-free seasons, typically April-July in Citlaltépetl and Iztaccíhuatl, perhaps Popocatepetl, but not Nevado de Toluca, where the summit is below the snowline most of the time today. The diurnal temperature amplitude results in freeze-thaw cycles only near the surface to 15 cm. The importance of the snow cover is that it provides great protection from incoming solar energy penetration, helping to preserve buried glacial ice and permafrost.

Into the International Year of Glaciers' Preservation 2025 – Perspectives from the World Glacier Monitoring Service

*Michael Zemp^{*1}, Isabelle Gärtner-Roer¹, Samuel U. Nussbaumer¹,
Ethan Welty¹, Inés Dussaillant¹, Jacqueline Bannwart¹, Frank
Paul¹, Martin Hoelzle²*

¹World Glacier Monitoring Service, University of Zurich,
Switzerland

²World Glacier Monitoring Service, University of Fribourg,
Switzerland

**Autor de correspondencia: michael.zemp@geo.uzh.ch*

Melting glaciers are icons of the climate crisis and severely impact local geohazards, regional freshwater availability, and global sea levels. The United Nations has designated 2025 as the International Year of Glaciers' Preservation (IYGP; <https://www.un-glaciers.org>) to raise global awareness of glaciers' importance and ensure that those relying on them or affected by their vanishing have access to the necessary data and information services. Starting in 2025, the 21st of March of each year will be recognized as the World Day of Glaciers. The World Glacier Monitoring Service (WGMS) – together with the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) and the World Meteorological Organization (WMO) – helps to coordinate the implementation of the international glacier year and provides key facts and figures for related activities.

Our presentation provides an update on regional to global glacier mass changes, including first estimates for 2023/24, as well as an update on the latest WGMS data and information products. We also highlight the importance of well-coordinated international glacier monitoring by the WGMS collaboration network, which combines field observations and remote sensing to track ongoing changes and related downstream impacts. In addition, we provide an overview of national events in preparation for the 21st of March, showcase ongoing projects to foster real-time monitoring, satellite intercomparison exercises, efforts toward a digital twin-component for glaciers, and an outlook on the United Nations Decade of Action for Cryospheric Research 2025–2034.