



Encuentranos
en Facebook



V SIMPOSIO INTERNACIONAL AGUAS CONTINENTALES DE LAS AMÉRICAS

Isótopos para datar el agua en Atitlán: Fase II

PhD. **Juan Carlos Rosito** • Ing. María Moncada • Ing. José Ruiz

Tec. comunitario: Lucas Chiroy

Esta presentación

Contiene los avances del estudio isotópico desarrollado en la subcuenca del río Quiscab, con el propósito de demostrar su importancia estratégica para el abastecimiento humano y su contribución al sistema hídrico del lago de Atitlán.



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Estudio desarrollado en dos fases, iniciado en 2023, en la subcuenca del río Quiscab (cuenca del lago Atitlán).

Nace de la necesidad de herramientas técnicas que permitan comprender, de forma integrada, la dinámica del recurso hídrico en el territorio.

Los isótopos estables del agua ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^2\text{H}$) funcionan como un trazador natural y vinculante que permite enlazar componentes que normalmente se estudian por separado:

- ✓ La lluvia (entrada al sistema),
- ✓ El agua de pozos (almacenamiento y tránsito subterráneo),
- ✓ Los manantiales (puntos de descarga).

Al conectar estos tres componentes con un mismo lenguaje isotópico, podemos responder a preguntas como: de dónde proviene la recarga, qué tan rápido o lento circula, dónde se mezcla y cómo se relacionan los sistemas locales, intermedios y profundos.



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Contenido

1. Introducción
2. Área de estudio
3. Metodología
4. Resultados
5. Discusión
6. Conclusiones
7. Pasos a seguir



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

1. Introducción

Hidrología Isotópica: De la Teoría Atómica a la Práctica

Cómo usamos los isótopos ambientales para rastrear el origen y la edad del agua



¿Qué es un isótopo?

Son átomos del mismo elemento químico (tienen el mismo número de protones) pero presentan un distinto número de neutrones en su núcleo. Tienen prácticamente las mismas propiedades químicas.



Protio (^1H)



Deuterio (^2H)

Estable



Tritio (^3H)

Radiactivo



LA HUELLA DACTILAR (Isótopos Estables)

Utiliza **Oxígeno-18** y **Deuterio**.

Permite identificar el origen exacto del agua, indicando la altitud y el lugar específico de la lluvia que recargó el sistema.



EL RELOJ ATÓMICO (Isótopo Radiactivo)

Utiliza **Tritio (^3H)**.

Funciona como un cronómetro natural para determinar la **edad de recarga** y saber **exactamente cuándo** ingresó el agua al acuífero.



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

2. Área de estudio

Importancia estratégica de la subcuenca del Río Quiscab

❖ El Recurso

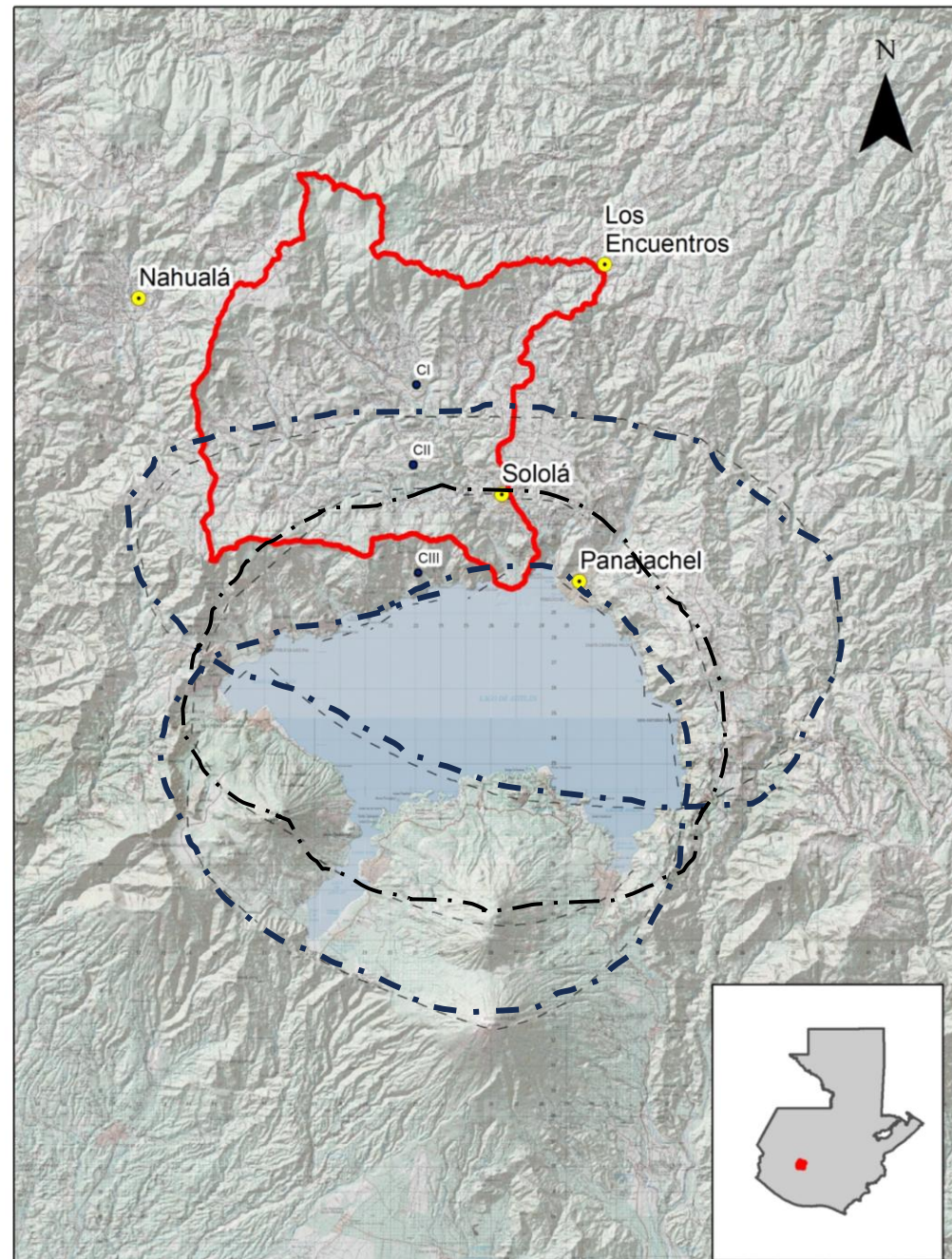
El lago de Atitlán contiene el volumen de agua dulce más grande de Centroamérica.

❖ La Cuenca

Es el área protegida más grande del altiplano de Guatemala.

❖ El Desafío

Gestionar el recurso hídrico de forma sostenible, previniendo su agotamiento y degradación, pues de él depende tanto la población como vida del lago. Comprender la dinámica del sistema hídrico resulta, por tanto, esencial para mantener el equilibrio entre el uso humano y la preservación del ecosistema.



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Formación del Lago de Atitlán

CALDERA I

Primer ciclo (14-11 Ma)
Crecimiento de estratovolcanes andesíticos
Formación de un gran plutón silíceo
Gran erupción de flujos y cenizas silíceos
Colapso y formación de la caldera Atitlán I
Relleno de la caldera Atitlán I

CALDERA II

Segundo ciclo (10-8 Ma)
Crecimiento de estratovolcanes andesíticos
Formación de un gran plutón silíceo
Gran erupción de flujos y cenizas silíceos
Colapso y formación de de la caldera Atitlán II
Relleno de la caldera Atitlán II

CALDERA III

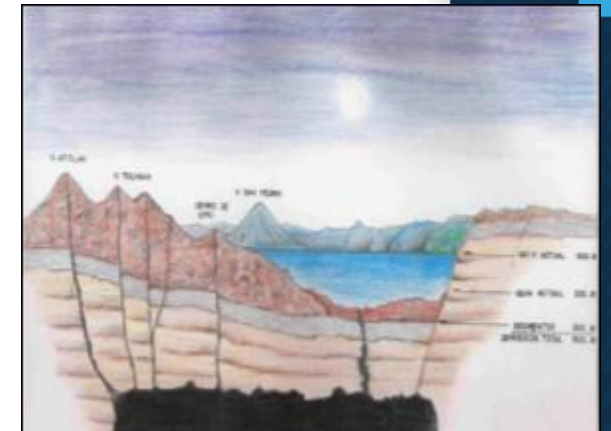
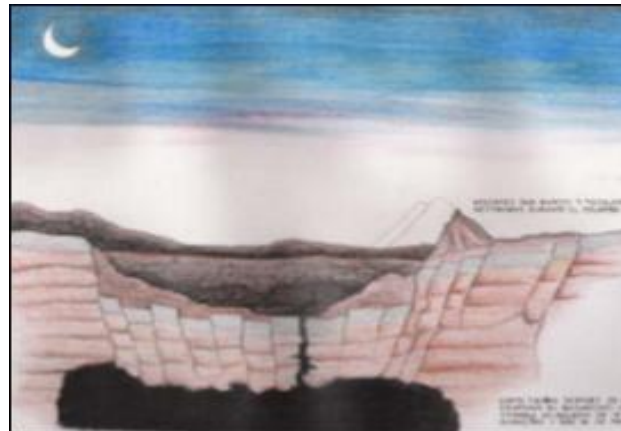
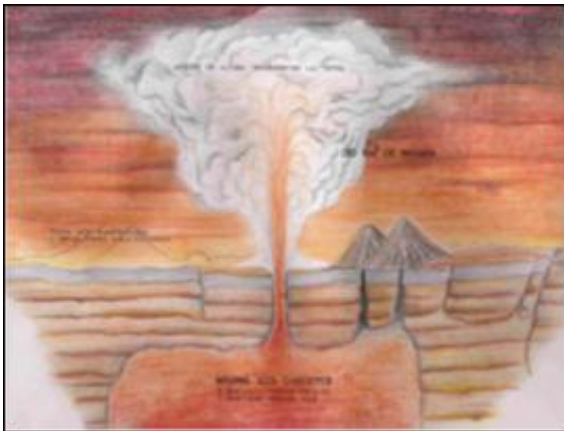
Tercer ciclo (1-0 Ma)
Crecimiento de estratovolcanes cuaternarios andesíticos
Desarrollo de un plutón de magma riolítico
Erupción de W
Gran erupción de flujos y cenizas de Los Chocoyos
Colapso y formación de la actual caldera Atitlán III.
Relleno de la caldera Atitlán III

ACTUALIDAD

Crecimiento de los modernos estratovolcanes .

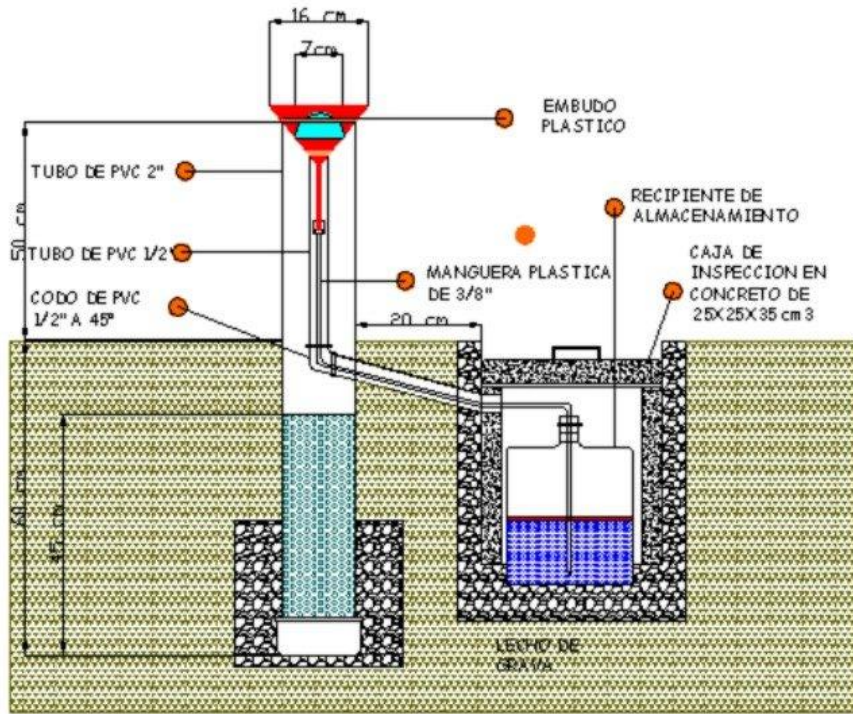


V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS



Nacimiento de los actuales
Volcán San Pedro (nació hace
más de 40.000 años), Volcán
Atitlán (40.000-10.000 años) y
Volcán Tolimán (nació hace
menos de 10.000 años)

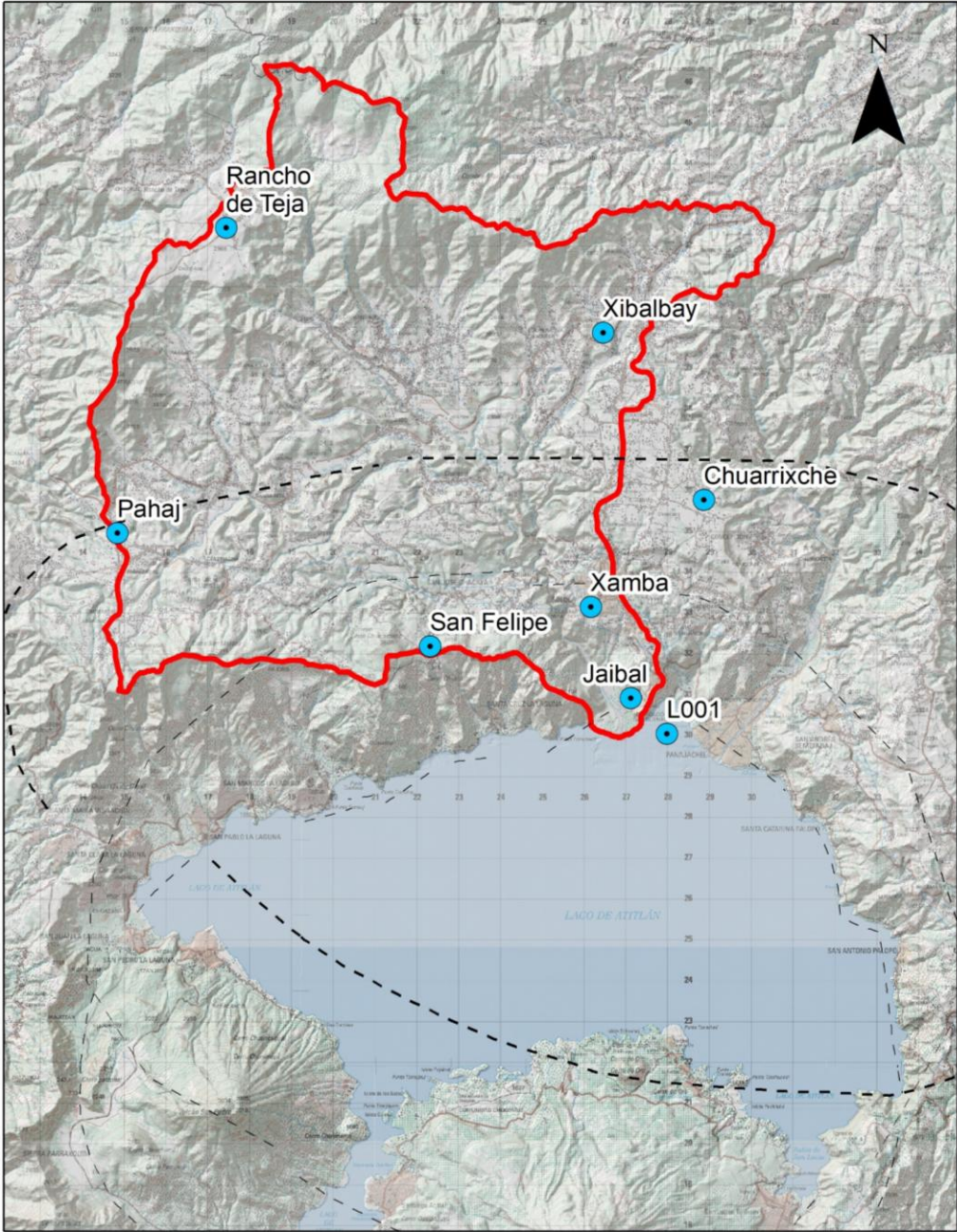
3. Metodología



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

FASE II: junio 2024 – abril 2025 (89 muestras)

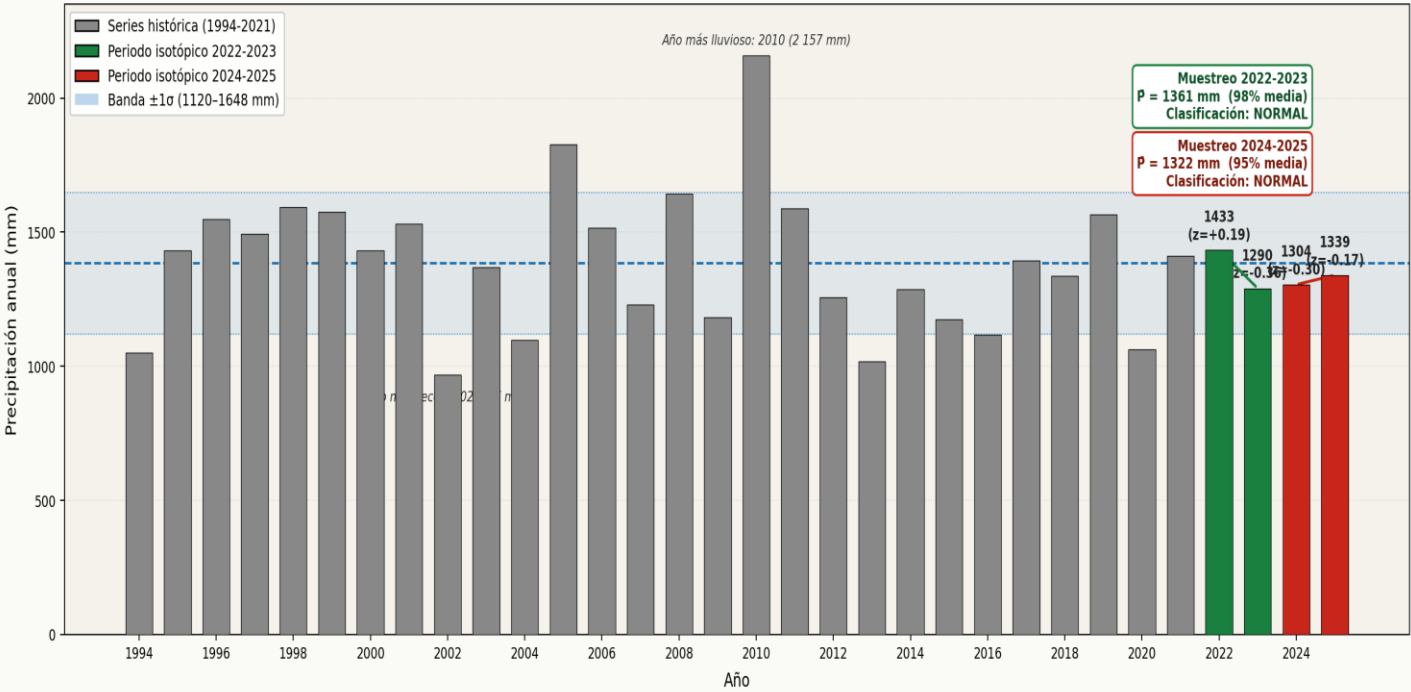
Punto	Altitud (msnm)	Tipo	Análisis
Rancho de Teja	2 975	Pozo/ Lluvia	2H – 180
Pahaj	2 488	Pozo/ Lluvia	2H – 180
Xibalbay	2 465	Pozo/ Lluvia	2H – 180
Chuarrixche	2 359	Pozo/ Lluvia	2H – 180
San Felipe	2 300	Pozo/ Lluvia	2H – 180
Xamba	2 100	Pozo/ Lluvia	2H – 180
Jaibal	1 600	Manantial/ Lluvia	2H – 180
Lago	1 500		2H – 180



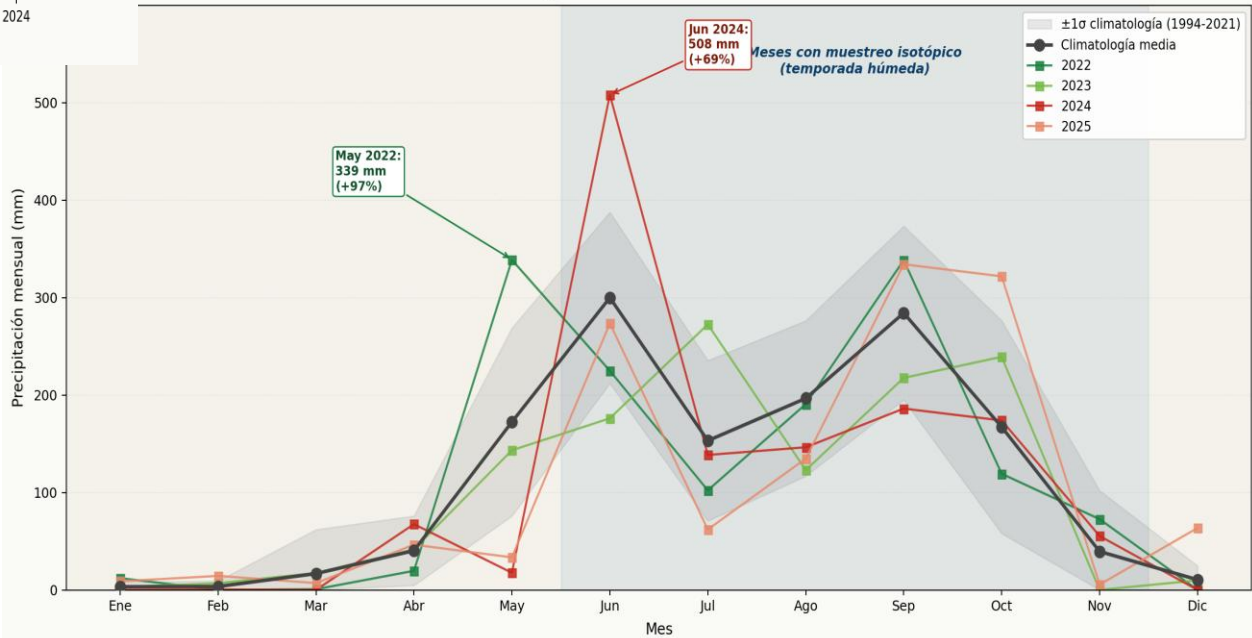
CONGRESO INTERNACIONAL
DE AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

3. Resultados

Estación El Tablón — Precipitación anual 1994-2025
Climatología y posición de los periodos isotópicos en el rango histórico

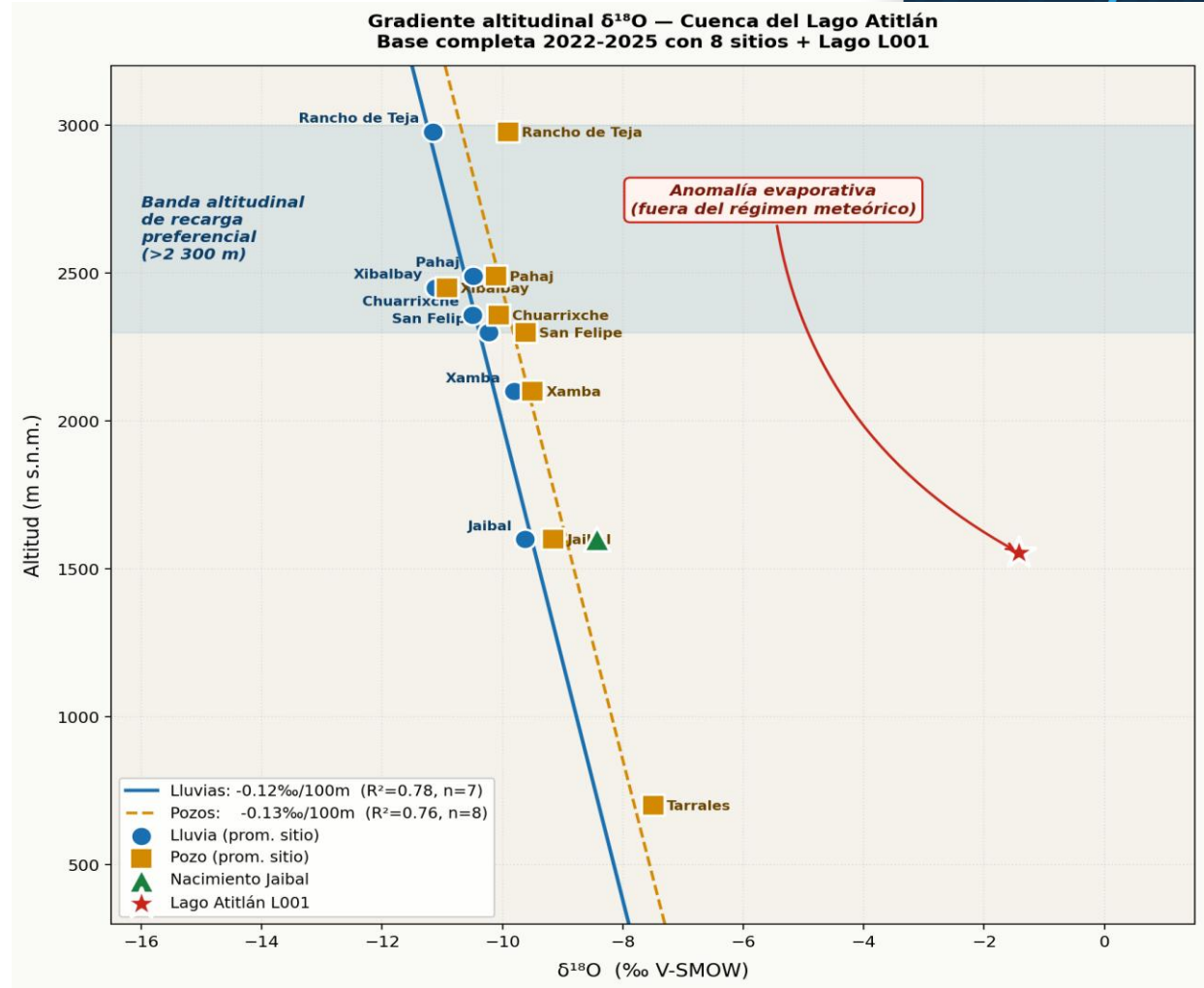
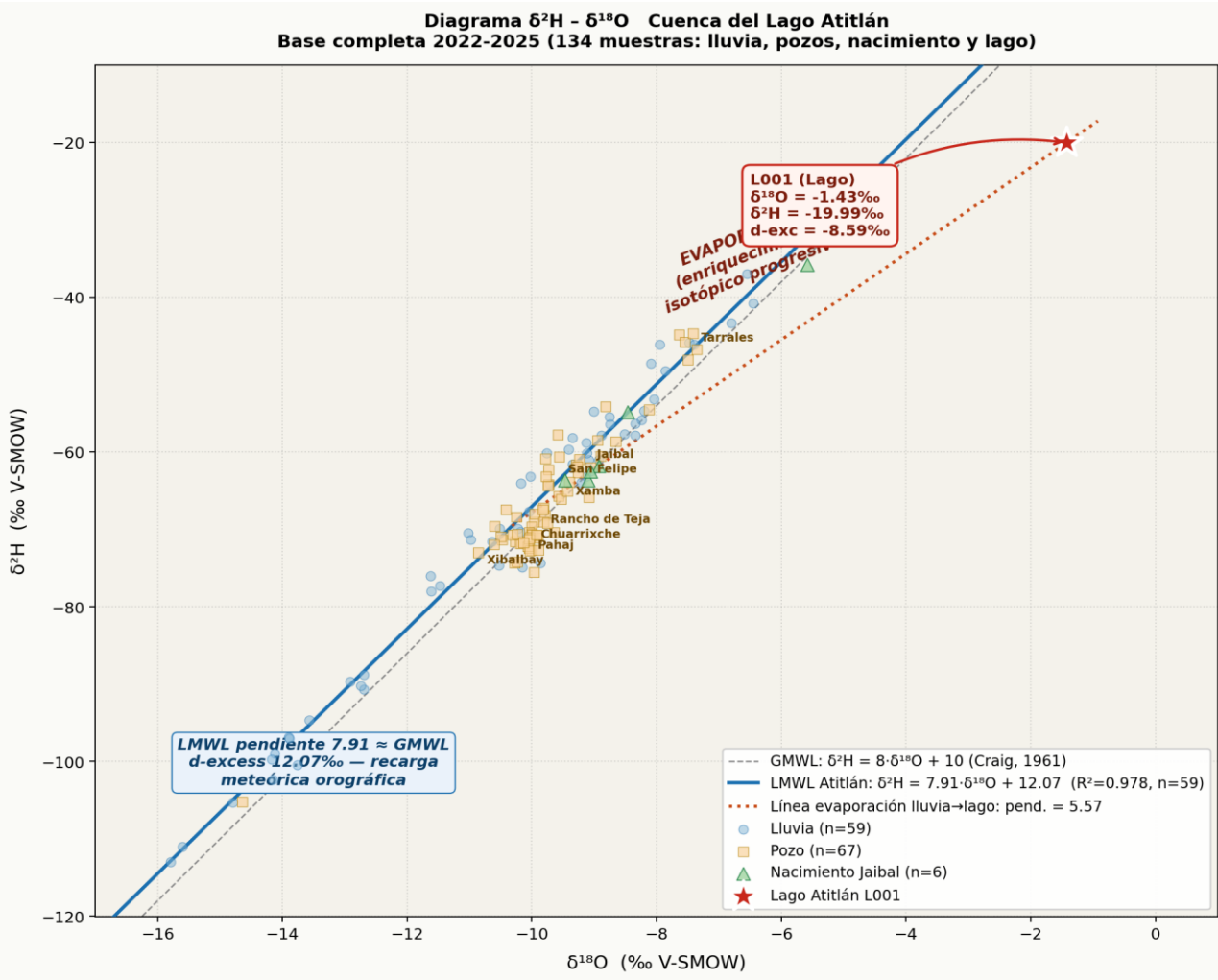


Régimen mensual de precipitación — El Tablón
Climatología 1994-2021 vs. años muestreados

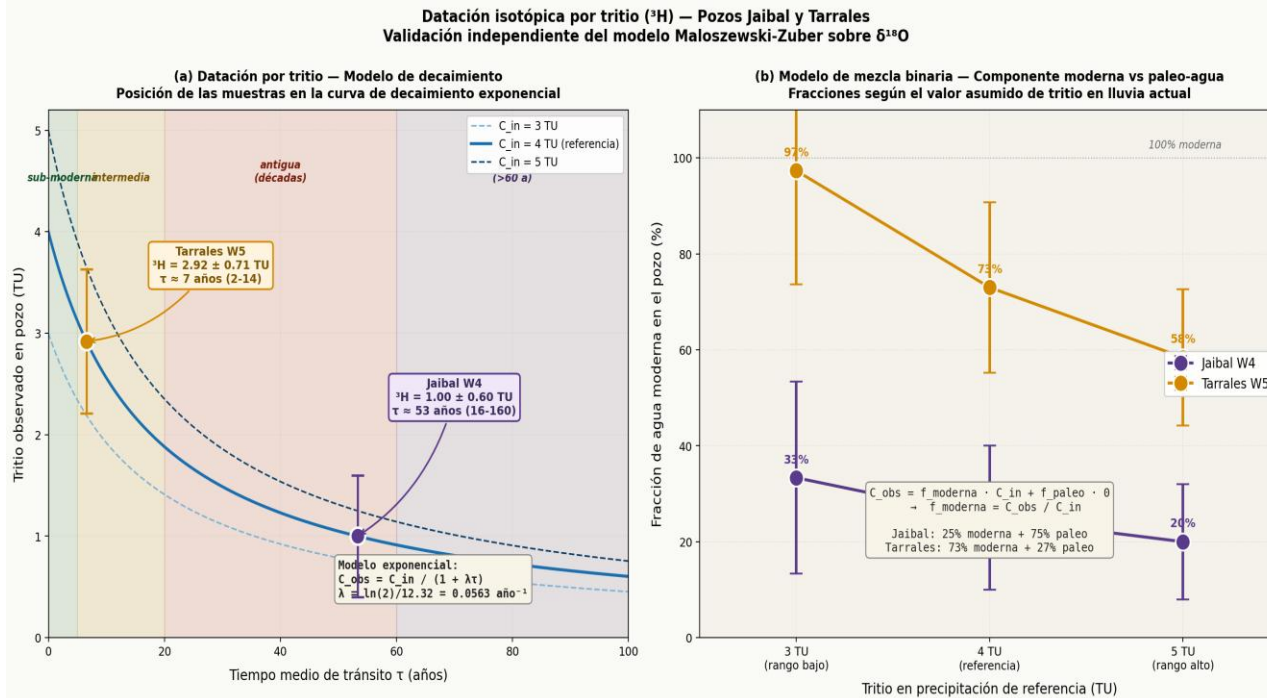
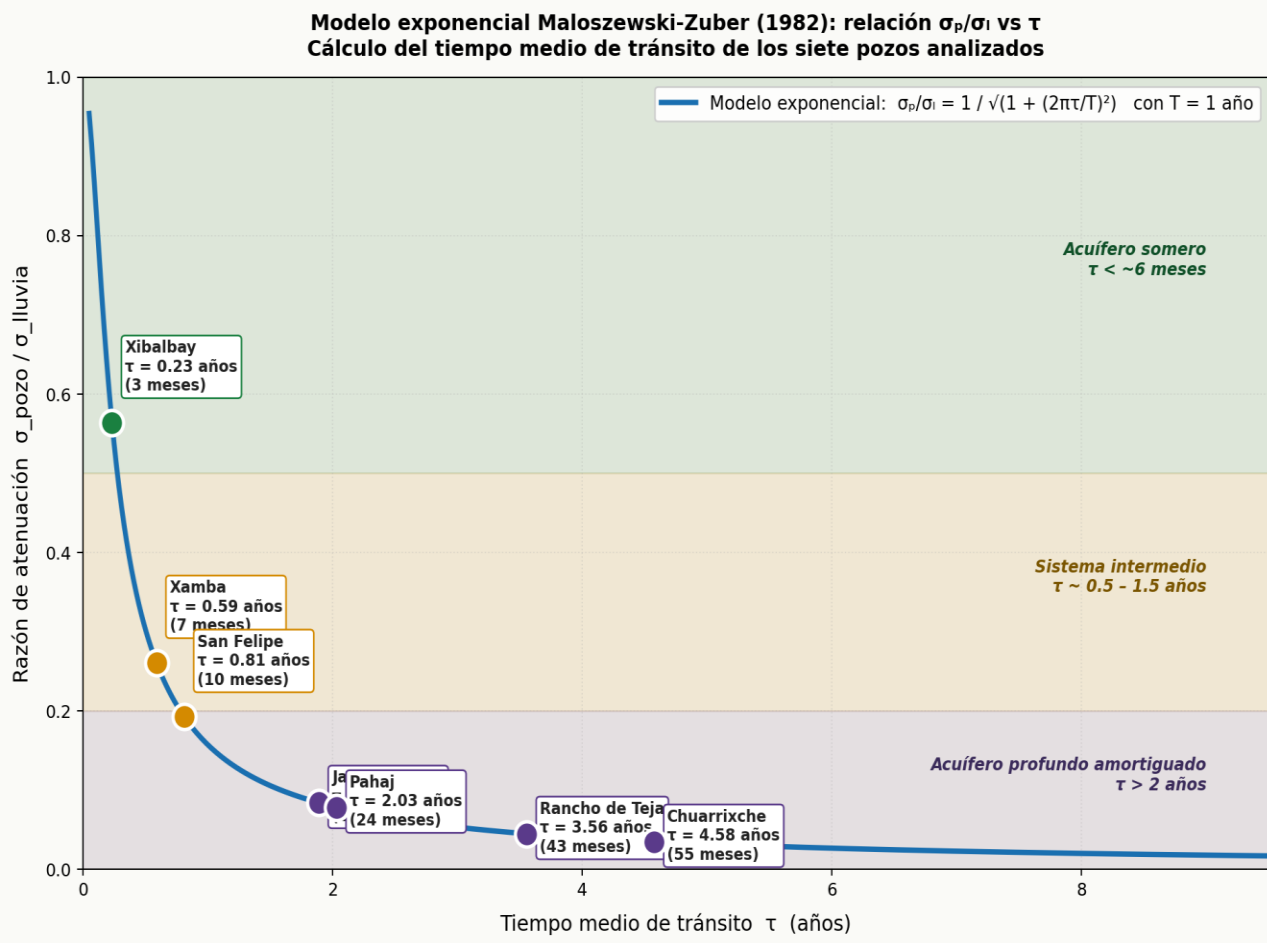


V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

3. Resultados

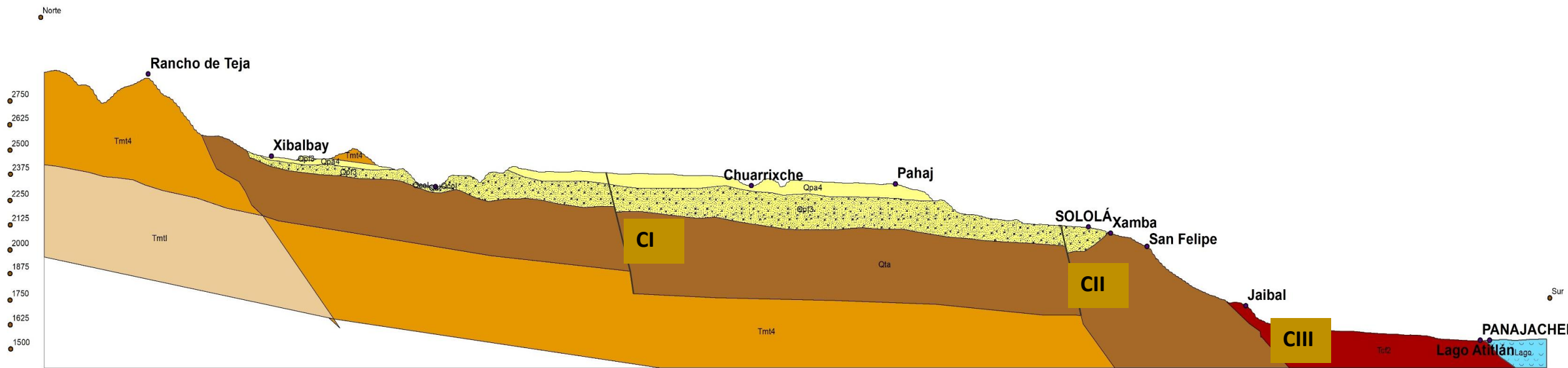


3. Resultados



Contexto geológico

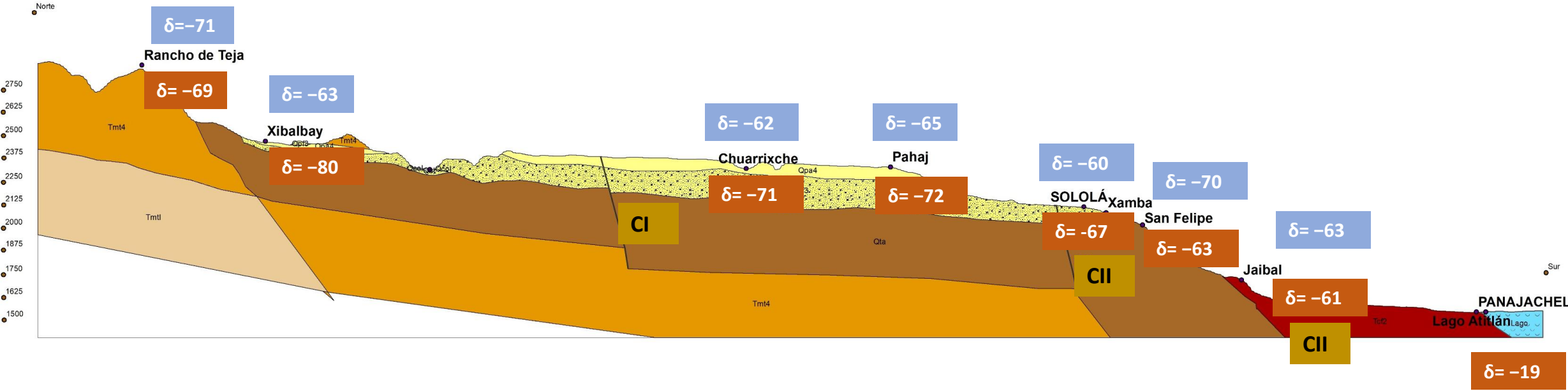
- Qpa4 Depósitos pomáceos post-Chocoyos/ Ceniza volcánica.
- Qpf3 Depósitos piroclásticos / Ceniza, lapilli.
- Qta Flujos de lavas (basaltos/andesitas).
- Tcf2 Sedimentos rellenos de caldera/ areniscas, lutitas.
- Tmt4 Toba María Tecún 4.
- Tmt1 Toba María Tecún 1.



5. Discusión: Gradiente isotópico

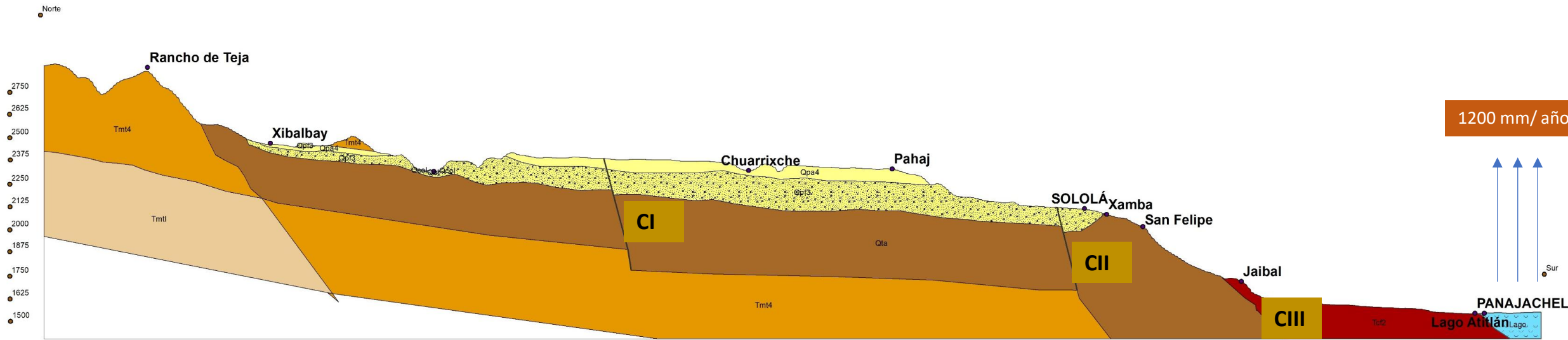
Lluvia $\delta^2\text{H}$ (‰)

Pozo $\delta^2\text{H}$ (‰)



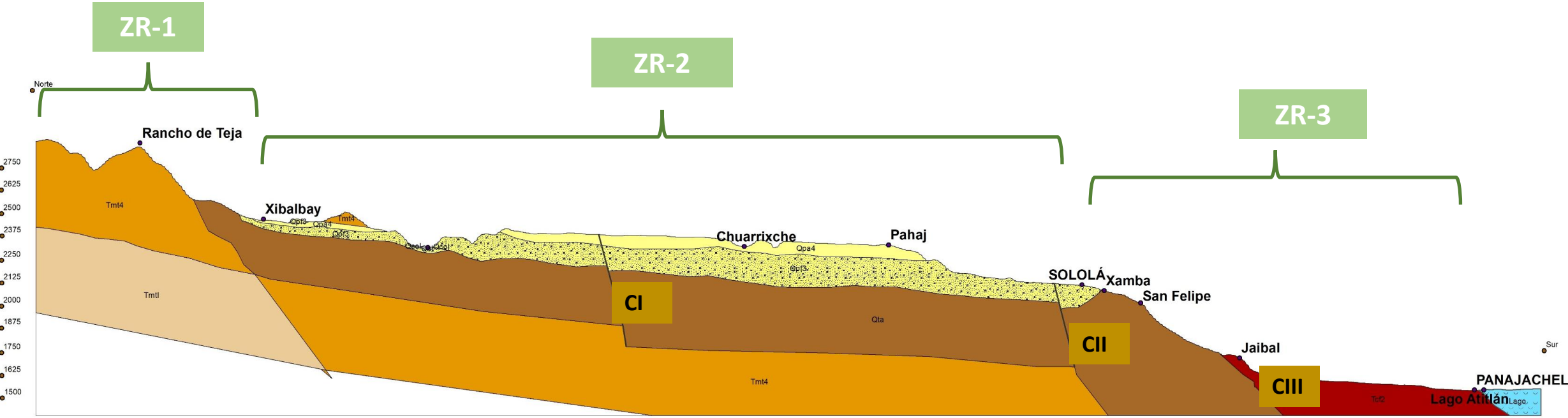
5. Discusión: Balance hídrico

P ≈ 1 960 mm/año



Aporte	Volumen (mm/a)	% del total	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	Procedencia
Precipitación directa sobre Lago	1 500	51.2%	−9.0	Lluvia a cota 1 555 m, captadores cota baja
Aporte total del río Quiscab (escorrentia + recarga)	949	39.2%	−10.95	Mezcla ponderada por recarga real ZR-1+ZR-2+ZR-3
Otras subcuencas menores	280	9.6%	−10.0	Estimación basada en cotas medias

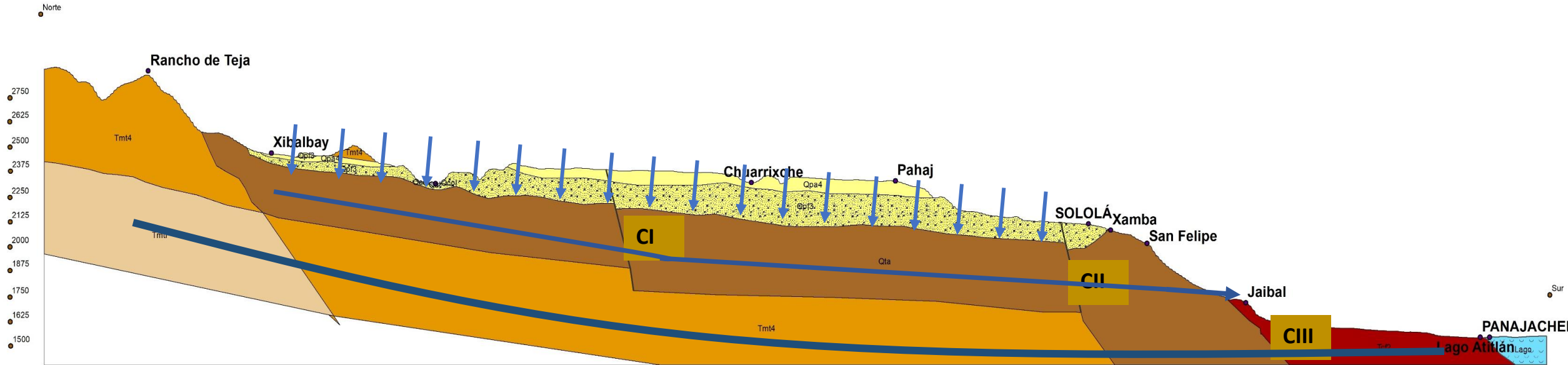
5. Discusión: Zonas de recarga preferenciales



Parámetro	ZR-1	ZR-2	ZR-3
Área (km²)	49.93	73.76	15.57
Precipitación media (mm/a)	1 838	1 641	1 462
Lámina recarga (mm/a)	616	432	67
Volumen recarga (Hm³/a)	11.1	13.8	1.4
% del balance total	42 %	53 %	5 %
Sitios de muestreo	Rancho de Teja	Xibalbay, Pahaj, Chuarrixche	Xamba, San Felipe, Jaibal
Régimen hidrogeológico	Profundo	Heterogéneo (somero a profundo)	Intermedio sub-anual
τ medio (años)	3-5	0.2-5	0.6-1

5. Discusión: Flujos Subterráneos

- Qpa4 Depósitos pomáceos post-Chocoyos/ Ceniza volcánica.
- Qpf3 Depósitos piroclásticos / Ceniza, lapilli.
- Qta Flujos de lavas (basaltos/andesitas).
- Tcf2 Sedimentos rellenos de caldera/ areniscas, lutitas.
- Tmt4 Toba María Tecún 4.
- Tmt1 Toba María Tecún 1.



- ↓ ↓ ↓ Flujo somero
- Flujo intermedio
- Flujo profundo

6. Conclusiones

- Isotopía: es muy conveniente para la integración de información biofísica y derivación acciones
- Alto nivel de confianza en los resultados
- Determinación del origen meteórico de la precipitación
- Determinación de las principales regiones de recarga hídrica, su función y su importancia relativa.
 - ZR 1: María Tecún
 - ZR 2: Los Encuentros, Santa Lucía Utatlán y Sololá
 - ZR 3: Sololá-desembocadura
- Determinación de principales atributos de hidrogeológicos de la estratificación vertical y flujo subterráneo de los acuíferos en la cuenca Quiscab.



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

7. Consideraciones finales

“A veces se nos olvida que el ciclo del agua y el ciclo de la vida son uno mismo” Jaques Cousteau

- Utilización de isótopos estables del agua
- Utilidad de la información en esquemas de corto plazo y temas estructurales



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS

Muchas Gracias



V SIMPOSIO INTERNACIONAL
AGUAS CONTINENTALES
DE LAS AMÉRICAS



V SIMPOSIO INTERNACIONAL AGUAS CONTINENTALES DE LAS AMÉRICAS



Autoridad
para el Manejo Sustentable
de la Cuenca del Lago
de Atitlán y su Entorno



UVG
UNIVERSIDAD
DEL VALLE
DE GUATEMALA



CENTRO
DE ESTUDIOS ATITLÁN - CEA -
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES



simposio.atitlan@gmail.com



<https://simposioatitlan.org.gt/>



Encuentranos
en Facebook