



- ❖ 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.

# ESTUDIOS HIDROGEOLÓGICOS EN EL CAMPO GEOTERMAL DE PAUCARANI- TACNA



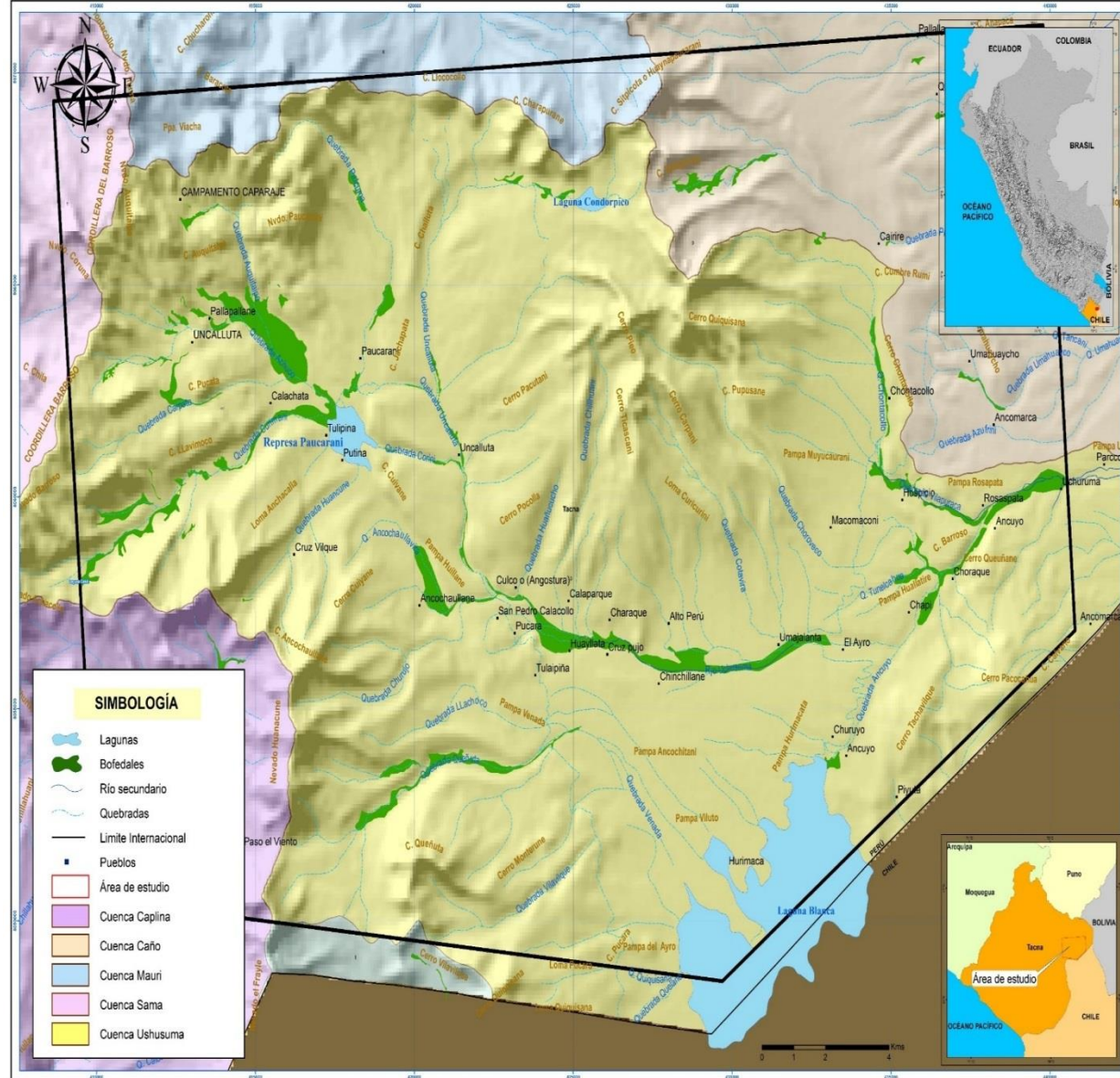
Yuliana Velarde, Vicentina Cruz, Diana Pajuelo y Edwin Condori





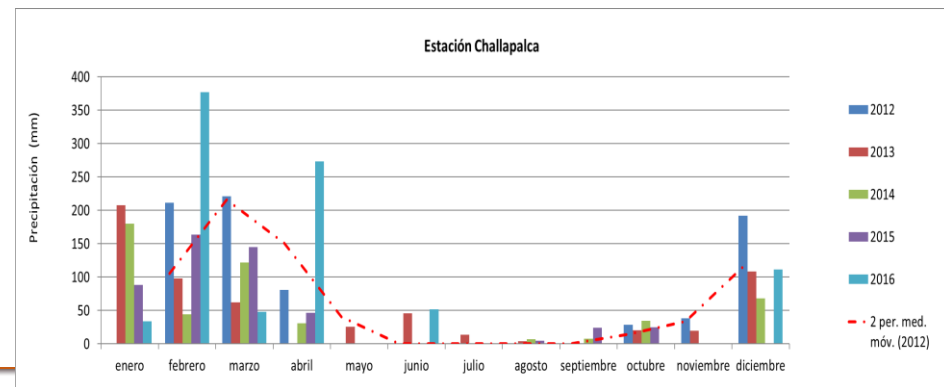
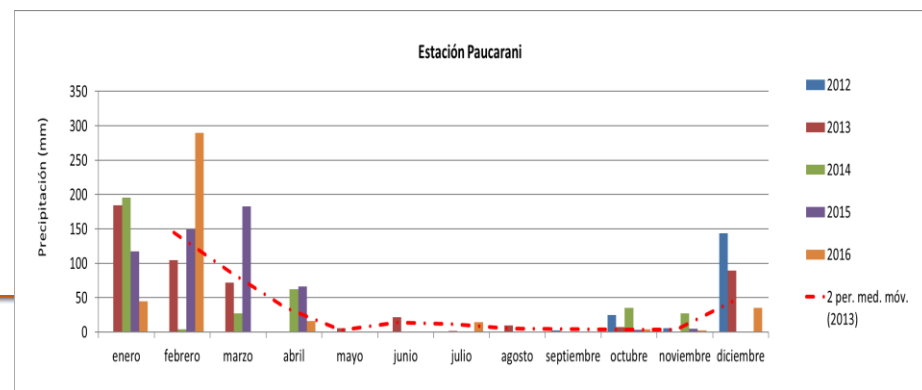
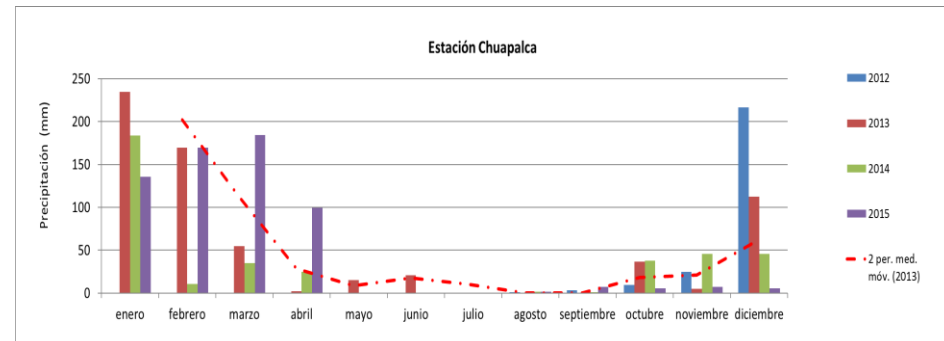
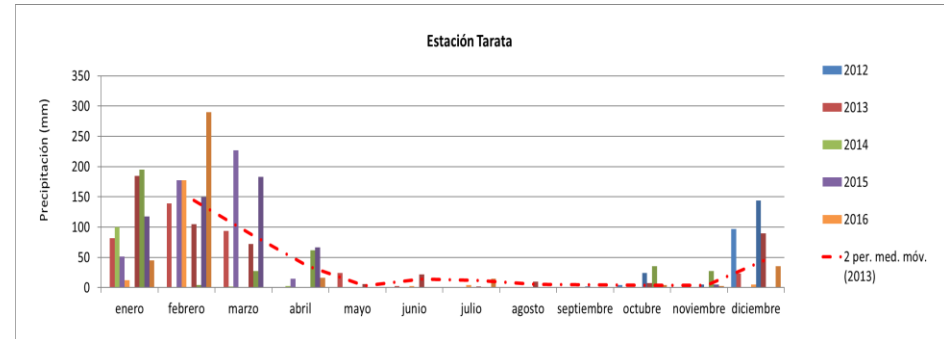
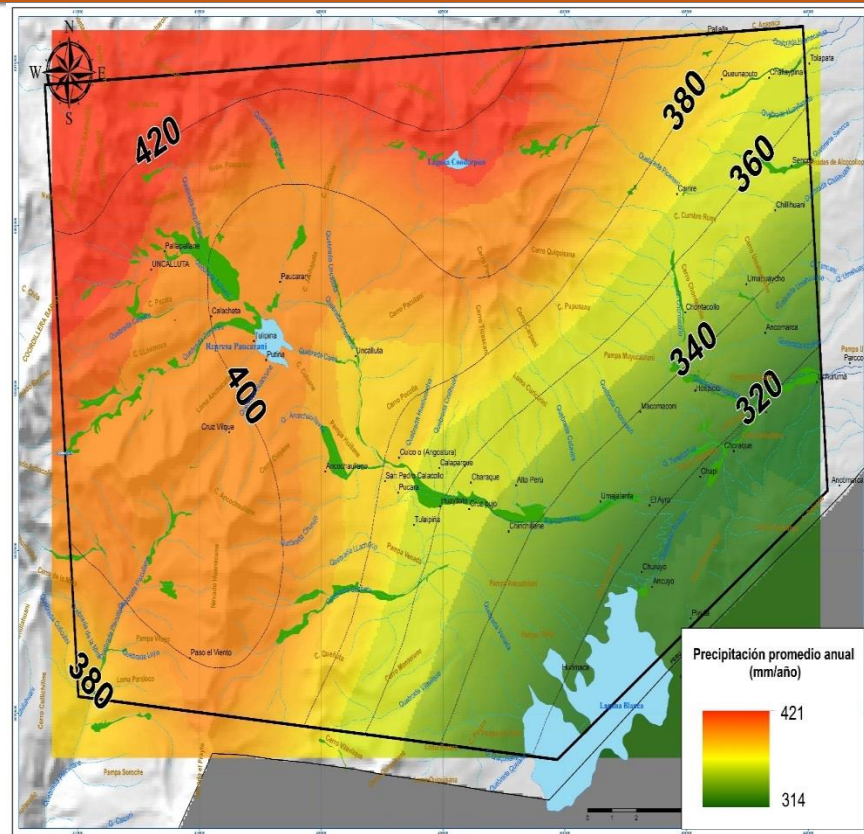
# Introducción

<b>Ubicación:</b>	<b>Provincia y región Tacna, Distrito de Palca</b>
<b>Cuenca:</b>	<b>Río Uchusuma</b>
<b>Área:</b>	<b>600 km<sup>2</sup></b>
<b>Clima:</b>	<b>Lluvioso semi frígido</b>





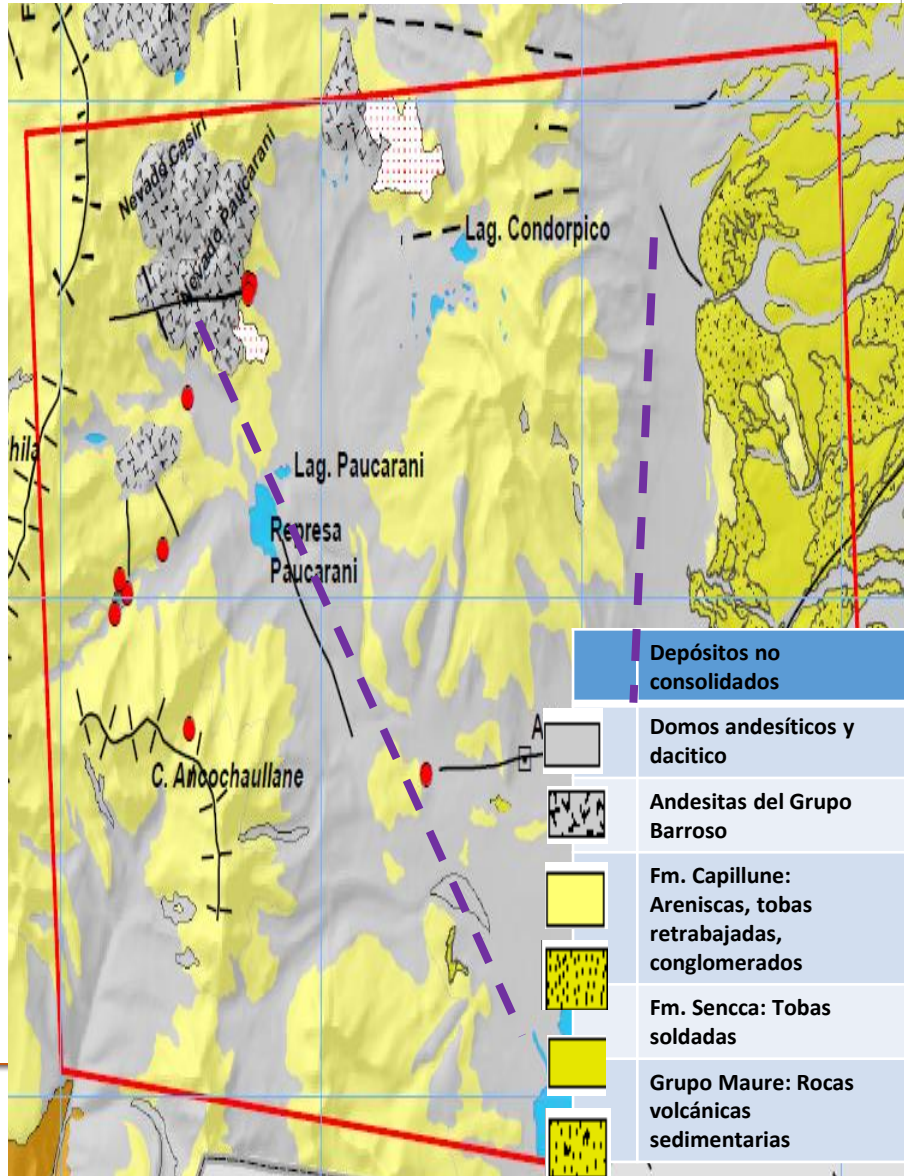
# Precipitación



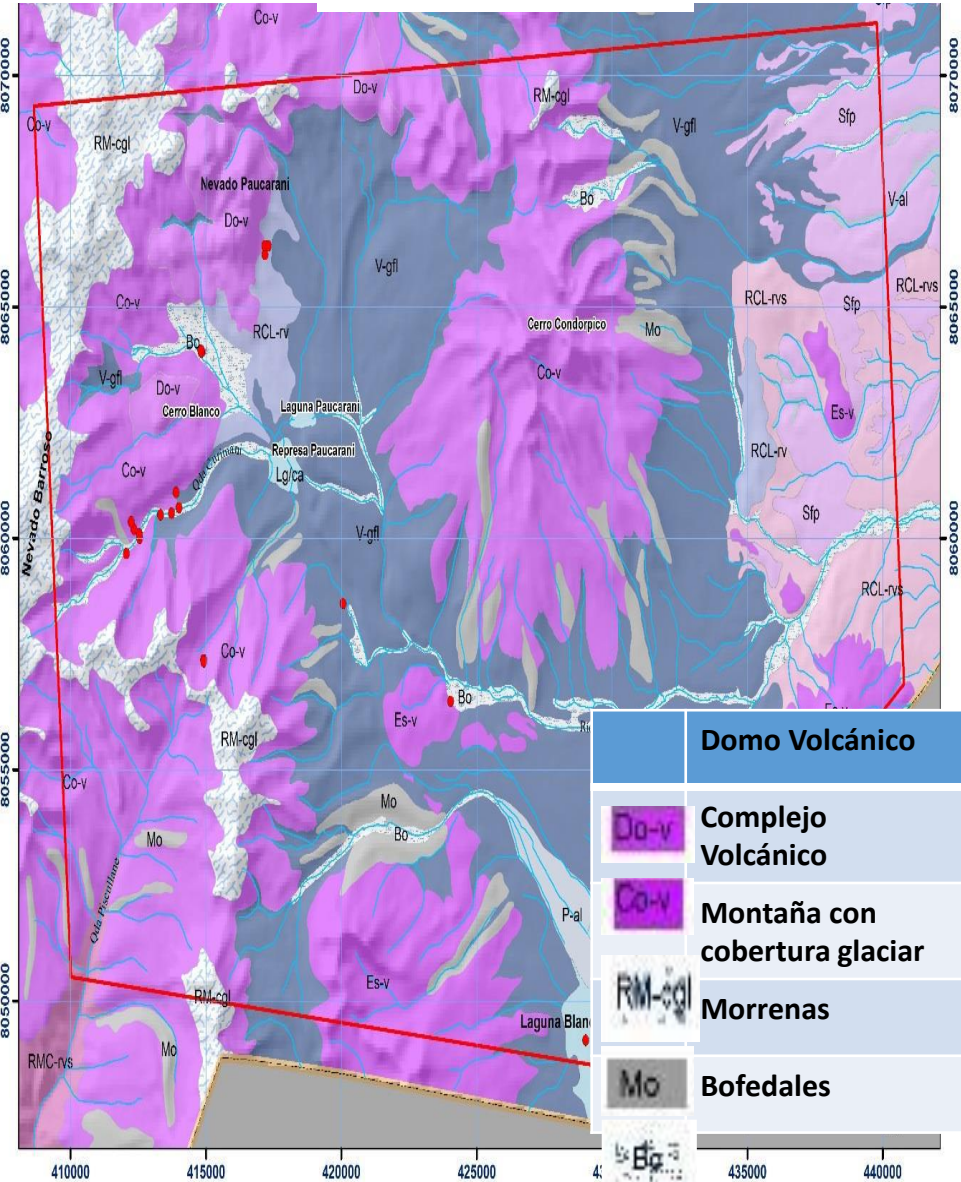




## Geología



## Geomorfología

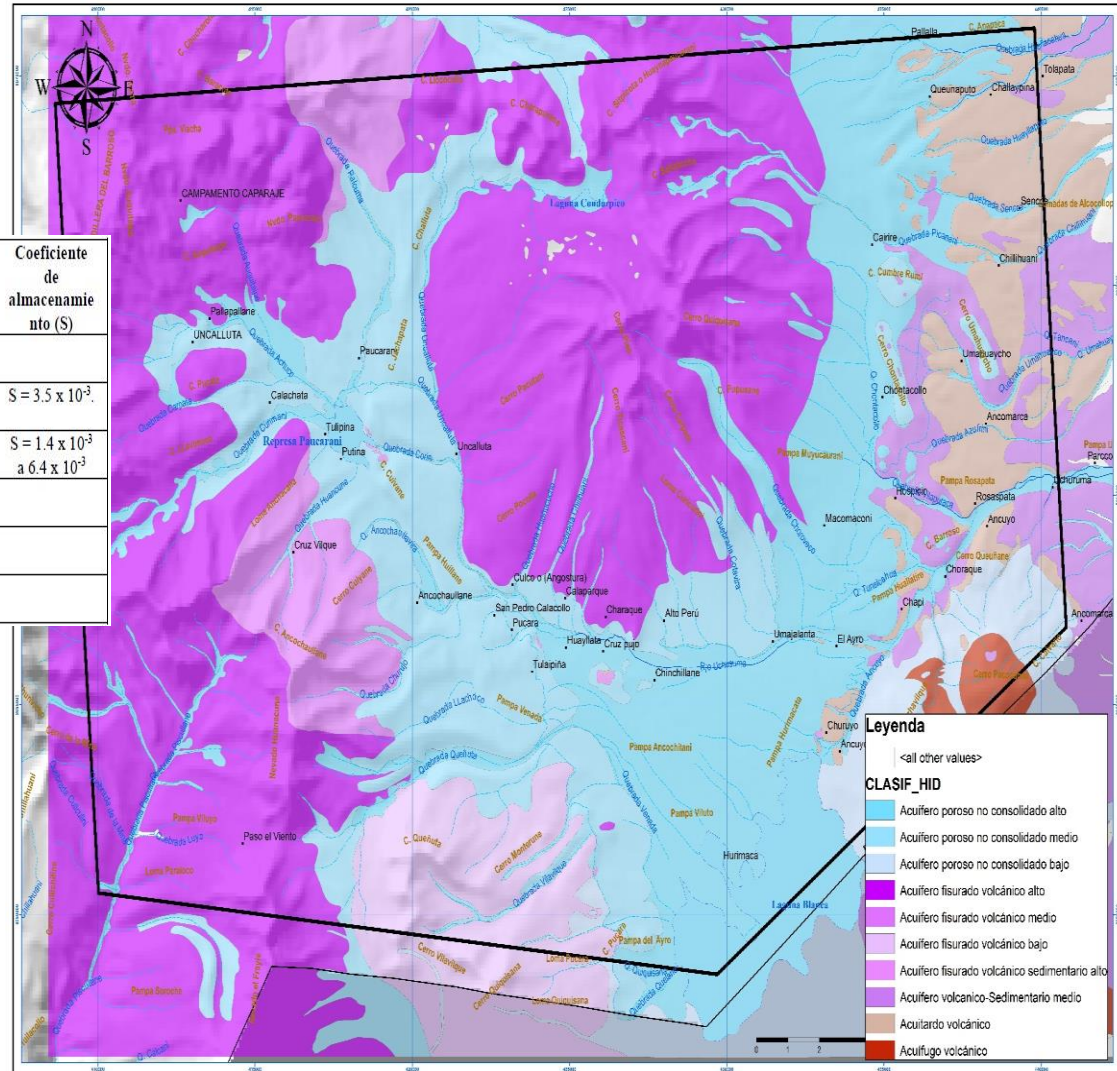




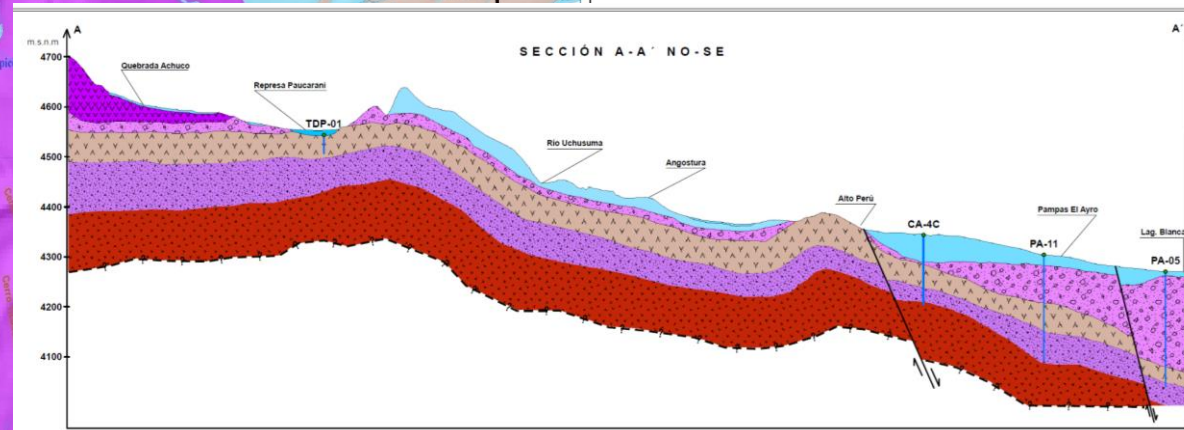
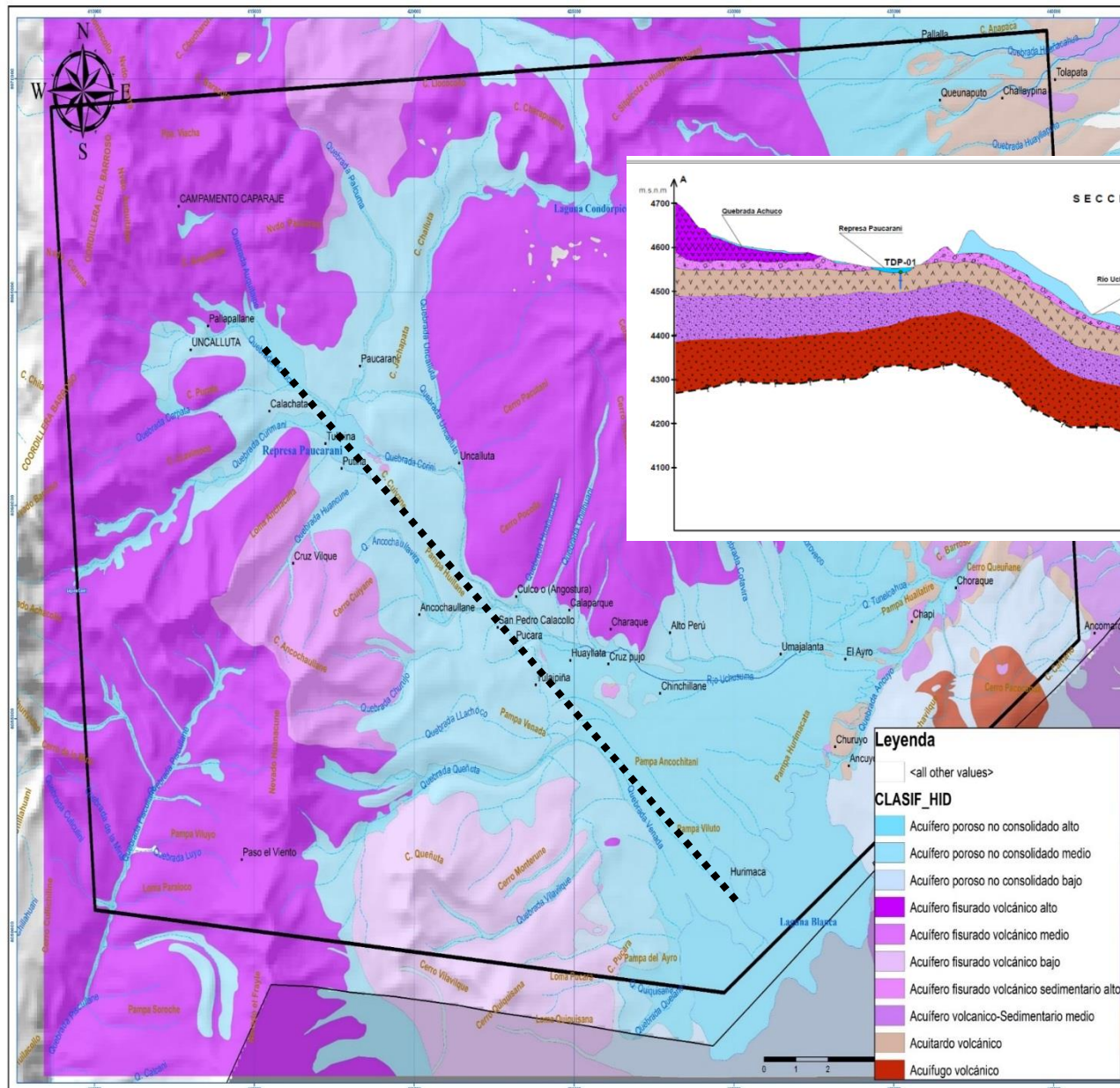


## Caracterización Hidrogeológica

Unidad hidrogeológica	Clasificación	Simbolo	Unidad geológica	Espesor: (PET, 2011)	Transmisividad (T): Theis - Jacob	Permeabilidad (K): Benitez, (1963)	Coefficiente de almacenamiento (S)
ACUIFEROS	Acuífero poroso no consolidados	APNC	Depósitos cuaternarios				
	Acuífero fisurado volcánico sedimentario	AFVS	Formación Capillune	90m	190 m <sup>2</sup> /día	2.11 m/día	S = 3.5 x 10 <sup>-3</sup>
	Acuífero volcánico sedimentario	AVS	Formación Maure	61m	2250 m <sup>2</sup> /día	32 m/día	S = 1.4 x 10 <sup>-3</sup> a 6.4 x 10 <sup>-3</sup>
	Acuífero fisurado volcánico	AFV	Grupo Barroso				
ACUITARDO	Acuitardo volcánico	ATV	Formación Sencca			0.0499 m/día	
ACUIFUGO	Acuífugos volcánico	AGV	Formación Tacaza				

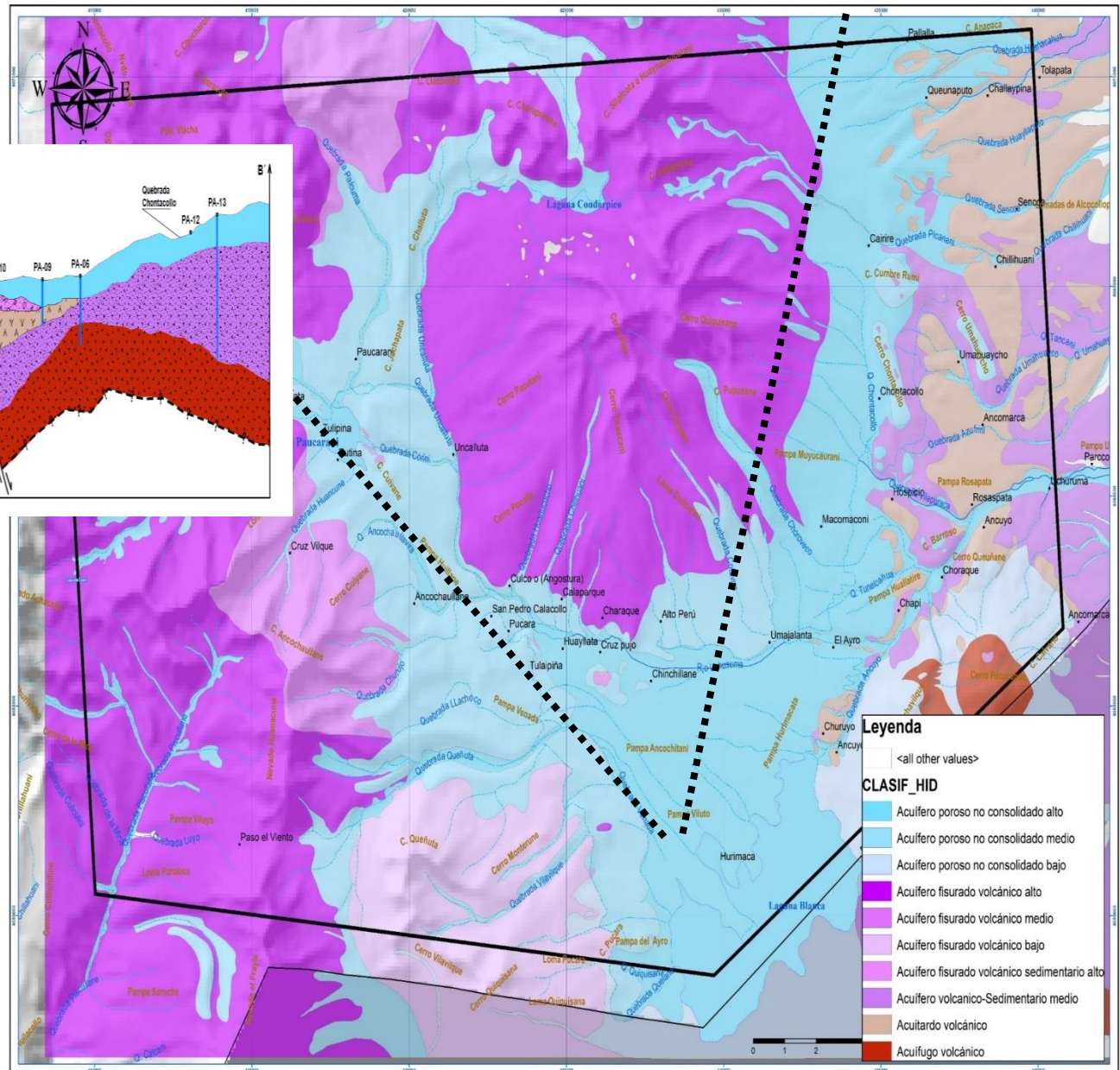
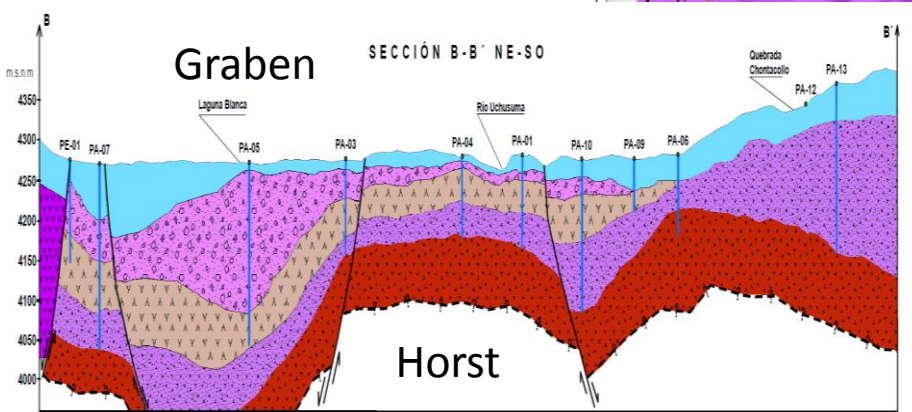






Unidad hidrogeológica	Clasificación	Símbolo	Unidad geológica
ACUIFEROS	Acuífero poroso no consolidados	APNC	Depósitos cuaternarios
	Acuífero fisurado volcánico sedimentario	AFVS	Formación Capillne
	Acuífero volcánico sedimentario	AVS	Formación Maure
	Acuífero fisurado volcánico	AFV	Grupo Baroso
ACUITARDO	Acuitardo volcánico	ATV	Formación Sencca
ACUIFUGO	Acuífugos volcánico	AGV	Formación Tacaza





Unidad hidrogeológica	Clasificación	Simbolo	Unidad geológica
ACUIFEROS	Acuífero poroso no consolidados	APNC	Depósitos cuaternarios
	Acuífero fisurado volcánico sedimentario	AFVS	Formación Capillune
	Acuífero volcánico sedimentario	AVS	Formación Maure
	Acuífero fisurado volcánico	AFV	Grupo Barroso
ACUITARDO	Acuitardo volcánico	ATV	Formación Sencca
ACUIFUGO	Acuífugos volcánico	AGV	Formación Tacaza

**Legenda**

<all other values>

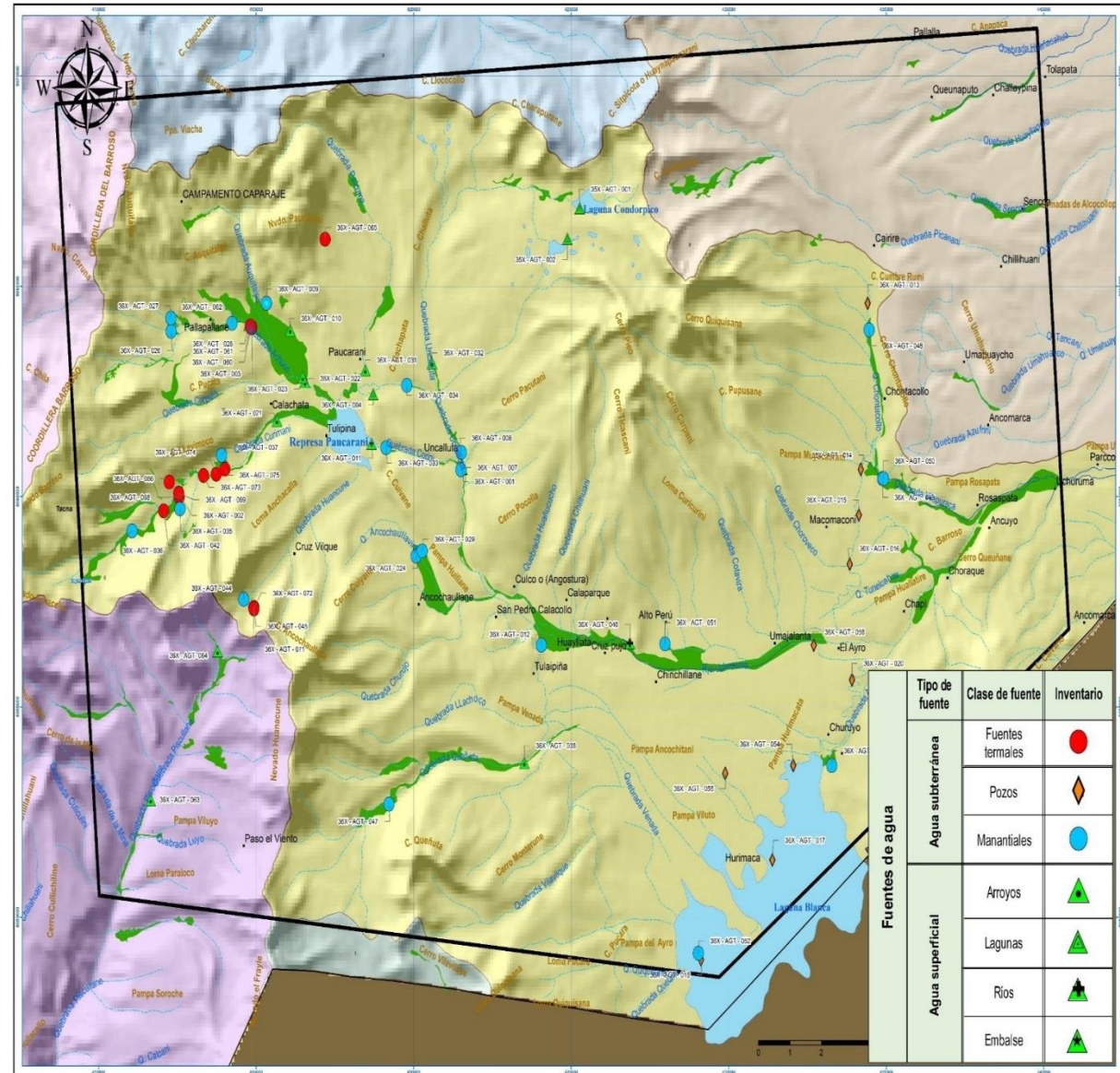
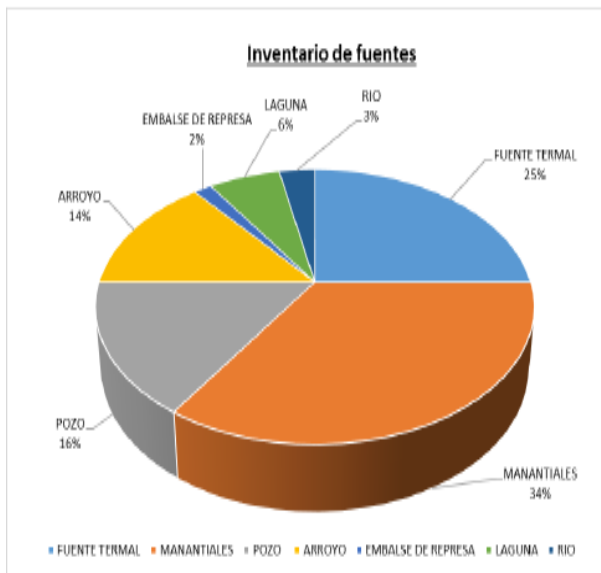
**CLASIF\_HID**

- Acuífero poroso no consolidado alto
- Acuífero poroso no consolidado medio
- Acuífero poroso no consolidado bajo
- Acuífero fisurado volcánico alto
- Acuífero fisurado volcánico medio
- Acuífero fisurado volcánico bajo
- Acuífero fisurado volcánico sedimentario alto
- Acuífero fisurado volcánico sedimentario medio
- Acuífero volcánico-Sedimentario medio
- Acuífero volcánico
- Acuífero volcánico





# INVENTARIO DE FUENTES DE AGUA





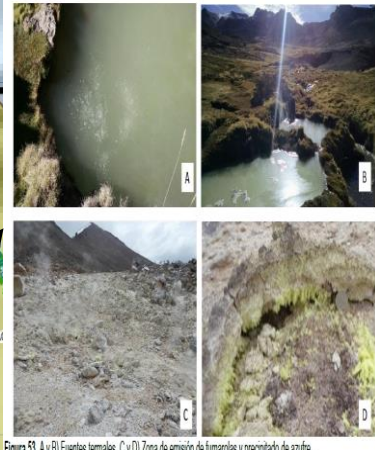
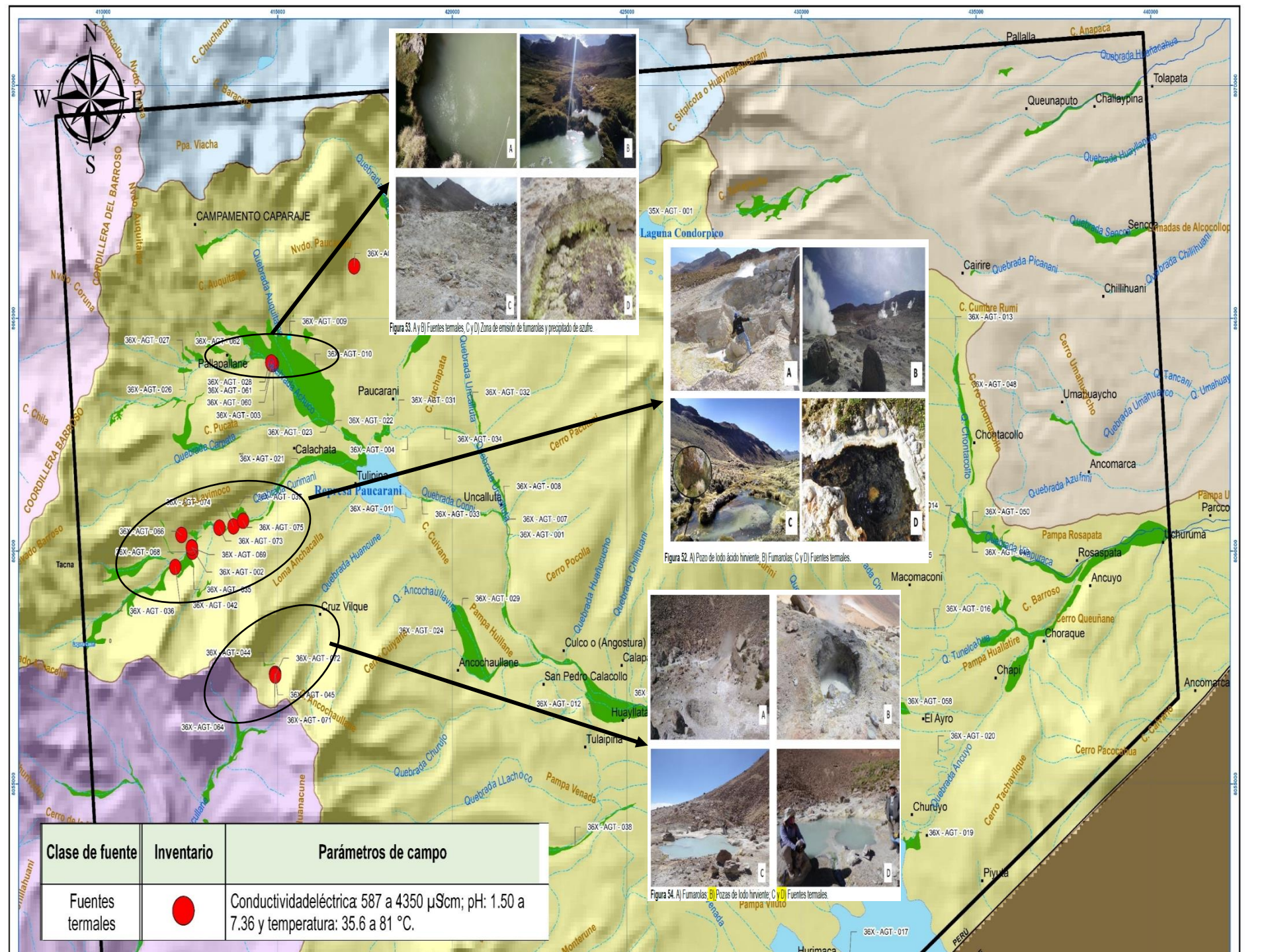



Figura 33. A y B) Fuentes termales. C y D) Zona de emisión de fumarolas y precipitado de azufre.



Figura 32. A) Pozo de lodo ácido hirviendo. B) Fumarolas. C y D) Fuentes termales.



Figura 34. A) Fumarolas. B) Pozos de lodo hirviendo. C y D) Fuentes termales.

Clase de fuente	Inventario	Parámetros de campo
Fuentes termales		Conductividad eléctrica: 587 a 4350 $\mu\text{Scm}$ ; pH: 1.50 a 7.36 y temperatura: 35.6 a 81 °C.







## MANANTIALES



"36X - AGT - 007": Vista panorámica de la escorrentía de la quebrada Corini, actualmente presenta un conjunto de manantiales que aportan agua a esta quebrada.

"36X - AGT - 008": Manantial ubicado en la margen izquierda de la quebrada Uncalluta, el cual surge por las fracturas de la Formación volcánico Barroso provenientes de las filtraciones del nevado Condorpicco.



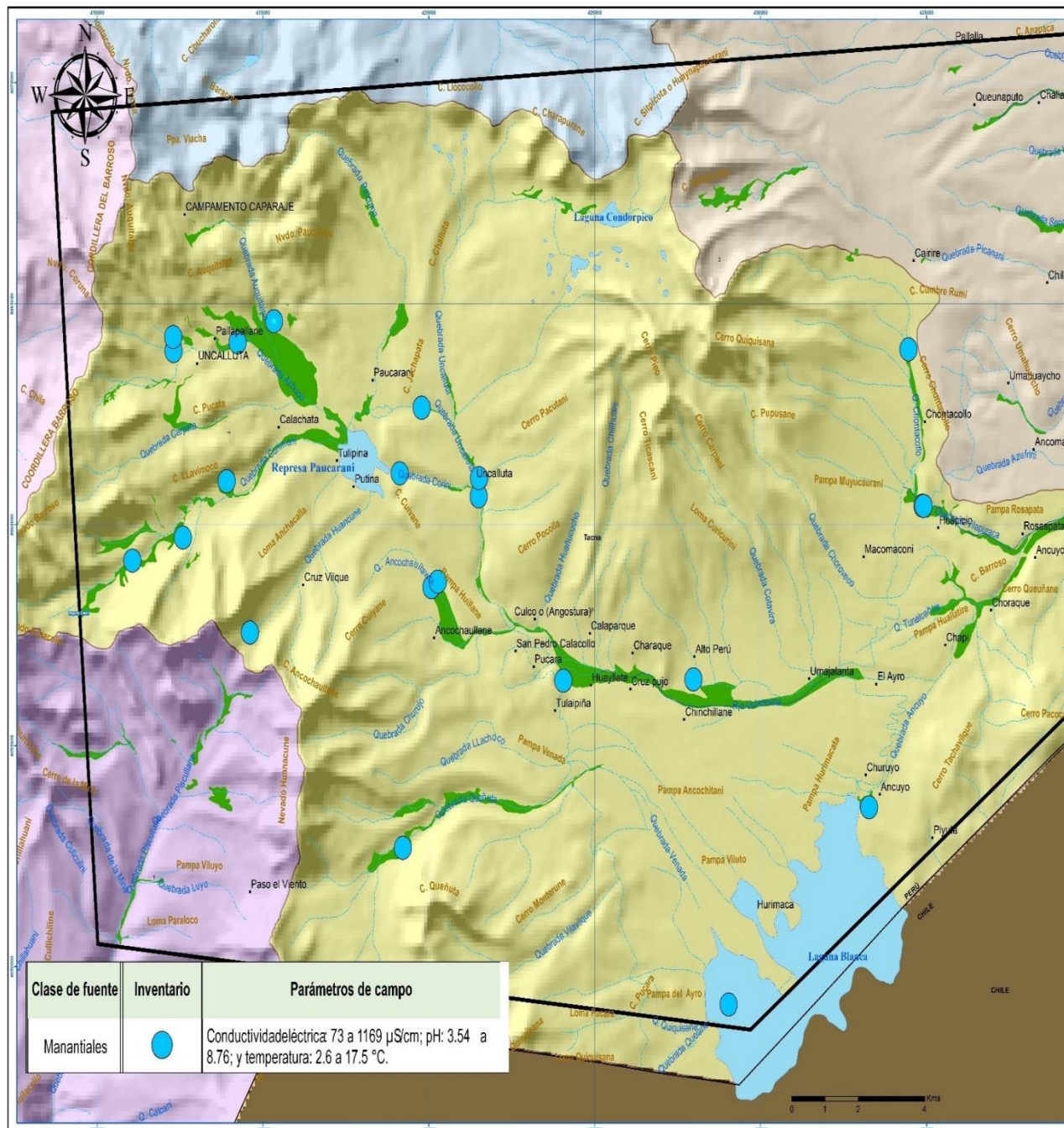
"36X - AGT - 009": Conjunto de escorrentía de manantiales ubicados en la ladera oeste del nevado Paucarani y aporta a la quebrada Ancochaullavira - Anexo de Tulapiña, dicho manantial se encuentra en zona de bofedal.

"36X - AGT - 012": Manantial ubicado en el margen derecho de la Quebrada Ancochaullavira - Anexo de Tulapiña, dicho manantial se encuentra en zona de bofedal.



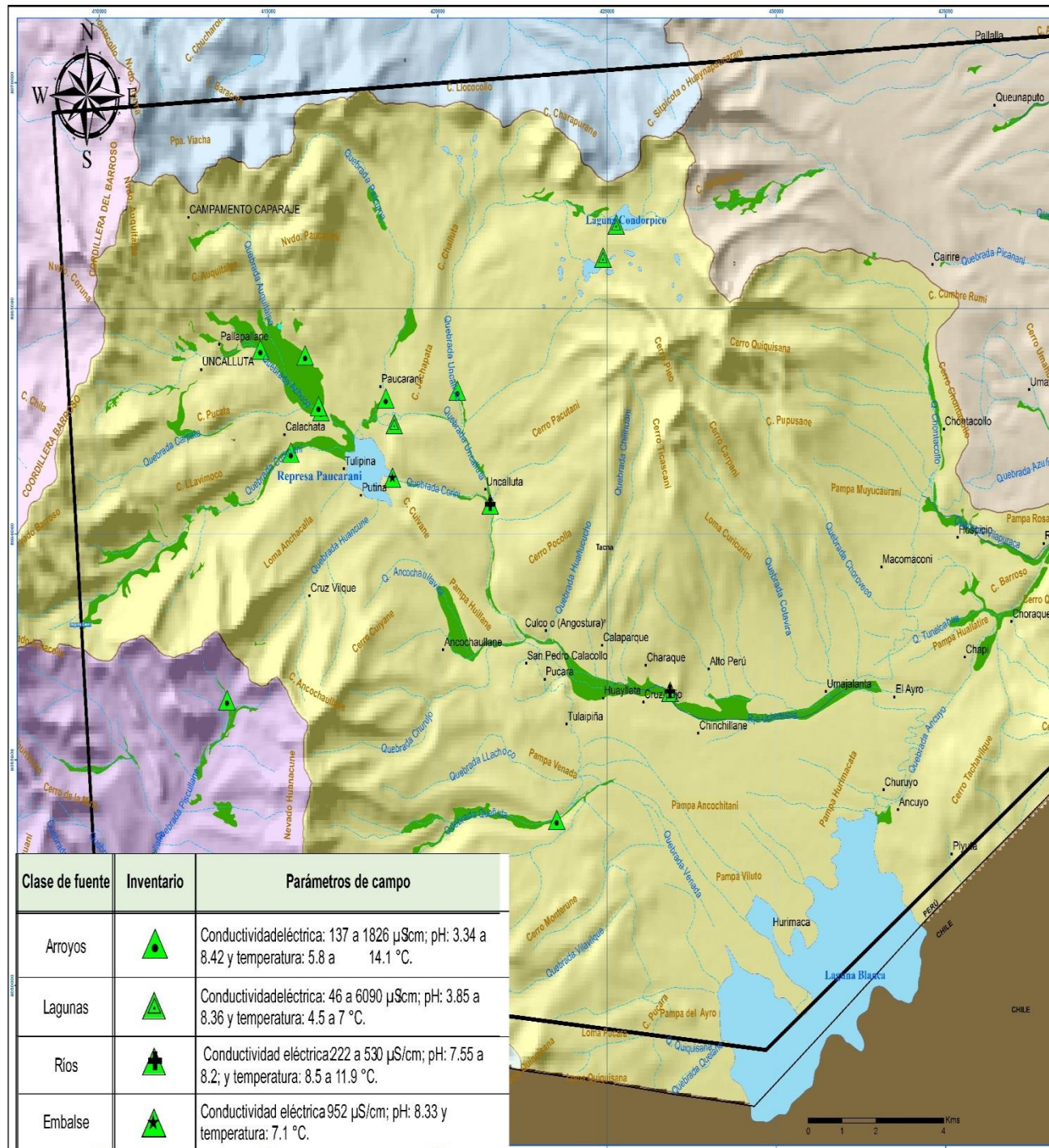
"36X - AGT - 019": Manantiales de la Quebrada Ancuyo forman bofedales y aportan recarga a las pampas de El Ayro.

"36X - AGT - 026": Manantial ubicado en las nacientes de la quebrada Ancullo; provenientes de las filtraciones de los nevados Barroso y Coruna. Presenta gran cantidad de óxidos de hierro y precipitados de color blanquecino.



Clase de fuente	Inventario	Parámetros de campo
Manantiales		Conductividad eléctrica: 73 a 1169 $\mu\text{Scm}$ ; pH: 3.54 a 8.76; y temperatura: 2.6 a 17.5 $^{\circ}\text{C}$ .





"36X - AGT - 010": Bofedales ubicados en la quebrada Auquitaipé; que forman arroyos provenientes de las filtraciones del nevado del mismo nombre y el nevado Paucarani.



"36X - AGT - 011": Represa Paucarani, la cual presenta contenido de microorganismos.



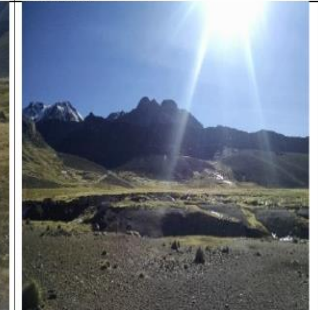
"36X - AGT - 021": Escorrentía de arroyo en la quebrada Curimani, cerca de la desembocadura de la misma.



"36X - AGT - 022": Escorrentía de la quebrada Achuco, sus flujos de agua son provenientes de manantiales y se encuentran contaminados por fuentes termales ubicadas aguas arriba de la escorrentía.



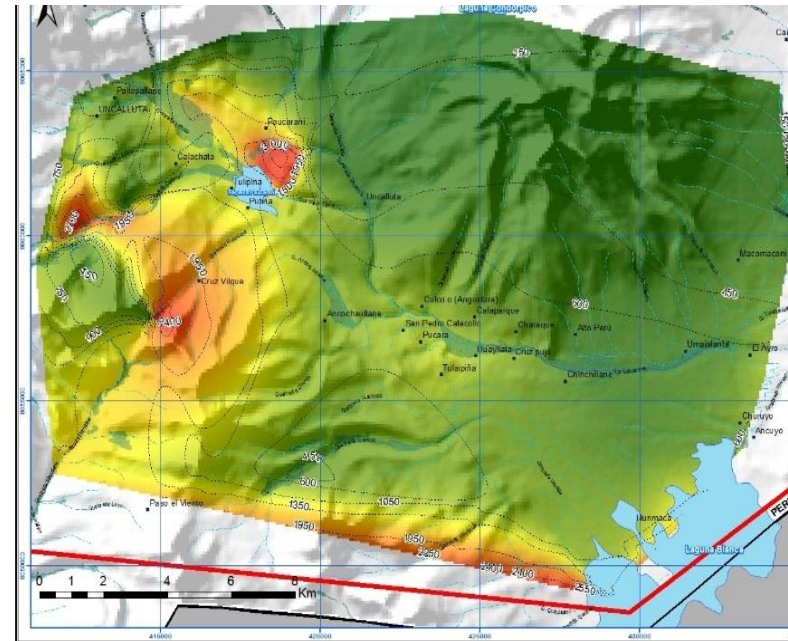
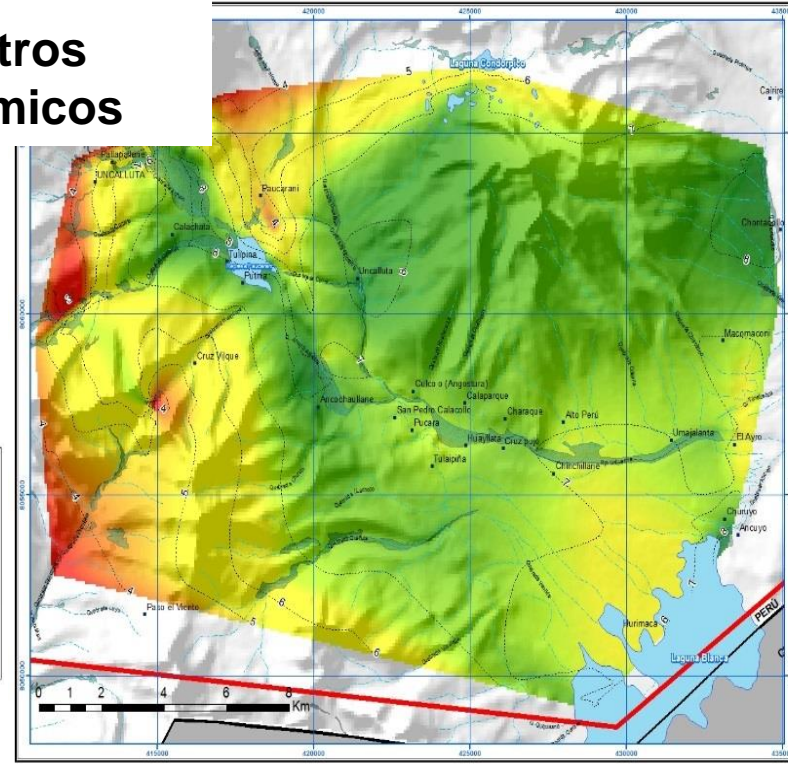
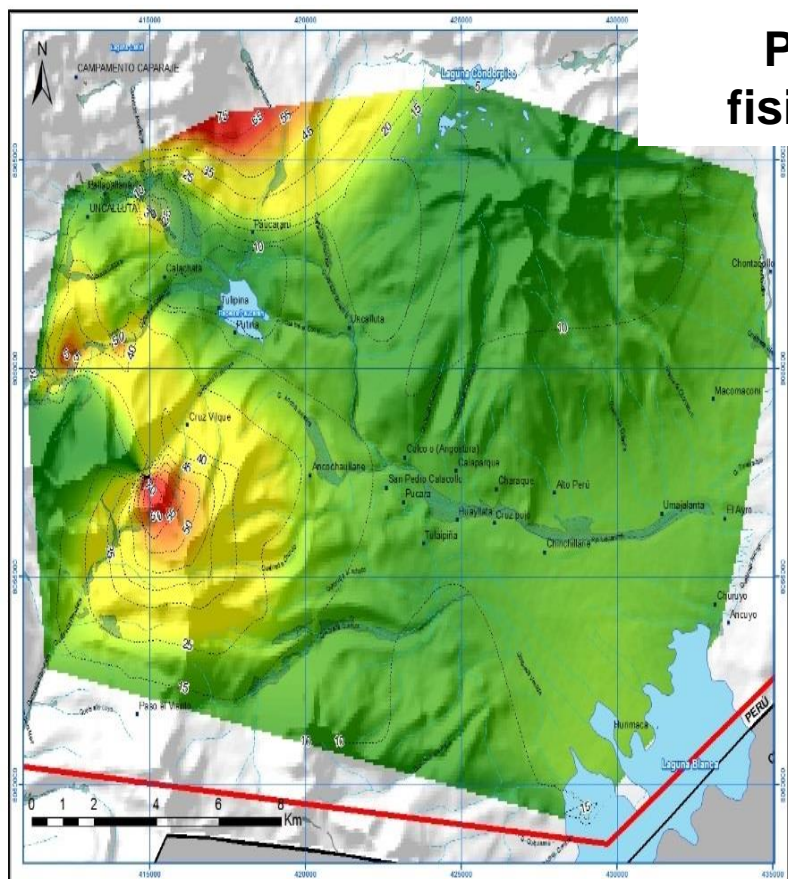
"36X - AGT - 023": Escorrentía de la quebrada Auquitaipé, sus flujos de agua son provenientes de los Nevados del Paucarani.



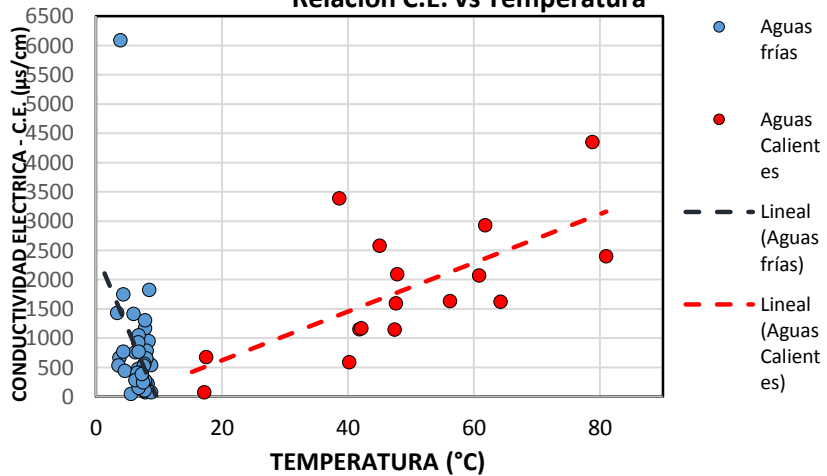
"36X - AGT - 028": Escorrentía de la quebrada Achuco, provenientes de las filtraciones del nevado Auquitaipé.



# Parámetros físicoquímicos



Relación C.E. vs Temperatura







**Dirección de flujo de las aguas Subterráneas  
(Niveles estáticos y piezómetros)**

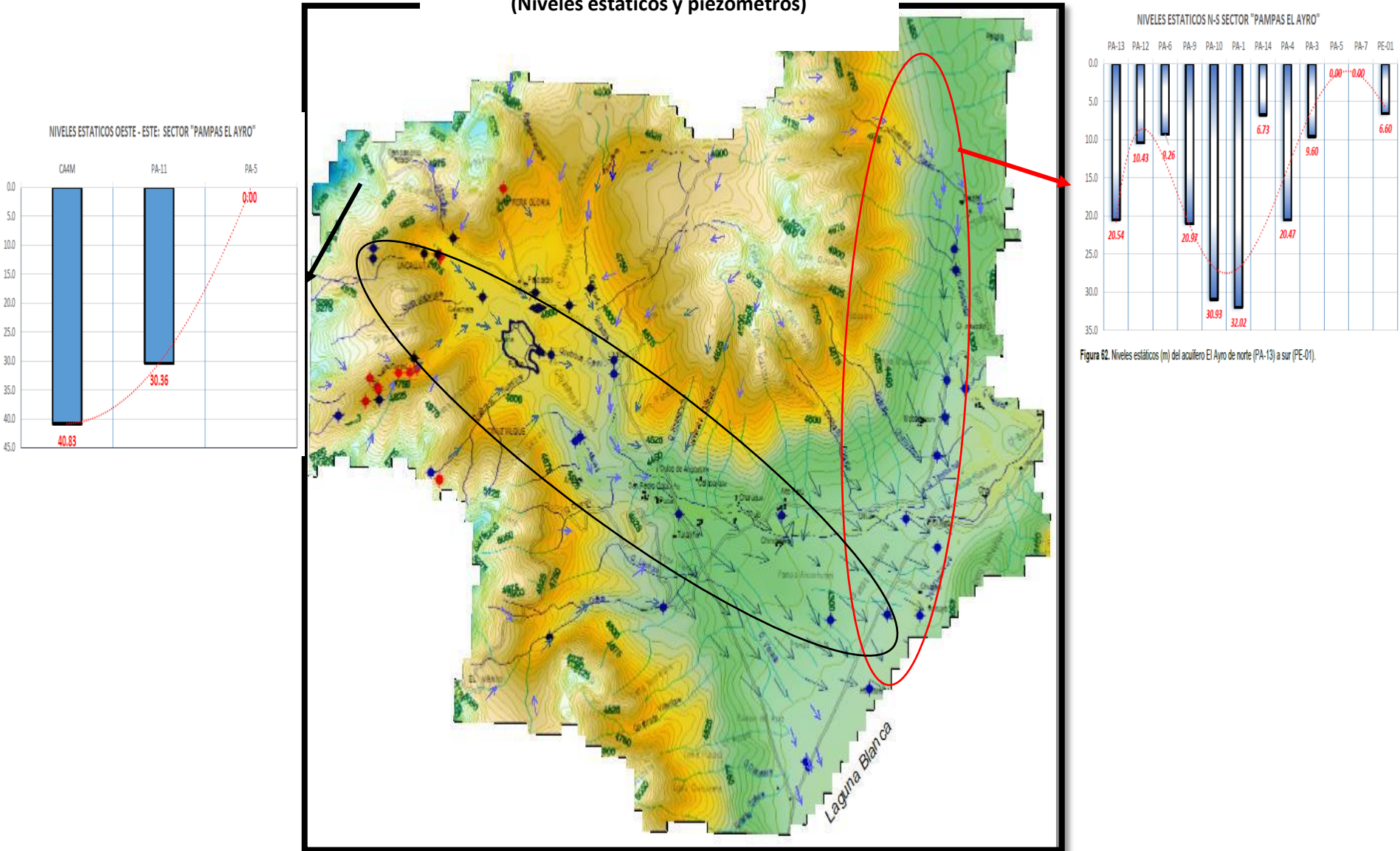
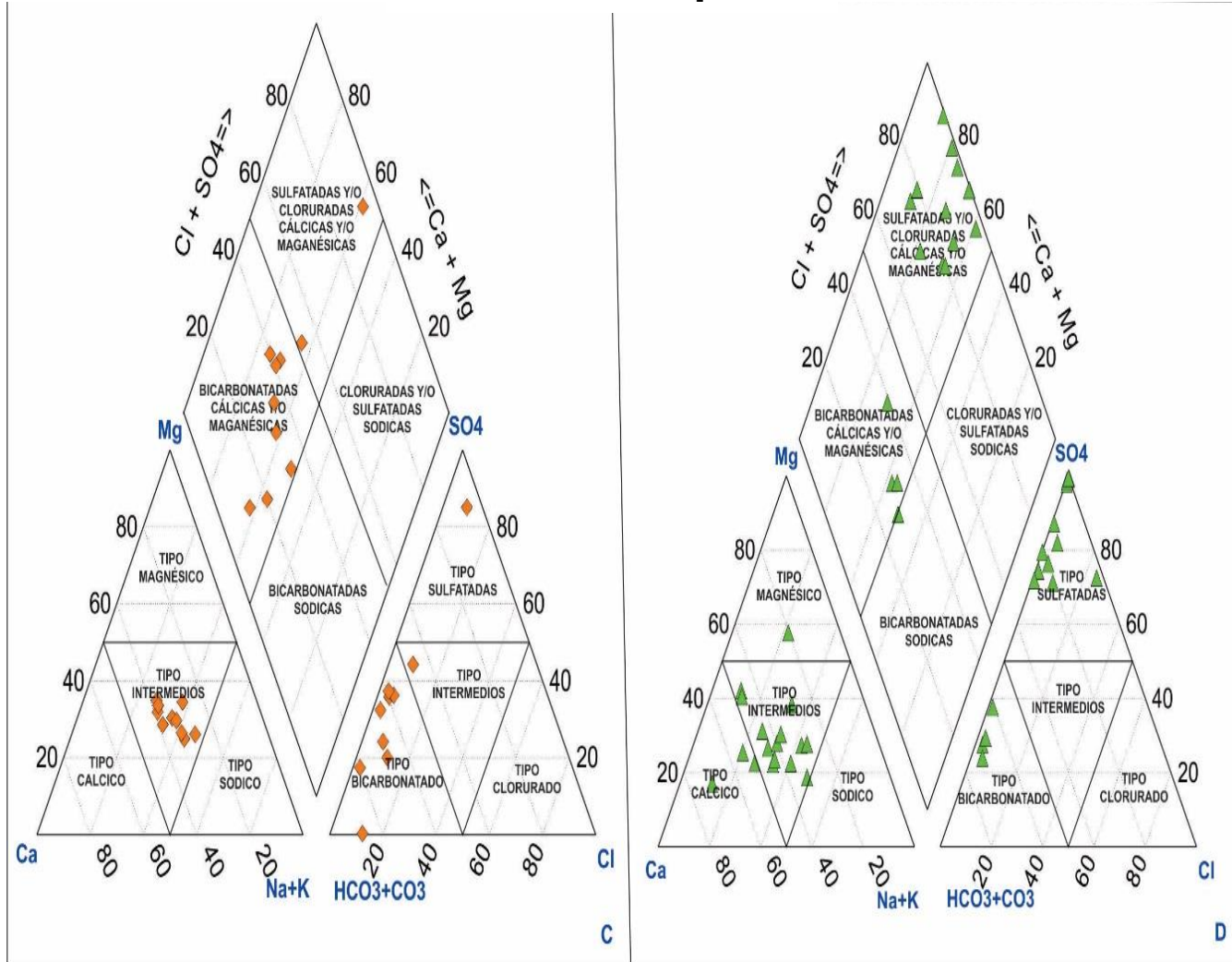


Figura 62. Niveles estáticos (m) del acuífero El Ayro de norte (PA-13) a sur (PE-01).



## Gráficos Piper

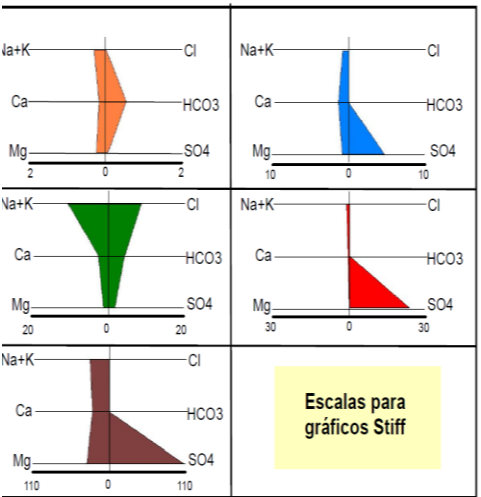
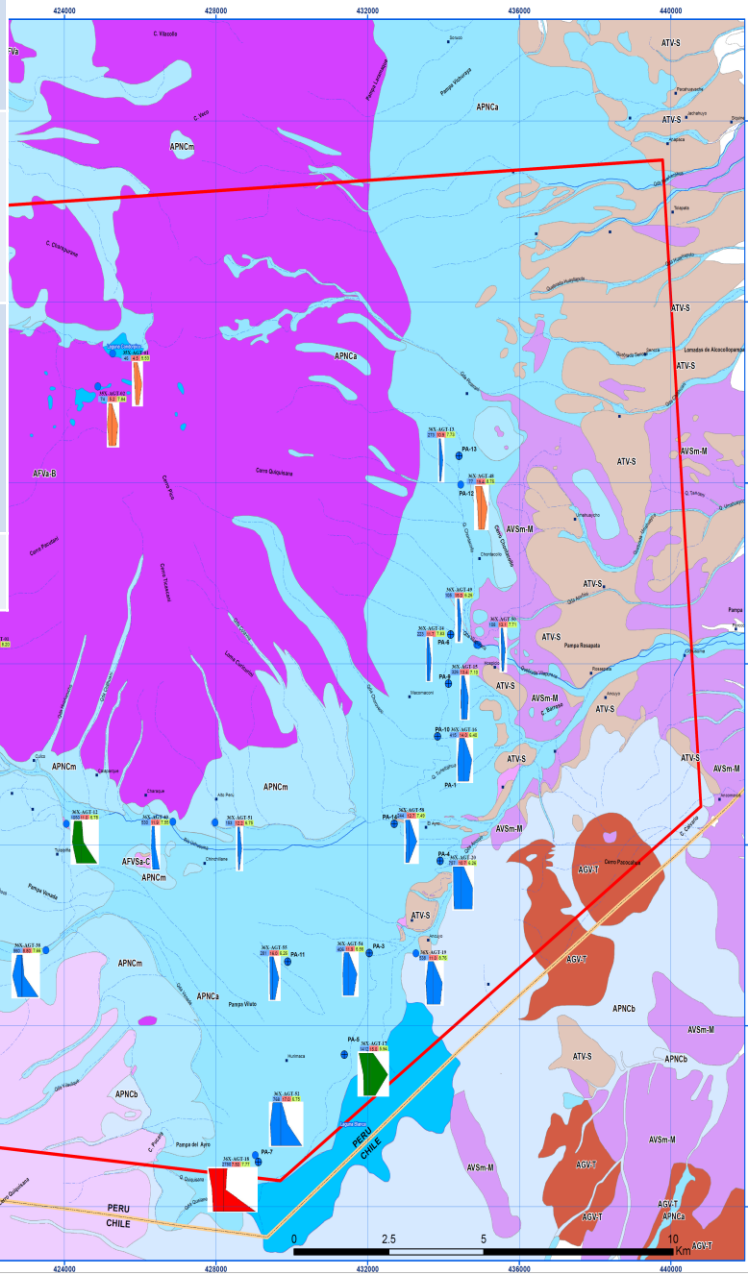


● Fuente Termal ● Manantiales ◆ Pozos ▲ Agua Superficial



# Gráficos Stiff

SECTOR	DIRECCIÓN DE FLUJO	FAMILIA QUÍMICA	ASOCIACIÓN
Sector quebrada Achuco	NO-SE	FT: Na-HCO <sub>3</sub> ... Ca-Mg FF: Ca-SO <sub>4</sub> y Mg-SO <sub>4</sub>	Mezcla entre el agua meteórica con fluidos volcánicos Asociados a procesos de alteración hidrotermal
Sector quebrada Curimani	O-E	FT: Na-Cl y Ca.Mg-SO <sub>4</sub> Pozas de lodo: SO <sub>4</sub> FF: Ca-SO <sub>4</sub>	Asociado a depósitos de alteración hidrotermal.
Sector quebrada Huancune	O-E	FT: SO <sub>4</sub>  FF: Ca-HCO <sub>3</sub> .SO <sub>4</sub> y Ca-SO <sub>4</sub>	Agua meteórica mezclada con condensados volcánicos con ligera concentración de Na, Ca y Mg Asociada a depósitos de alteración hidrotermal.
Sector El Ayro	NO-SE y N-S	Ca-HCO <sub>3</sub> con Na, K y Mg	



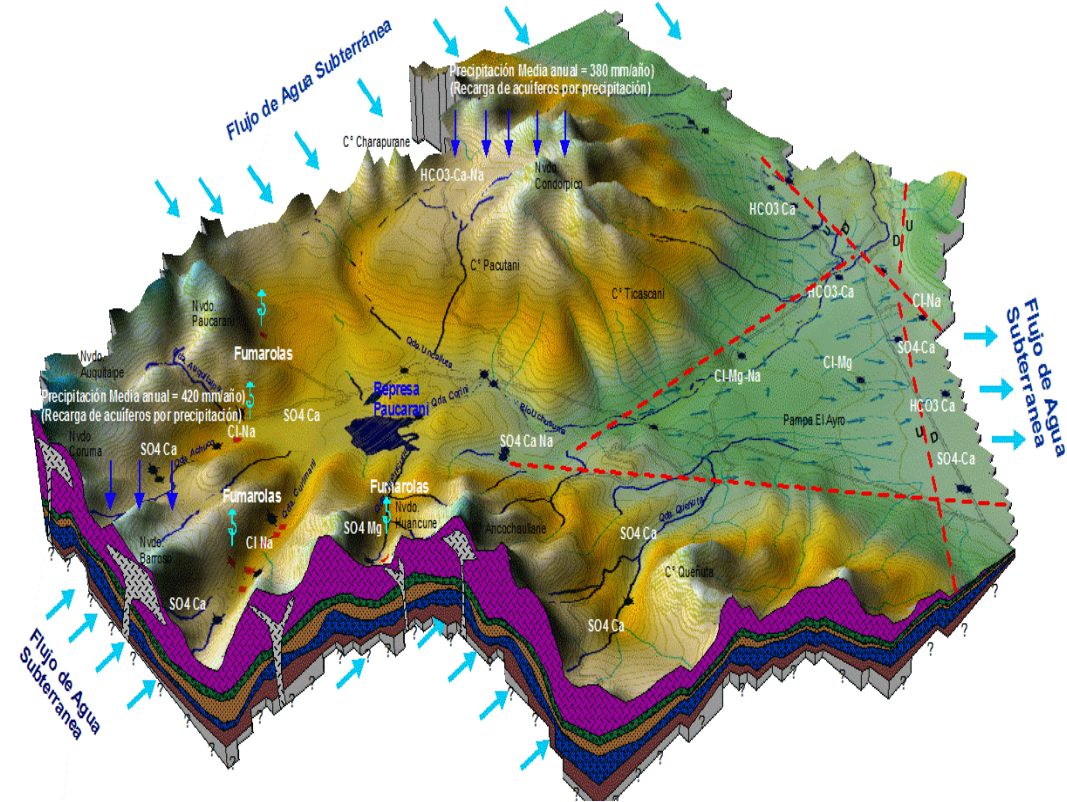




# CONCLUSIÓN:

## LEYENDA

	Fuentes de Agua Fria		Recarga Superficial
	Fuentes de Agua Caliente		Acuífero Fisurado Volcánico
	Quebrada		Acuífero Fisurado Sedimentario
	Ríos o arroyos		Acuífero Volcánico
	Carretera afirmada		Acuífero Volcánico Sedimentario
	Centro Poblado		Acuífero Volcánico
	Laguna		Domos volcánicas
	Curvas topográficas (msnm)		Espesor y/o Unidad desconocida
	Flujo Subterráneo	????	



ASPECTOS	MODELO HIDROGEOLOGICO
<b>Recarga:</b>	La recarga se da principalmente por precipitación en las zonas ubicadas por la cadena de montañas del Barroso, los cerros de Paucarani y Condorpico, asimismo, pero en menor proporción, existe recarga en las Pampas del El Ayro. También posee recarga por las infiltraciones de agua provenientes del río Uchusuma, el arroyo de la quebrada Queñuta y la quebrada Picanani. El volumen total de recarga es 92.55 Hm <sup>3</sup> /año.
<b>Descarga:</b>	La descarga se da en las quebradas Huancune, Curimani y Achuco, donde podremos observar principalmente descarga geotermal, mientras que la descarga de aguas frías se puede apreciar en diferentes manantiales y pozos ubicados dispersamente en la zona de estudio.
<b>Patrón de circulación:</b>	Este patrón, está controlado por un sistema de fallas normales, grabens, así como por la transmisibilidad de la Formación Capillune y Grupo Maure. La dirección de flujo presente se da en dos direcciones la primera N-S y la segunda NO-SE.
<b>Capa sello:</b>	La capa sello se encuentra conformada por el Acuífero volcánico Sencca.
<b>Reservorio:</b>	El reservorio está principalmente formado por el Acuífero volcano sedimentario Maure el cual puede reservar agua en un estimado de 203.17 Hm <sup>3</sup> .





**¡GRACIAS POR SU ATENCIÓN!**