

Tras la huella del hielo: ¿de dónde viene el agua cuando desaparecen los glaciares?

09.10.2025

Fabian Drenkhan - Geografía y Medio Ambiente, Dpto. de Humanidades, Pontificia Universidad Católica del Perú

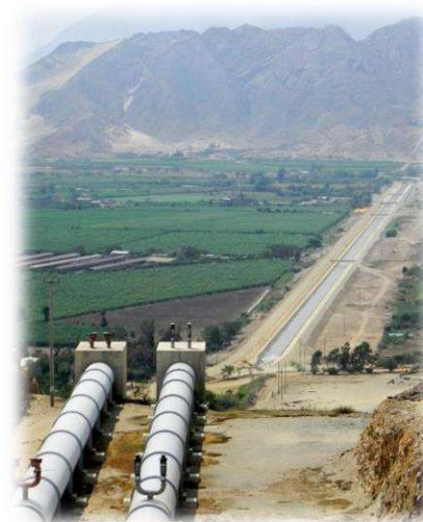
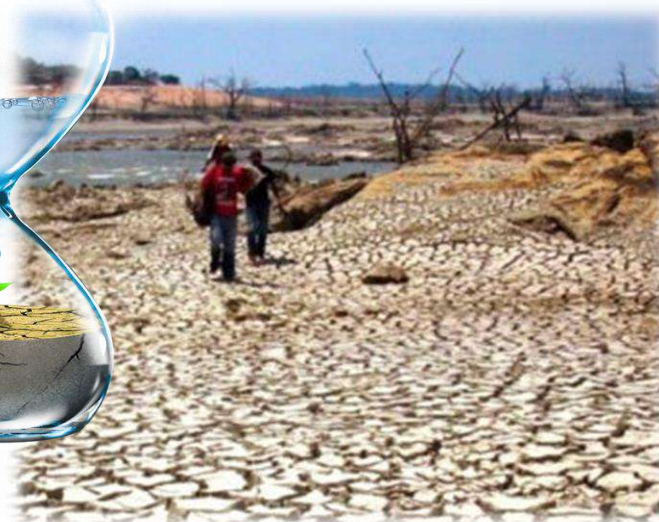
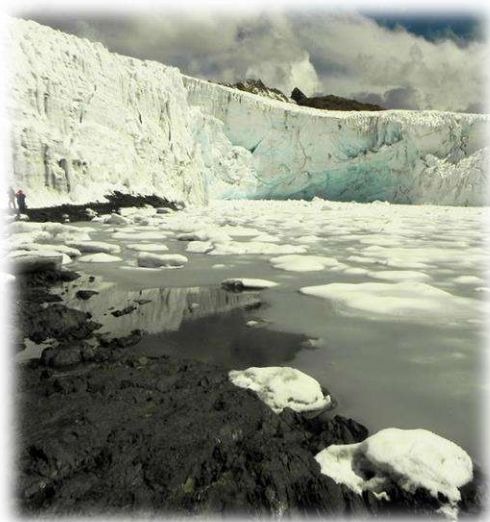


**GEMS
PUCP**

Grupo de Glaciología y
Ecohidrología de Montañas Andinas

IPROMO LATINOAMERICANO 2025

**Glaciares y montañas en transformación: adaptación,
cultura y acción climática desde las alturas**



Derretimiento glaciar en los Andes

Andes tropicales
(interiores)

Venezuela

0.1 km² Ramírez et al. 2020
-98% (1952-2019)
-1.5%/año

Colombia

34 km² IDEAM 2023
-69% (1950s-2021)
-1.0%/año

Ecuador

44 km² Cáceres 2018
-54% (1980s-2017)
-1.5%/año

Andes tropicales
(exteriores)

Perú

1050 km² INAIGEM 2023
-56% (1962-2020)
-1.0%/año

Bolivia

346 km² Ramírez 2014
-35% (1980s-2013)
-1.2%/año

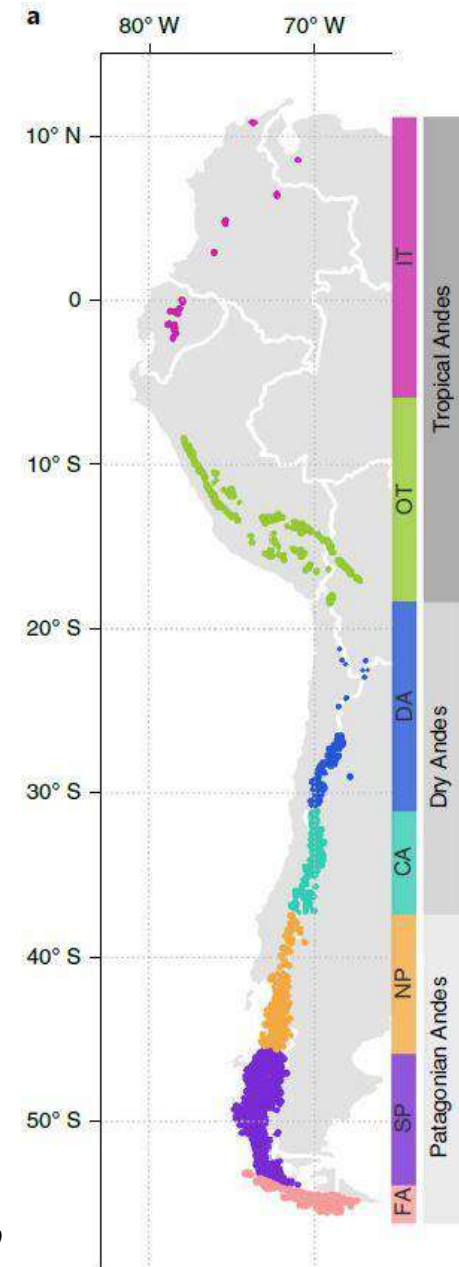
Andes del Sur
(secos, Patagonia)

Chile

21,009 km² DGA 2022
-11% (2014-2022)
-1.4%/año

Argentina

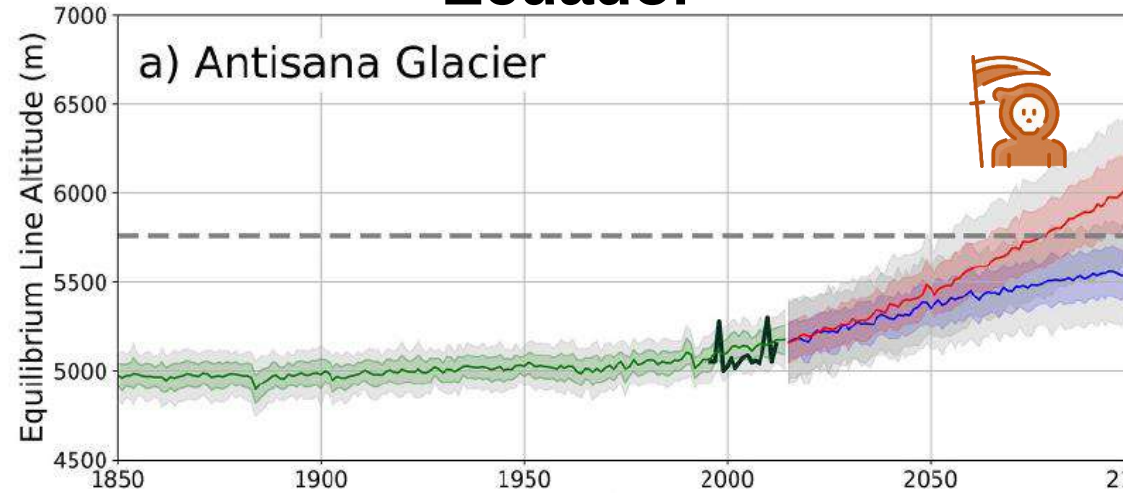
8484 km² IANIGLA, 2017
?
?



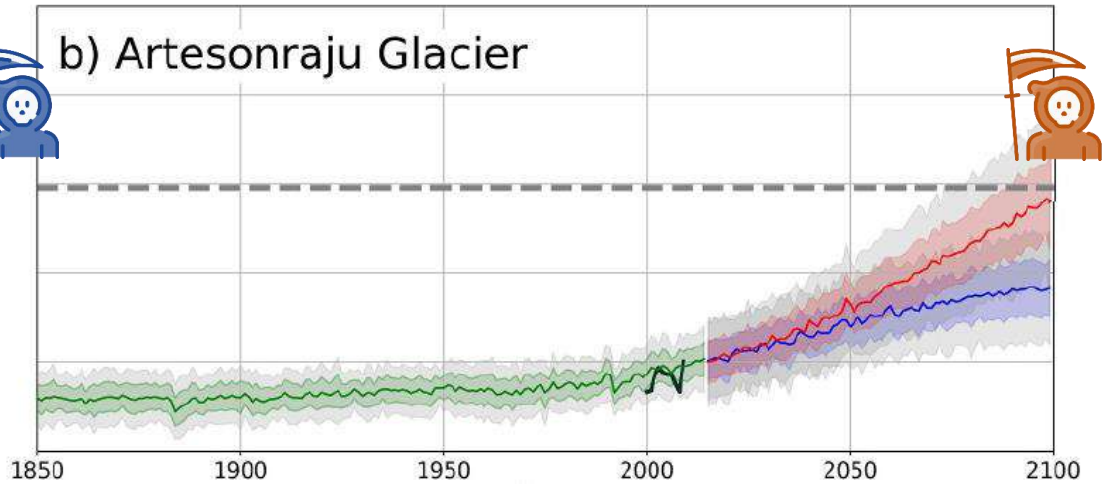
Futuro glaciar en los Andes tropicales

Turner et al. 2025, *JGR Atmos*

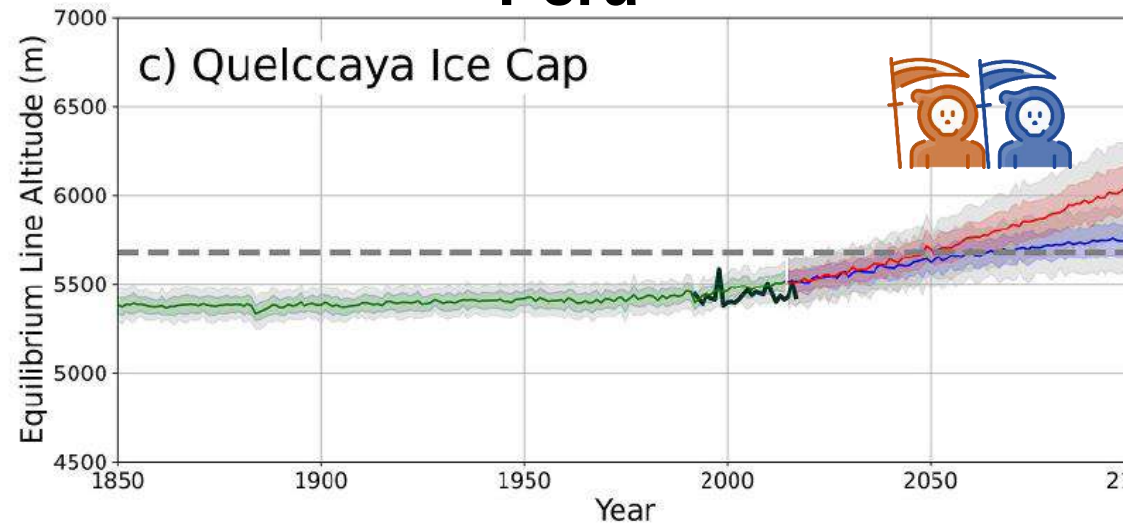
Ecuador



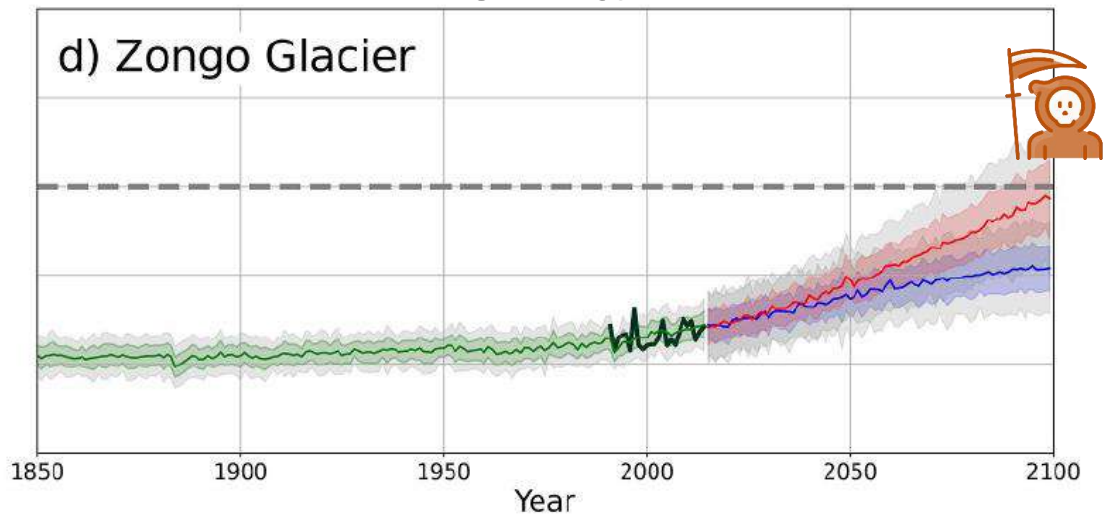
Perú



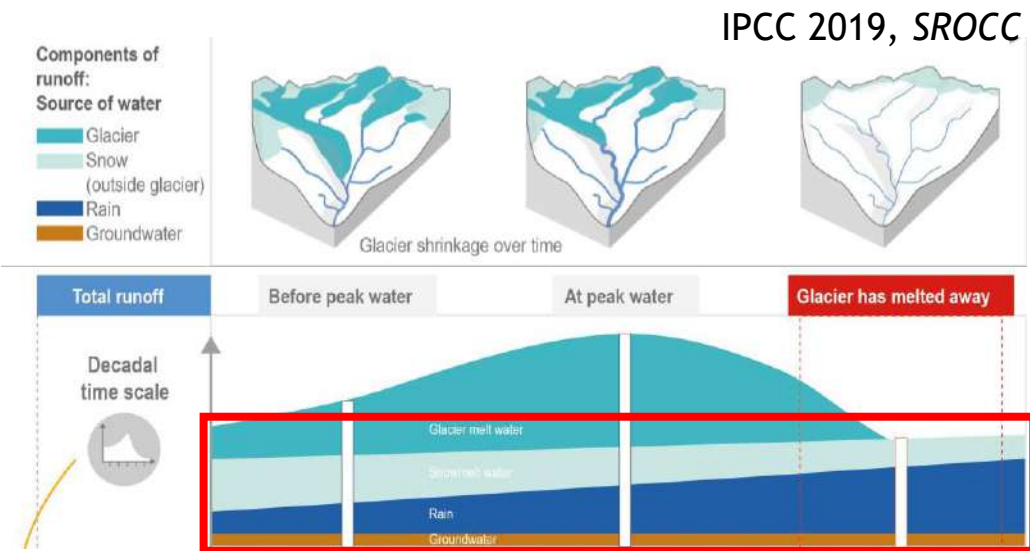
Perú



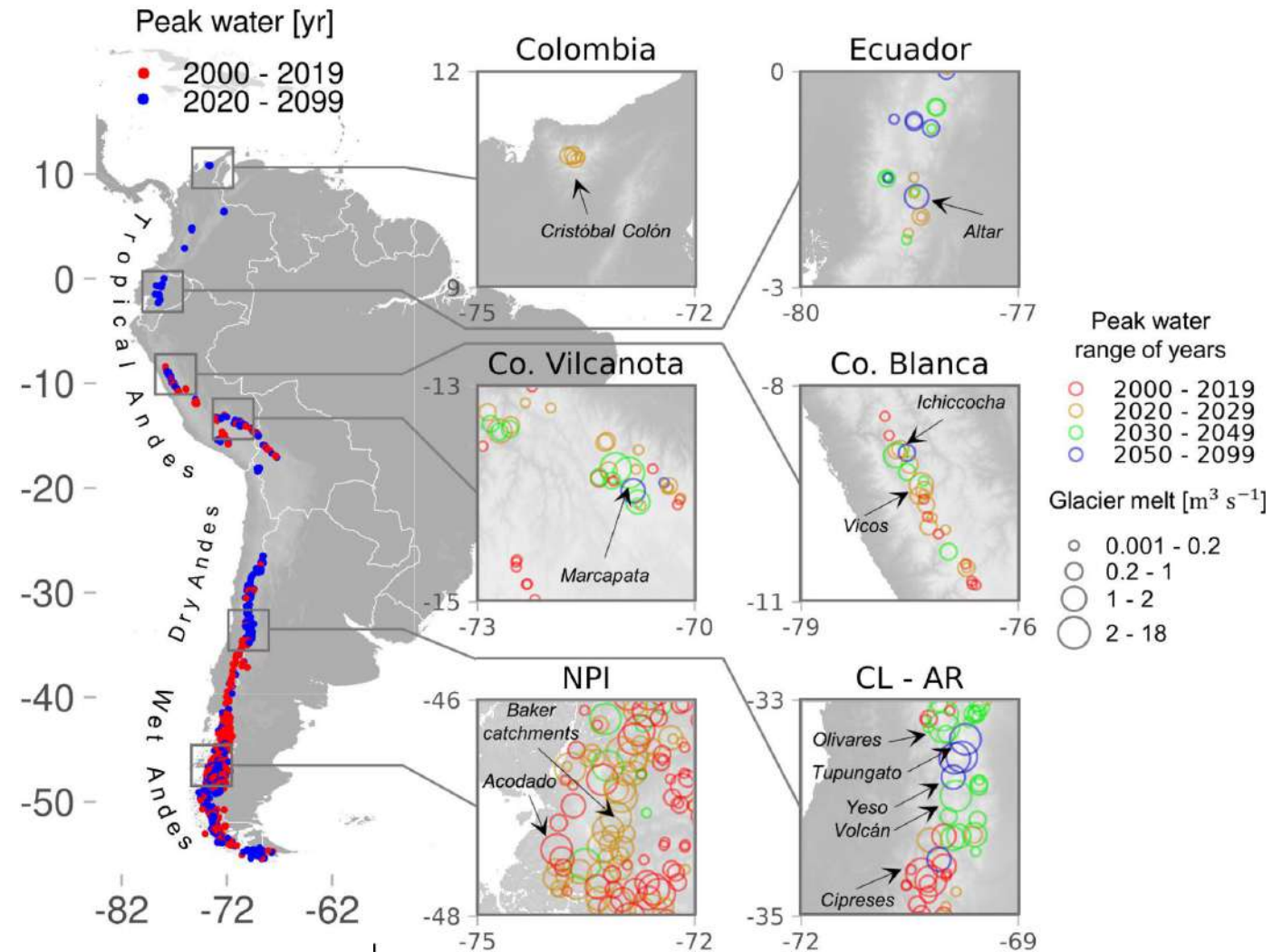
Bolivia



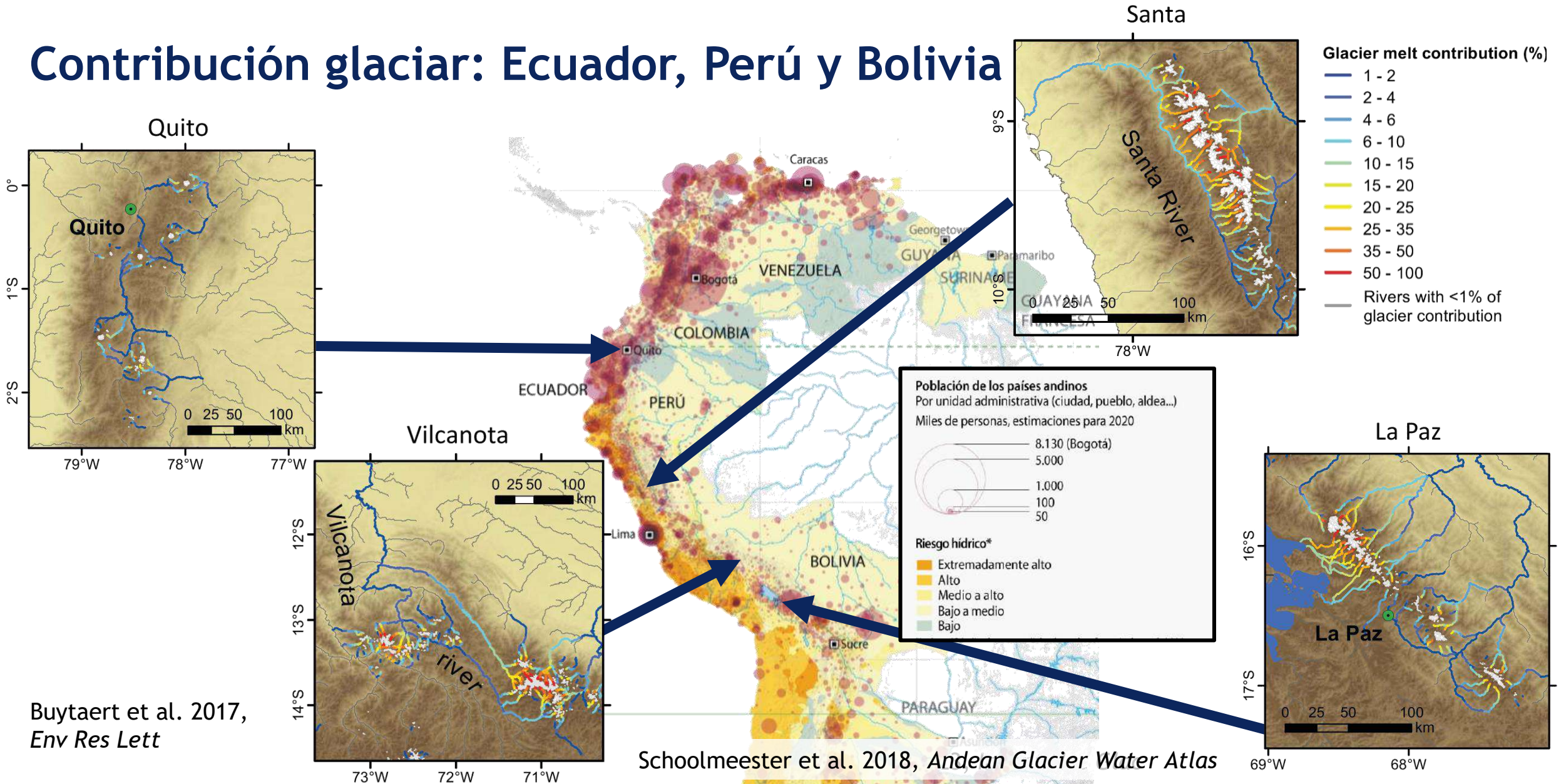
Futuro glaciar: “pico de agua” glaciar y futuro caudal



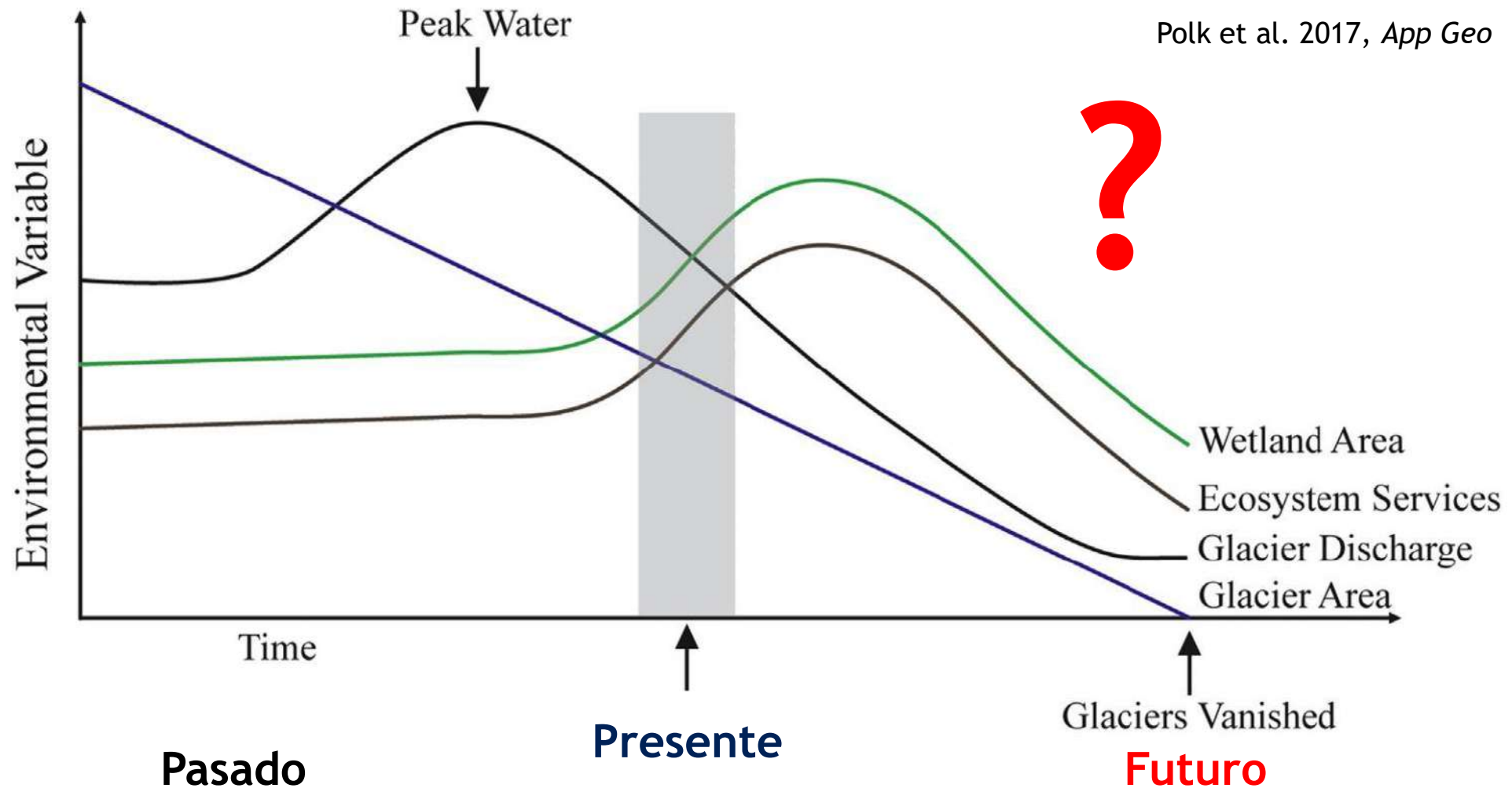
- “Pico de agua” alcanzado mayormente antes de los 2030s
- Disminución de caudal en Andes tropicales hasta 43% (2030-2049) comparado con 2000-2019
- Crítico en época seca



Contribución glaciar: Ecuador, Perú y Bolivia



Bofedales y el “pico de agua” glaciar

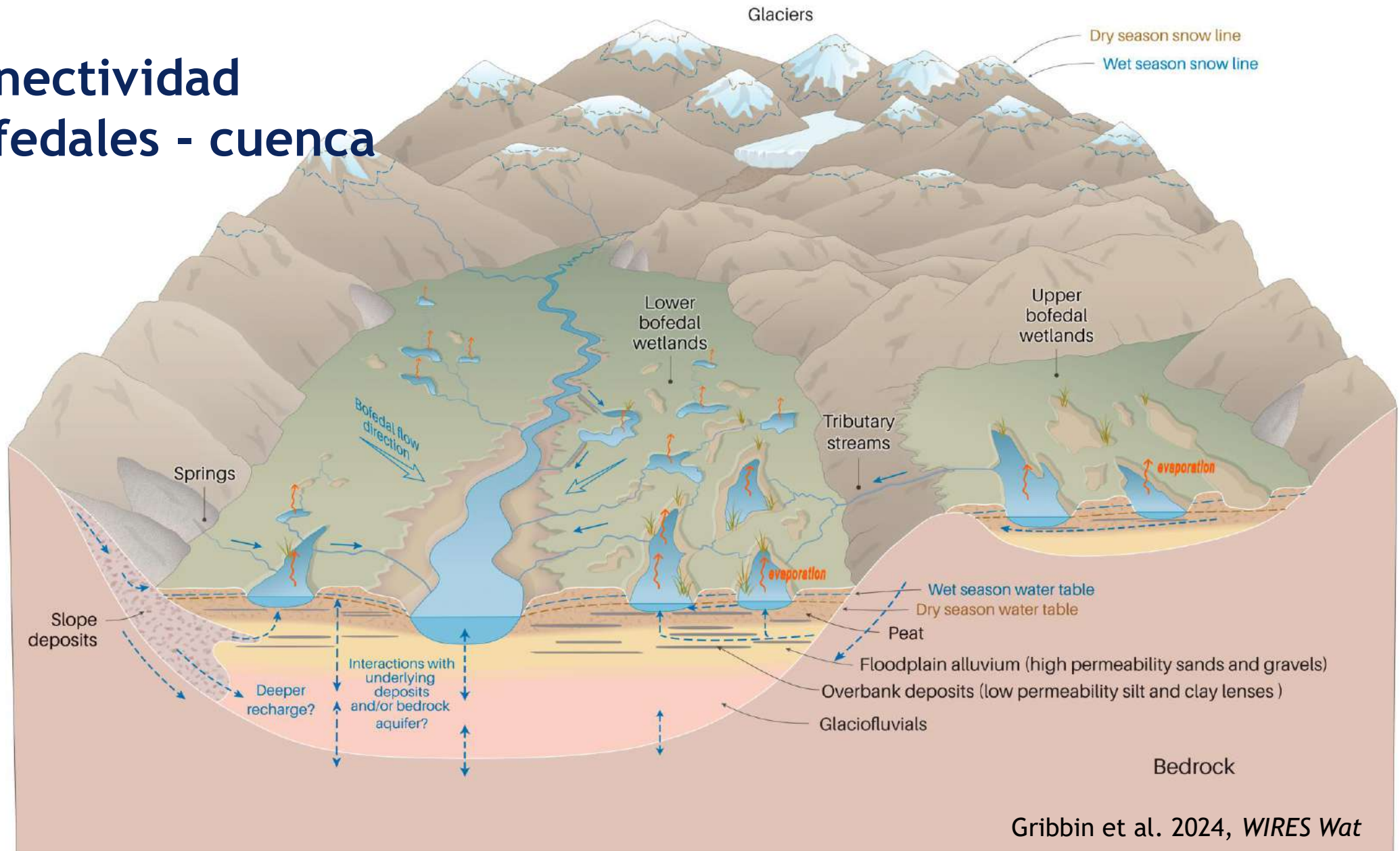


Derretimiento glaciar, desarrollo de bofedales y disponibilidad hídrica

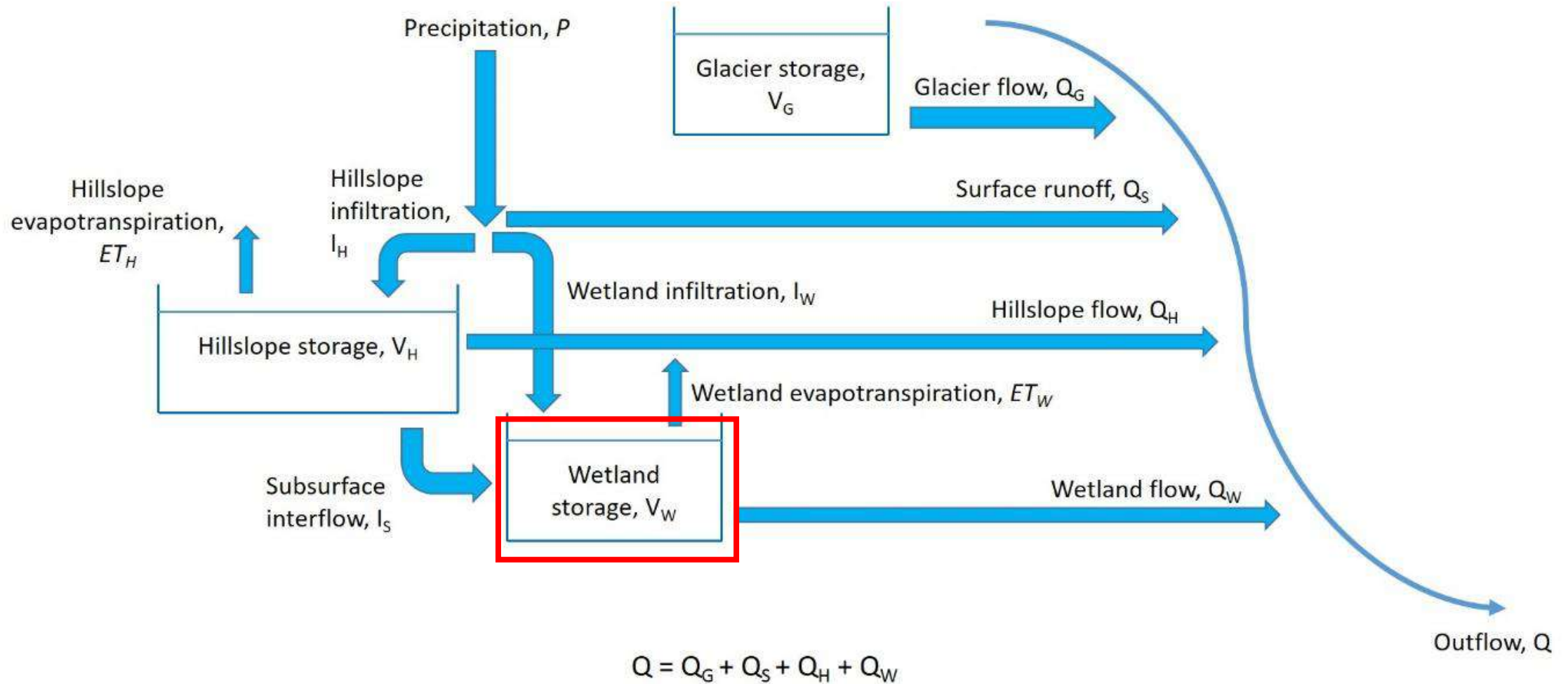
- 1 ¿De dónde los bofedales reciben su agua? ¿Qué conectividad tienen los bofedales con los glaciares y otros componentes del ciclo hidrológico?
- 2 ¿Los bofedales brindan un gran aporte hídrico (en la época seca)?
- 3 ¿Existe evidencia (suficiente) sobre posibles cambios (en la estructura y extensión) de los bofedales?
- 4 ¿Cuál es el rol hidrológico de los bofedales para el suministro de agua para los sistemas naturales y sociales aguas abajo?

1

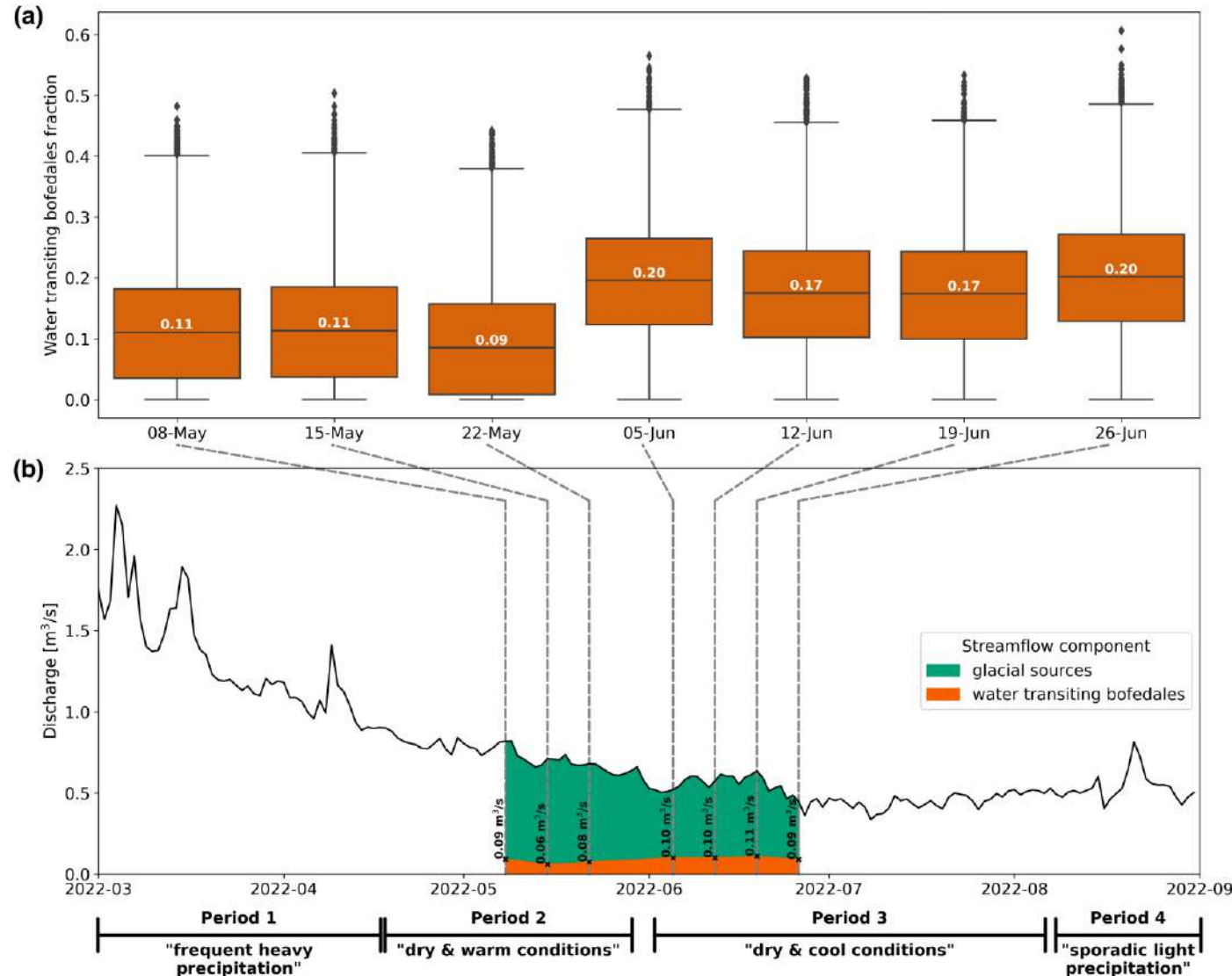
Conectividad bofedales - cuenca



1 Conectividad bofedales - cuenca



2 Aporte hídrico de los bofedales

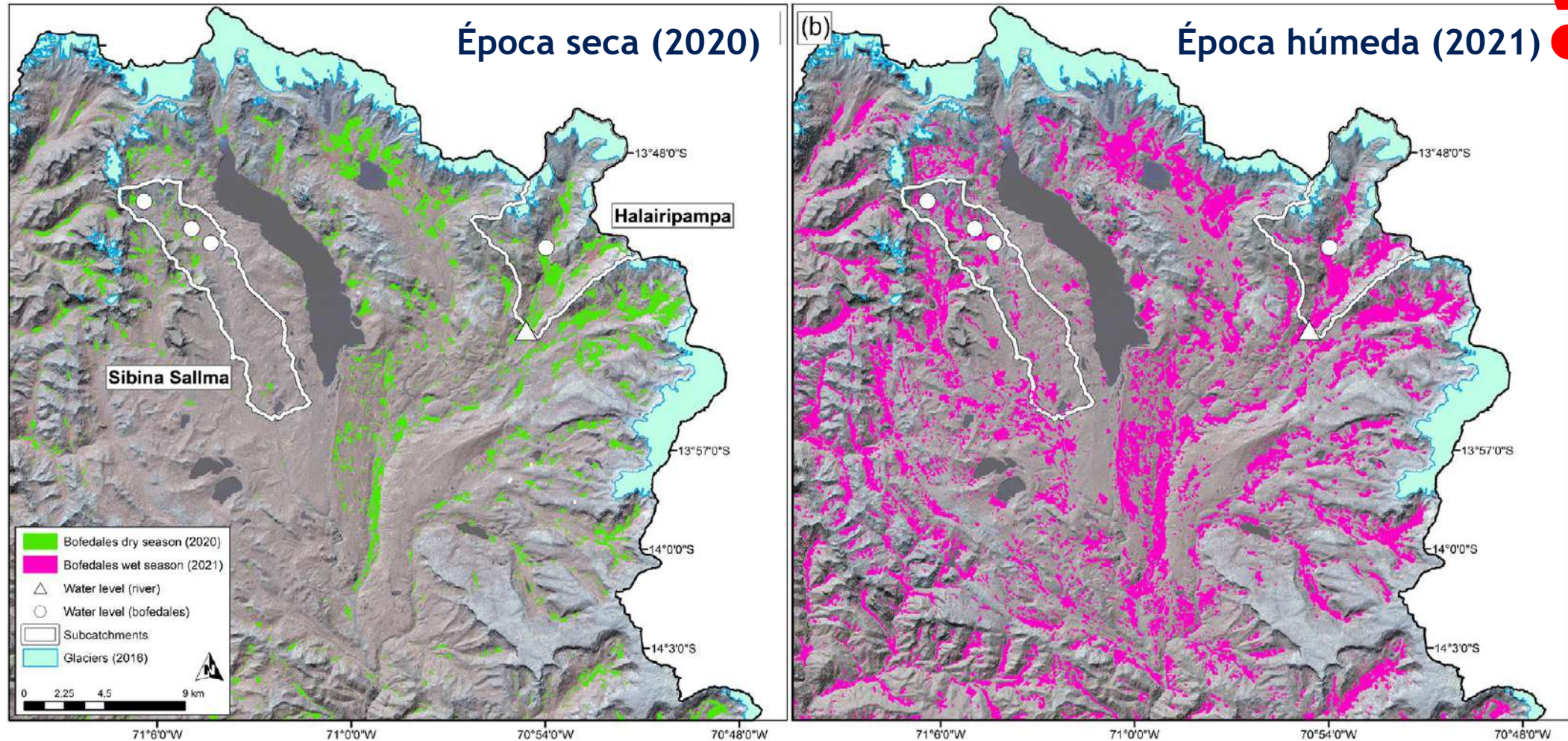


Estudio de caso (época seca):
Huaripampa, Cord. Vilcanota

- 9-20% de escorrentía total proviene de bofedales
- El mayor aporte viene de agua de fusión glaciar (80-91%)
- Capacidad amortiguadora frente al derretimiento glaciar podría ser limitada
- PERO: agua subterránea (profunda) puede ser determinante

3 Evidencia de cambios en los bofedales

**Incertidumbres
(¡teledetección!)**



4

Suministro de agua de bofedales para sistemas socio-ecológicos



Procesos

Meteorización

Al estar en contacto con el sol, viento, agua y los organismos vivos, la roca madre y los depósitos glaciares son descompuestos y expuestos.

Oxidación y lixiviación

Los minerales sulfuros y ferruginosos oxidan al estar en contacto con el aire, y junto con otros metales son separados por acción del agua (proceso conocido como lixiviación). En consecuencia, grandes cantidades de ácido sulfúrico [H_2SO_4] y metales pesados como plomo [Pb] y arsénico [As], pueden ser transportados agua abajo.

Reguladores

Humedales altoandinos

Por su capacidad de acumular agua y composición florística, los humedales altoandinos cumplen un rol de filtros naturales de agua en una sinergia entre agua, vegetación, bacterias y suelo.

En un proceso de biorremediación los flujos ácidos y metales pesados son (parcialmente) retenidos en partes de la vegetación. Hoy en día es posible implementar humedales construidos para aprovechar su capacidad (limitada) de regular contaminantes mediante el tratamiento de agua, y con ello contribuir en contrarrestar los efectos del drenaje ácido de roca.

Causas

Formación geológica

En varias partes de los Andes yacen afloramientos de roca madre con minerales sulfurados y ferruginosos. En la Cordillera Blanca, la formación Chicama contiene altas concentraciones de estos minerales: la pirita [FeS_2] y nódulos de hierro.

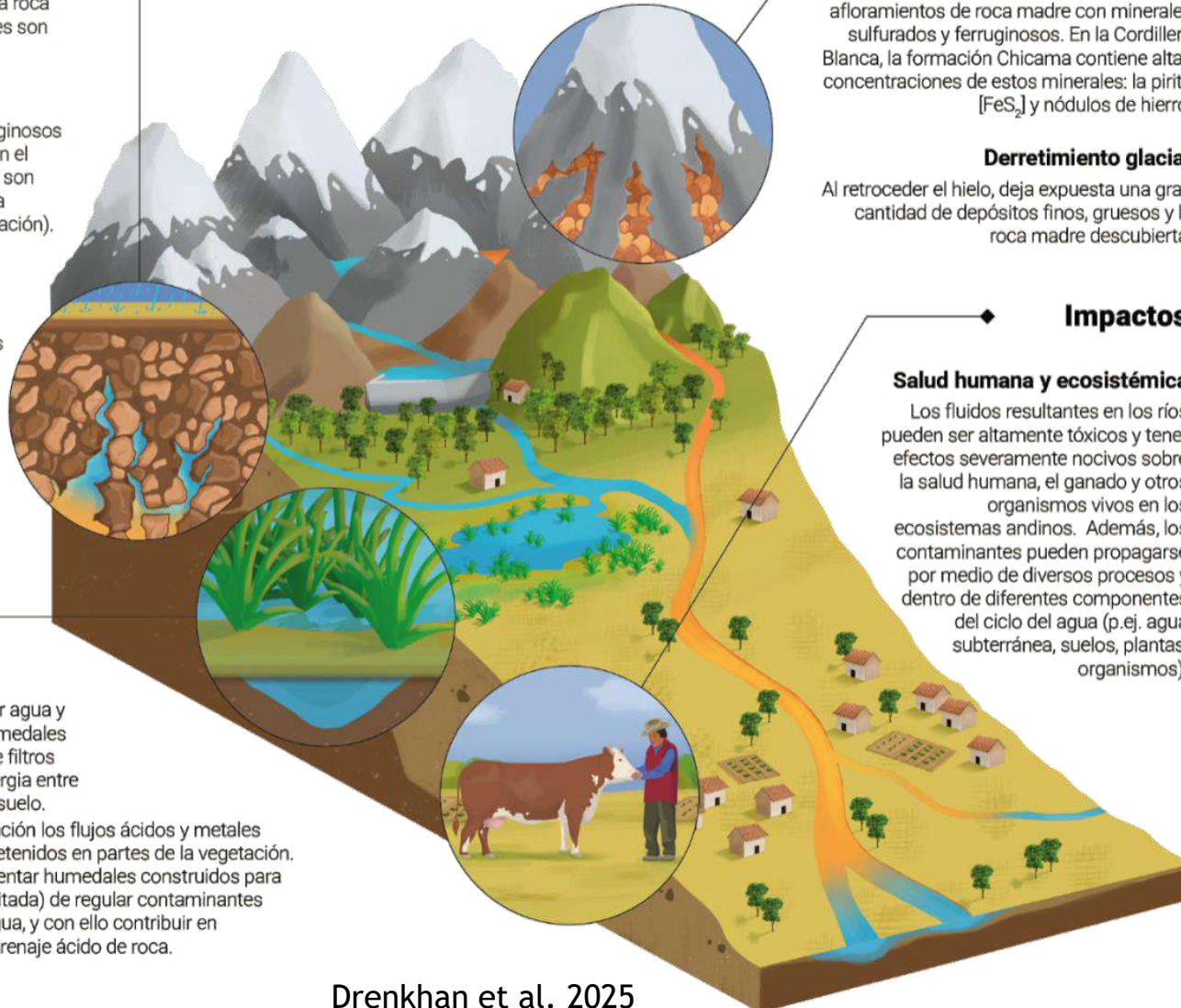
Derretimiento glaciar

Al retroceder el hielo, deja expuesta una gran cantidad de depósitos finos, gruesos y la roca madre descubierta.

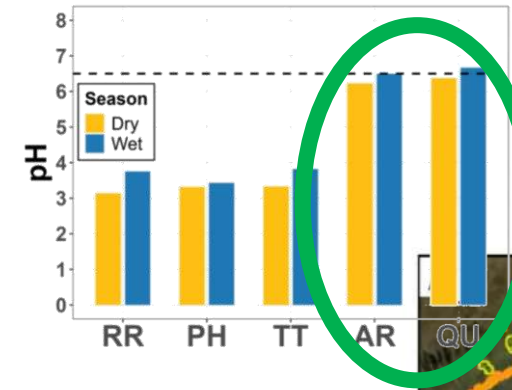
Impactos

Salud humana y ecosistémica

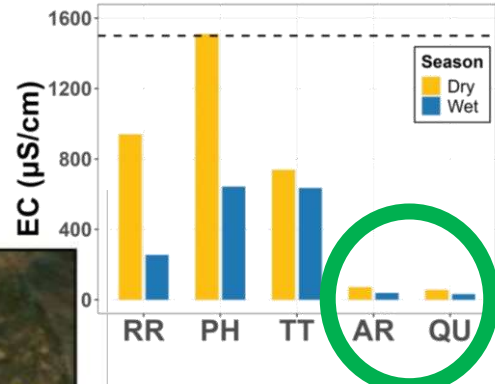
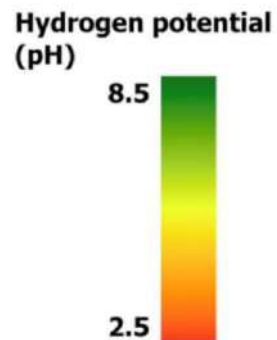
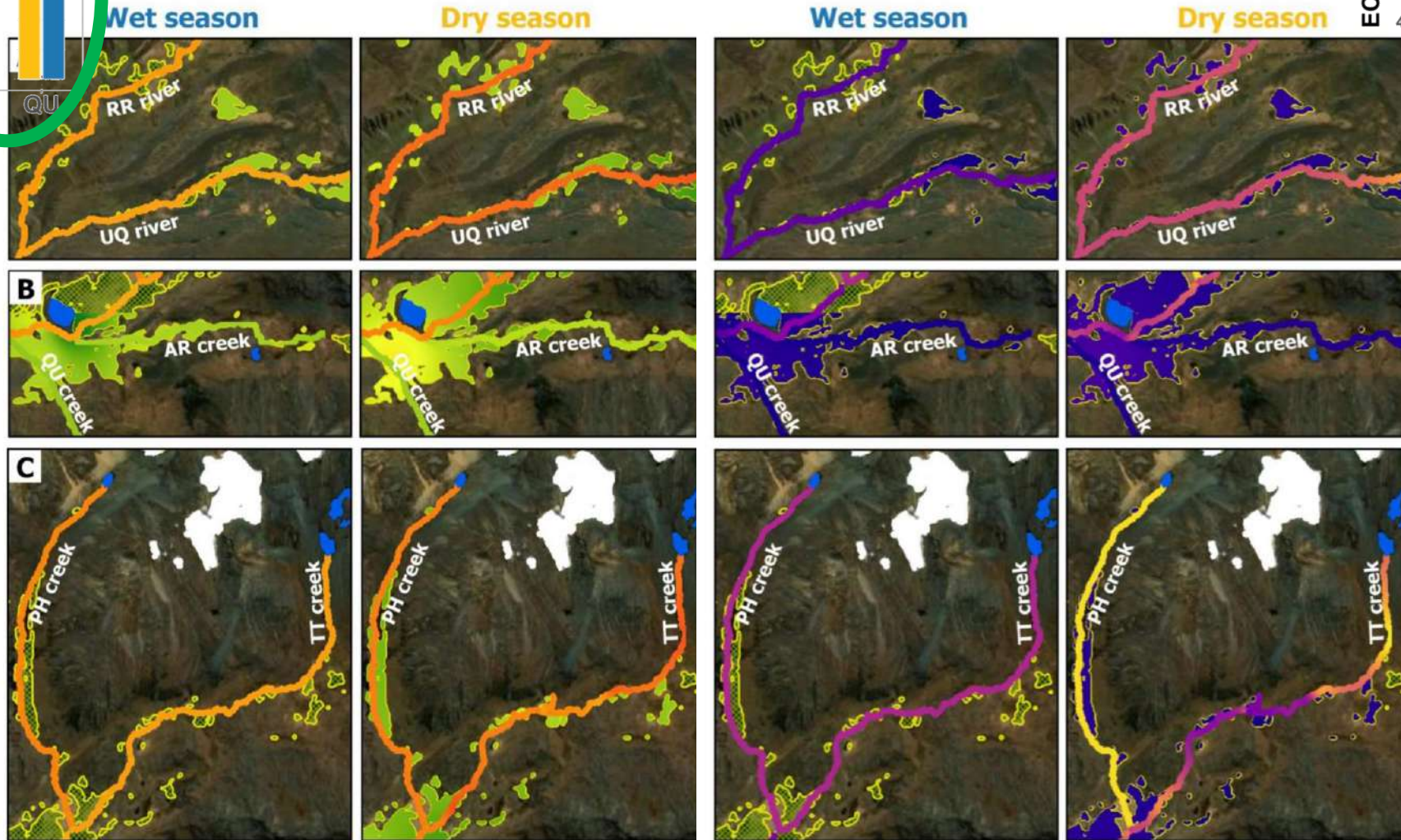
Los fluidos resultantes en los ríos pueden ser altamente tóxicos y tener efectos severamente nocivos sobre la salud humana, el ganado y otros organismos vivos en los ecosistemas andinos. Además, los contaminantes pueden propagarse por medio de diversos procesos y dentro de diferentes componentes del ciclo del agua (p.ej. agua subterránea, suelos, plantas, organismos).



Río Negro (C. Blanca): pH y conductividad eléctrica interpolados

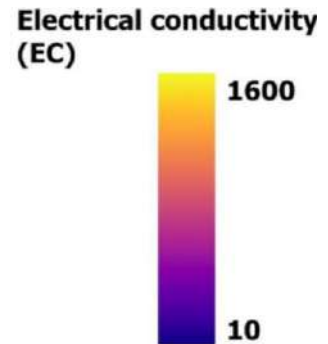


Cuencas
desglaciadas

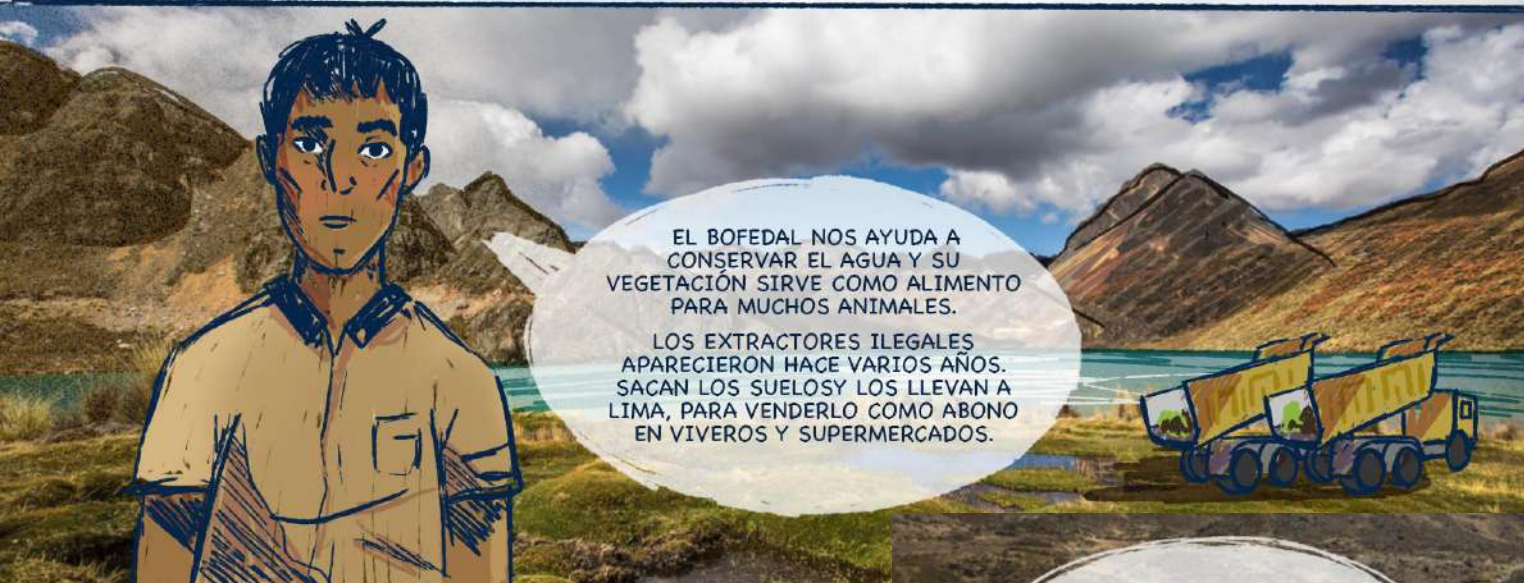


Cuencas
desglaciadas

Drenkhan et al.,
bajo revisión



BERJILIO CARRILLO BOJÓRQUEZ VIVE EN SANTIAGO DE CARAMPOMA, UNA COMUNIDAD CAMPESINA DE LA SIERRA DE LIMA.



EL BOFEDAL NOS AYUDA A CONSERVAR EL AGUA Y SU VEGETACIÓN SIRVE COMO ALIMENTO PARA MUCHOS ANIMALES.

LOS EXTRACTORES ILEGALES APARECIERON HACE VARIOS AÑOS. SACAN LOS SUELOS Y LOS LLEVAN A LIMA, PARA VENDERLO COMO ABONO EN VIVEROS Y SUPERMERCADOS.



PARA LLEVARSE LOS SUELOS, LOS EXTRACTORES DRENAN PARTES DEL BOFEDAL Y SACAN LA VEGETACIÓN SUPERIOR. DESPUÉS, CORTAN GRANDES RECTÁNGULOS DE TURBA Y CARGAN TODO EN SUS CAMIONES.

CUANDO SE VAN, SOLO QUEDA TIERRA DESNUDA Y, DÍAS DESPUÉS, LOS PASTOS DE ALREDEDOR SE EMPIEZAN A SECAR POR LA FALTA DE AGUA.



Impactos en los ecosistemas andinos

Ziegler 2020, *Ojo Público*

<https://ojo-publico.com/1946/arrasar-la-tierra-el-trafico-humedales-sierra-lima>

Entonces...

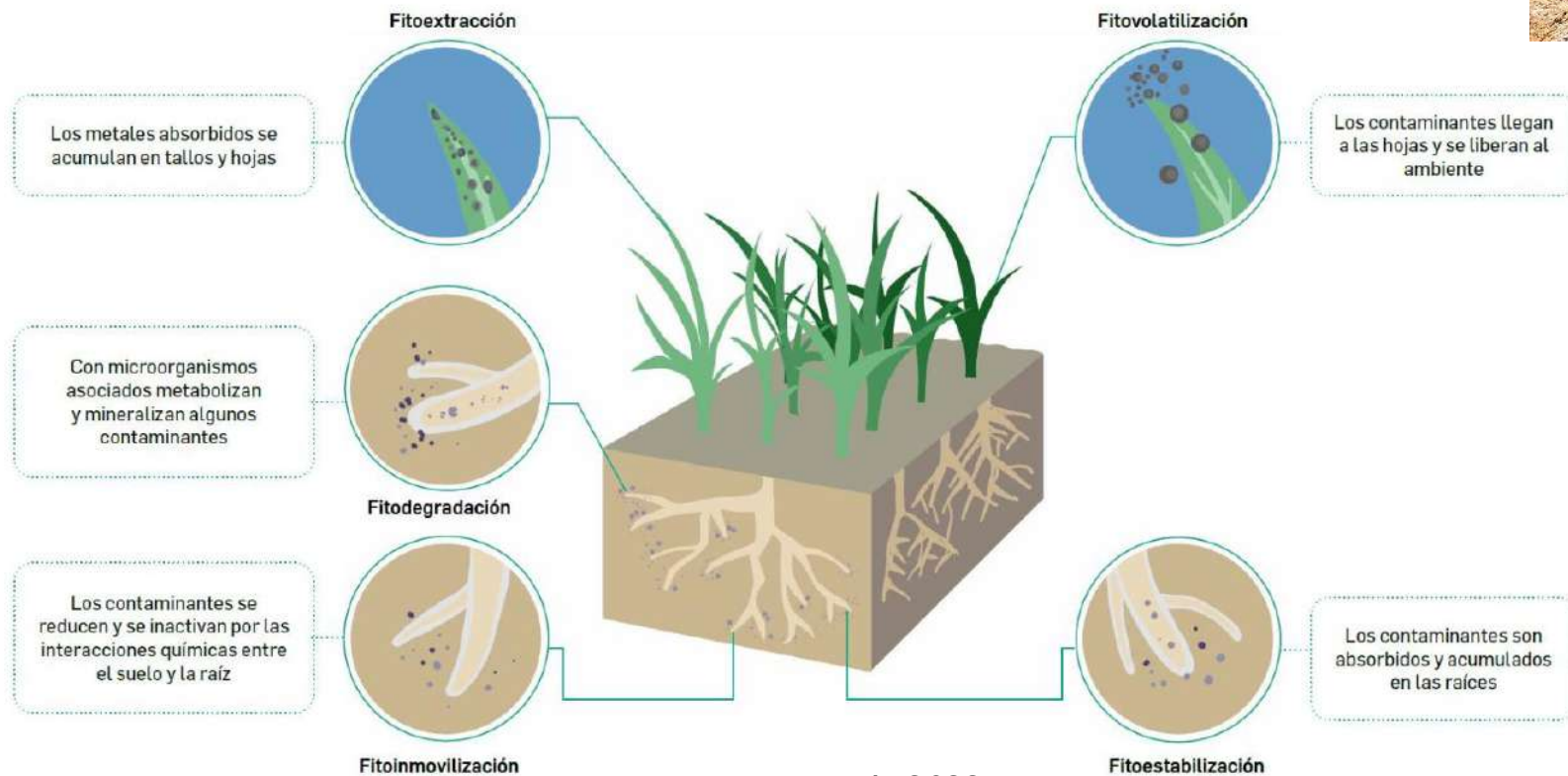


... ¿de dónde viene el agua cuando desaparecen los glaciares?



Soluciones basadas en la Naturaleza: biorremediación

Proyecto Agua Limpia y Segura (Instituto de Montaña y Universidad Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz)



Montano et al. 2022





¡Gracias!



¿Preguntas?

Fabian Drenkhan
fdrenkhan@pucp.pe



GEMS
PUCP

**Grupo de Glaciología y
Ecohidrología de Montañas Andinas**