



**INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO**

**INFORME DEL MUESTREO GEOQUIMICO DE GASES EN SISTEMAS
GEOTERMALES EN EL SUR DEL PERÚ (6 AL 18 DE JULIO DEL 2007)**



POR:

**Lic. PABLO MASIAS ÁLVAREZ
Dr. CLAUS SIEBE
Dr. FRASER GOFF
Dra. KATHY GOFF**

Arequipa, agosto, 2007

INTRODUCCIÓN

La recolección y análisis de las muestras de gas se realizaron en el marco de un proyecto de cooperación entre el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Teniendo como participantes al Dr. Claus Siebe de la UNAM – México; y los Drs. Fraser y Cathy Goff del Laboratorio Los Álamos de Estados Unidos, especialistas en campos geotermáles y el Lic. Pablo Masías, Químico del INGEMMET.

Los trabajos se realizaron del 6 al 18 de julio del 2007, en 17 zonas geotermáles en 4 departamentos del sur del Perú (Puno, Arequipa, Moquegua y Tacna), las que se pueden apreciar en la fig. 1 y 2. Estas se caracterizaron por presentar agua caliente, en algunos casos se encontraron fuentes saturadas con vapor, además de geisers, solfataras y fumarolas. En algunas zonas se tomaron más de un punto de muestreo.

El muestreo de gases se realizó utilizando las botellas de Giggenbach con el método que se describirá más adelante, además se tomaron muestras de agua para realizarle análisis químicos e isotópicos, se midieron parámetros como la temperatura, pH, Conductividad y los sólidos totales disueltos.

Nº	Zona Geotermal	Departamento
1	P. Cañahuas	Arequipa
2	Chivay	Arequipa
3	Callalli	Arequipa
4	Yanque	Arequipa
5	Pinchollo	Arequipa
6	Paçlla	Arequipa
7	Pinaya	Puno
8	Calientes	Tacna
9	Tutupaca	Tacna
10	Borateras	Tacna
11	Calacoa	Moquegua
12	Salinas	Arequipa
13	Logen	Moquegua
14	Ubinas	Moquegua
15	Misti	Arequipa
16	Arequipa	Arequipa
17	Yura	Arequipa

Fig. 1 Lista de las zonas Geotermáles.

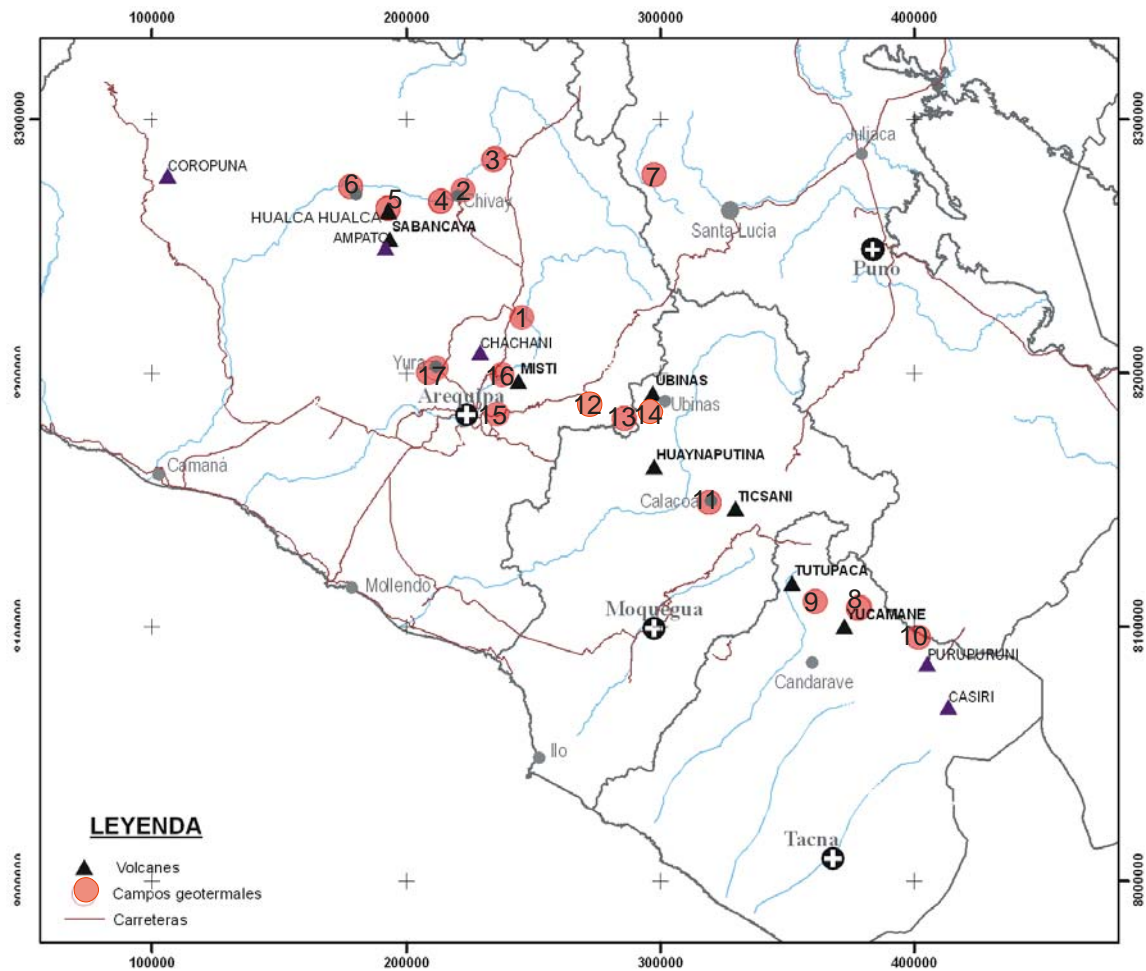


Fig. 2 Mapa de ubicación de los campos geotermáles.

MARCO TEORICO

Los gases geotérmicos descargados a través de fuentes termales, fumarolas, suelos humeantes y ventiladeros de vapor, están conformadas por gases reactivos (vapor de agua, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, amoníaco, nitrógeno, metano, monóxido de carbono, hidrógeno) y gases inertes o conservativos (gases nobles e hidrocarburos diferentes al metano). Su composición depende de algunas variables tales como origen, temperatura, presión, contenido de gas en el fluido del reservorio, solubilidad en la fase líquida y de procesos que sufren como separación por ebullición, condensación, oxidación, disolución y mezcla con gases atmosféricos, entre otros. Por lo tanto la composición de los gases puede servir como geoindicador de procesos sufridos por el fluido geotérmico en el reservorio y en su tránsito hacia la superficie.

Los gases geotérmicos tienen tres fuentes principales: el magma, la materia orgánica, abundante en ambientes sedimentarios y los gases disueltos en el agua meteórica. El origen de las especies más relevantes es descrito a continuación (Nicholson, 1993).

CO₂. Además del agua, la especie más abundante en la fase gas del fluido geotérmico, es el CO₂ cuyo origen puede encontrarse en los gases magmáticos, en la alteración termal de rocas y minerales carbonatados, en la degradación de la materia orgánica o en zonas de ebullición del fluido geotérmico. Es reconocida la influencia de la concentración de CO₂ en la profundidad de ebullición del fluido geotérmico; a mayor concentración del gas, mayor la profundidad de ebullición.

H₂S. El gas H₂S se origina en la alteración de rocas del reservorio o a partir de la fuente magmática. Este es un gas reactivo que al interactuar con las rocas genera sulfuros de hierro. Su solubilidad es mayor que la del CO₂ por lo cual se enriquece en la fase líquida a medida que el flujo avanza.

N₂. La mayoría del N₂ encontrado en los fluidos geotérmicos es de origen meteórico aunque también puede originarse en el magma. En el magma se cree que este gas se origina en la degradación de la materia orgánica en la corteza cuando se pone en contacto con el magma. En sistemas de baja temperatura, este puede ser el componente mayoritario. **CH₄.** El gas CH₄ es el más abundante de los hidrocarburos encontrados en fluidos geotérmicos. Se puede producir por alteración de rocas sedimentarias ricas en materia orgánica por lo cual es común en sistemas geotérmicos sedimentarios de baja temperatura.

Este gas puede además originarse en reacciones redox microbiológicas.

NH₃. El NH₃ es un gas menor en el fluido geotérmico. Sin embargo este gas se puede encontrar en concentraciones altas asociado con horizontes sedimentarios profundos, como resultado de la alteración de la materia orgánica. Dado que es un gas reactivo puede ser removido de la fase gas por adsorción en arcillas producidas por alteración o por disolución en condensados de vapor, dado que es el gas geotérmico de mayor solubilidad. El fraccionamiento de este gas aumenta a medida que el fluido geotérmico enfría.

Gases nobles. Los gases nobles como He, y Ar, provienen en parte de la recarga de agua meteórica. Además estos gases pueden provenir de una fuente radiogénica como el magma. El Rn por su parte se origina solamente a partir de una fuente radiogénica.

O₂. El gas oxígeno no está presente en el fluido del reservorio geotérmico profundo por lo cual se le considera indicador de contaminación de la muestra con aire.

METODOLOGIA DEL MUESTREO

Para la recolección de las muestras se utilizaron Botellas de Giggebach (ampollas de vidrio al vacío con solución de hidróxido de sodio 6 N), de acuerdo con la metodología sugerida por Giggenbach & Goguel (1988). En estas botellas los gases ácidos (CO_2 y H_2S) quedan atrapados en la solución alcalina formando sales sódicas mientras que los gases residuales no condensables (N_2 , CH_4 , He , H_2 , O_2 y CO , principalmente), quedan en espacio libre de la botella.

El procedimiento consistió en: (1) selección de los puntos de muestreo con base en los criterios de mayor temperatura y/o abundancia en la descarga de gases, (2) se verifica el vacío en la botella agitándola, (3) instalación del sistema de recolección de gases ilustrado en la Fig. 4 y 5, (4) purga del sistema (eliminación del aire contenido en el sistema por desplazamiento con el gas termal con la pistola de vacío) y (5) toma de la muestra de gas por burbujeo a través de la válvula de la ampolla de vidrio invertida para promover la disolución de los gases ácidos en la trampa alcalina.

Las ampollas se almacenaron en Contenedores adecuadas y se transportaron al laboratorio para ser analizadas.

Los resultados se pueden apreciar en las Fig. 6 y 7.

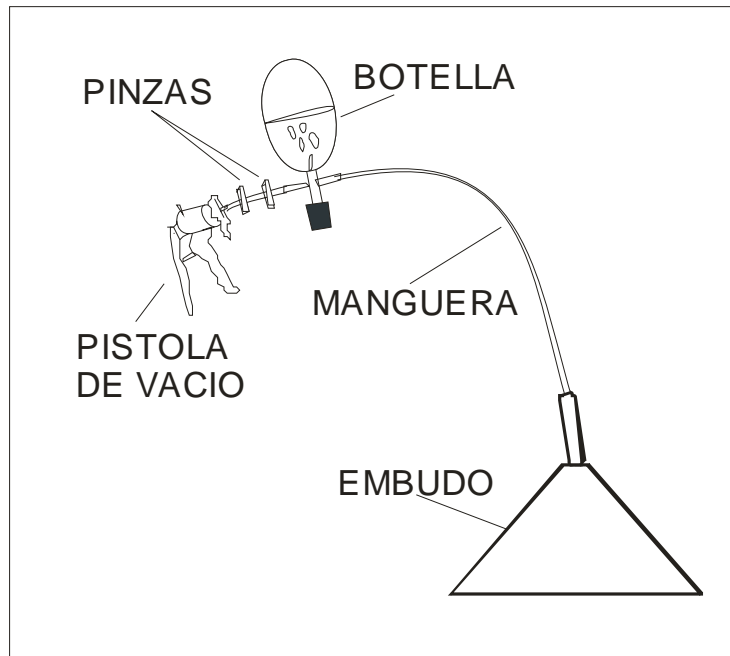


Fig. 3 Partes del sistema de Giggenbach & Goguel (1988) para el muestreo de gases.

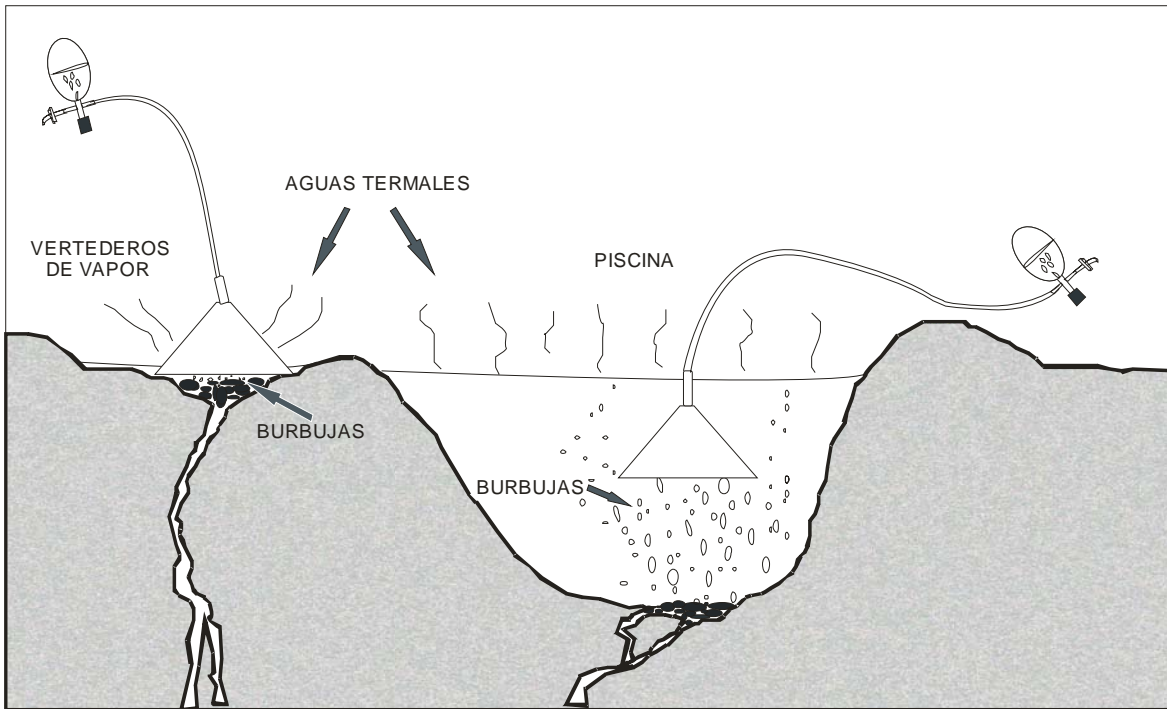


Fig. 4 Método de muestreo de en fuentes y piscinas.

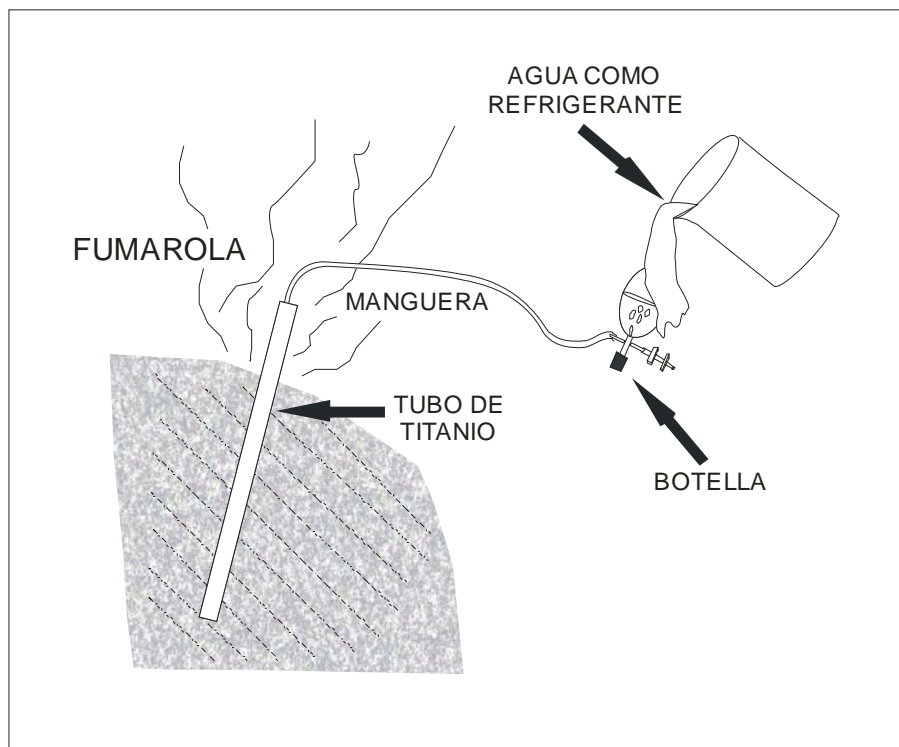


Fig. 5 Método de muestreo en fumarolas.

LUGARES DE MUESTREO

1. ZONA TERMAL DE PAMPA CAÑAHUAS

La zona termal de Pampa Cañahuas se encuentra en el departamento y provincia de Arequipa. Dentro de la Reserva Natural de Pampa Cañahuas, Salinas y Aguada Blanca.



Fig. 6 Ubicación de la fuente termal Umaluso.

- Fuente termal Umaluso.

Se ubica en las coordenadas latitud 24569, longitud 8222036, altura 3920 msnm, en la zona de Umaluso cerca al río Sumbay, a 2 horas desde la ciudad de Arequipa, por la carretera a Juliaca, se encuentran la piscina del mismo nombre, esta presenta agua caliente a 34.2 °C y es de color verde, existen burbujas que emanan del fondo arenoso.

Existen algunas algas que flotan cerca de la superficie, Las paredes de la piscina están hechas con piedras pircadas, pero el agua tiene un nivel de aproximadamente un metro.



Fig. 7 Fuente termal Umaluso.

2. ZONA TERMAL DE CHIVAY

La zona termal de chivay se encuentra muy cerca de la ciudad del mismo nombre, en el departamento de Arequipa, provincia de Cailloma, en el valle de Colca.

- Fuente termal La Calera.

Esta fuente Se ubica en las coordenadas latitud 222624, longitud 8271984, altura 3611 msnm, abástese a un complejo de piscinas a partir de un sistema de acequias, el agua sale caliente a 68.6 °C, incolora, olor sulfuroso y existen burbujas emanando con el agua.

Se puede apreciar que en las paredes de la fuente azufre, que se al parecer se sublimo de estos gases emanados.



Fig. 8 Fuente termal La Calera.

3. ZONA TERMAL DE CALLALLI

Esta Zona termal se encuentra la parte alta del río Colca, cerca de pueblo de Callalli, departamento de Arequipa, provincia de Cailloma.

Donde destacan 2 fuentes y se ha construido un complejo de piscinas llamado Baños del Inca.



Fig. 9 Campo geotermál de Callalli.

- **Fuente termal Baños del Inca A.**

Esta fuente se encuentra en la parte más alta del complejo. Actualmente se encuentra cerrada con un muro de material noble que imposibilita la toma de muestras y parámetros.



Fig. 10 Fuentes termales Baños del Inca A.

- **Fuente termal Baños del Inca B.**

Esta fuente se ubica en las coordenadas latitud 235089 longitud 8284629, altura 3853 msnm, se encuentra en la parte baja del complejo, junto a una pared de roca andesitita fluye el agua caliente a 45.6 °C, desde el fondo de graba por donde también emanan burbujas.



Fig. 11 Fuentes termales Baños del Inca B.

4. ZONA TERMAL DE YANQUE

En la margen derecha del río Colca, al frente del pueblo de Yanque, departamento de Arequipa, provincia de Cailloma se encuentra esta zona termal que se caracteriza por presentar gran cantidad de fuentes que son utilizadas para abastecer de agua a diversas piscinas.

- Fuente termal Puye Sabancaya (Hotel Colca Lodge).

Se ubica en las coordenadas latitud 213931, longitud 8267804, altura 3336 msnm, en el Hotel Colca lodge, junto al río se construyeron piscinas, abastecidas de agua caliente de fuentes cercanas llamadas puye, la mas caliente es la bautizada por el personal del hotel como Sabancaya, la cual presenta agua de color verdoso y una temperatura de 72.8 °C, menor a la señalada en un cartel, el agua es captada 3 a 4 m abajo y el nivel es elevado por embalse.



Fig. 12 Fuente termal Puye Sabancaya.

- Fuente termal Puyi (Cortaderas).

Esta fuente se ubica en las coordenadas latitud 213920, longitud 8267663, altura 3330 msnm, siguiendo el curso del río algunos metros aguas debajo de la fuente anterior, el agua muy caliente a 80.3 °C, sale de una fuente al pie de algunas plantas de cortaderas, se puede apreciar colonias de bacterias color naranja, también emanan gases.



Fig. 13 Ubicación de la fuente termal Puyi.



Fig. 13 Fuente termal Puyi.

- **Fuente termal Chacapi.**

Chacapi se encuentra en una pared del valle de río colca junto al puente de Yanque, el agua es colectada de varias fuentes Calientes y enviada a través de un tubo a la otra margen del río con una temperatura de 42.2 °C, donde existe un complejo de piscinas. No hay emanaciones de gases en la fuente principal.



Fig. 14 Fuente termal Chacapi.

5. ZONA TERMAL DE PINCHILLO

Cerca al pueblo de Pinchillo, departamento de Arequipa provincia de Cailloma, ascendiendo por la ladera N NE del volcán Hualcahualca se encuentran alineados 3 sectores que fueron llamados Romano I, Romano II y Puye puye,



Fig. 15 Sectores geotermáles de Pinchollo.

- Romano I.

Se ubica en las coordenadas latitud 193179, longitud 8265061, altura 4378m, es también conocido como el geiser de pinchollo, se trata de una fumarola que emana el cauce del riachuelo de la quebrada a una temperatura de 100.0 °C.



Fig. 16 Romano I (geiser de Pinchollo)

- **Romano II.**

Se ubica en las coordenadas latitud 193179, longitud 8265061, altura 4378 msnm. En este sector se pudieron determinar 6 lugares de emanación, los más altos son fumarolas pero en los más bajos son hervideros de vapor, no hay agua fluyendo y se forma lodo.



Fig. 16 Romano II

- **Romano II D**

Es el punto que presentaba mayor cantidad de emisiones de gases, pero no se pudo colectar mucho agua, debido a que esta no discurre y se trata más de vapor que se condensa, registrando una temperatura de 87.1 °C.



Fig. 16 Romano II D

- **Puye puye**

En este sector se caracterizo por presentar gran cantidad de vapor, donde destacan 2 solfataras A y B. en el A se aprecio barro muy caliente burbujeante a una temperatura de 86.5 °C.



Fig. 17 Puye puye

- **Puye puye B**

En este caso por lado de la solfatara donde emanaban gases y una gran cantidad de vapor.



Fig. 18 Puye puye B

6. ZONA TERMAL DE PACLLA

Se ubica en las coordenadas latitud 178307, longitud 8273562, altura 2112 msnm, en la rivera del río Colca, descendiendo desde el pueblo de Cabanaconde por el camino a paclla, junto al puente, en el departamento de Arequipa, provincia de Cailloma.

En la pared del otro margen del río se aprecio depósitos de travertino, el cual se le podría atribuir a antiguas fuentes termales.

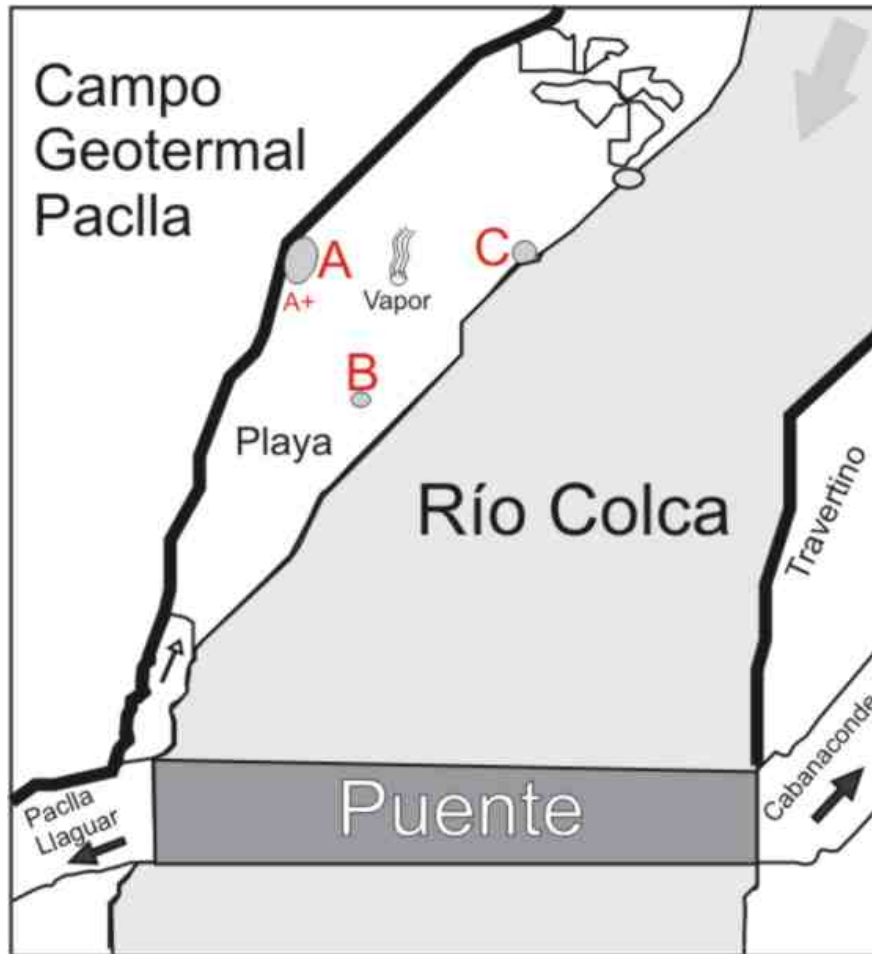


Fig. 19 Bosquejo del campo geotermál de Paclla

- Paclla A

La fuente surge con una temperatura de 99.4 °C, con vapor y gases, formando una piscina de agua blanca, en la pared existe una pequeña fuente de agua que llamamos Paclla A+ a 71.2 °C.



Fig. 20 Pacla A

- Pacla B

Es una fuente de agua muy caliente a 93.8 °C, donde emana también gran cantidad de gases y vapor de agua.



Fig. 20 Pacla A

7. ZONA TERMAL DE PINAYA

Al frente del pueblo de Pinaya se encuentra este campo geotermál del mismo nombre, en el departamento de Puno, provincia San Román.



Fig. 21 Fuentes Pinaya 1 y 2.

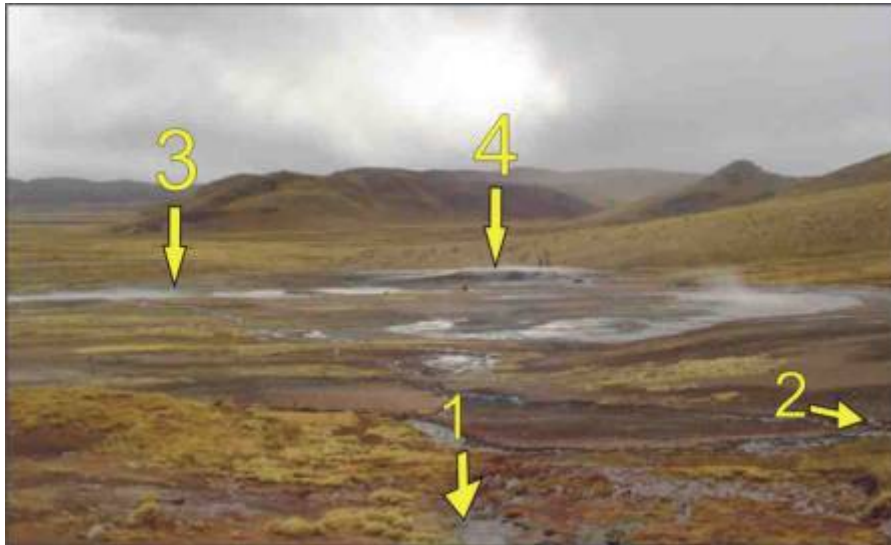


Fig. 21 Piscinas Pinaya 3 y 4.

- **Pinaya 1**

Esta fuente se ubica en las coordenadas latitud 297717, longitud 8278049, altura 4392 msnm. Es pequeña, emana gran cantidad de agua muy caliente a 80.6 °C y gases, se encontraba muy sucia con pelos y plumas al parecer de animales de corral.



Fig. 22 Fuente Pinaya 1.

- **Pinaya 2**

De la parte alta de un montículo rojizo emana agua muy caliente a 83.2 °C y gran cantidad de gases.



Fig. 23 Fuente Pinaya 2.

- **Pinaya 3**

Piscina con agua de temperatura alta a 74.0 °C, en una parte existe una emanación considerable de gases, el fondo es de color rojizo.



Fig. 24 Piscina Pinaya 3.

- **Pinaya 4**

Amplia piscina natural de agua caliente se midió 63.0 °C, el difícil acceso al lugar de la emanación impidió una mejor lectura.



Fig. 25 Piscina Pinaya 4.

8. ZONA TERMAL DE CALIENTES

Al pie del volcán calientes parte del grupo Yucamani, departamento de Tacna, Provincia de Tarata, se encuentra el amplio campo geotermál de Calientes. Donde se ve una gran cantidad de piscinas, geiser y algunas fumarolas.



Fig. 26 Campo geotermál Calientes.

- Calientes B

Pequeño geiser se ubica en las coordenadas latitud 377781, longitud 8106773, altura 4331 msnm, a una temperatura de 82.2 °C, formado por un chorro que alcanza los 15 cm y sale a pulsos.



Fig. 27 Calientes B.

- **Calientes C**

Se ubica en las coordenadas latitud 377740, longitud 8106831, altura 4326 msnm, presenta pequeño chorro de agua caliente a 53.0 °C, al parecer es constante.



Fig. 28 Calientes C.

- **Calientes D**

Se ubica en las coordenadas latitud 377763, longitud 8106878, altura 4334 msnm, es una piscina de agua azul verdosa, difícil de acercarse debido al la costra de suelo que lo rodea.



Fig. 29 Calientes D.

- **Calientes E**

Se ubica en las coordenadas latitud 377862, longitud 8106942, altura 4334 msnm, es una piscina de agua cristalina y caliente a 67.2 °C.



Fig. 30 Calientes E.

- **Calientes F**

La fuente se ubica en las coordenadas latitud 377879, longitud 8107037, altura 3939 msnm, que lanza agua muy caliente a 82.5 °C, en pequeños chorros consecutivos a intervalos de tiempo.



Fig. 31 Calientes F.

- **Calientes G**

Este geiser se ubica en las coordenadas latitud 377989, longitud 8106991, altura 4329 msnm, con una temperatura de 86.6 °C, presenta emisiones en periodos de aproximadamente 2 min. Llegando hasta una altura de 40 cm.



Fig. 32 Calientes G.

- **Calientes 1**

Piscina se ubica en las coordenadas latitud 378704, longitud 8107845, altura 4302 msnm, presenta gran cantidad de burbujas incrementándose por pequeños lapsos de tiempo.



Fig. 33 Calientes 1.

- **Calientes 2**

La fuente se ubica en las coordenadas latitud 378252, longitud 8107169, altura 4337 msnm, con una temperatura de 86.5 °C, el agua aumenta su volumen con gran cantidad de burbujas, pero el nivel desciende hasta secarse, luego surge un geiser cercano que aporato agua al la fuente y se repito el proceso.



Fig. 34 Calientes 2.

- **Calientes fumarola**

Fumarola con un gran contenido de vapor de agua.



Fig. 35 Calientes fumarola.

9. ZONA TERMAL DEL VOLCÁN TUTUPACA

En la ladera del volcán Tutupaca, por donde cruza la carretera que une Candarve con la carretera Binacional, existen 2 quebradas llamadas Azufre, esto debido al color amarillo que se presenta en la zona, pero no se trata de azufre elemental sino de Jarocita producto de los filamentos de bacterias amarillas opacas que habitan en aguas con temperaturas alrededor de 50 °C y pH ácido.



Fig. 36 Volcán Tutupaca y la ubicación de Azufre.

- Azufre 1

Es un pequeño orificio en la pared por donde surge agua y emana vapor, pero no hay burbujas.



Fig. 37 Azufre 1.

- **Azufre 2**

La fuente se ubica en las coordenadas latitud 361378, longitud 8110082, altura 4314 msnm, el agua es caliente a 49.5 °C, no hay presencia de gases.



Fig. 38 Azufre 2.

10. ZONA TERMAL DE BORATERAS

Brateras es una zona que se encuentra cubierto por una capa blanca de boratos, en el departamento de Tacna, provincia de Tarata, se accedió por la carretera binacional

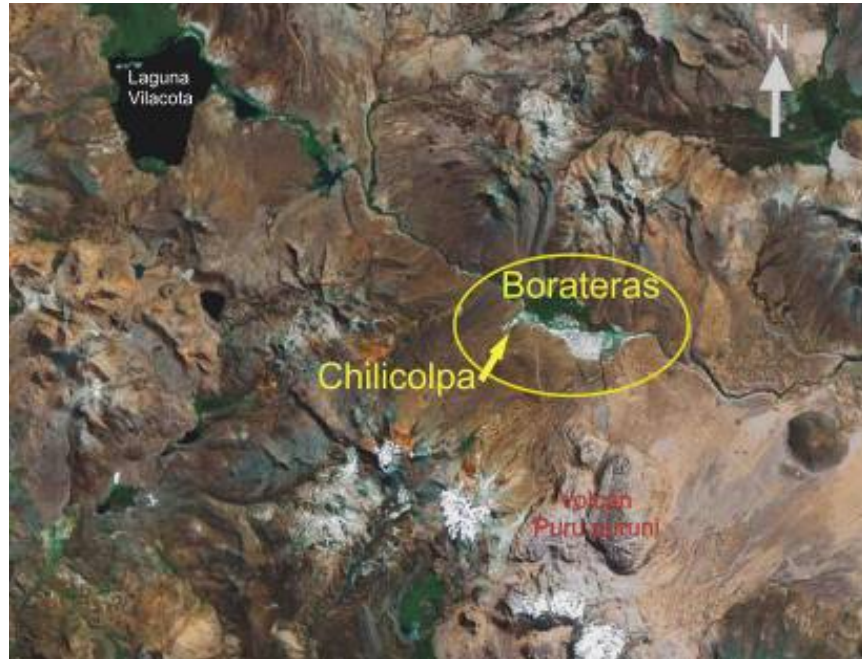


Fig. 39 Ubicación de Chilicolpa en Borateras.

- Chilicolpa Fumarola

Pequeño orificio por donde emana vapor de agua, junto a la fuente Chilicolpa 2.



Fig. 40 Fumarola de Chilicolpa.

- **Chilicolpa 1**

Se ubica en las coordenadas latitud 401961, longitud 8095977, altura 4376 msnm, el agua surge a una gran presión y a una temperatura muy alta de 86.7 °C.

- **Chilicolpa 2**

Este surgimiento es moderado pero con agua muy caliente a 86.6 °C.

- **Chilicolpa 3**

Es un pequeño surgimiento que se ubica en las coordenadas latitud 401905, longitud 8095940, altura 4383snm, el agua presenta una temperatura de 82.1 °C.



Fig. 41 Chilicolpa 3.

11. ZONA TERMAL DE CALACOA

Esta zona se encuentra en el departamento de Moquegua, provincia de Mariscal Nieto, cerca de la ciudad de Calacoa en el cauce del río Putina.



Fig. 42 Campo geotermál de Calacoa.

- Putina Río Arriba 1 fumarola.

Pequeña fumarola se ubica en las coordenadas latitud 319633, longitud 8149100, altura 2947 msnm, presenta vapor de agua, se encuentra junto a la fuente Putina Fuente Arriba 1.



Fig. 43 Fumarola Putina Río Arriba.

- **Putina Río Arriba 1a.**

Esta fuente se encuentra en la otra margen del río Putina, presenta gran candidas de vapor de agua y gases que emanan junto a agua surge con una temperatura de 91.2 °C.



Fig. 44 Putina Río Arriba 1 A.

- **Fumarola Pared**

Se encuentra en la parte más baja del río, en la pared de la margen derecha con una temperatura de 95.0 °C.



Fig. 45 Fumarola.

- **Calacoa 1**

Se trata de una fuente de la que emana gran cantidad de vapor con un Ph muy básico de 9.39.



Fig. 46 Calacoa 1.

- **Río Putina**

La fuente se ubica en las coordenadas latitud 319321, longitud 8149029, altura 2962 msnm, el agua presenta una temperatura de 87.0 °C y emanan burbujas de gases y vapor de agua.



Fig. 47 Fuente Río Putina.

12. ZONA TERMAL DE LA LAGUNA DE SALINAS

Junto a la laguna de Salinas en la parte que se encuentra en el departamento y provincia de Arequipa.



Fig. 48 Zona geotermál de la laguna Salinas.

- Mariposa

La fuente se ubica en las coordenadas latitud 269627, longitud 81874775 altura 4323 msnm, el agua presenta una temperatura de 35.5 °C y algunas burbujas emanando del fondo arenoso.



Fig. 49 Fuente termal Mariposa y el volcán Ubinas al fondo.

13. ZONA TERMAL DE LOGEN

En el paraje de Logen se ubica en el departamento de Moquegua, Provincia de Sánchez Cerro. Destacan 2 Piscinas con agua color verdoso.

- Piscina Logen

Se ubica en las coordenadas latitud 286086, longitud 8182252, altura 4475 msnm, es una amplia piscina natural de agua caliente a 29.2 °C y color verdosa, emanan algunas burbujas de la parte mas profunda.



Fig. 50 Piscina Logen.

14. ZONA TERMAL DE UBINAS

A la entrada del pueblo de Ubinas, departamento de Moquegua, provincia de Sánchez Cerro, se encuentran algunas fuentes termales.

- Fuente Ubinas Termal.

Fuente se ubica en las coordenadas latitud 301284, longitud 8187707, altura 33397 msnm, el agua tiene una temperatura de 30.4 °C y bacterias color naranja, no hay presencia de burbujas.



Fig. 51 Fuente Ubinas Termal.

15. ZONA TERMAL DE AREQUIPA

Al Este de la ciudad de Arequipa, Departamento y provincia del mismo nombre, se encuentra una zona de surgimientos de agua poco caliente.



Fig. 52 Zona termal de Arequipa.

- Baños de Jesús

Se ubica en las coordenadas latitud 236103, longitud 8183849, altura 2640 msnm, En los baños de Jesús existen emanaciones de agua poco caliente la piscina principal a 23.9 °C y presenta emanaciones de gran cantidad de burbujas.



Fig. 53 Piscina de Jesús.

16. ZONA TERMAL DEL VOLCÁN MISTI

El volcán Misti se encuentra en el departamento y provincia de Arequipa, Junto a este discurren las aguas del río Chili formando el cañón de Charcani. Donde se encuentra la zona termal.



Fig. 54 Volcán Misti donde se indica la zona termal.

- Fuente Charcani V.

Se ubica en las coordenadas latitud 237882, longitud 8199471, altura 2955 msnm, en una de las paredes de las instalaciones subterráneas de la hidroeléctrica Charcani V surge agua caliente a 36.0 °C, esta no presenta burbujas, pero si bacterias color naranja.



Fig. 55 Fuente Charcani V

17. ZONA TERMAL DE YURA

La zona termal de Yura se encuentra en el departamento y provincia de Arequipa, en ella existen varios campos geotermáles como el de la calera y Socosani.



Fig. 56 Zona termal de Yura.

- Socosani 2

Se ubica en las coordenadas latitud 209111, longitud 8200141, altura 2293 msnm, encuentra en el fundo Socosani, presenta agua caliente a 31.2 °C y una gran cantidad de gases que burbujean, es utilizada para la fabricación de bebidas.



Fig. 57 Fuente Socosani 2.

- **Socosani 3**

La fuente Socosani 3 Surge agua caliente a 30.0 °C del fondo arenoso con presencia de gran cantidad de burbujas, hay presencia de bacterias color naranja.



Fig. 58 Fuente Socosani 3.

- **El Tigre**

Se ubica en las coordenadas latitud 212100, longitud 8201969, altura 2540 msnm, es la fuente más conocida en la zona, se utiliza para baños medicinales, esta presenta agua caliente a 32.4 °C y gran cantidad de burbujas que emanan del suelo.



Fig. 59 Fuente El Tigre.

Fig. 60 Lista de puntos de muestreo

Nº	Nombre Fuente	Zona	Codigo Agua	Codigo Gas	Fecha	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Hora	Temperatura (°C)	pH	Cond. (mS/cm)	TDS (g/l)	Caudal (l/s)	Gas	Agua	Isot.	PFQ	
1	Umaluso	1	P. Cañahuas	GP01	0737	06/07/2007	245659	8222036	3920	13:00	34.2	6.16	2.69	1.144	0.85	X	X	X	X
2	La Calera	2	Chivay	GP02		06/07/2007	222624	8271984	3611	17:05	68.6	6.95 (39.5)	6.95	4.11	6	X	X	X	X
3	Agua Fria	3	Callalli			07/07/2007	234564	8284036	3846	10:14	11.7	6.5	0.394	0.24				X	X
4	Baños del Inca B		Callalli	GP03	0705	07/07/2007	235089	8284629	3853	11:42	45.6	6.95	7.87	3.64		X	X		X
5	Puye (Sabancaya)		Yanque	GP04	0707	07/07/2007	213931	8267804	3336	14:12	72.8	6.95 (43.4)	8.29	3.39			X		X
6	Puyi (Cortaderas)	4	Yanque	GP05	0707C	07/07/2007	213920	8267663	3330	14:40	80.3	7.35 (50.3)	8.4	2.97		X	X	X	X
7	Chacapi		Yanque	GP06		07/07/2007					42.2	7.41	1.695	0.7			X		X
8	Romano I (geiser)		Pinchollo		0712B	08/07/2007	193196	8264925	4375	13:17	100					X		X	X
9	Río (geiser)		Pinchollo		0712A	08/07/2007	193196	8264925	4375									X	
10	Romano II D		Pinchollo	GP07		08/07/2007	193179	8265061	4378	12:10	87.1	6.57	2.34	0.643		X	X		X
11	Romano II E	5	Pinchollo			08/07/2007													X
12	Romano II F		Pinchollo			08/07/2007													X
13	Puye Puye A		Pinchollo	GP08		08/07/2007					86.52	4.02 (57.0)	6.78	1.716		X	X	X	X
14	Puye Puye B		Pinchollo			08/07/2007										X			X
15	Paclla A (Puente)	6	Paclla	GP09	0740A	09/07/2007	178307	8273562	2112	14:39	99.4	8.00 (30.0)	4.58	2.18		X	X		X
16	Paclla A+ (Puente)		Paclla			09/07/2007					71.2	7.63 (44.4)						X	X
7	Paclla B (Puente)		Paclla		0740B	09/07/2007					93.8					X		X	X
18	Paclla C (Puente)		Paclla			09/07/2007					94.1								X
19	Pinaya 1	7	Pinaya	GP10	0718	10/07/2007	297717	8278049	4392	15:27	80.6	6.58 (45.5)	23.2	9.91		X	X	X	X
20	Pinaya 2		Pinaya	GP11	0719	10/07/2007					83.2	7.95 (23.5)	17.17	10.13		X	X	X	X
21	Pinaya 3		Pinaya	GP12	0720	10/07/2007					74	6.85 (50.0)	22.2	9.32			X		X
22	Pinaya 4		Pinaya	GP13	0721	10/07/2007					63	7.7(39.0)	23.1	10.22			X		X
23	Calientes A		Calientes			13/07/2007	377460	8106558	4320	11:12	85								X
24	Calientes B		Calientes			13/07/2007	377781	8106773	4331	11:22	82.2								X
25	Calientes C		Calientes			13/07/2007	377740	8106831	4326	11:26	53								X
26	Calientes D		Calientes			13/07/2007	377763	8106878	4334	11:29									X
27	Calientes E		Calientes			13/07/2007	377862	8106942	4334	11:36	67.2								X
28	Calientes F	8	Calientes			13/07/2007	377879	8107037	3939	11:43	82.5								X
29	Calientes G		Calientes			13/07/2007	377989	8106991	4329		86.6								X
30	Calientes H		Calientes			13/07/2007	378055	8107006	4333	13:15	86.3								X
31	Geiser 1		Calientes	GP14	0742	13/07/2007	378704	8107845	4302	14:01	85.4	10.77 (46.7)	9.4	2.05		X	X	X	X
32	Geiser 2		Calientes	GP15	0743	13/07/2007	378252	8107169	4337	14:45	86.5	9.40 (46.3)	14.63	3.25		X	X	X	X
33	Fumarola		Calientes			13/07/2007										X			

Fig. 61 Continuación de la lista de puntos de muestreo

Nº	Nombre Fuente	Zona	Codigo Agua	Codigo Gas	Fecha	Latitud	Longitud	Altura (msnm)	Hora	Temperatura (°C)	pH	Cond. (mS/cm)	TDS (g/l)	Caudal (l/s)	Gas	Agua	Isot.	PFQ
34	Azufre 1	9	Tutupaca	0746	14/07/2007												X	X
35	Azufre 2		Tutupaca	GP16	0732	14/07/2007	361378	8110082	4314	09:19	49.5	3.67	3.63	1.209		X		X
36	Chilicolpa fumarola	10	Borateras		14/07/2007										X			
37	Chilicolpa 1		Borateras	GP17	0747	14/07/2007	401961	8095977	4376	13:48	86.7	7.78 (60.0)	16.25	3.61		X	X	X
38	Chilicolpa 2		Borateras	GP18	0751	14/07/2007					86.6	7.94 (56.0)	16.74	3.88		X	X	X
39	Chilicolpa 3		Borateras	GP19	0750	14/07/2007	401905	8095940	4383	14:29	82.1	7.50 (47.0)	9.96	2.29		X	X	X
40	Putina puente arriba 1 fumarola	11	Calacoa		15/07/2007	319633	8149100	2947	10:20	91.2					X			
41	Putina puente arriba 1a		Calacoa		15/07/2007						91.4	8.56	3.72	1.697		X		X
42	Putina fumarola pared		Calacoa		15/07/2007						95							X
43	Calacoa 1		Calacoa		15/07/2007						9.39		4.6	1.754				X
44	Rio Putina		Calacoa	GP20		15/07/2007	319321	8149029	2962		87	8.20 (61.0)	7.7	1.622		X	X	X
45	Mariposa	12	Salinas	GP21	0723	17/07/2007	269627	81874775	4323	09:24	35.5	7.72	1.422	0.654		X		X
46	Logen	13	Logen	GP22	0722	17/07/2007	286086	8182252	4475	11:02	29.2	4.39	1.46	0.658		X	X	X
47	Ubina termal	14	Ubina	GP23	0756	17/07/2007	301284	8187707	3397	13:10	30.4	6.14	3.28	1.262		X	X	X
48	Ispaypuquio		Ubina	GP24	0757	17/07/2007	296467	8187960	4219		11.4	7.15	0.4	0.264		X	X	X
49	Baños Jesús	15	Arequipa	GP25	0758	18/07/2007	236103	8183849	2640		23.9	5.75	2.9	1.535		X	X	X
50	Charcani V	16	Misti	GP26		18/07/2007	237882	8199471	2955		36	6.26	1.608	0.637		X	X	X
51	Socosani 2	17	Yura	GP27		18/07/2007	209111	8200141	2293	14:08	31.2	6.25	2.8	1.26		X	X	X
52	Socosani 3		Yura	GP28	0759	18/07/2007					30	6.37	1.854	0.915		X	X	X
53	El Tigre		Yura	GP29	0726	18/07/2007	212100	8201969	2540	16:20	32.4	6.81	2.19	0.952		X	X	X