



GOBIERNO DE LA  
REPÚBLICA DE HONDURAS



EMPRESA NACIONAL DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA  
ENEE

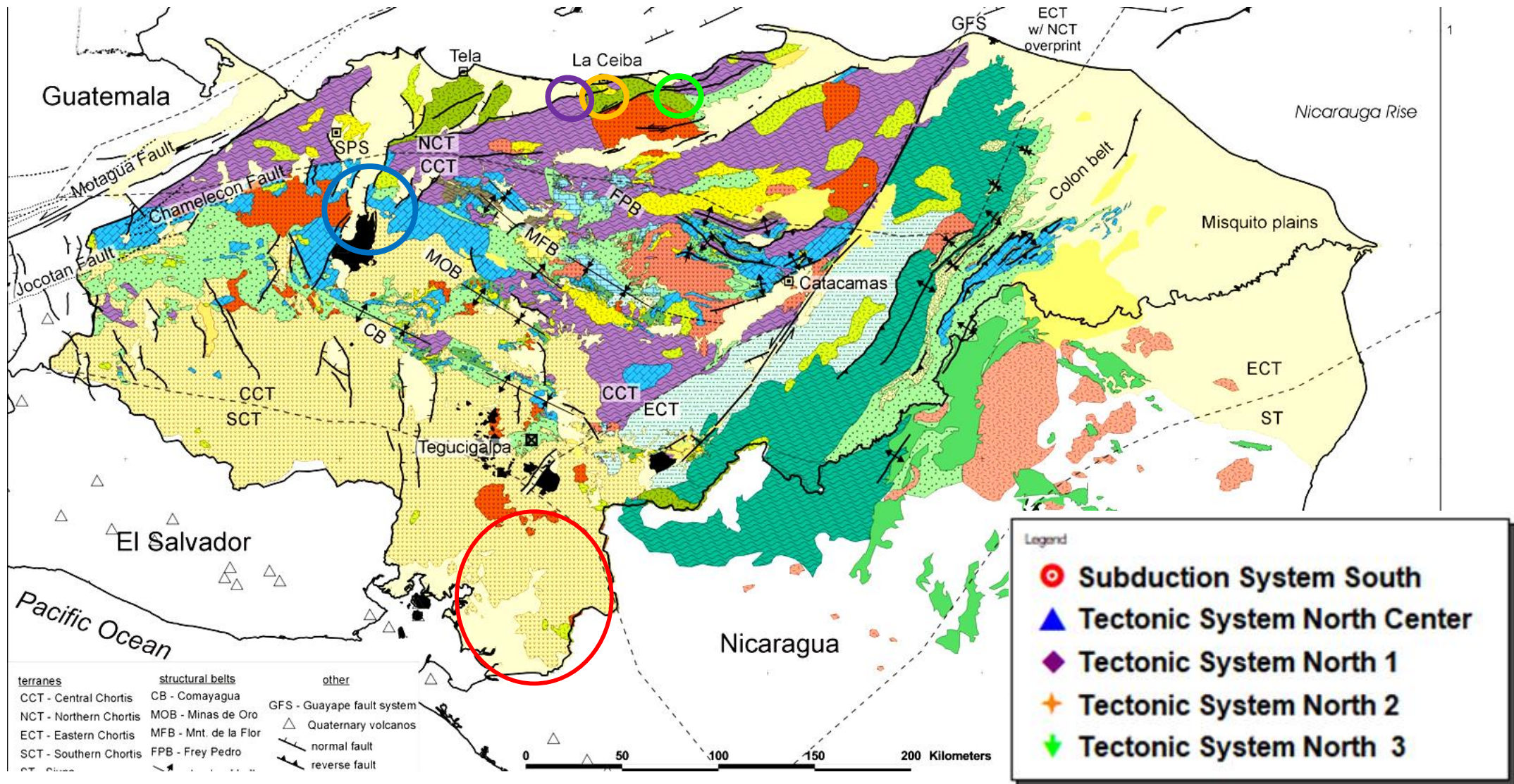
# Interpretación Geoquímica muestreo Proyecto Exploración de Sitios Potenciales de Energía Geotérmica en Honduras

Ing. Carlos H Guifarro  
Geoquímico - Hidrogeoquímico  
ENEE- HONDURAS





# Geological map of Honduras location of the Tectonic and subduction systems

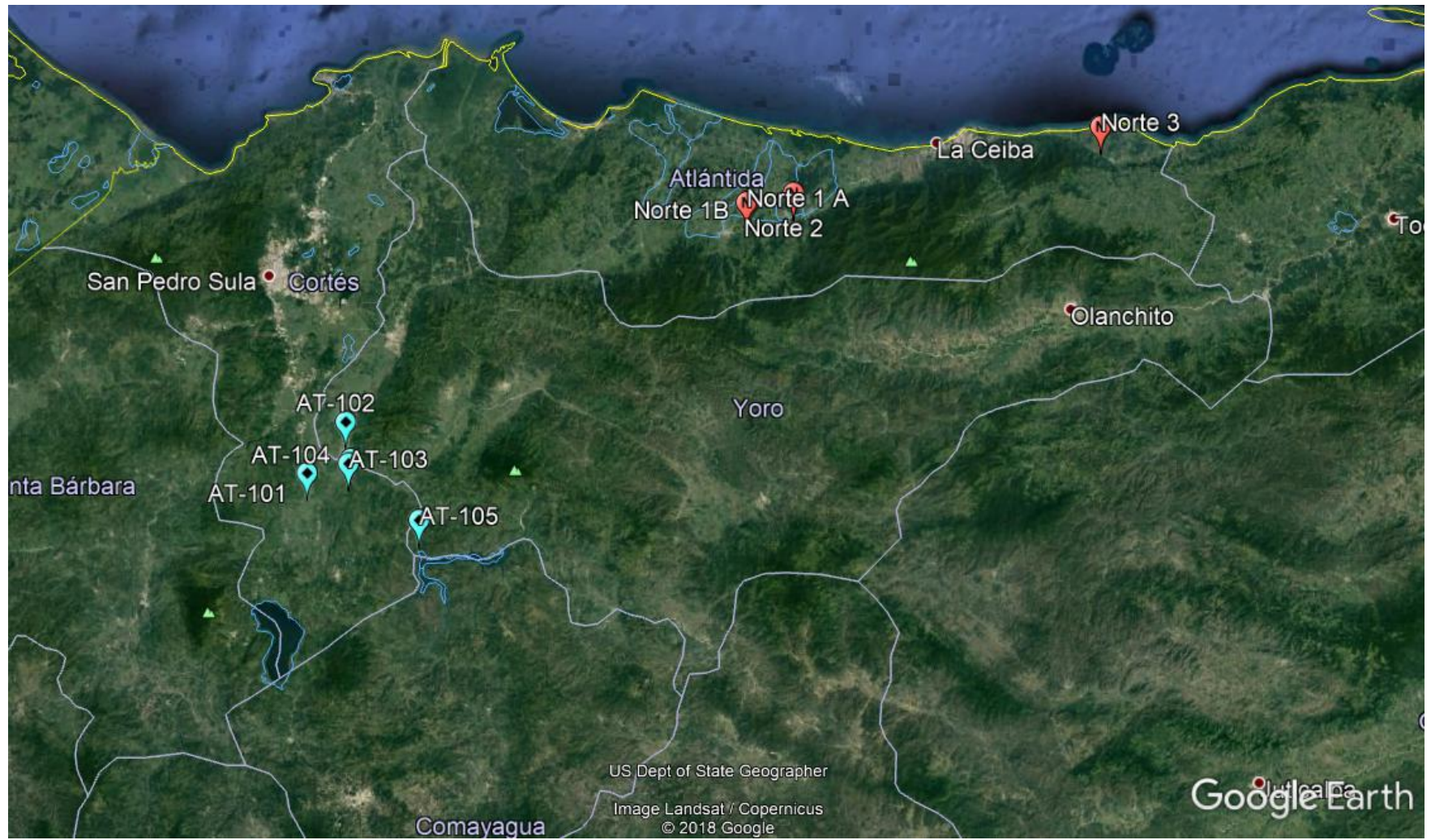


# SITIOS DE MUESTREO

Zona	DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	ALDEA	Temp
				Muestra °C
1	Comayagua	La Trinidad	La Trinidad	85.4
2	Cortés	Santa Cruz de Yojoa	La Barca	76.5
2	Cortés	Santa Cruz de Yojoa	El Olivar	73.8
3	Atlántida	La Masica	El Oro-Agua Caliente	80.4
3	Atlántida	La Masica	Agua Caliente	79.3
3	Atlántida	La Masica	Los Hervederos	93.3
4	Atlántida	Jutiapa	Jutiapa	86.8

Sitio	Temperatura
Pavana	98
Namasigue	78
El Estribo	80
Morilica	79





Sistemas Tectónicos



# IMÁGENES DE LOS SITIOS DE MUESTREO

## Sistema Norte Centro



**En ambos sitios se observó emisión de vapores. También se observa presencia de calcita. En el olivar hay mucha producción de algas.**



# IMÁGENES DE LOS SITIOS DE MUESTREO

## Sistema Tectónico Norte 1



**En estos sitios no se observaron vapores. Existen más alteraciones alrededor de los mismos.**



# IMÁGENES DE LOS SITIOS DE MUESTREO

**Sistema Tectónico Norte 2**



**Sistema Tectónico Norte 3**



**En ambos sitios se observó presencia de vapores .**



Los Muestreos se realizaron preliminarmente en las 4 Zonas de estudio de manera puntual en los sitios de afloramiento ; La primera campaña se realizo en Febrero 2013 y la segunda se realizo en Julio de 2013



LaGeo nos capacito en :

Recolección de muestras de agua para metales alcalinos (Na,K,Ca,Mg,) y Silice(SiO<sub>2</sub> )

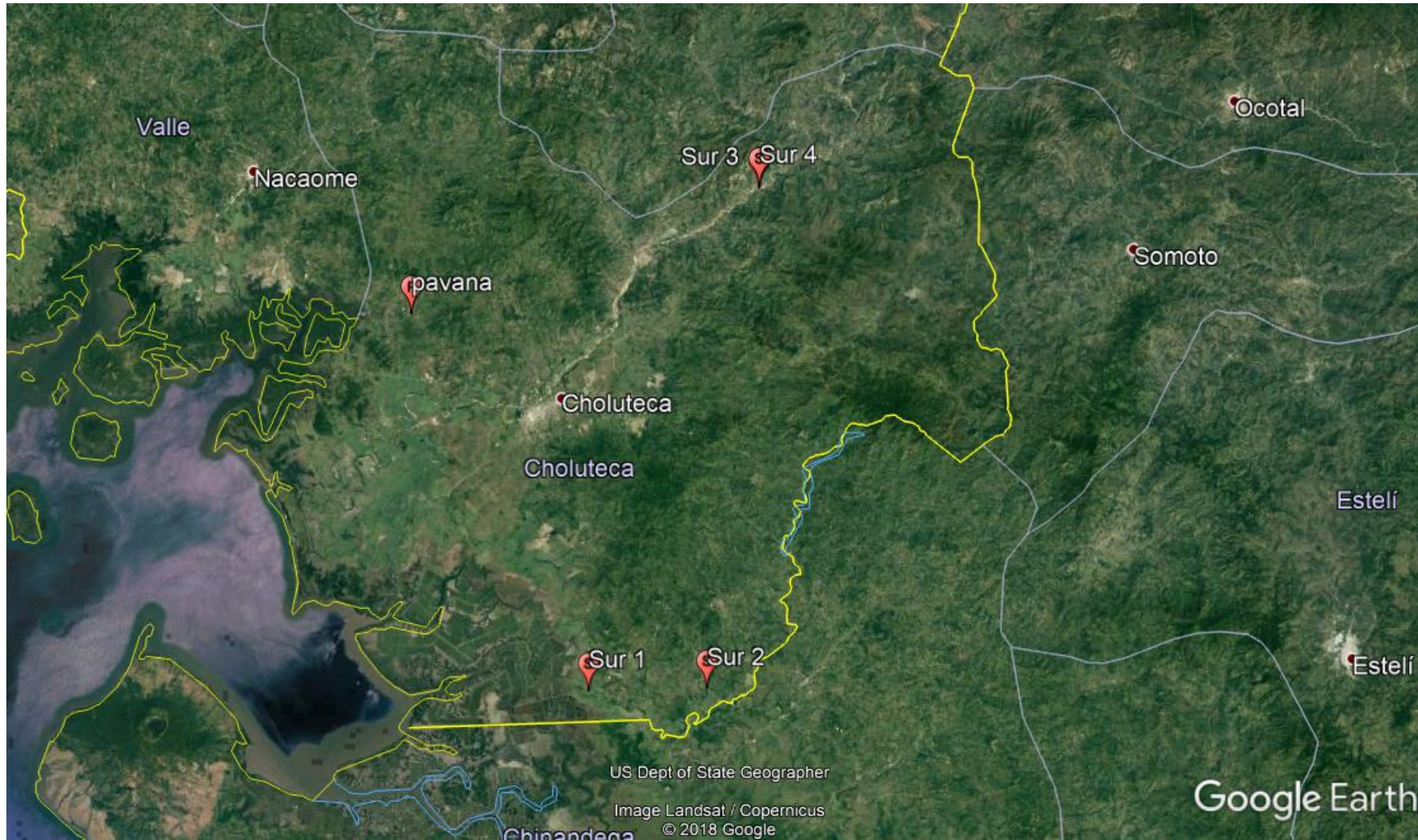
Recolección de muestras para análisis de Isotopos O<sub>18</sub> y D<sub>2</sub>

Recolección de muestras para análisis de (Cl ,SO<sub>4</sub>,F,NO<sub>3</sub>)

Recolección de muestras para análisis Metales pesados Fe y Al.

Recolección de muestras para análisis de (H<sub>2</sub>S ,NH<sub>4</sub>)





Sistema Subductivo



# IMÁGENES DE LOS SITIOS DE MUESTREO

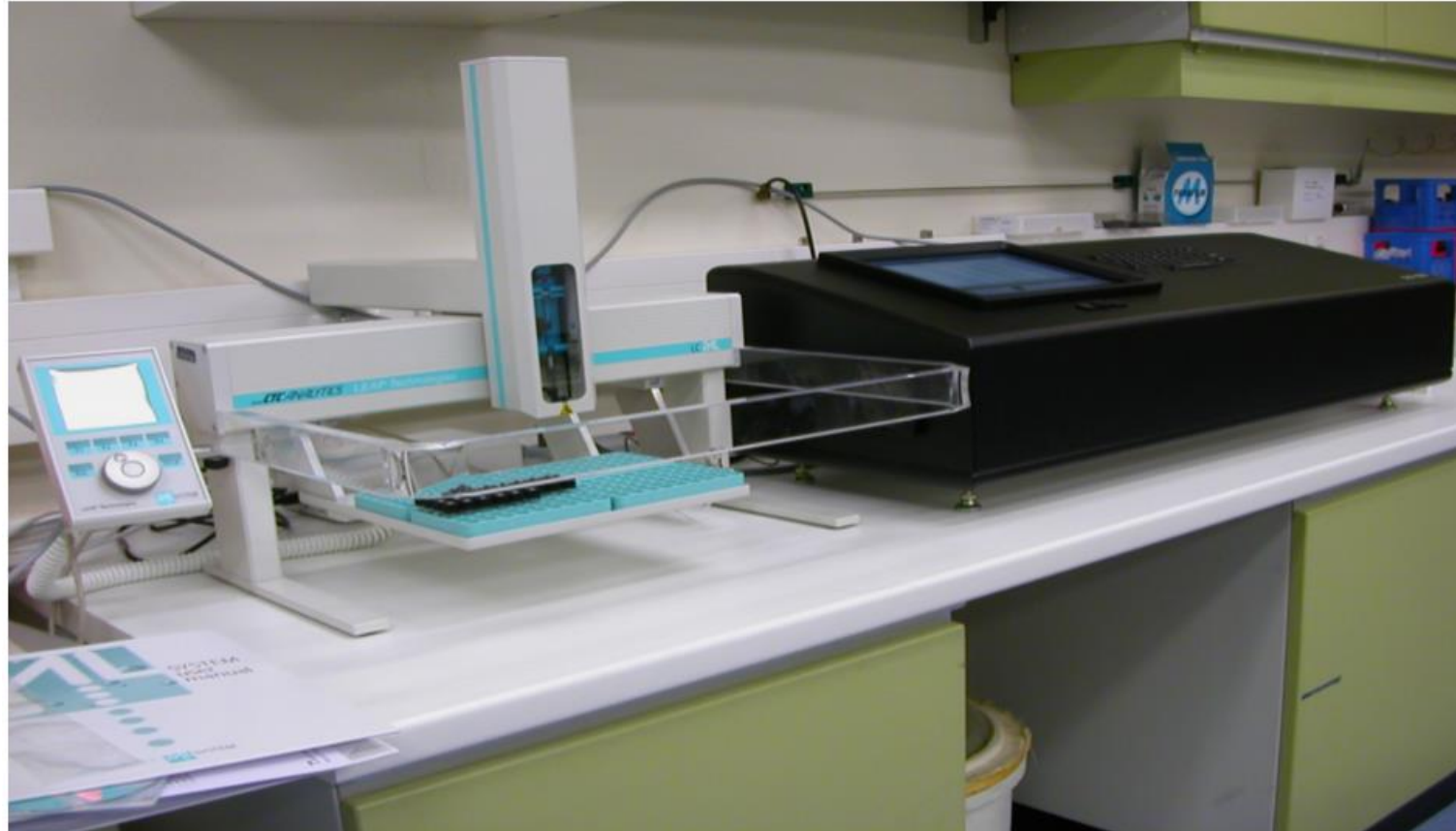
## Sistema Subductivo Sur





# Análisis de Laboratorio

Para análisis de isotopos estables  $O_{18}$  y  $D_2$  se uso un Espectroscopio laser





Para los metales alcalinos ( Na,K,Ca ,Mg y Li) y metales pesados (Fe y Al ) se revisaron las técnicas de absorción atómica .





# Desarrollo de nuevos métodos

Como parte de el convenio LAGEO-AIEA nos capacito en el desarrollo de nuevos métodos de análisis de laboratorio para aguas Geotermales como son:

- ✓ Bicarbonatos  $\text{HCO}_3$  (Método titulación Por retroceso)
- ✓ Cloruros  $\text{Cl}$  (Método Titulación con Nitrato de Plata)
- ✓ Flúor  $\text{F}$  (Método Potenciometrico ISE )
- ✓ Amonio  $\text{NH}_4$  (Método Potenciometrico ISE )
- ✓ Acido Sulfidrico  $\text{H}_2\text{S}$  (Método Titulación Mercurimetrico)
- ✓ Para el análisis de cloruros  $\text{Cl}$  (argentometrico de  $\text{AgNO}_3$ )





Y se elaboraron compromisos para realizar el método de Sílice ( $\text{SiO}_2$ ) por absorción atómica.

Cabe destacar que LaGeo nos ha brindado la colaboración necesaria para la mejora continua de los métodos .



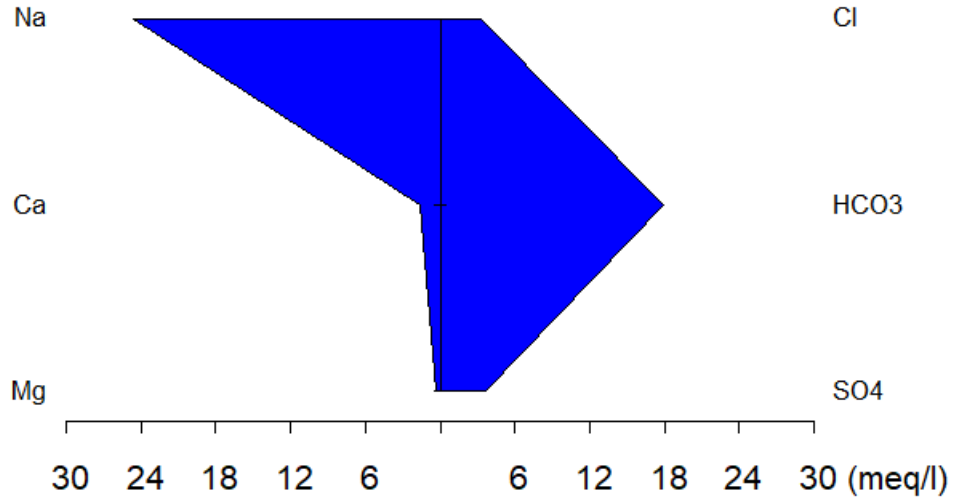
# Chemical Composition of thermal Waters In Systems in Honduras

**Legend**

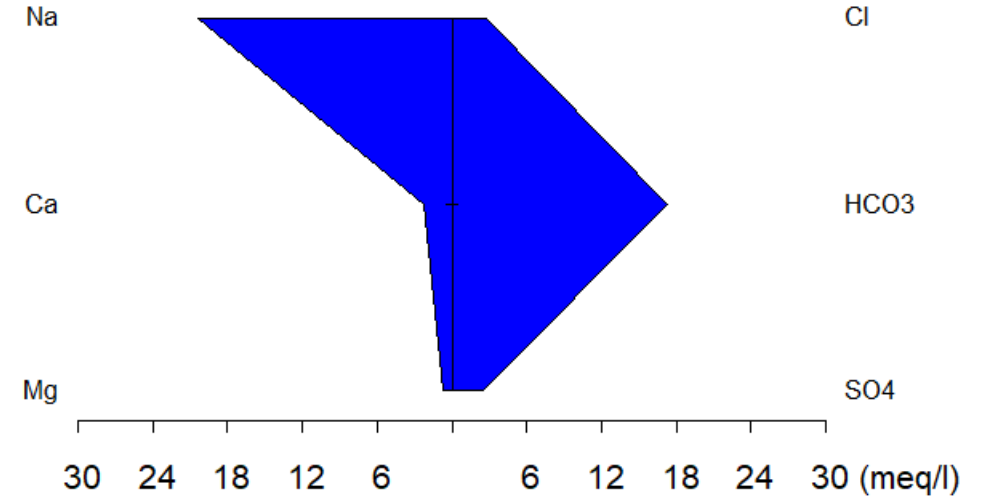
-  Subduction System South
-  Tectonic System North Center
-  Tectonic System North 1
-  Tectonic System North 2
-  Tectonic System North 3

Site	Location	pH	T °C	Cond us/cm	TDS ppm	Li ppm	Na ppm	K ppm	Mg ppm	Ca ppm	NH4 ppm	F ppm	Cl ppm	H2S ug/l	SO4 ppm	NO3 ppm	HCO3 ppm	SiO2 ppm	Co2 ppm	Fe ppm	Al ppm	18O ppm	2H
Lbarca	Tectonic System North Center	8.4	76.5	2510	1654.09	1.16	565.86	38.5	3.87	31.35	1.5	116.1	8.0	0.0	175.0	0.0	1092.1	107.6	795.1	0.106	0.18	-2.66	-32
Eolivar1	Tectonic System North Center	8.4	72.9	2240	1476.16	1.21	469.32	40.47	9.3	44.31	1.6	96.8	6.8	61.0	120.0	0.0	1058.2	115.4	769.4	0.208	0.19	-3	-30
El olivar 2	Tectonic System North Center	8.2	59.7	2360	1555.24	1.23	504.7	41.85	7.62	43.88	1.6	100.8	7.0	0.0	85.0	0.0	1307.1	116.8	951.4	0.19	0.17	-3.35	-30
Nams	Subduction System South	8.2	76.5	1323	871.857	0.29	344.81	8.18	0.12	64.69	0.0	495.9	1.0	82.0	225.0	0.0	14.0	63.7	11.22	0.2200	0.2500	-6.2	-45
EL estribo	Subduction System South	8.7	80.6	972	640.548	0.13	162.05	4.55	0	26.47	0.0	35.6	1.7	38.0	345.0	0.0	13.5	66.9	11.6	0.1800	0.17	-6.63	-50
Morolica	Subduction System South	8.1	82	2470	1627.73	0.89	422.34	16.81	0.59	41.94	0.0	80.8	5.9	97.0	850.0	0.0	208.2	139.77	150.1	0.3500	1.51	-7.19	-54
Pavana	Subduction System South	7.8	70	929	612.211	0.22	217.83	8.31	0.14	25.4	0.0	54.0	3.3	0.0	342.0	0.0	54.3	105	46.9	0.4500	0.28	-6.86	-49
El Oro-Agua																							
Caliente	Tectonic System North 1	8.8	80.4	431	284.029	0.66	84.05	2.84	0.01	2.19	0.1	6.4	3.2	784.0	60.0	0.0	85.0	71.1	89.1	0.114	0.25	-4.28	-16
Agua Caliente	Tectonic System North 1	8.7	79.3	385	253.715	0.51	75.04	2.55	0	1.48	0.2	6.4	2.6	735.0	56.0	0.0	82.0	66	74.4	0.145	0.22	-4.55	-17
Los Hervaderos	Tectonic System North 2	7.6	93.3	765	504.135	0.34	125.3	6.74	0.07	21.56	0.1	43.2	4.5	689.0	185.0	0.0	51.4	69.2	36.3	0.919	0.65	-3.91	-22
Jutiapa	Tectonic System North 3	8.5	86.7	613	403.967	0.26	119.28	4.68	0.02	3.49	0.2	34.8	2.9	730.0	100.0	0.1	77.5	80.6	100.2	0.095	0.21	-4.34	-18

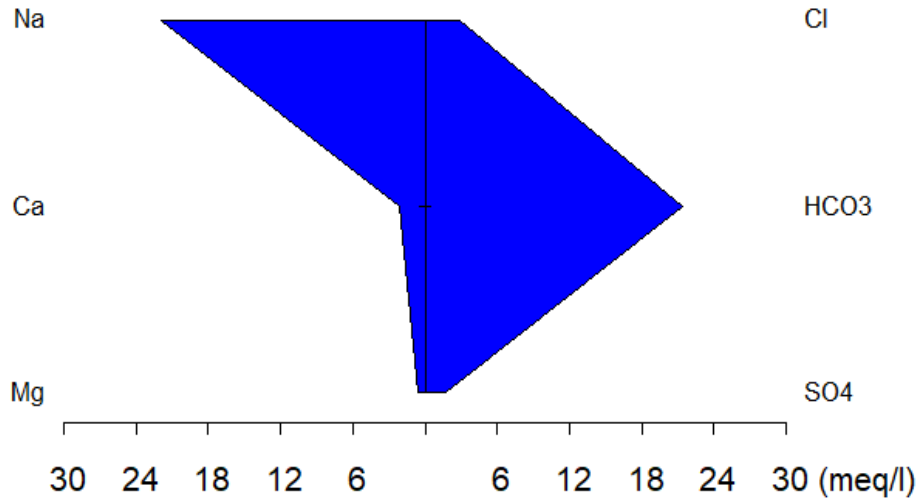
La Barca



El Olivar 1



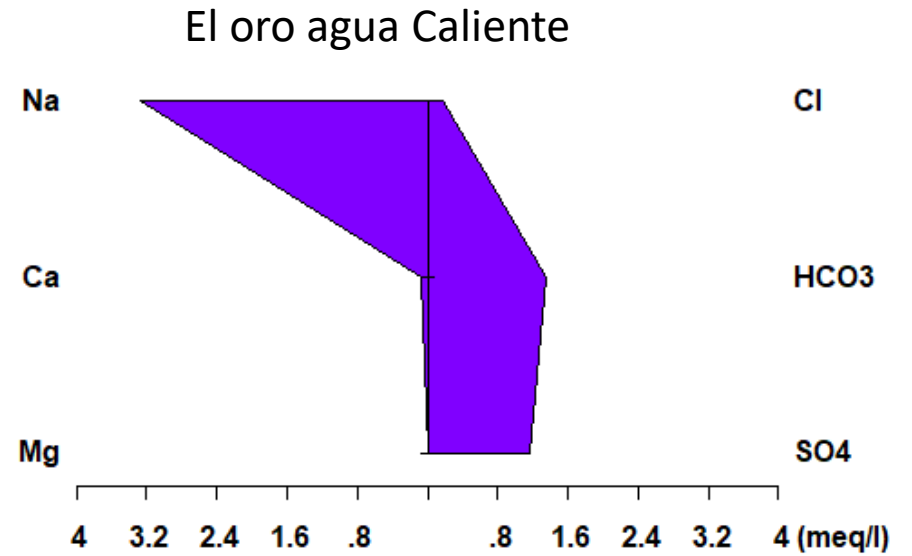
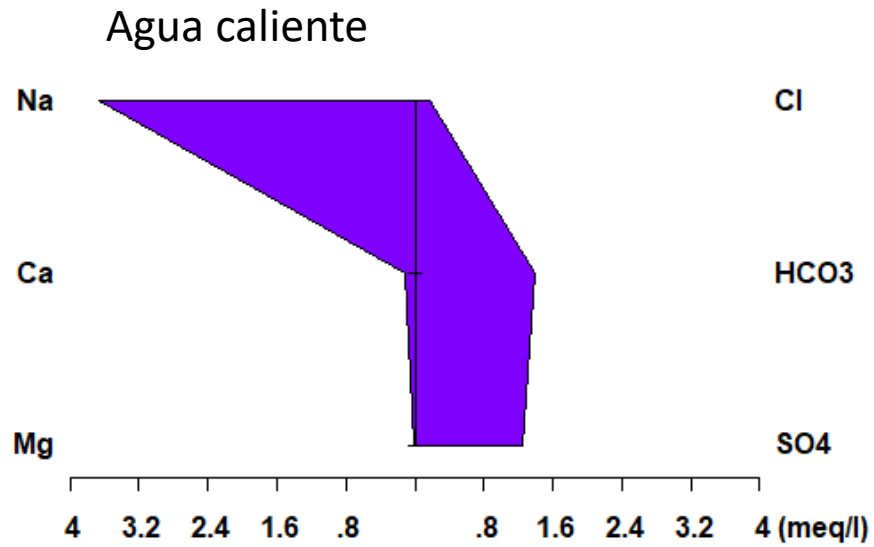
El Olivar 2



Los diagramas de Stiff muestran que la química de las aguas que el sistema tectónico Norte centro es del tipo Na-HCO3

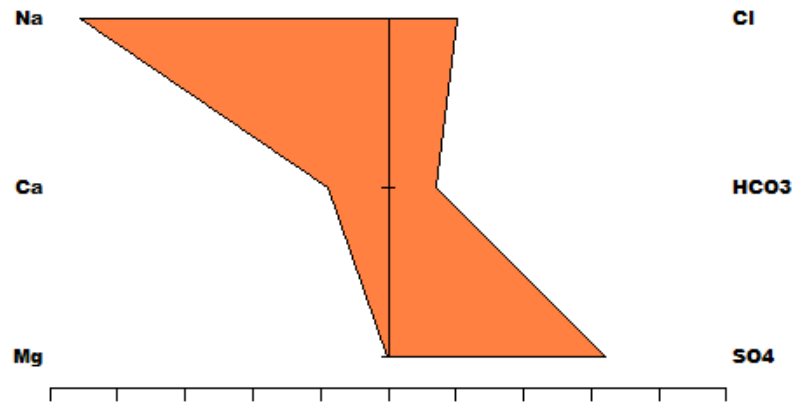


los diagramas de Stiff muestran que la química de las aguas que el sistema tectónico del norte 1 es del tipo Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>



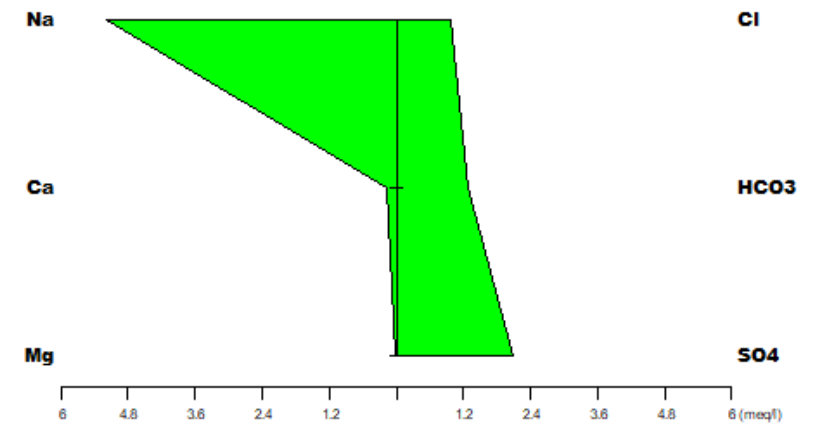
los diagramas de Stiff muestran que la química de las aguas que el sistema tectónico del norte 2 es del tipo Na-SO4

Los Hervaderos



los diagramas de Stiff muestran que la química de las aguas que el sistema tectónico del norte 3 es del tipo Na-SO4-HCO3

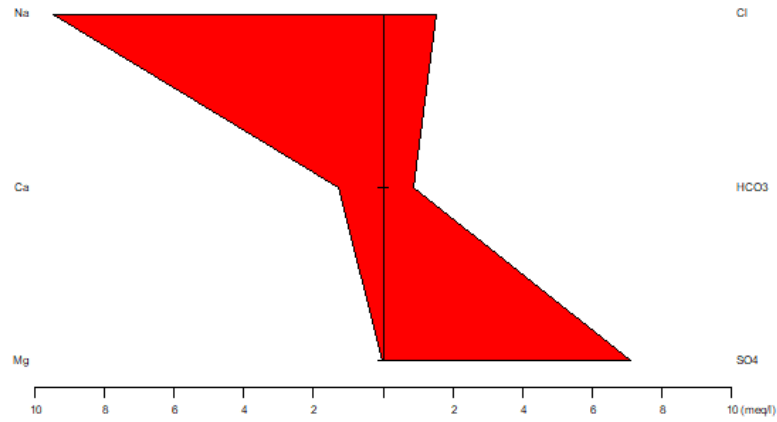
Jutiapa



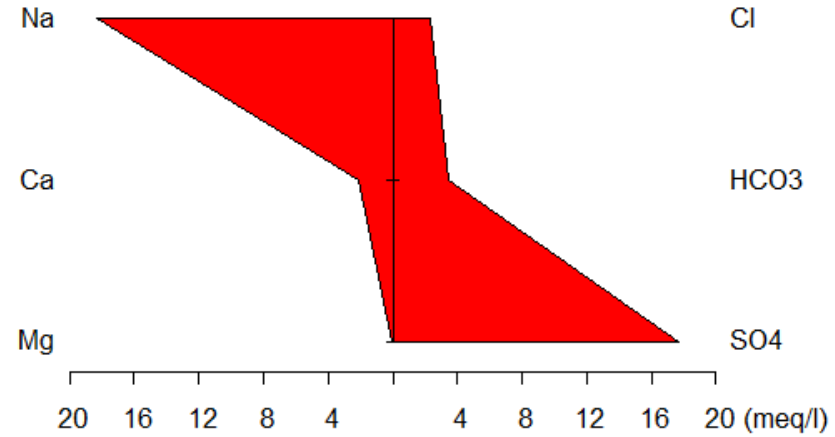


# Caracterización Química de los sistemas

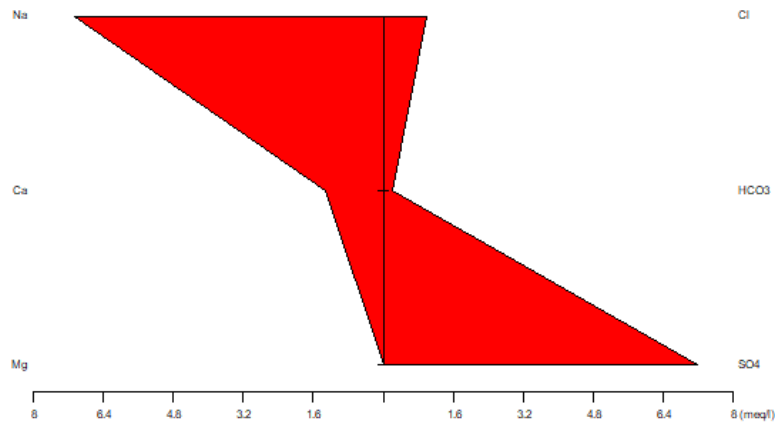
## Pavana



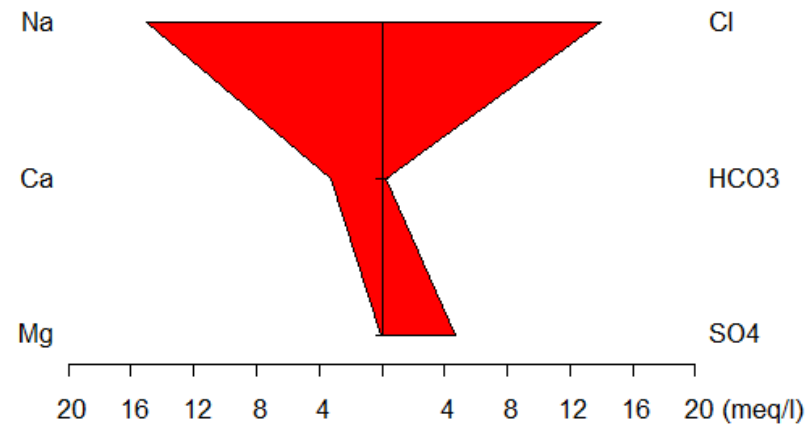
## Morolica



## El estribo



## Namasigüe



Los diagramas de stiff muestran que el sistema subductivo es del tipo Na-SO<sub>4</sub>, pero uno de los sitios del sistema subductivo es una muestra que es Na-Cl (Namasigüe )

# Chemical Characterization of thermal fluids

Piper Plot

▲ Na-HCO<sub>3</sub> Typical of deep underground waters influenced by ion exchanges

▼ Na-SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>

◆ Na-HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>

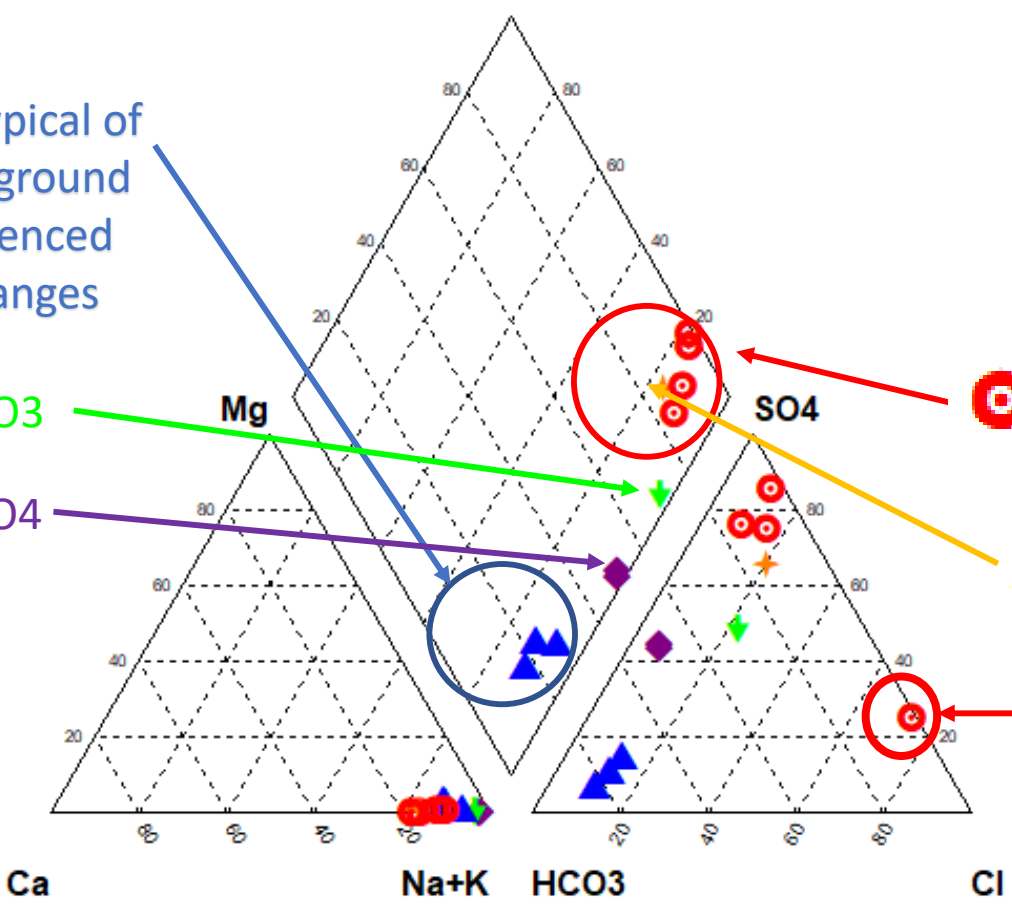
**Legend**

- ⊙ Subduction System South
- ▲ Tectonic System North Center
- ◆ Tectonic System North 1
- ✦ Tectonic System North 2
- ▼ Tectonic System North 3

⊙ Na-SO<sub>4</sub> Sulphatewaters (interaction with geothermal steam)

✦ Na-SO<sub>4</sub>

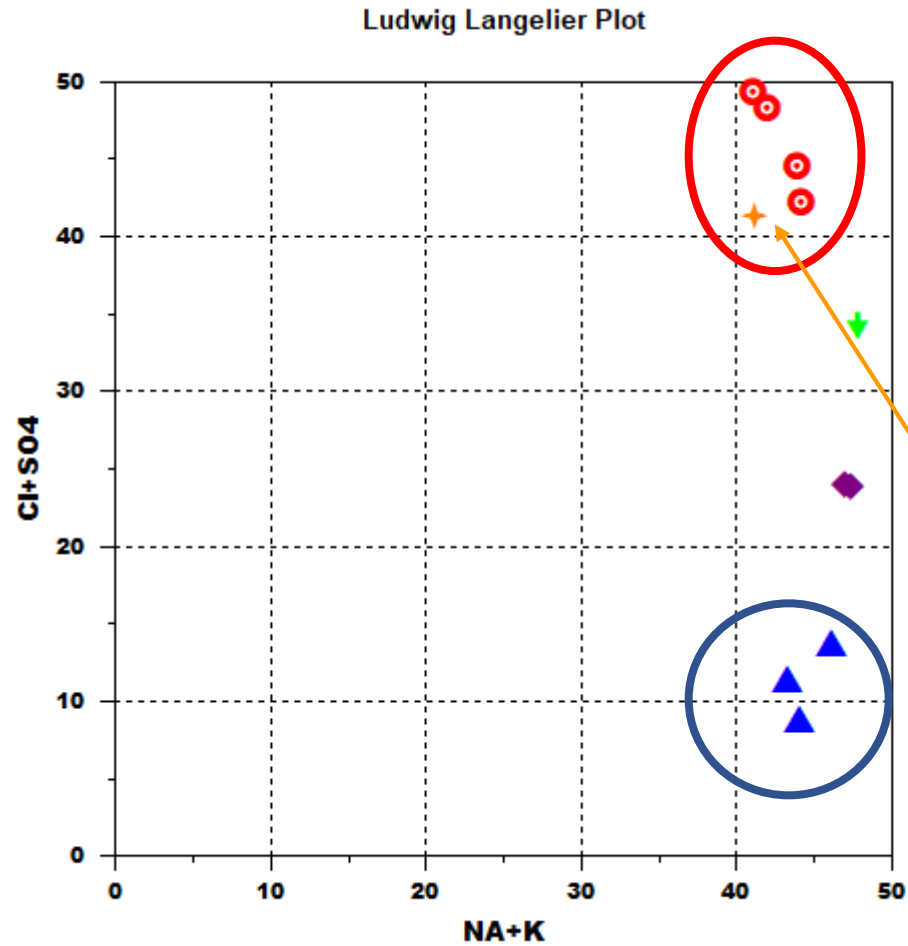
⊙ Na-CL Sodiumchloride water (deepgeothermal origin)



Ca Na+K HCO<sub>3</sub> SO<sub>4</sub> Cl



# Chemical Characterization of thermal fluids



Legend

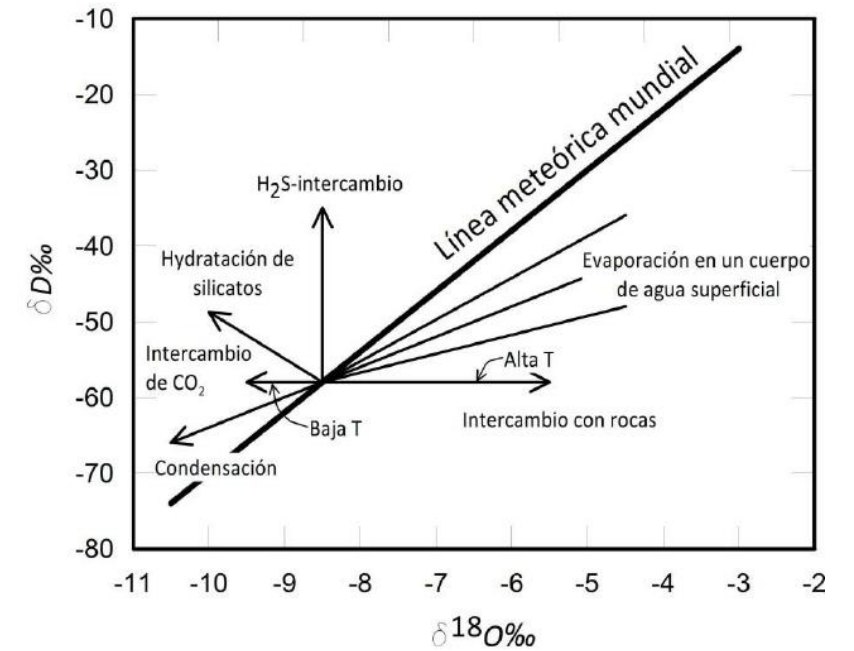
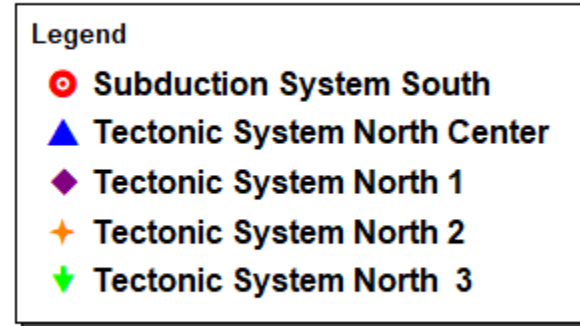
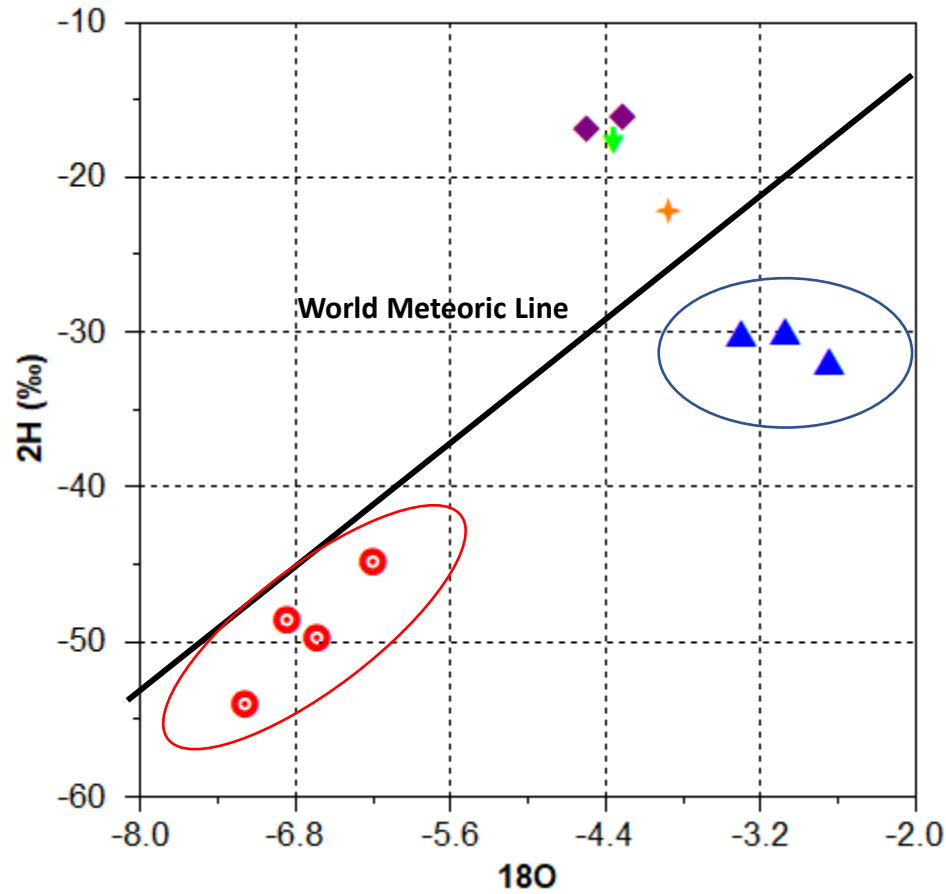
- Subduction System South
- ▲ Tectonic System North Center
- ◆ Tectonic System North 1
- ★ Tectonic System North 2
- ▼ Tectonic System North 3

cuando se separan en un gráfico de aniones y cationes, podemos ver una clara diferencia entre cada uno de estos sistemas

Este gráfico muestra que estos son diferentes reservorios.

Hay un Reservorio en la zona norte que coincide con la química de los sistemas del sur

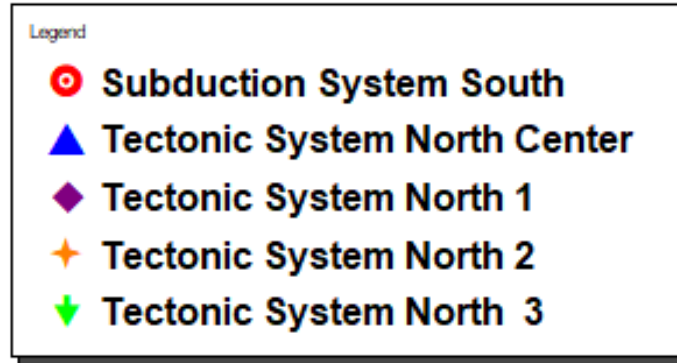
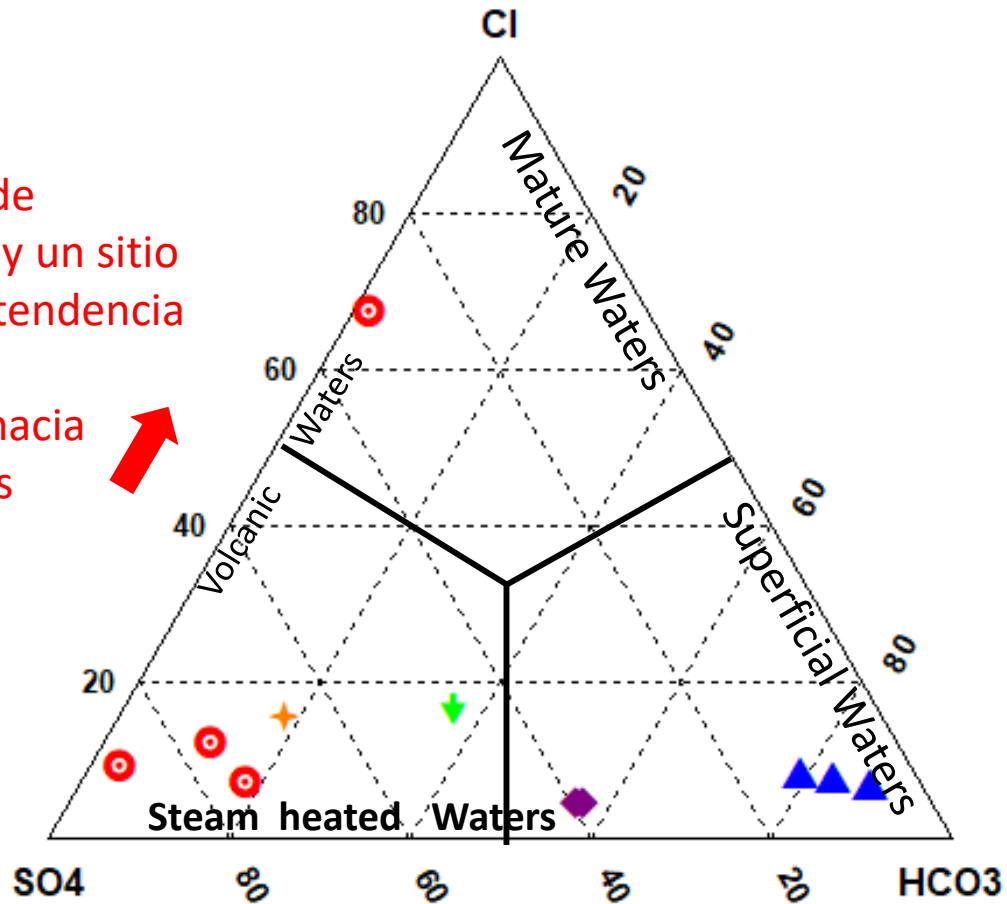
# Chemical Characterization of thermal fluids





# Chemical Characterization of thermal fluids

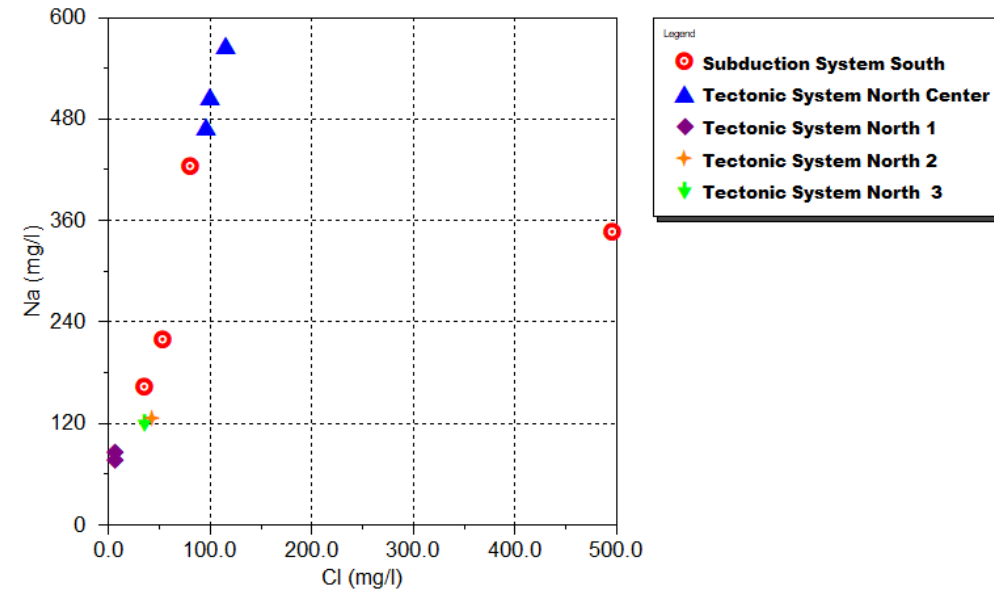
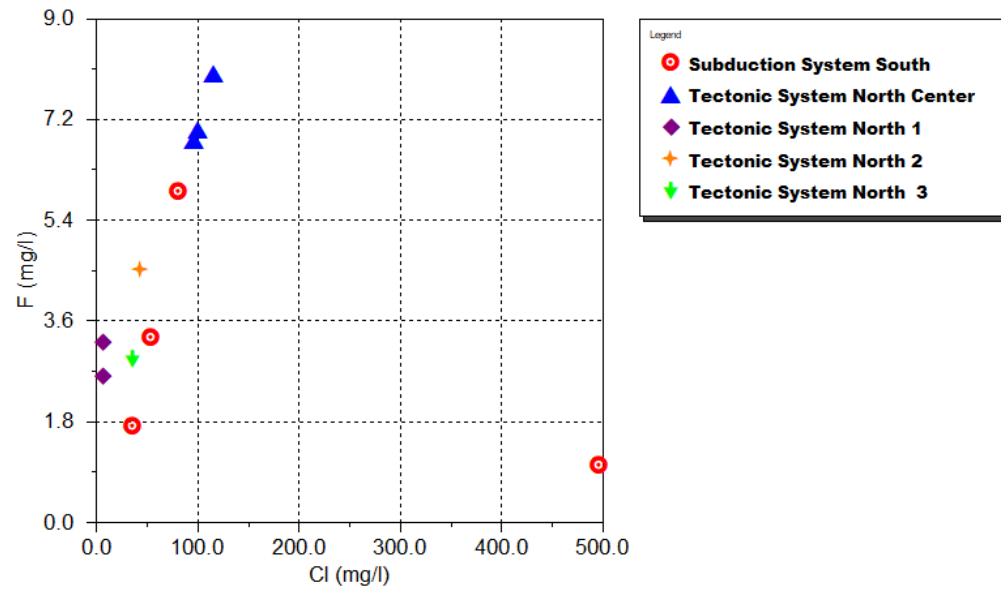
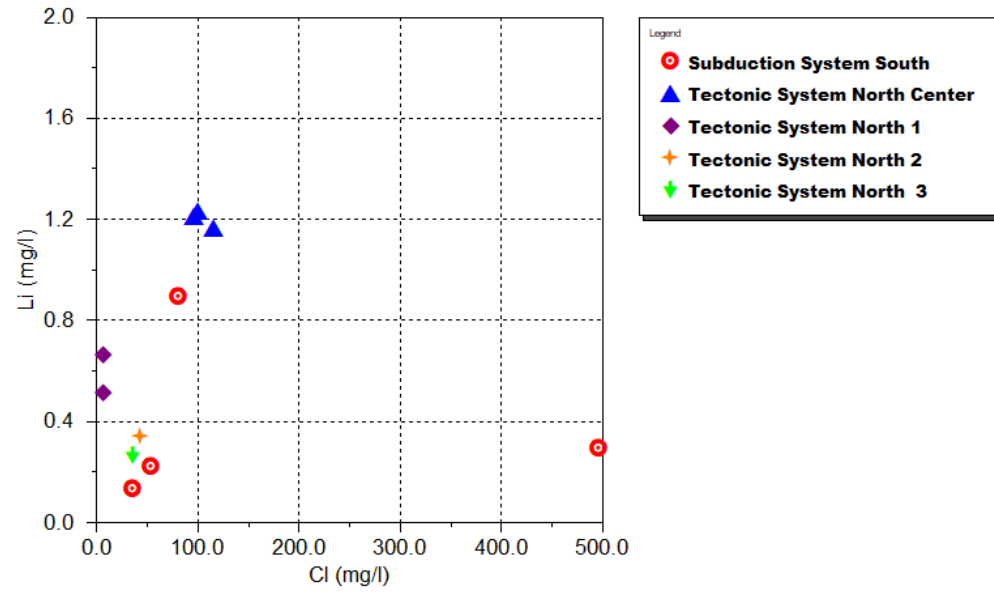
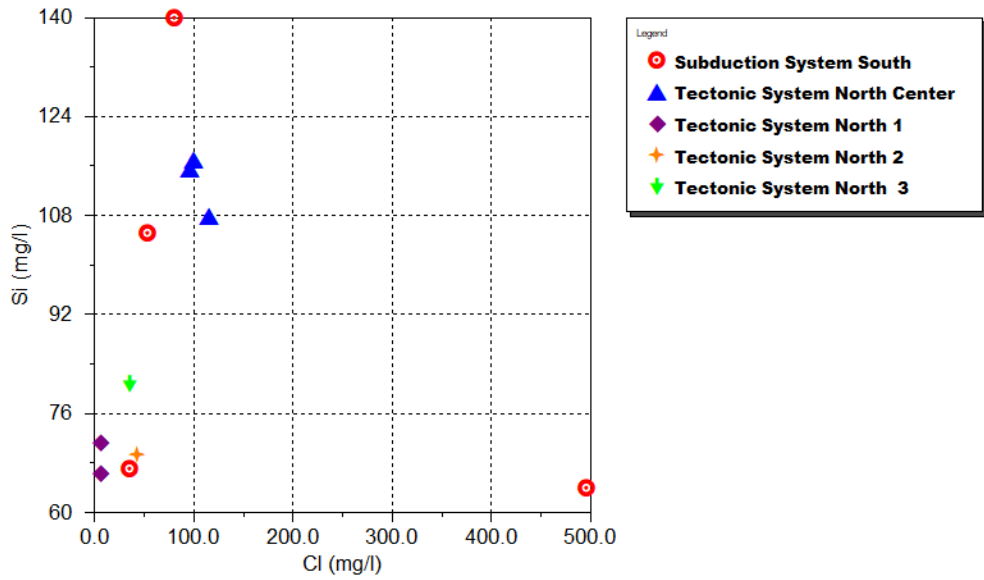
Ternary Diagram



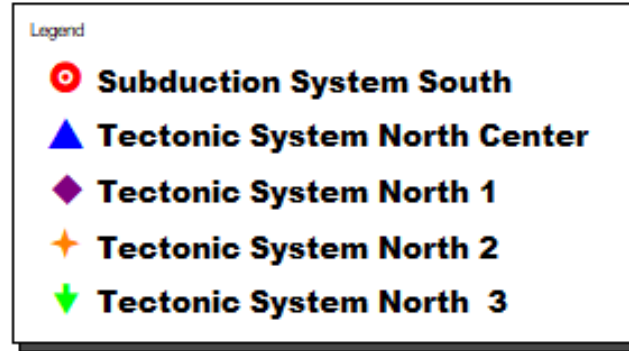
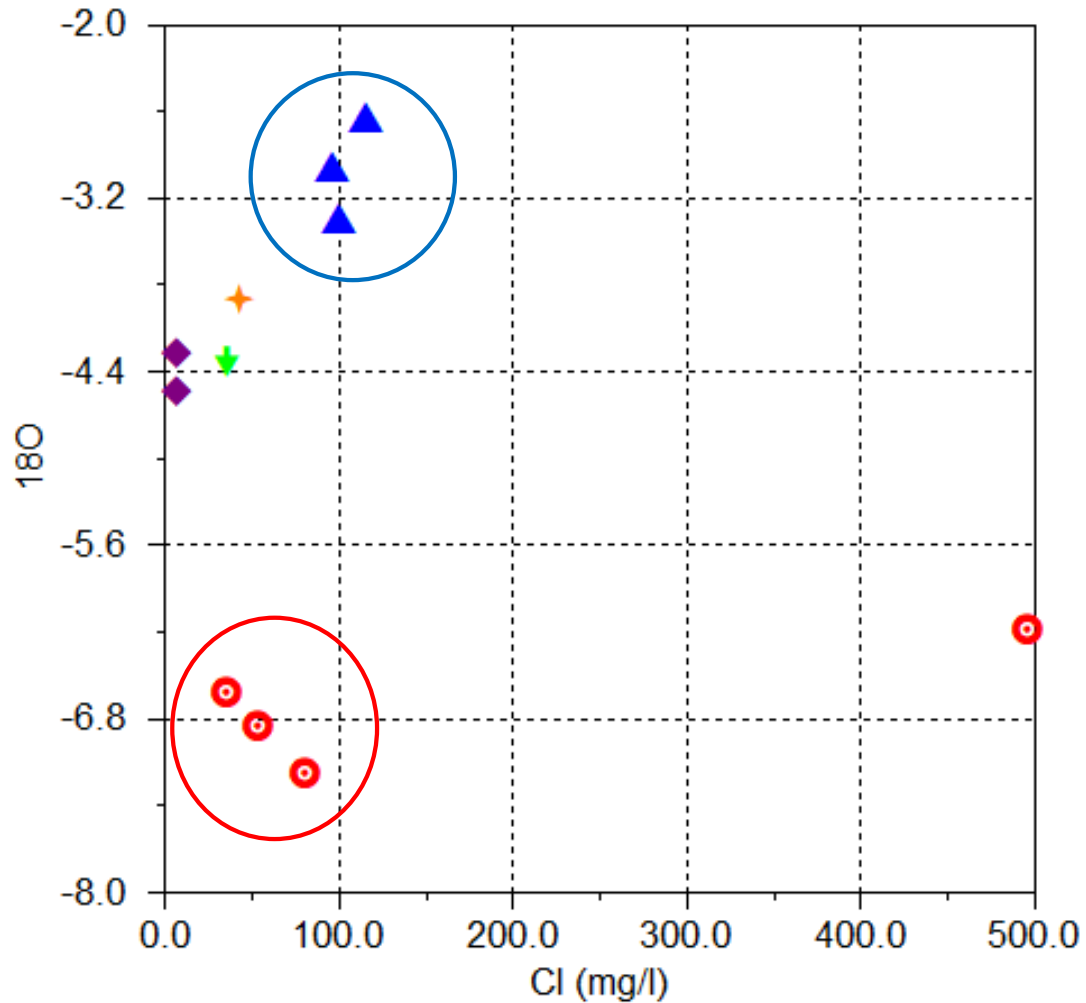
En el sistema de subducción hay un sitio con una clara tendencia del de un sitio (namasigue ) hacia aguas maduras



El gráfico muestra que las aguas son sulfatadas Calentadas por vapor para el Los sistemas subductivo y el Norte 2 . Bicarbonatadas para el sistema tectónico Norte Centro en mezcla Con aguas Superficiales .

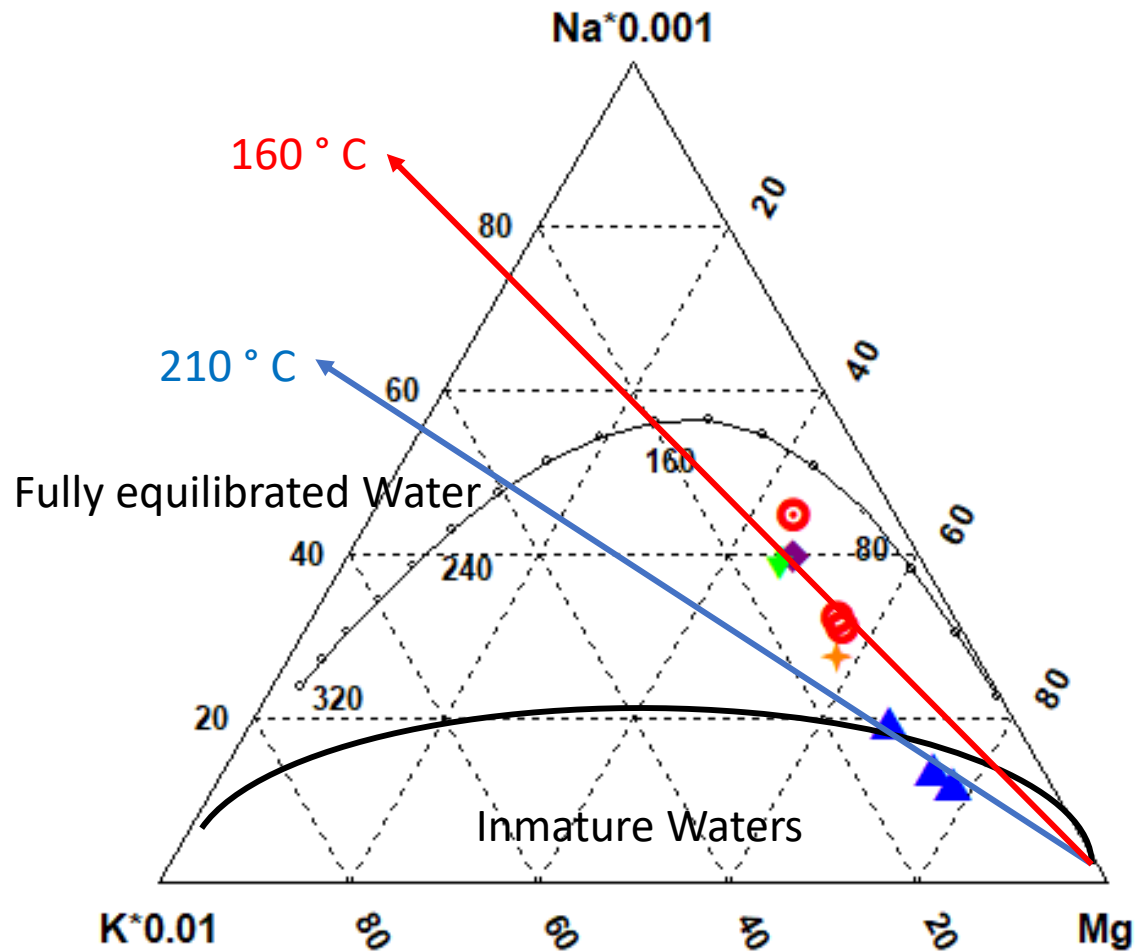






Hay algunas diferencias entre las relaciones lineales de Cl con otros componentes en los sitios alterados. Estos indican una fuerte mezcla en aguas de algún acuífero que ascienden a la superficie, mientras que el sistema subductivo sugiere enfriamiento conductivo

Giggenbach Triangle

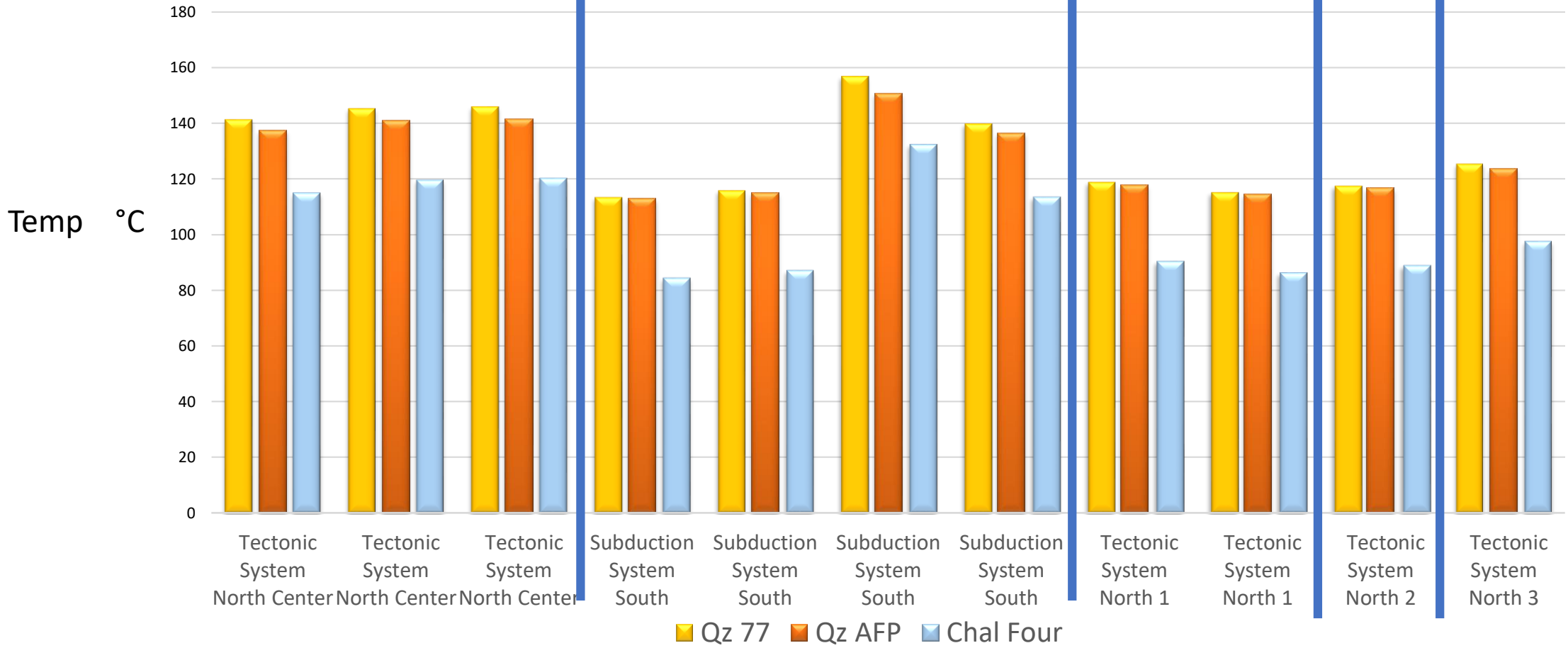


Legend

- Subduction System South
- ▲ Tectonic System North Center
- ◆ Tectonic System North 1
- ★ Tectonic System North 2
- ▼ Tectonic System North 3

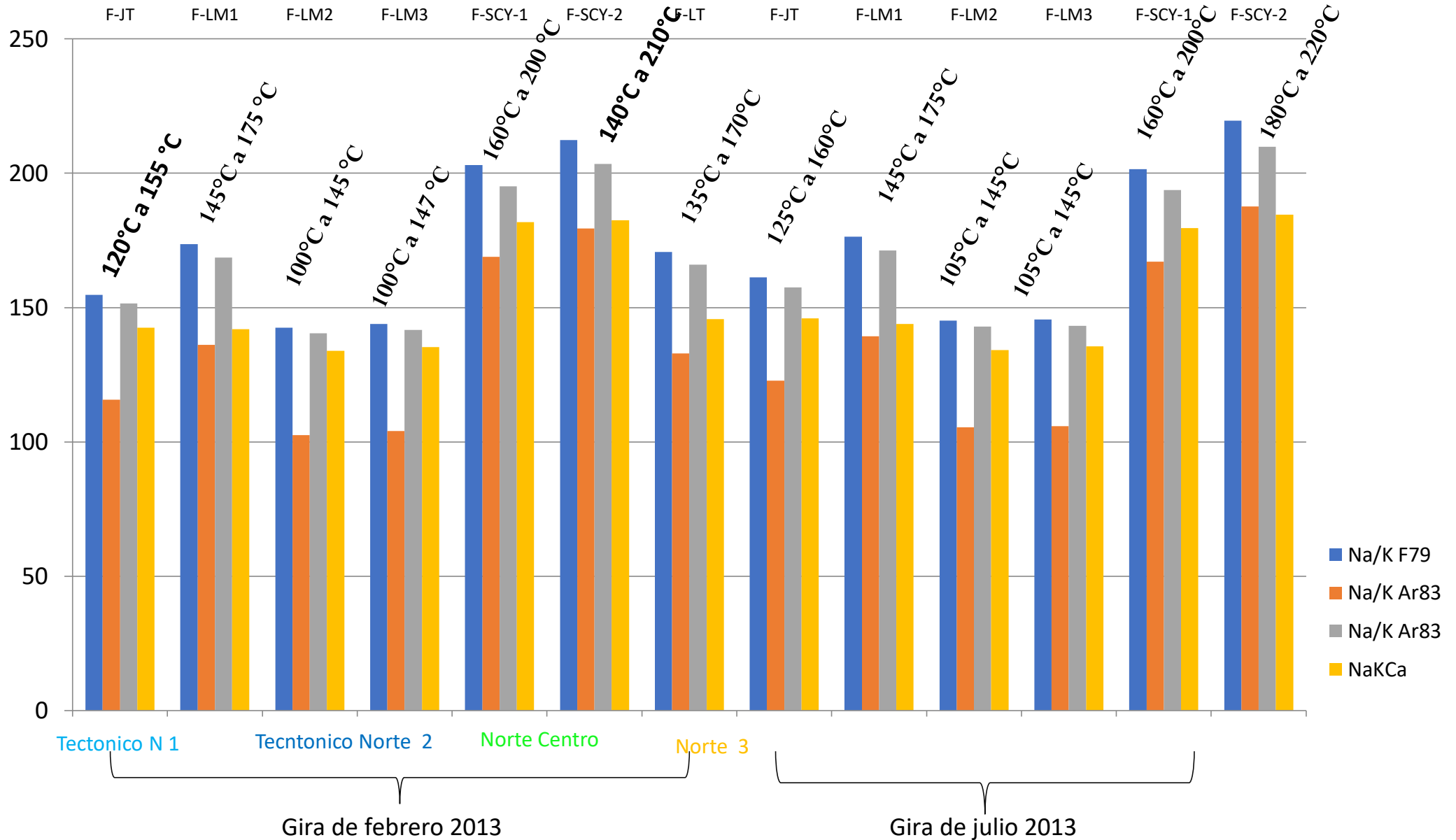
El sistema tectónico norte Centro se compone de aguas inmaduras por lo que no se pueden aplicar geotermómetros catiónicos. En el caso de los otros sistemas, están parcialmente en equilibrio. Podemos aplicar esta técnica de geotermómetros catiónicos pero utilizando Todos los geotermómetros para comparar las evidencias de las temperaturas de los diferentes Sistemas.

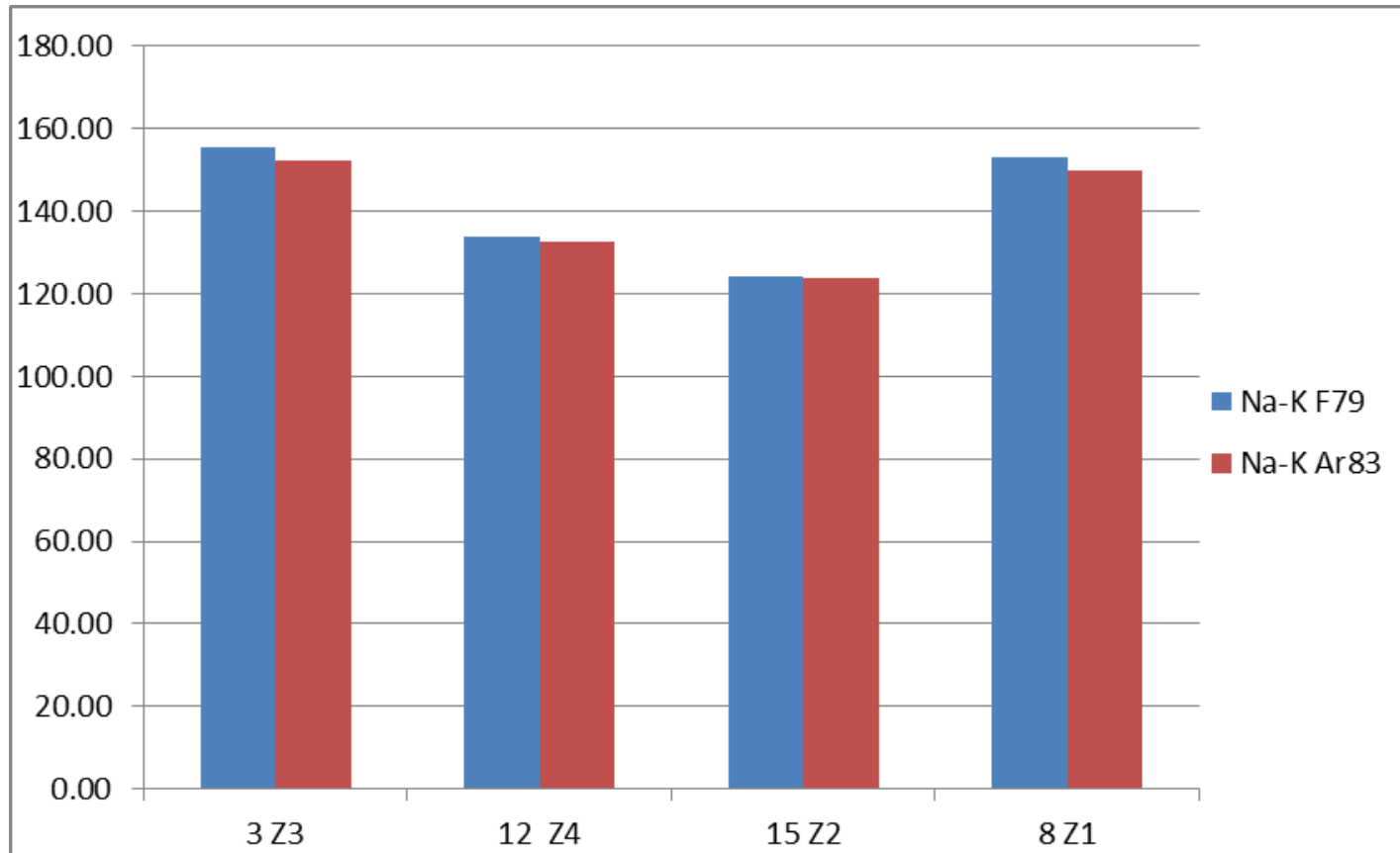
### Quartz Geothermometers





# GEOTERMOMETROS DE Na/K y Na-K-Ca





Geotermómetros Sodio  
potasio Sistema  
Subductivo  
= 120-155 C

# CONCLUSIONES

- En base a las temperaturas estimadas se puede considerar que un buen prospecto para realizar un estudio mas generalizado para exploración geotérmica son los sitios de la **Norte centro y Sistema sur Subductivo** , los cuales manifiestan las mejores temperaturas según Giggenbach y los Geotermómetros .
- Esto no significa que los demás sitios están descartados los mismos requieren de un estudio mas profundo en la parte de Geoquímica .

Los rangos de temperatura encontrados en los sistemas son los siguientes .

<b>Sistema subductivo Sur</b>	<b>120 - 160 ° C</b>
<b>Sistema Norte Centro</b>	<b>140- 210 ° C</b>
<b>Sistema Tectónico Norte 1</b>	<b>120 -160 ° C</b>
<b>Sistema Tectónico Norte 2</b>	<b>120 -160 ° C</b>
<b>Sistema Tectónico Norte 3</b>	<b>120 -160 ° C</b>

## RECOMENDACIONES

- Realizar una campaña completa en las zonas de estudio, para reforzar la información, incluyendo pozos manantiales y nacientes .
- Realizar Una campaña de Gases en la Época de Verano para Reforzar esta Información De la geotermometría Liquida .
- Reforzar esta información con los estudios de geología y geofísica para elaborar los primeros modelos conceptuales.