



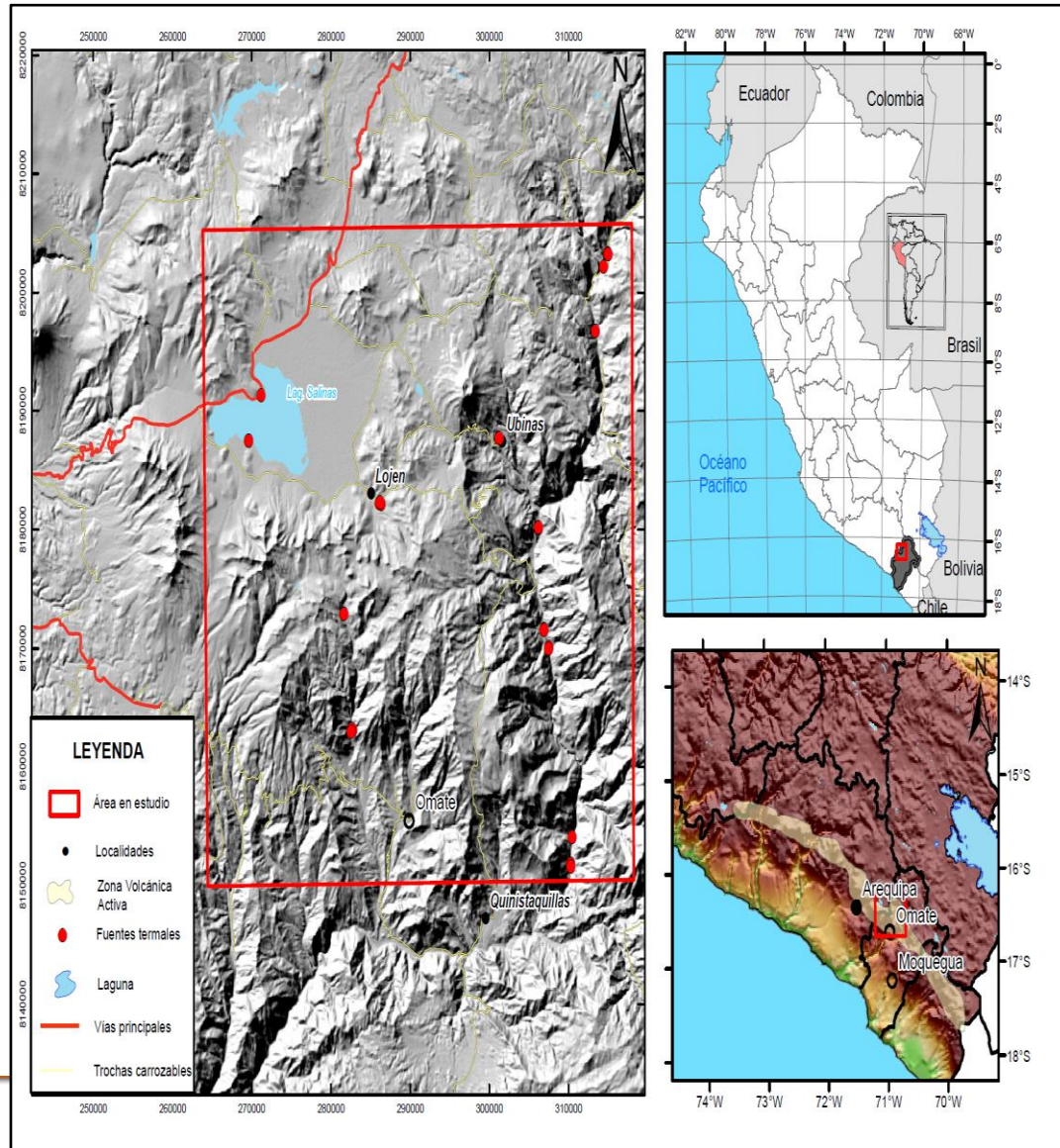
- ❖ La información contenida en esta presentación, es de propiedad del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET, y no podrá ser reproducida o divulgada, total ni parcialmente, excepto previa autorización por escrito del INGEMMET. Todos los derechos y/o títulos de propiedad intelectual están reservados.
- ❖ Esta información ha sido obtenida de fuentes consideradas confiables y con autorización expresa del INGEMMET dentro del marco de sus funciones; sin embargo; recomendamos contrastar los niveles de precisión de la fuente informativa con el objetivo de su correcta aplicación.
- ❖ The information contained in this presentation is proprietary to the Geological Mining and Metallurgical Institute- INGEMMET, and shall not be reproduced or disclosed in whole or part or used for any purpose, except when such user possesses direct written authorization from INGEMMET. All rights and/or titles to any intellectual property are reserved.
- ❖ This information has been obtained from sources deemed reliable and with the express permission of INGEMMET within the framework of their duties, however, we recommend to contrast the levels of accuracy of the information source for the purpose of its correct application.



GEOQUÍMICA DE LOS FLUIDOS TERMALES ASOCIADOS A LOS VOLCANES UBINAS Y HUAYNAPUTINA - REGIÓN MOQUEGUA

Vicentina Cruz y Diana Pajuelo

PROYECTO: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL GEOTÉRMICO DEL PERÚ
DIRECCIÓN DE RECURSOS MINERALES Y ENERGÉTICOS

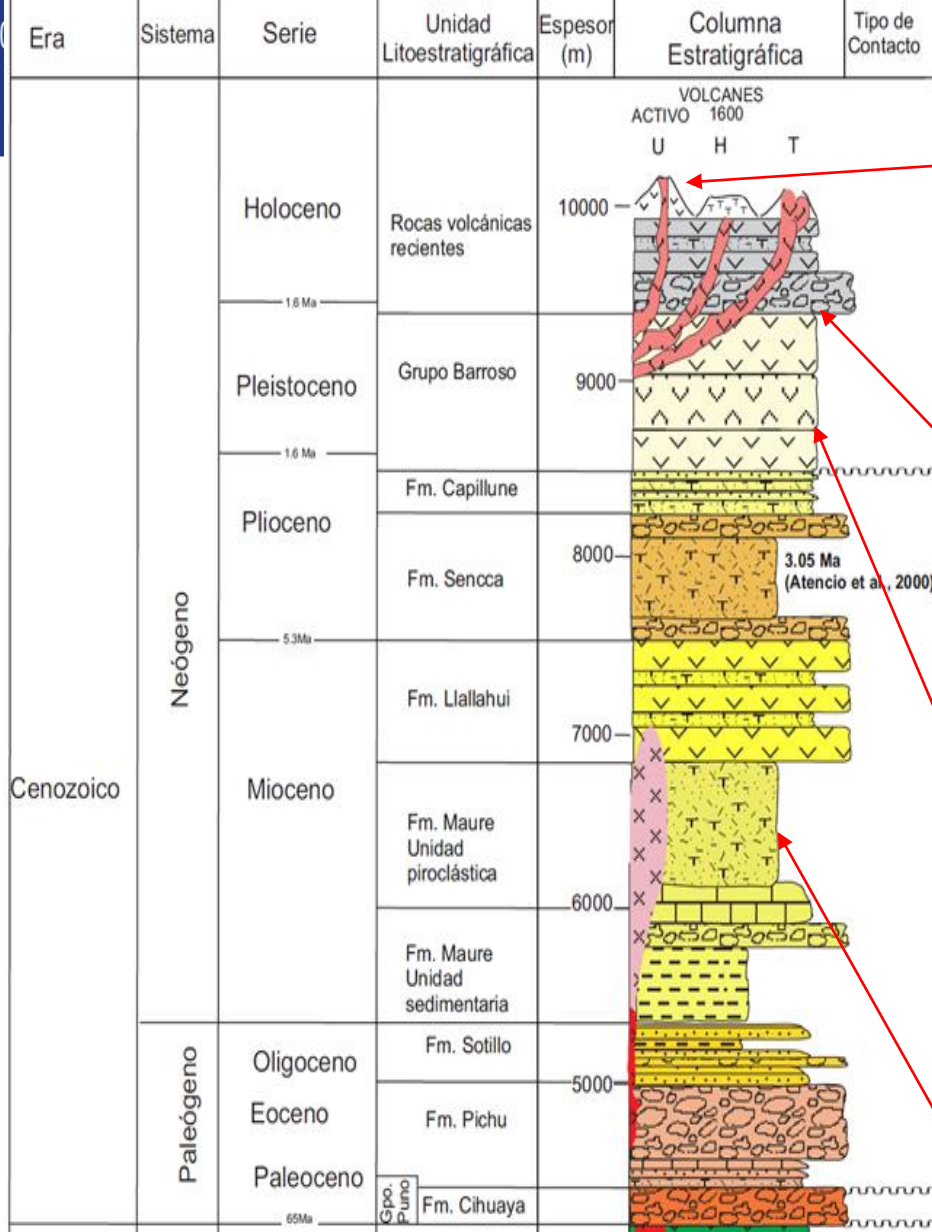


UBICACIÓN DEL PROYECTO

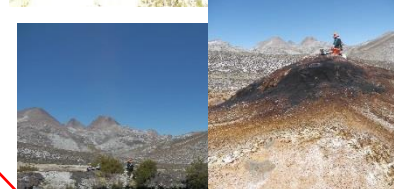
Región: Moquegua
Provincia: General
Sanchez Cerro
Distritos: Ubinas,
Matalaque
Quinistaquillas,
Omate y Coalaque

Mapa de ubicación y las manifestación geotermal

GEOLOGÍA



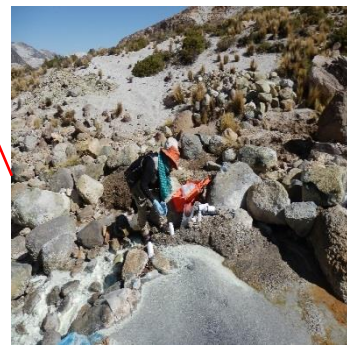
FT= Ubinas
Surge= lavas andesíticas, al S-E del volcán Ubinas
T° max.= 29.5°C



FT= Lojen
Surge= depósitos Cuaternarios recientes, alteración hidrotermal y oxidación
T° max.=30.9°C



FT= Palcamayo
Grupo Barroso
Surge= zona de alteración hidrotermal argílica
T° max.= 51.3°C



FT=Lucco
Fm. Maure
Surge=zona de alteración hidrotermal
T° max.=40.3



FT=Fuente Termal

LEYENDA

- | | | | | | | | |
|--|----------|--|------------------------------------|--|--|--|----------------------------|
| | Caliza | | Conglomerado con caliza y arenisca | | Lava andesítica | | Roca intrusiva porfirítica |
| | Lutita | | Conglomerado | | Lava traquiandesita (Atencio et al., 2000) | | Roca intrusiva |
| | Arenisca | | Arenisca | | Roca subvolcánica | | Discordancia Angular |



GEOLOGÍA



FT=Candagua, Matalaque, Huarina
Fm. Matalaque
Surge= rocas de lavas andesíticas
T°max.=61.3°C



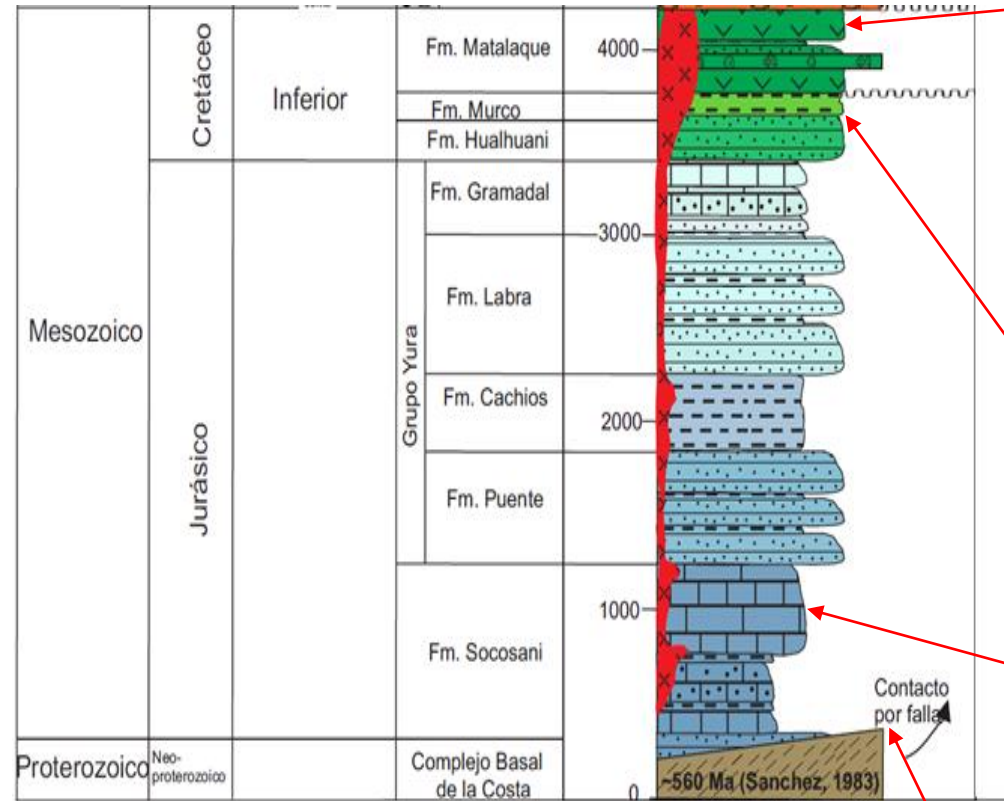
FT=Baños del Cura y Exchaje
Fm. Hualhuani y Murco
Surge= secuencias
Volcanosedimentarias
del Grupo Maure
T°max.=33.7°C



FT= Reventado (río Tambo)
Fm. Socosani
Surge= entre las capas de rocas caliza
T°max.=58.9°C



FT= Ullucan
Complejo Basal de la Costa
Surge= cerca del contacto entre las
rocas sedimentarias del Jurásico y
metamórficas del Precámbrico
T°max.=81°C



LEYENDA

	Caliza		Conglomerado con caliza y arenisca		Lava andesítica		Roca intrusiva porfirítica
	Lutita		Conglomerado		Lava traquiandesita (Atencio et al., 2000)		Roca intrusiva
	Arenisca		Arenisca		Roca subvolcánica		Discordancia Angular



TEMPERATURA Y PERMEABILIDAD

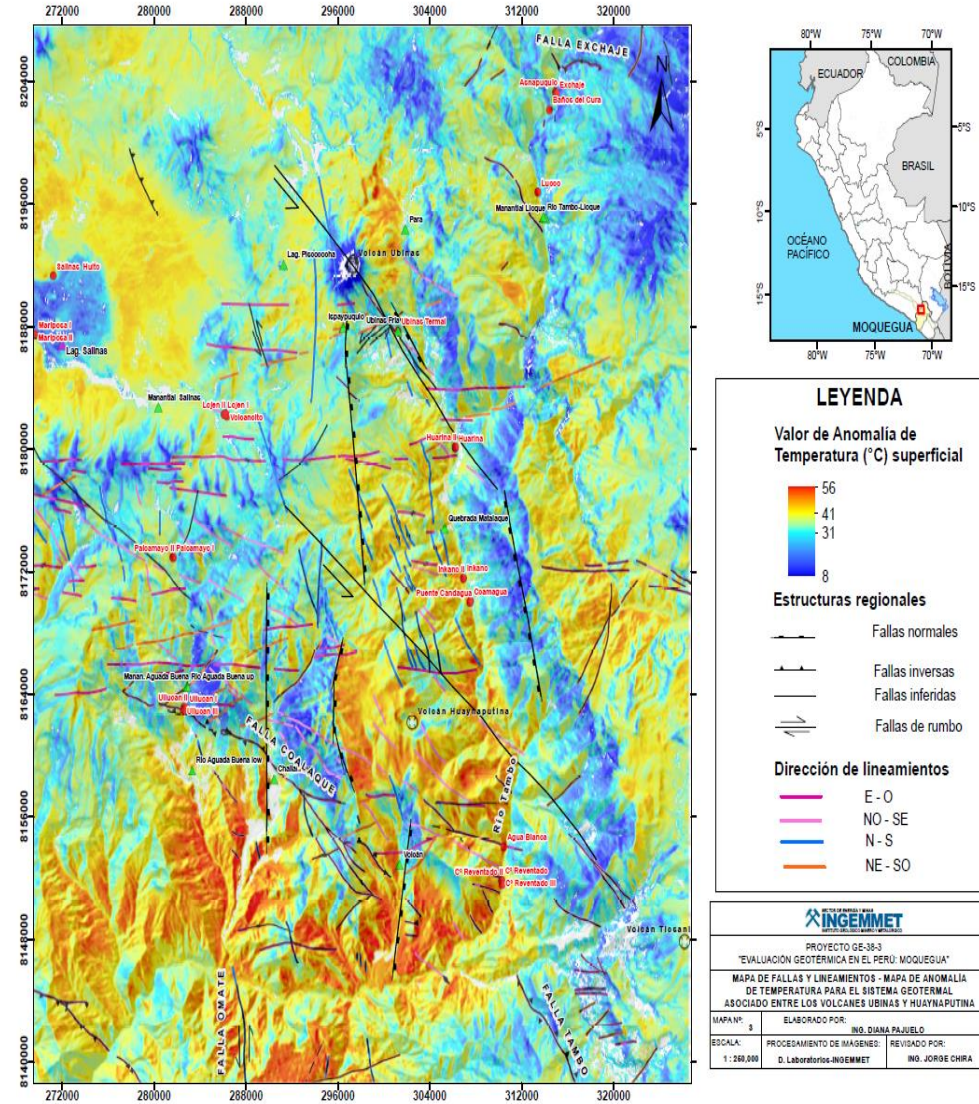
Determinación de temperatura o radiancia en superficie
(Laboratorio de Teledetección-INGEMMET)

Resultados:

- Altas temperaturas de radiancia se encuentran concentradas a los alrededores del volcán Huaynaputina y al NE del volcán Ubinas, en ambos casos el rango de temperatura varía entre 42° a 56°C.

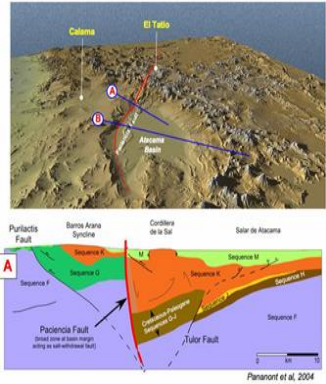
Zonas permeables que se relacionan con el paso de los fluidos geotérmicos.

- Falla Exchaje NO-SE con buzamiento S-O
- Falla Coalaque ONO-ESE 25km de extensión
- Falla Matalaque N-S
- Fallas de rumbo NO-SE
- Falla Omate y Tambo NNO-SSE
- Sistemas de lineamientos

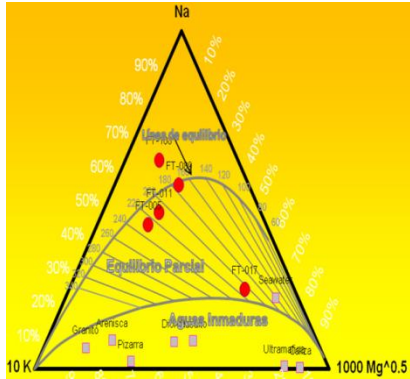




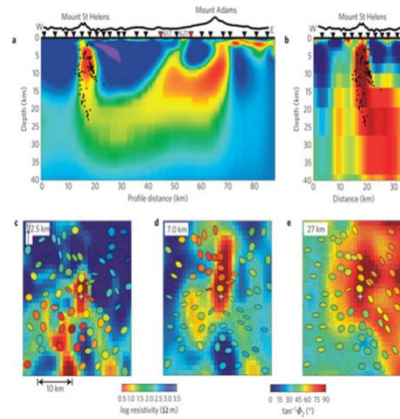
METODOLOGÍA



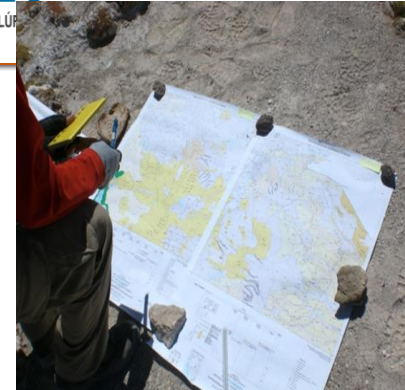
Geología



Geoquímica



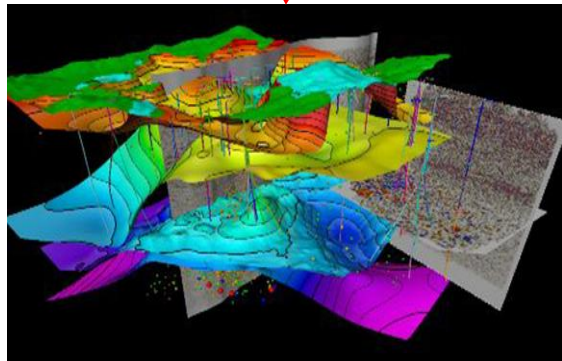
Geofísica



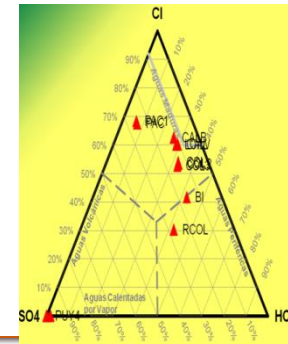
Inventario de manifestaciones
termales



Muestreo de aguas termales frías



Modelo geotérmico integrado



Interpretación geoquímica



Análisis químico



INTERPRETACIÓN QUÍMICA DE LAS AGUAS

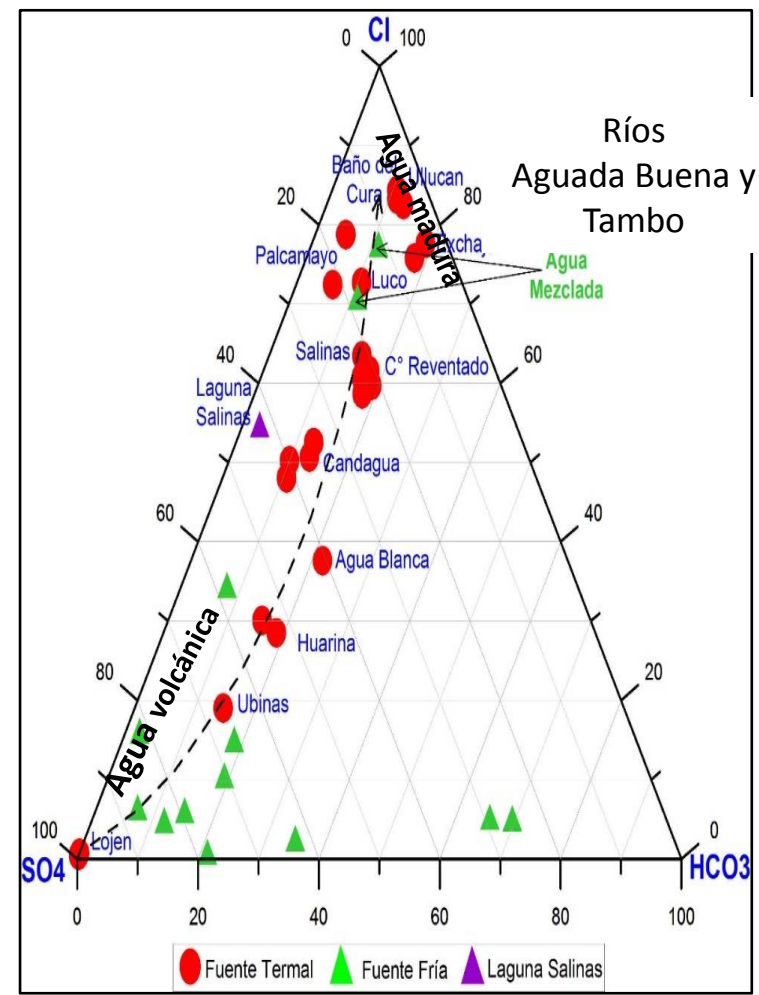


Diagrama ternario, contenido relativo de Cl, SO₄ y HCO₃ (Giggenbach, 1988).

Clasifican en dos grupos:
- Clorurada, Sulfatada y
Clorurada-Sulfatada

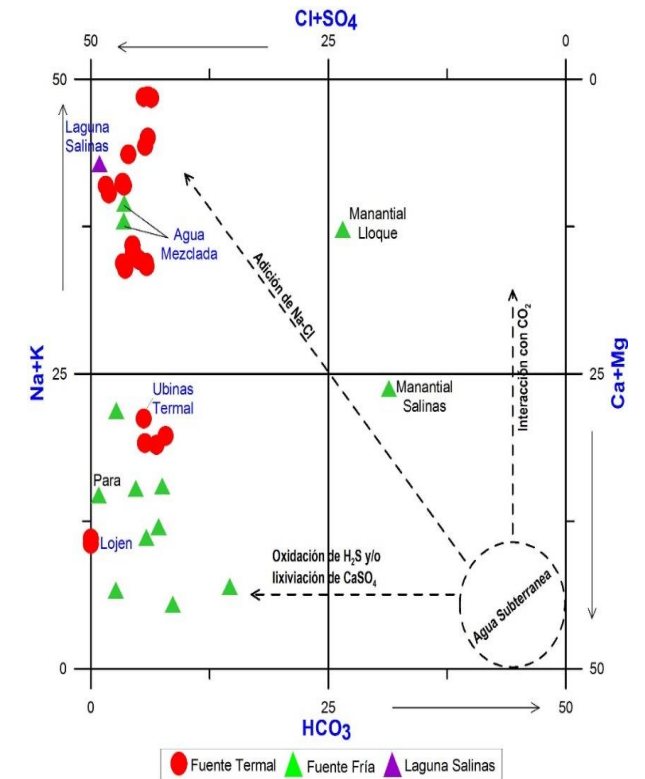
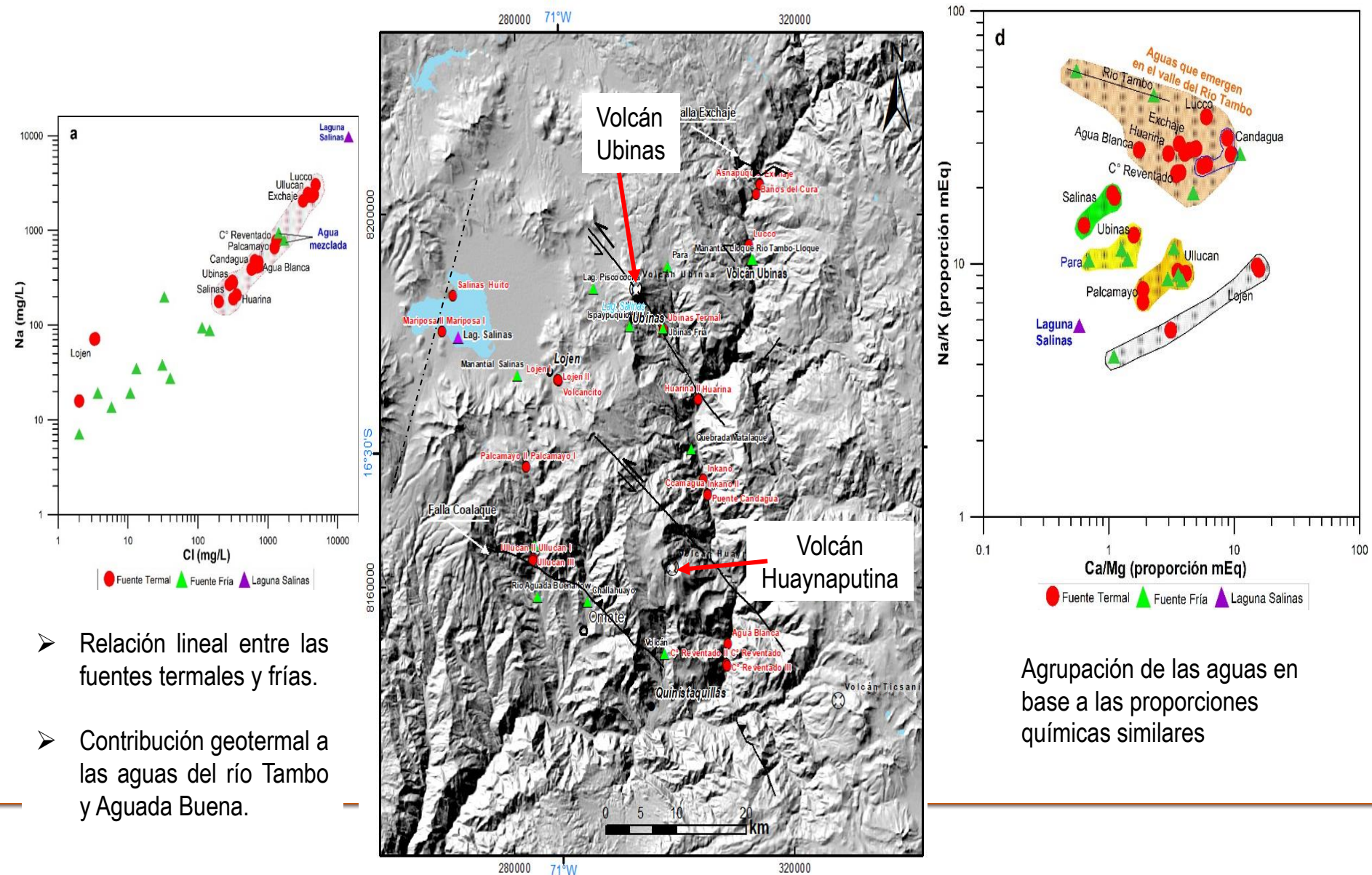


Diagrama de Langelier –Ludwig (Langelier y Ludwig 1942).

- Aguas Na-Cl, fuente disolución de la Halita o recorrido de las aguas a niveles profundos asociado a sistemas de alta entalpía.
- Aguas Ca.Mg-SO₄ en su mayoría aguas por procesos de oxidación de H₂S y/o lixiviación del CaSO₄



INTERPRETACIÓN QUÍMICA DE LAS AGUAS

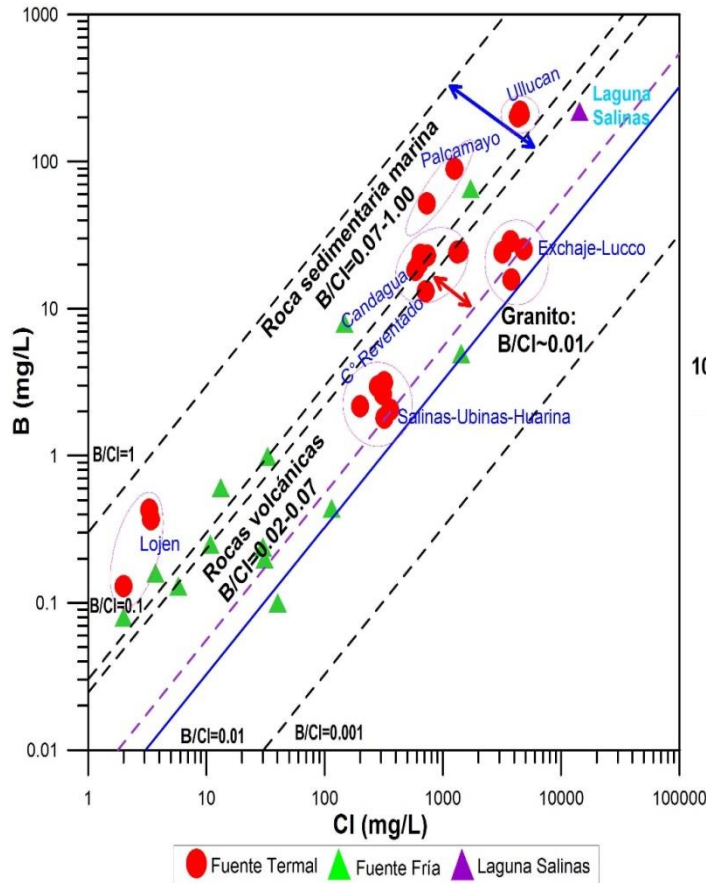


- Relación lineal entre las fuentes termales y frías.
- Contribución geotermal a las aguas del río Tambo y Aguada Buena.

Agrupación de las aguas en base a las proporciones químicas similares

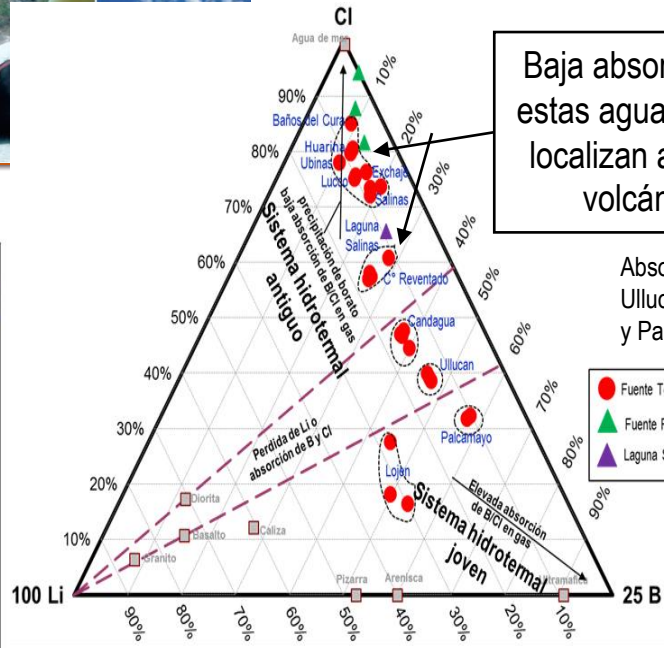


INTERACCIÓN AGUA-ROCA



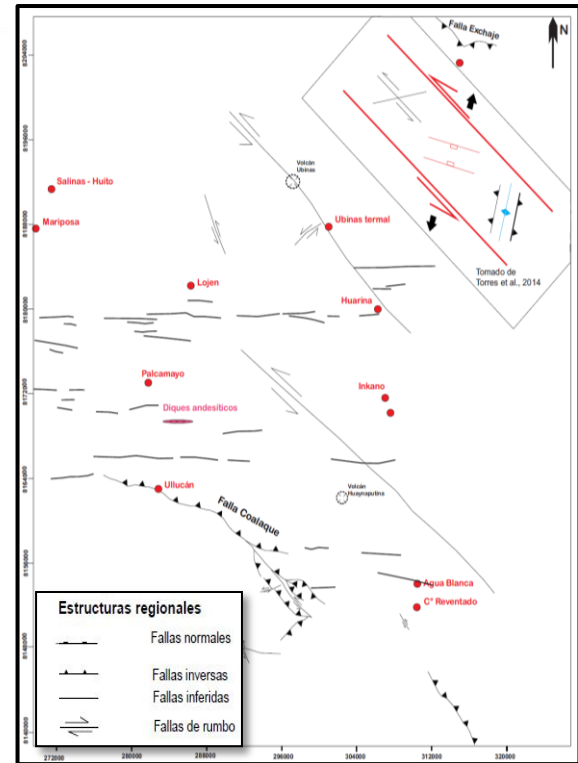
Baja absorción de B/Cl, estas aguas termales se localizan al NE y O del volcán Ubinas.

Absorción de B/Cl disminuye desde Lojen > Palcamayo > Ulluca > Candagua hasta Baños del Cura. Mientras que, Lojen y Palcamayo asociado a sistemas hidrotermales jóvenes.



Diagramas ternarios CI-Li-B

En general las fuentes termales presentan descarga de flujo de salida lateral, favorecido por el sistema de fallas y fracturas



Mapa estructural de la zona de estudio

Rocas volcánicas

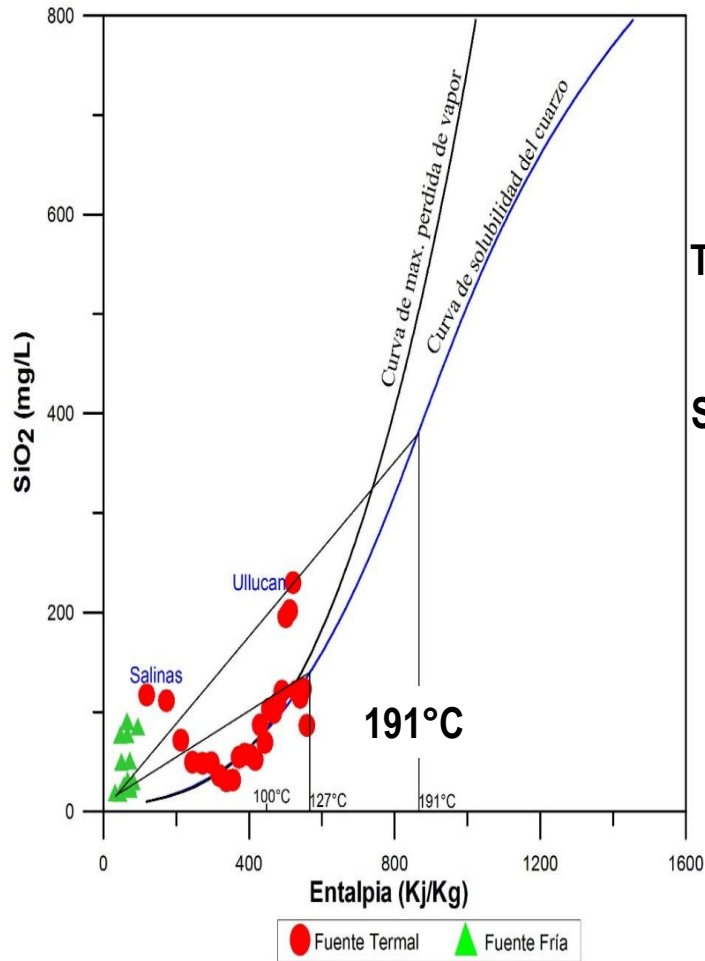
Salinas, Ubinas, Exchaje, Lucco, Huarina

Rocas sedimentarias

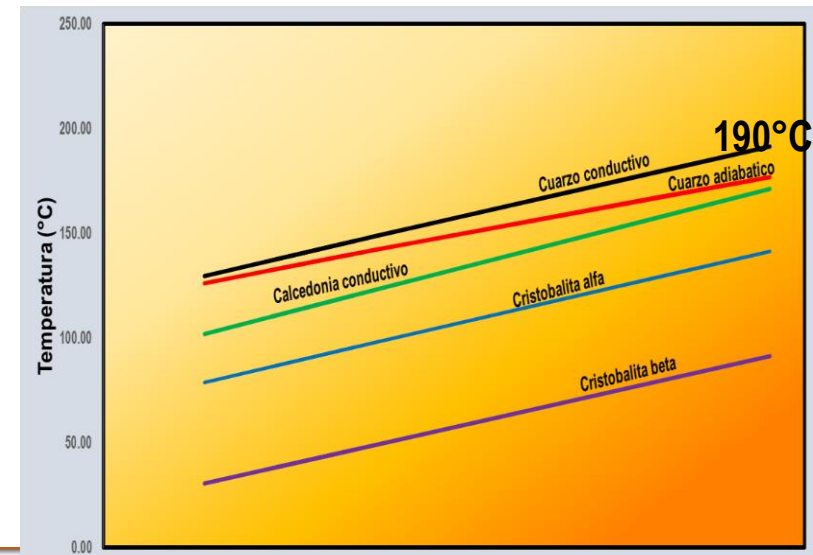
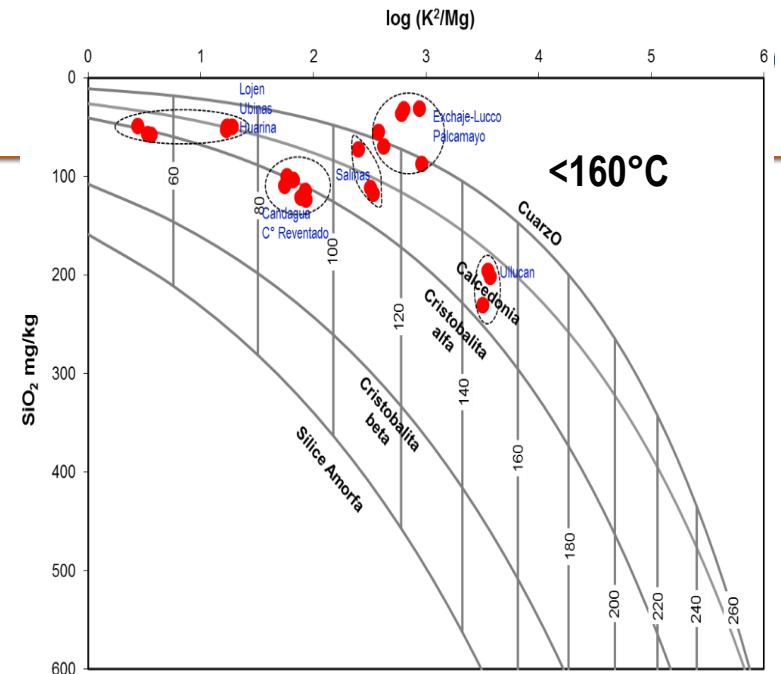
Lojen, Candagua, Palcamayo, Ullucan



GEOTERMÓMETROS DE CUARZO



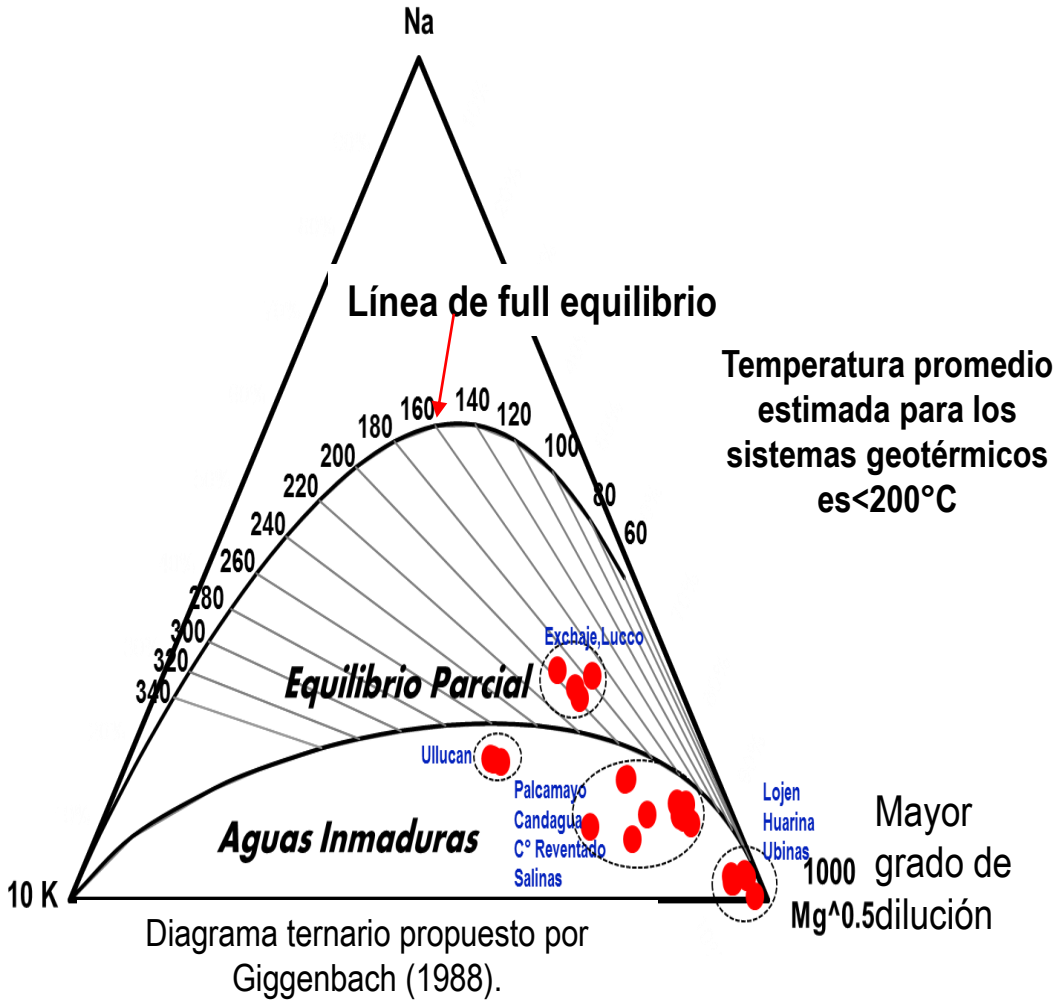
Temperatura promedio
estimada por
geotermómetros de
SiO₂ para los sistemas
geotérmicos es de
<180°C



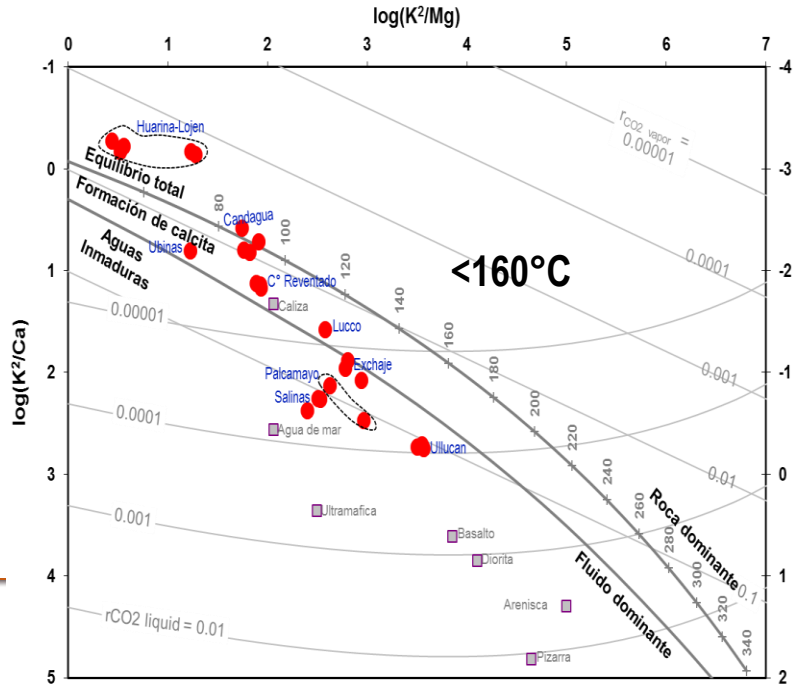
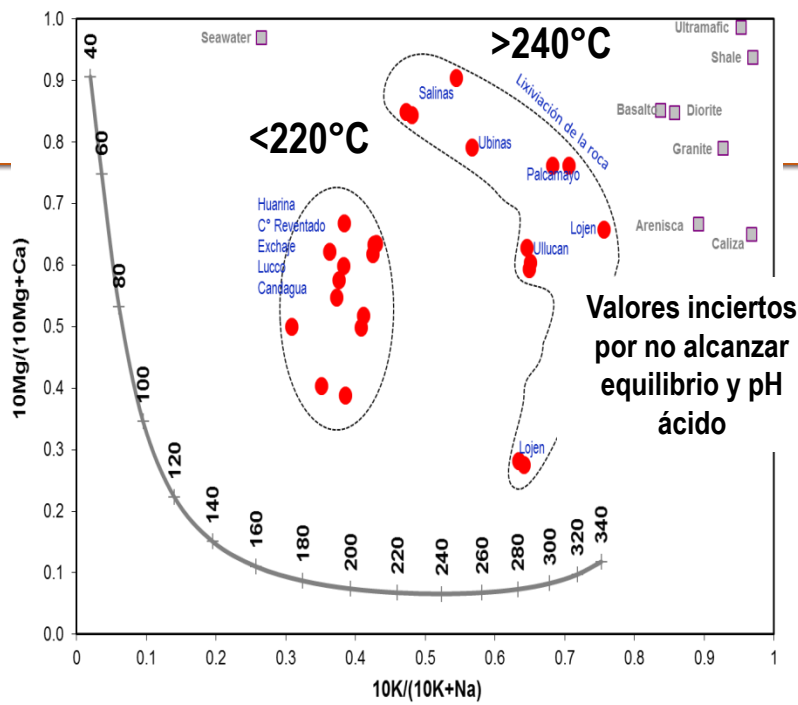
Temperaturas de geotermómetros de Sílice para las aguas termal



GEOTERMÓMETROS CATIÓNICOS EN FASE LÍQUIDA



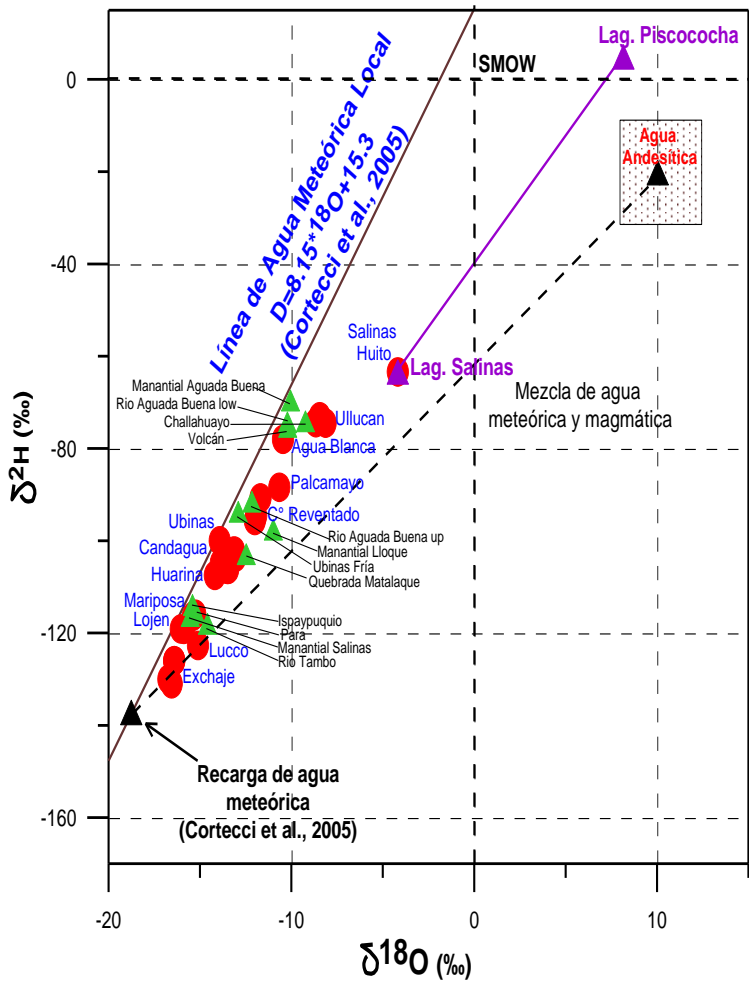
Los sistemas geotérmicos en estudio no poseen aguas maduras que alcancen el equilibrio, posiblemente a procesos de intercambio iónico entre fluido y la roca o a reacciones de lixiviación.



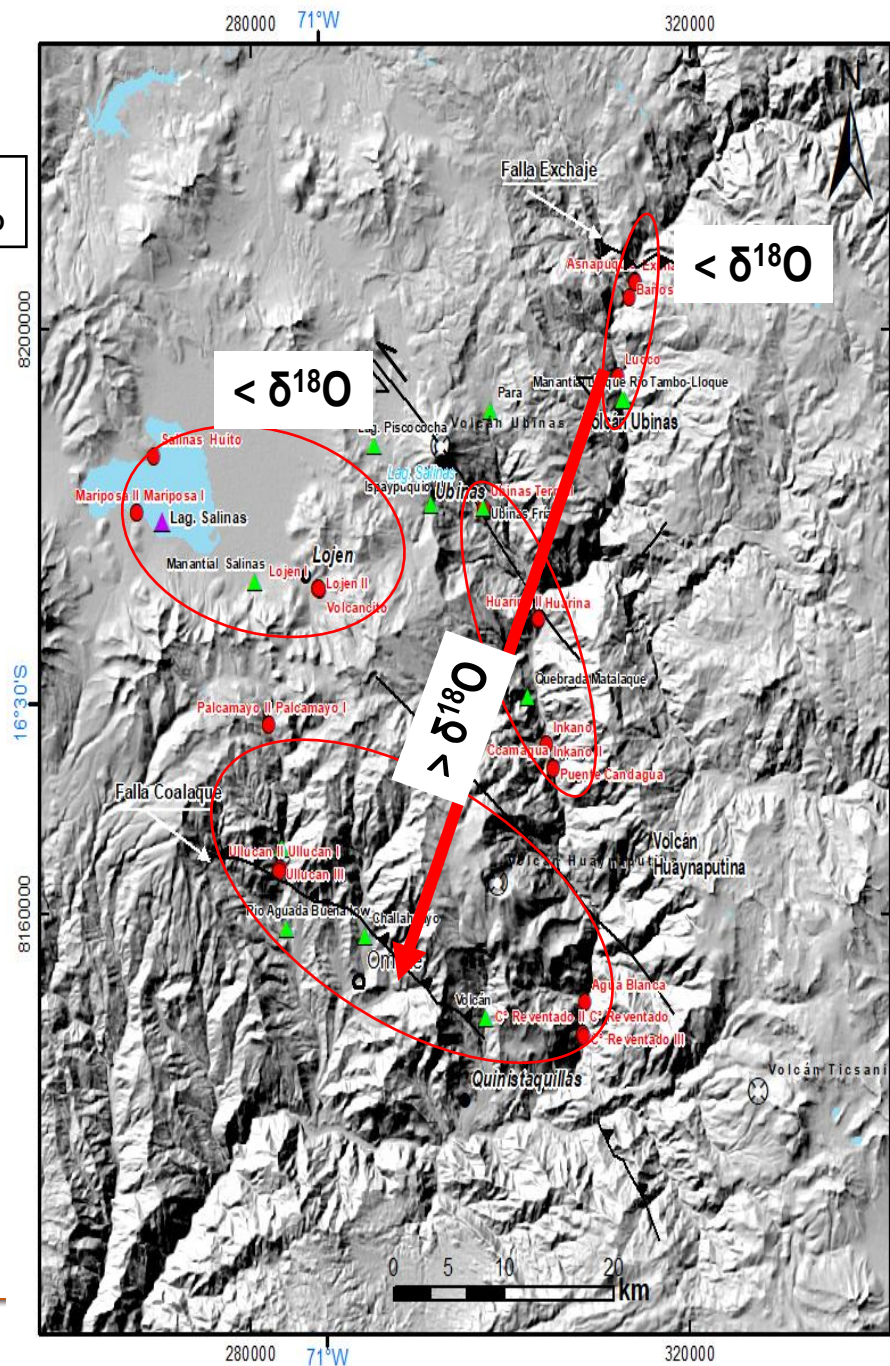


ISOTOPOS AMBIENTALES

Agua contaminada con ceniza volcánica y sales de boro



La evaporación tiene lugar en condiciones de no equilibrio y el efecto relativo es mayor para el $\delta^{18}\text{O}$ que para el $\delta^2\text{H}$.



$\delta^2\text{H}$: entre -130.8‰ a 5.10‰

$\delta^{18}\text{O}$: entre -16.77‰ a 8.12‰



CONCLUSIONES

- Los resultados hidrogeoquímicos de las aguas termales asociados a los volcanes activos Ubinas y Huaynaputina, muestra que las aguas son del tipo Na-Cl y Ca.Mg-SO₄.Cl.
- Los geotermómetros de cuarzo estima la temperatura en profundidad es por debajo de 180°C. Mientras que los geotermómetros catiónicos estima por debajo de 200°C sin alcanzar el equilibrio agua-roca. La fuente de calor estaría asociado a la actividad volcánica representada a la existencia de vulcanismo del Neógeno al Cuaternario (Ubinas y Huaynaputina).
- Contribución geotermal a la química del agua de los ríos Tambo y Aguada Buena. La mayoría de las aguas termales desembocan en estos ríos. El fluido geotérmico tiene un impacto significativo en la calidad del agua superficial y en su mayoría con elementos tóxicos (As, B) para la vida humana y vegetal.
- Finalmente, los isotopos $\delta^{18}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}$, indican que las aguas termales se originan de agua meteórica, que ingresan hacia horizontes profundos, favorecido por los sistemas de fallas como Coalaque y Exchaje.



MUCHAS GRACIAS