

REPUBLICA DEL PERU
SECRETARIA DE ENERGIA Y MINAS
LIMA

REPUBLICA DEL PERU

SECTOR ENERGIA Y MINAS

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

**DESARROLLO DEL PROYECTO GEOTERMICO
Y AVANCES LOGRADOS EN EL PERU**

Por: LUIS VARGAS VILCHEZ



DIRECCION DE GEOLOGIA REGIONAL

DIVISION DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS

DESARROLLO DEL PROYECTO GEOTERMICO Y AVANCES

LOGRADOS EN EL PERU

Por: Luis Vargas V.*

1.- INTRODUCCION

El Perú posee un gran potencial geotérmico que recién empieza a ser evaluado. Un inventario de fuentes termales efectuado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), en 1978, marca el inicio del Proyecto Geotérmico y revela la existencia de más de 200 manifestaciones de aguas termales con temperaturas desde 16 hasta 92°C, que se distribuyen tanto a lo largo de la Cordillera Occidental de los Andes como entre ésta y la Cordillera Oriental. Dado a su ubicación geográfica y a sus relaciones con la geología local se agruparon en 6 regiones: I) Cajamarca- La Libertad. II) Callejón de Huaylas, III) Churín, IV) Central, V) Cordillera Volcánica del Sur y VI) Cuzco- Puno. (Fig.1)

2.- ANALISIS DE LA INFORMACION

Con la finalidad de dar un orden de prioridades para los estudios de exploración en cada región se hizo, en base a la información disponible, una interpretación geológica y se relacionó la ocurrencia de las manifestaciones termales con la tectónica y el emplazamiento de magmatismo joven o reciente; además una visualización de los aspectos socio económicos y desarrollo industrial, así como el consumo de petróleo en centrales térmicas.

El resultado del análisis, permitió establecer el siguiente orden de prioridades:

1° Región Cordillera Volcánica del Sur, esta región

* Jefe de la División de Investigaciones Geológicas
Dirección General de Geología-INGEMMET, 1980

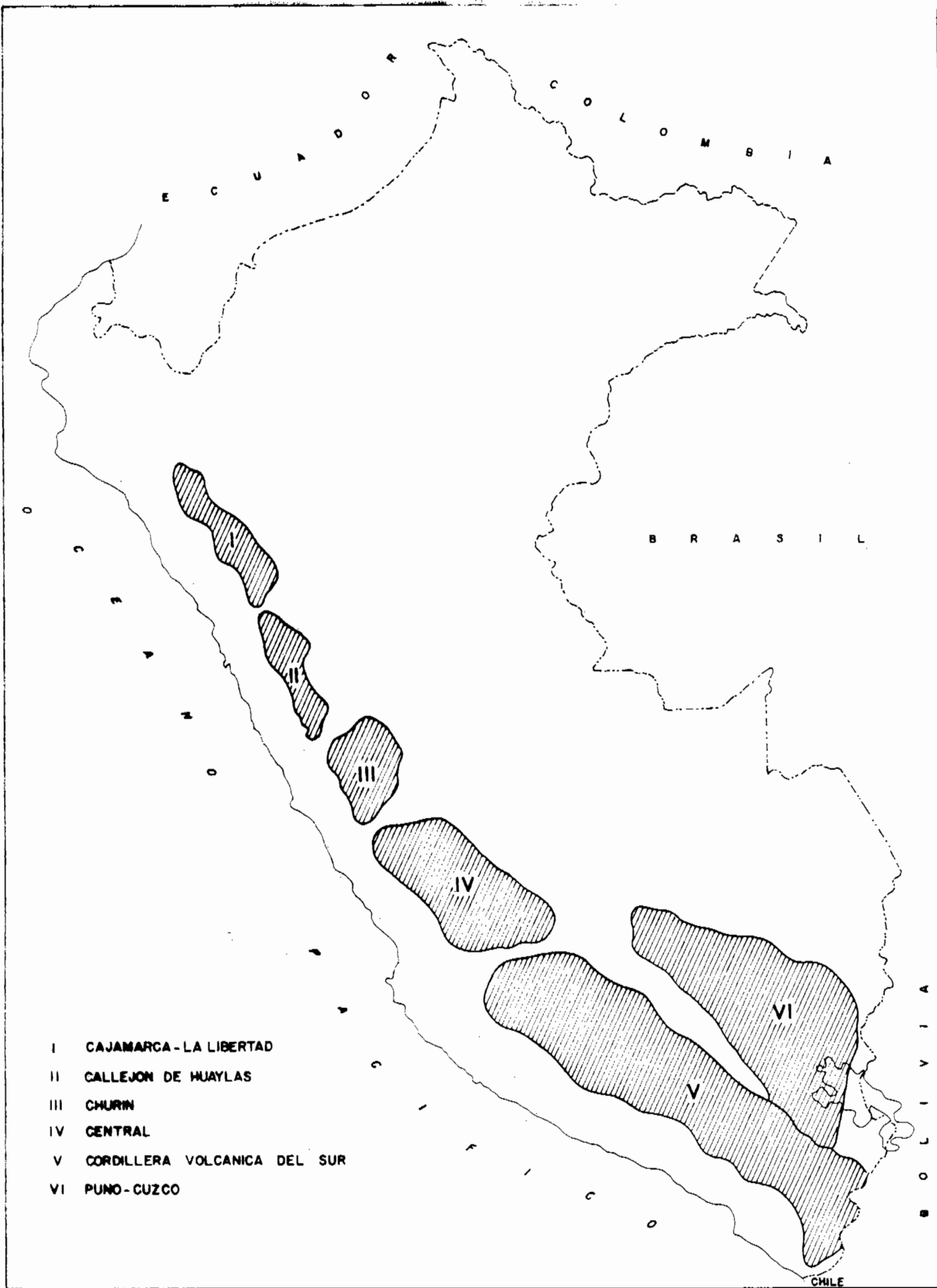


Fig 1.- Regiones geotermales

está localizada en el Sur del Perú, entre los 14 y 18° de latitud Sur, sobreimpuesta en la Cordillera Occidental a lo largo de 700 Km. Está constituida por un vulcanismo joven y aún activo en estado fumarólico, ofreciendo las mejores condiciones para obtener fluidos de alta entalpía para su aprovechamiento en generación eléctrica. Por otra parte, en la región, existen importantes centros mineros como Toquepala, Cuacone y Cerro Verde que satisfacen su demanda energética mayormente con centrales térmicas, puesto que la capacidad hidroeléctrica instalada es insuficiente. Además la puesta en marcha de otros proyectos mineros requerirán de energía adicional. A las necesidades energéticas de estos centros mineros se suma como factor aleatorio la demanda de energía necesaria para el desarrollo industrial de las ciudades de Arequipa, Moquegua y Tacna.

2° Región Puno-Cuzco, en parte de similares características geológicas que la anterior, necesita para el desarrollo de los proyectos mineros de Tintaya, Corocohuayco, Ferrobamba, Chalcobamba y Quechua entre otros, contar con una mayor oferta de energía; asimismo para cubrir la demanda industrial y la electrificación de numerosos centros poblados.

3° Región de Cajamarca y La Libertad, esta región carece de vulcanismo reciente y se supone que las manifestaciones geotermales estén vinculadas con fallas profundas. El proyecto minero de Michiquillay, la mediana minería, así como la ciudad de Cajamarca, requieren de energía eléctrica para su puesta en operación y expansión industrial, respectivamente.

4° Regiones del Callejón de Huaylas, Churín y Central, las manifestaciones geotermales se encuentran en el mismo ambiente geológico que la anterior. Estas regiones necesitan incrementar su oferta energética para cubrir las demandas en los sectores industrial, minero y socio-económico.

3.- ESTUDIO DEL RECONOCIMIENTO GEOTERMICO EN LA REGION VOLCANICA DEL SUR

3.1.- Antecedentes

El 3 de Mayo de 1979 se suscribe el Convenio entre el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y la Organización Latino-Americana de Energía (OLADE) para la realización de un proyecto de identificación y priorización de los recursos geotérmicos en un ámbito regional, no mayor de 100,000 Km², que permita escoger áreas de interés en las que se justificaría la exploración geotérmica en las etapas sub-secuentes de prefactibilidad y factibilidad, empleando la metodología y el financiamiento de OLADE, compartido con INGEMMET.

OLADE para cumplir su cometido contrató los servicios de la Empresa Aquater de Italia y del Instituto de Investigaciones Eléctricas de México (IIE), e INGEMMET aportó personal técnico y administrativo y la logística.

3.2.- Investigación de campo y laboratorio

Luego de examinar los datos bibliográficos y reunir la cartografía existentes, el grupo italiano de Aquater y geólogos del INGEMMET efectuaron un programa de campo que consistió en muestrear los productos de la actividad volcánica reciente y de las principales manifestaciones termales, midiendo directamente sobre el terreno los principales parámetros físicos (temperatura, pH y conductibilidad) y definir las principales características vulcanológicas e hidrogeológicas.

Posteriormente en Italia fueron elaborados los datos tomados en el campo, en base a los análisis de laboratorio de las muestras de rocas y aguas. Se prepararon los informes intermedios geovulcanológico y hidrogeológico y los planos correspondientes, asimismo el informe final.

Los resultados de los análisis químicos de las aguas

fueron remitidos al Instituto de Investigaciones Eléctricas de México para la interpretación geoquímica correspondiente.

3.3.- Resultados

Los resultados obtenidos del Estudio de Reconocimiento han permitido subdividir las áreas seleccionadas en tres grupos de diverso interés geotérmico. (Fig. 2)

Grupo A: En este grupo se reúnen las áreas de categoría prioritaria, que presentan todas las condiciones geovulcanológicas e hidrogeoquímicas favorables para la presencia de sistemas geotérmicos.

En orden de importancia son las áreas de Tutupaca, Calacoa, Maure, Laguna Salinas, Chachani y Chivay.

Grupo B: En esta categoría se incluyen las áreas que presentan interesantes indicios geotérmicos; sin embargo, no son tan completos como los del grupo A.

Comprende las áreas de Puquio, Parinacochas y Orcopampa.

Grupo C: Comprende las áreas que por sus características generales, por lo menos en lo que se refiere a la alta entalpia, resultan de interés muy secundario.

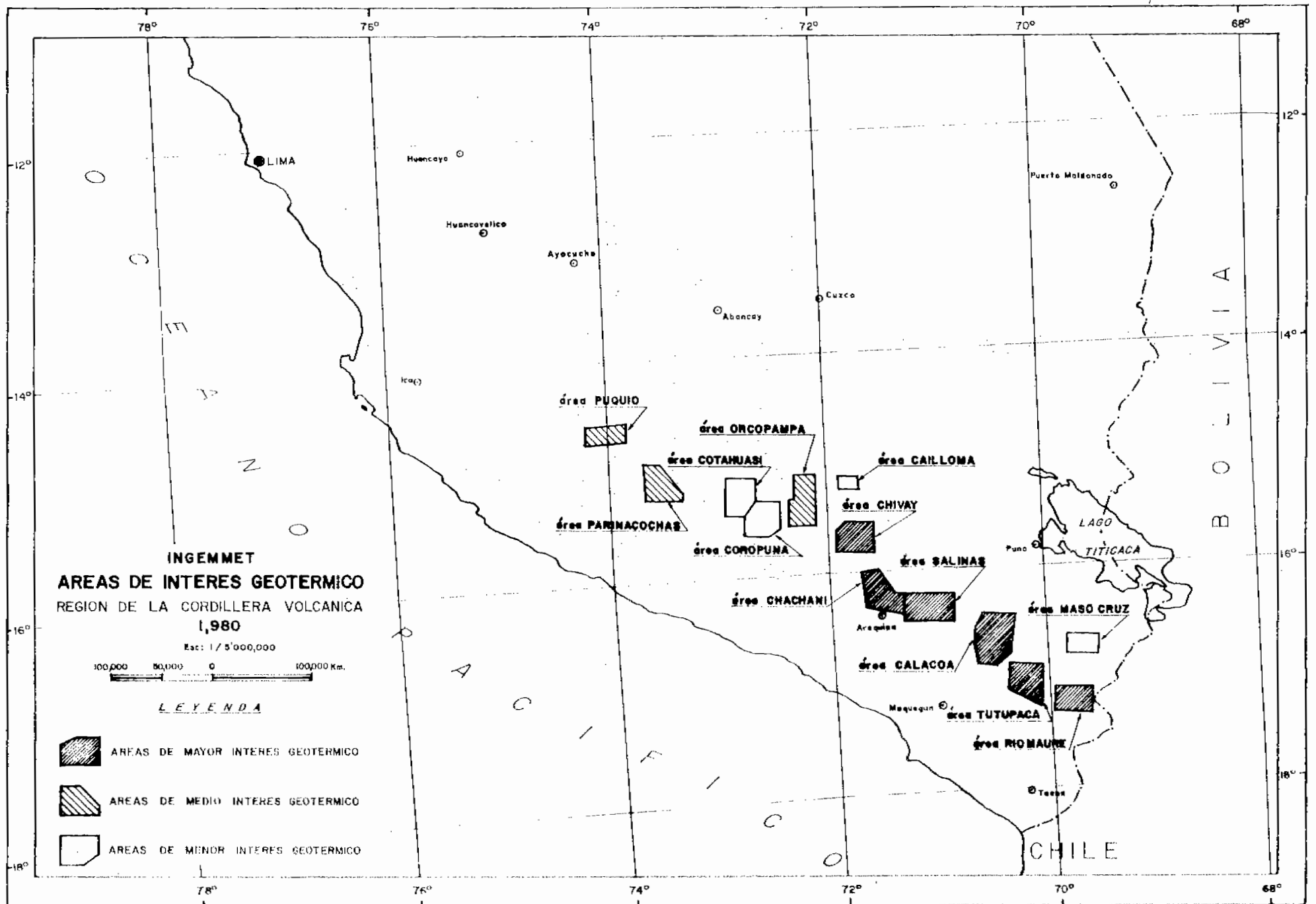
Son las áreas de Cotahuasi, Coropuna, Cailloma y Mazo Cruz.

4.- CONSIDERACIONES GENERALES DE CADA AREA

En la evaluación de la potencialidad geotérmica se ha considerado la posición de las áreas estudiadas con respecto a las líneas geotectónicas y vulcanológicas.

En particular se ha examinado prioritariamente la posición de cada área respecto al frente volcánico activo, que constituye verosímelmente la faja de anomalía geotérmica más elevada de carácter regional.

Otro factor importante, tomado en cuenta, es el tipo de actividad volcánica, naturaleza y evolución de los productos emitidos y su edad.



Asimismo, los resultados preliminares de los estudios hidrogeológicos e hidrogeoquímico.

4.1- Area de Puquio

El vulcanismo del área está caracterizado por ignimbritas potentes que se presentan siempre falladas, plegadas y fuertemente alteradas. sobre estas descansa en discordancia una cobertura ignimbrítica de edad Mioceno medio (11.3 m.a.) de composición dacítica y en algunos lugares está cubierta por lavas andesíticas.

El vulcanismo más reciente, probablemente pleistocénico, se encuentra en una zona a más o menos 30 Km al norte del área estudiada y está relacionado con lineamientos tectónicos de dirección andina (NW) y a veces en el cruce de éstos con otros de dirección aproximada N-S.

Los manantiales tienen una temperatura de 80-83°C., caen en la clasificación de sulfatada sódicas de cierto origen geotérmico, tratándose por lo tanto de mezclas de aguas.

Los geotermómetros de Na/K/Ca indican una temperatura de 168°C. y el de Na/K, 120°C.

El área de Puquio es de interés geotérmico, aunque no prioritario.

4.2.- Area de Parinacochas

Presenta un vulcanismo relativamente reciente con productos generalmente de composición andesítica y en relación con directrices tectónicas de dirección andina. Sin embargo se encuentran importantes lineamientos con dirección N-S y antiandinas (NE).

El área está alineada a lo largo de la dirección del vulcanismo activo, presenta fuentes con temperaturas de 40 a 44°C., especialmente en la parte norte cerca del pueblo de Coracora y son de composición sulfatada sódicas.

Los geotermómetros (Na/K y Na/K/Ca) indican temperaturas entre 77 y 168°C.

En cuanto al interés geotérmico de esta área es me-

nor que el de Puquio.

4.3.- Areas de Cotahuasi y Coropuna

En el área de Cotahuasi en discordancia sobre el basamento mesozoico se encuentran las ignimbritas que constituyen el altiplano y más al sur soportan los grandes edificios centrales del Coropuna y el Solimana. La edad de la ignimbrita es relativamente antigua de 13.9 m.a. perteneciente al Mioceno medio.

El vulcanismo más reciente está constituido por las últimas coladas dacíticas del Coropuna, que pueden considerarse actuales por sus caracteres morfológicos.

La mayoría de las muestras de estas áreas presentan baja termalidad a excepción de la muestra de Lucha (14) del área de Cotahuasi, que cae en la clasificación hidroquímica como agua clorurada sódica de medio ambiente subterráneo. Los geotermómetros le asignan una temperatura media de 180°C. y la graficación hidrogeoquímica indica mezcla de aguas con predominancia de aguas geotérmicas.

4.4.- Area de Arcata-Orcopampa

En toda el área del altiplano entre Arcata y Orcopampa el vulcanismo está dominado por un paisaje ignimbrítico, en algunos lugares con coberturas de lavas andesíticas y relativamente escasos aparatos centrales. Estos productos volcánicos se encuentran en general erosionados y tectonizados.

En el valle de Andahua, sobre el basamento sedimentario mesozoico o sobre la secuencia volcánica más antigua se encuentran productos de composición generalmente andesítica que pueden ser considerados actuales.

Están constituidos por flujos anchos de lava y conos de cenizas y escorias de dimensiones limitadas. Los aparatos están alineados según una dirección aproximada N-S, que parece ser una directriz tectónica más reciente que la principal andina. Los datos químicos y petrográficos indican que entre los productos examinados sólo algunos son relativamente fraccionados.

Las fuentes termales son sobre todo de contacto y brotan de la base de los niveles ignimbríticos. La fuente de Orcopampa (Huancarama) brota en el profundo valle de Andahua en los bordes de una escarpa de notable altura; mientras que la de Aracata (Maripujio) se encuentra en la parte alta del altiplano y parece más interesante desde el punto de vista geotérmico.

Las dos fuentes muestreadas tienen un carácter químico simple: la muestra 9 (Maripujio) es bicarbonatada sódica y la 10 (Huancarama) clorurada sódica. Los geotermómetros indican baja temperatura de 53°C.

En conjunto el área presenta un mederado interés geotérmico.

4.5.- Area de Chivay-Cailloma

El vulcanismo reciente de esta área está ubicado en la zona de Chivay, relacionado con tendencias tectónicas de dirección andina. También son evidentes directrices tectónicas antiandinas sobre las cuales se formaron edificios volcánicos relativamente viejos. La edad es de 0.4 m.a. y la de los productos dacíticos procedentes del volcán Hualca Hualca es muy reciente de aproximadamente 80 mil años.

Las fuentes termales de Chivay se encuentran alineadas a lo largo de una importante directriz tectónica por la cual afloran los sedimentos jurásicos.

En el área de Cailloma la serie volcánica más reciente empieza con una cobertura ignimbrítica bien soldada, muy fracturada sobre la cual descansan lavas de naturaleza andesítica, procedentes de aparatos centrales afectados por erosión glaciaria y cuya edad absoluta es de 1 m.a.

Todas las muestras a excepción de Quebrada Malata (4) presentan termalidad media entre 130 a 180°C. con el geotermómetro de Na/K/Ca; asimismo, caen en la clasificación hidroquímica de aguas cloruradas sódicas y de medio ambiente subterráneo con circulación restringida, lo cual favorece la existencia de un reservorio geotérmico. La graficación hidrogeoquímica apoya la existencia de un "re

servorio" en el subsuelo indicándonos que se tratan de aguas netamente geotérmicas.

El área de Chivay parece mucho más interesante y puede merecer una exploración más profunda.

4.6.- Area de la Laguna Salinas-Chachani

El área ha sido dividida en dos sectores en los cuales se ha observado una evolución vulcano-geológica del todo análoga; sin embargo, del punto de vista geotérmico presentan caracteres peculiares que justifican la subdivisión.

- Sector Laguna Salinas

La serie volcánica plio-cuaternaria está caracterizada por una actividad explosiva de tipo ignimbrítico, a la cual siguió una actividad sobre todo efusiva.

Los aparatos centrales más recientes y volumetricamente más importantes resultan alineados en una directriz que comprende los volcanes Chachani-Misti-Huaynaputina, y corresponde al borde occidental del altiplano.

La serie volcánica fue afectada por una tectónica de tipo rígido. La dirección regional de las fallas más recientes es de NW--SE que cortaron al altiplano en bloques degradantes hacia su margen occidental. Esta situación estructural favoreció la formación de zonas relativamente deprimidas (cuencas intravolcánicas), sede de la sedimentación reciente. La cuenca de la Laguna Salinas representa una de las más importantes depresiones de este tipo.

El grado de evolución de los aparatos centrales más recientes resulta relativamente escaso. Las rocas andesíticas de composición intermedia (SiO_2 58-60%) dominan a los otros tipos.

La edad del vulcanismo inmediatamente alrededor de la Laguna Salinas es relativamente antigua, sus productos más recientes según dataciones radiométricas resultan de edad pliocénica.

Sin embargo, toda el área termal está ubicada en la proximidad del frente volcánico activo y comprendida entre dos grandes aparatos el Misti y el Ubinas, y puede ser considerada sustan-

cialmente interesante desde el punto de vista geotérmico.

Las muestras San José (27), Huito (30) y Pampa Liza-
ma (32) indican termalidad media a elevada. Con índices químicos
Na/K medios y contenido de Mg bajo, caen en la clasificación hidro-
química de aguas cloruradas sódicas, de medio ambiente subterráneo.

Los geotermómetros de Na/K y Na/K/Ca indican tempe-
raturas de 175° a 250°C., inclusive efectuando la corrección por Mg.

La graficación hidrogeoquímica nos indica que son a-
guas netamente geotérmicas.

Se considera un excelente sitio para continuar con
el siguiente estudio de pre-factibilidad.

- Sector Chachani

Comprende el volcán central mixto del Chachani y la zona termal ad-
yacente al noroeste del mismo aparato.

Este volcán, constituido por flujos lávicos interca-
lados con productos piroclásticos, tuvo una actividad probablemen-
te muy prolongada en el tiempo; debido a que se halla afectado en
parte, por la erosión glaciaria y las lavas más recientes, de natura-
leza dacítica del aparato excéntrico del Cortaderas, tienen una e-
dad aproximada de 330 mil años.

Las muestras de Jesús (24) y Uchupampa (25) situa-
das al NW y SW del Chachani presentan características de elevada
termalidad, con un índice Na/K bajo, de composición química cloru-
rada-sódicas y de medio ambiente subterráneo. En la primera el geo-
termómetro Na/K no es aplicable; sin embargo, el de Na/K/Ca arroja
una temperatura de 290°C. en profundidad. En la segunda ambos geo-
termómetros indican alta temperatura entre 223 y 282°C.

4.7.- Area de Calacoa-Ticsani

El área presenta un vulcanismo tanto efusivo como
explosivo, que sin embargo dio lugar a volúmenes no muy elevados
de materiales.

La edad de esta actividad es muy reciente, la data-

ción radiométrica (K-Ar) en una muestra de lava del Ticsani determinó una edad aproximada de 190,000 años.

Los productos eruptados son relativamente fraccionados de tipo dacítico; los datos petrográficos y químicos sugieren la hipótesis que los productos volcánicos aflorantes sean derivados de un magma más básico probablemente de tipo andesítico, por medio de un proceso de fraccionamiento relativamente superficial.

La geoquímica de las muestras de Sayasayani y Putina (55 y 56) expone índices químicos Na/K de valores medios, contenido bajo de Mg, cayendo en la clasificación hidroquímica de aguas cloruradas sódicas de origen subterráneo, bajo condiciones de estancamiento. Se detectó cierta mezcla con aguas superficiales, razón por la cual los geotermómetros de Na/K y Na/K/Ca indican temperaturas medias de 190°C, mientras que el de SiO₂ da 110°C.

La gráfica hidrogeoquímica muestra un carácter netamente geotérmico de dichas aguas.

Las evaluaciones geológicas y geoquímicas conducen a considerar la probable existencia de un importante "resorvorio" geotérmico.

4.8.- Area de Candarave Tutupaca

Los sistemas volcánicos recientes se encuentran sobre porciones de ignimbritas y sedimentos que constituyen el altiplano y limitados por grandes fallas de carácter regional donde se presentan manifestaciones de termalidad relativamente elevada.

La actividad volcánica más reciente ha utilizado para la subida de los magmas una dirección aproximadamente andina; mientras que, durante la fase más antigua de este ciclo volcánico fue utilizada preferentemente una dirección transversal a la anterior.

Los aparatos recientes o activos han eruptado en las fases más recientes, abundantes productos fraccionados generalmente de tipo dacítico. Esto sugiere su relación con sistemas de alimentación intermedios relativamente superficiales.

Las muestras de aguas de Azufre Grande (46), Río Callazas (51) y Quebrada Huayjaque (52 y 53) son cloruradas sódicas y sulfatadas sódicas, resultando difícil la identificación de su medio ambiente u origen por la cercanía y asociación con el vulcanismo local. Dichas muestras presentan elevadas temperaturas con los geotermómetros de Na/K y Na/K/Ca de 200 a 250°C. La gráfica hidrogeoquímica indican que se trata de aguas netamente geotérmicas.

Esta área se considera primordial en la continuación de los estudios, tanto por su carácter netamente geotérmico de las aguas, como por la gran extensión de la alteración hidrotermal y la presencia de manifestaciones evidentes (temperatura, caudales etc).

4.9.- Area de Maure-Mazo Cruz

Esta región constituye la parte más meridional del altiplano andino en el Perú, cerca a la frontera con Bolivia. La geomorfología del área la caracteriza numerosos conos volcánicos de edad variable que se levantan a partir de una altitud media de aproximadamente 4,000 m.

Los aparatos centrales de tipo mixto están constituidos por andesitas relativamente básicas que prevalecen sobre los productos más fraccionados. Las dataciones efectuadas sobre los productos más antiguos indican que los aparatos se han desarrollado por lo menos desde el Mioceno superior. Los sistemas volcánicos más recientes están constituidos por domos dacíticos cuya edad es de 100,000 años.

El área de Maure (Challapalca) resulta potencialmente más interesante desde el punto de vista geotérmico, respecto al área de Mazo Cruz.

La mayor parte de las muestras de agua evaluadas del área de Maure presentan excelente termalidad en el subsuelo, con índices Na/K medio y escaso contenido de Mg. Son aguas cloruradas sódicas de origen subterráneo, algunas de ellas existentes bajo condiciones de estancamiento en el subsuelo.

Los geotermómetros indican temperaturas hasta de 230° C.

Por lo tanto, en el área de Maure se presentan condiciones propicias para la existencia de un "reservorio" geotérmico de grandes dimensiones.

ESTADO ACTUAL DEL PROYECTO

Personal del Departamento de Geotermia de INGEMMET, siguiendo las indicaciones del Estudio de Reconocimiento, ha efectuado la fotointerpretación geo-vulcanológica orientada a determinar la estratigrafía de los productos volcánicos recientes, las relaciones del vulcanismo con la tectónica y la interpretación estructural del basamento y vulcanismo reciente con la posible ocurrencia de depresiones tectónicas que constituirían "reservorios" potenciales, de tres áreas prioritarias del Grupo A: Tutupaca-Calientes, Calacoa y Maure.

Asimismo, se ha dado inicio a los estudios de campo en las tres áreas indicadas, que consisten en un levantamiento geológico y vulcanológico a la escala 1:50,000 y recolección de muestras de aguas de manantiales calientes y fríos, en concordancia con la Metodología de OLADE para estudios de pre-factibilidad.

PROGRAMA PARA 1981

- Continuar el estudio de prefactibilidad en las áreas de Tutupaca-Calientes, Calacoa y Maure, con prospección geofísica y perforaciones someras de diámetro pequeño.

- Evaluar mediante un estudio de reconocimiento las regiones I) Cajamarca y VI) Puno.

ANEXO 1

GEOTERMOMETROS DE SODIO, POTASIO Y CALCIO

<u>MUESTRA</u>	<u>ORIGEN</u>	<u>TEMPERATURA</u>			
		<u>Na/K(W&T)</u>	<u>Na/K(F&T)</u>	<u>Na/K/Ca</u>	<u>CORRECCION MAGNESIO</u>
1 P	PATILLANA	220.2	219.6	38.2	38.2
2 P	PATILLANA	240.0	241.4	201.9	201.9
3 P	BAÑOS LA CALERA	135.7	128.3	182.4	182.4
4 P	QDA.MALATA	NA	NA	52.4	52.4
5 P	YANQUE	154.0	147.8	165.9	165.9
6 P	SIBAYOC	63.4	52.7	143.8	143.8
7 P	BAÑOS UCO	94.0	84.4	153.3	153.3
8 P	CONIGMAYO	87.3	77.4	131.9	131.9
9 P	MARIPUJIO	54.8	43.8	53.6	53.6
10P	HUANCARAMA	26.8	15.1	53.0	53.0
11P	MAUCA LLACTA	NA	NA	47.8	47.8
12P	TAURISMA	156.7	150.7	42.8	42.8
13P	LUICHO	181.1	177.0	99.0	99.0
14P	LUCHA	189.8	186.3	178.8	178.8
15P	VIRACO	NA	NA	230.6	230.6
16P	GERONTA	119.7	111.4	168.7	168.7
17P	STA.CLARA	77.3	67.1	126.3	126.3
18P	B.DE SENGATA	153.0	146.8	168.1	168.1
19P	SOCOSANI	171.6	166.7	74.1	TRB
20P	SOCOSANI	187.5	183.9	176.9	TRB
21P	POZO TIGRILLO	117.5	109.1	143.6	TRB
22P	YURA	212.8	211.5	198.2	TRB
23P	YURA	184.4	180.6	170.8	TRB
24P	JESUS	NA	NA	291.5	291.5
25P	UCHUPAMPA	276.6	282.2	223.2	223.2
26P	CHAMPI	NA	NA	389.0	TRB
27P	SAN JOSE	304.9	314.3	251.3	251.3
28P	STGO.CHACA	NA	NA	96.9	96.9
29P	TACUNE	NA	NA	45.3	45.3

GEOTERMOMETROS DE SODIO, POTASIO Y CALCIO

<u>MUESTRA</u>	<u>ORIGEN</u>	<u>TEMPERATURA</u>			
		<u>Na/K (W&T) *</u>	<u>Na/K (F&T) **</u>	<u>Na/KCa</u>	<u>GRADOS CENTIGRADOS</u> <u>CORRECCION</u> <u>MAGNESIO</u>
30 P	HUITO	203.1	200.8	197.4	197.4
31 P	TAMBO DE SAL	NA	NA	50.7	50.7
32 P	PAMPA LIZANA	187.6	184.0	174.9	174.9
33 P	TURCA	NA	NA	44.4	44.4
34 P	HUALLATA RUNTUA	94.2	84.6	99.8	99.8
35 P	BAÑO DE UBINAS	205.7	203.6	95.5	95.5
36 P	CALIENTES	48.1	36.9	43.5	43.5
37 P	TICACO	87.0	77.1	44.2	44.2
38 P	CALACHACA	211.1	209.5	194.6	194.6
39 P	SAPIUTAPA	189.1	185.6	207.2	207.2
40 P	SAPIUTAPA	159.0	153.2	191.3	191.3
41 P	CAPAYO	NA	NA	97.8	97.8
42 P	ANCOMARCA	156.0	149.9	163.3	163.3
43 P	CONCHACHIRI	NA	NA	219.6	219.6
44 P	CALACHACA	209.1	207.4	186.4	186.4
45 P	POCPOCOLLO	235.7	236.7	224.1	224.1
46 P	QDA. AZUFRE G.	249.0	251.4	201.1	201.1
47 P	QDA. AZUFRE G.	233.6	234.3	98.6	98.6
48 P	QDA. AZUFRE G. V. TUTUPACA	NA	NA	96.9	96.9
49 P	QDA AZUFRE CH.	206.2	204.3	77.9	77.9
50 P	QDA AZUFRE CH.	212.9	211.6	83.5	83.5
51 P	RIO GALLAZOS	254.4	257.4	205.7	205.7
52 P	QDA HUAYJAQUE	234.2	235.0	189.6	189.6
53 P	QDA HAUYJAQUE	222.9	222.5	193.9	193.9
54 P	TACALAYA	158.1	152.2	80.6	80.6
55 P	SAYASAYANI (CAL)	178.4	174.0	188.4	TRB
56 P	PUTINA (CALACOA)	171.5	166.6	192.0	192.0
57 P	PUENTE BELLO	137.1	129.8	188.3	188.3
58 P	PUENTE LORIPONG.	134.2	126.7	159.9	159.9
59 P	TILAPALCA	68.2	57.6	129.6	129.6
60 P	ULICAN	273.5	278.7	248.6	248.6

* White & Ellis (1970). ** Fournier & Truesdell (1973)

GEOTERMOMETRO DE SiO₂CALCULO DE GEOTERMOMETROS DE SiO₂ CON BASE EN DATOS DE SILICE "REACTIVA"INCLUIDOS EN 7 ANALISIS DEL REPORTE DE AQUATER

<u>MUESTRA</u>	<u>TEMPERATURA</u>			
	<u>SILICE</u> (PPM DE SiO ₂)	<u>ENFRIAMIENTO</u> <u>ADIABATICO</u>	<u>GRADOS CENTIGRADOS</u>	
			<u>ENFRIAMIENTO</u> <u>CONDUCTIVO</u> CUARZO	<u>ENFRIAMIENTO</u> <u>CONDUCTIVO</u> CALCEDONIA
3 Baños La Calera (Caylloma)	37	92	88	55
16 Baños de Sengata (Parinacochas)	56	108	107	76
40 Sapiutapa (Chucuito)	192	167	177	155
47 Qda. Azufre Grande (Tarata)	168	160	168	145
55 Sayasayani (Mcal. Nieto)	46	101	98	67
57 Puente Bello (Gral. S. Cerro)	176	162	171	148
60 Ulicán (Gral S. Cerro)	156	156	163	139