

MAPA GEOTÉRMICO DEL PERÚ

Víctor Vargas Rodríguez

E-mail vvargas@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCION

A nivel mundial, el mayor potencial geotérmico se asocia a una discontinua cadena de centros volcánicos de edad pliocena–cuaternaria, que forman parte del dominio del Cinturón de Fuego del Pacífico (se inicia en Indonesia y Filipinas, se extiende al Japón, extremo norte de USA, Centro América, Ecuador, Perú y Chile).

El proceso de subducción, entre la placa de Nazca y la Sudamericana, ha controlado a lo largo del tiempo la evolución geológica del territorio desde el Paleozoico hasta la actualidad, originando complejos procesos magmáticos y tectónicos, directamente relacionados con el desarrollo de ambientes geotérmicos.

El Perú se halla caracterizado por la ocurrencia de movimientos sísmicos, fenómenos tectónicos y elevada concentración de flujo calorífico geotermal, especialmente en la zona volcánica del sur del país.

La energía geotérmica, que tiene manifestaciones (fuentes termales, geysers, fumarolas, etc.) visibles, principalmente, en el sur del país podría constituir una alternativa importante para incrementar la oferta energética renovable y relativamente limpia.

ANTECEDENTES

El Perú posee un gran potencial geotérmico que comienza a ser evaluado a partir de un inventario de más de 200 fuentes termales con temperatura entre los 16 y 92 °C realizado por INGEMMET en 1978, la mayoría de estas fuentes ubicadas en la Cordillera de los Andes y en valles interandinos. Este inventario marca el inicio de la realización de un Mapa Geotérmico del Perú.

De este análisis se comienzan a definir las principales zonas de interés geotérmico. Los primeros mapas geotérmicos se elaboraron en 1980 en los cuales se distinguen 6 zonas o regiones geotérmicas importantes (ver Figura N° 1).

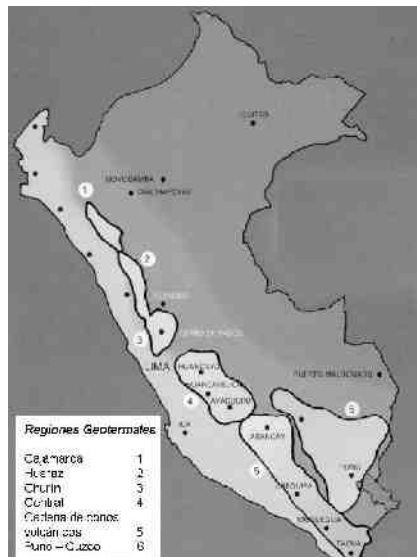


Figura N° 1. Primer mapa de Regiones Geotermiales del Perú.
Fuente: Cossio & Vargas. 1979

NUEVO MAPA GEOTÉRMICO

Para actualizar el Mapa Geotérmico del Perú (o Mapa de Regiones Geotermiales, ver Figura N° 2) se partió de los mapas geotérmicos realizados por Cossio & Vargas (1979). También se utilizó el Mapa Geológico (INGEMMET, 1999), el Mapa de inventario de Fuentes Termiales del Perú (INGEMMET, actualizado al 2003), el Mapa de Volcanes del sur del Perú (Fidel, Morche & Nuñez, 1997). Con todos estos elementos se redefinió los límites de las 6 Regiones Geotermiales, así como la subdivisión de éstas en Lotes y Áreas Geotérmicas, teniendo tres lotes en las región 1 y 2, y cuatro en la región 5, y dentro de ésta se han definido 13 áreas; todas éstas de variado interés geotérmico.

REGIONES GEOTÉRMICAS

El principal componente para la actualización del Mapa Geotérmico es la ubicación de las manifestaciones geotermiales, distribuidas a lo largo de todo el territorio nacional. En la última actualización se tienen más de 400 (INGEMMET, 2003). Así mismo, éstas están controladas por estructuras y formaciones geológicas las cuales determinan su dinámica (forma de recarga, almacenamiento y descarga hacia la superficie).

Las manifestaciones ubicadas en la parte centro y norte del país (regiones 1, 2, 3 y 4), tienen un origen meteórico, donde la elevada temperatura que presentan se debe a la acción del gradiente geotérmico. Mientras que las fuentes ubicadas en las regiones 5 y 6 presentan origen volcánico y en algunos casos mixtos (acción del agua meteórica influenciada por una fuente de calor).

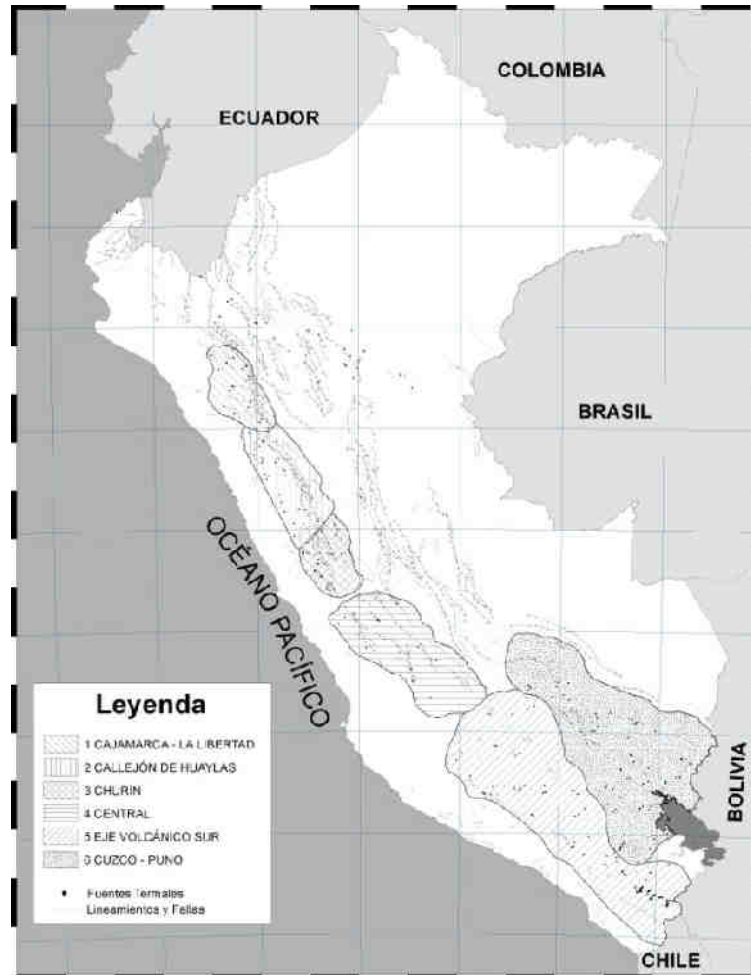


Figura N° 2. Mapa Geotérmico del Perú actualizado.

REGIÓN 1: CAJAMARCA – LA LIBERTAD

Con un área aproximada de 17668 km², se ubica en la parte sur del departamento de Cajamarca y la sierra norte de La Libertad. Se han inventariado alrededor de 20 manifestaciones geotermales a partir de las cuales se han definido 3 Lotes Geotérmicos. Cajamarca, La Grama y Otuzco (ver Figura N° 3).

Esta región se desarrolla en rocas sedimentarias del Jurásico (Fm. Chicama) y Cretáceo (Grupo Goyllarisquizga y posteriores facies carbonatadas). Las principales manifestaciones surgen en areniscas porosas y muy permeables. En la región también afloran rocas volcánicas paleógenas (Grupo Calipuy, entre otros).

Esta región carece de vulcanismo reciente y se interpreta que las manifestaciones geotermales estén vinculadas a fallas profundas regionales, donde el agua eleva su temperatura por acción del gradiente geotérmico.

Las temperaturas varían entre los 28° y 72°C, los valores de conductividad eléctrica entre 100 y 4900 $\mu\text{s}/\text{cm}$, y el pH entre 6,9 y 8,1. Los caudales máximos registrados superan los 100 l/s (grupo de fuentes La Grama). Algunas manifestaciones como los Baños del Inca presentan emisiones de gases como el H₂S y CO₂. La clasificación hidrogeoquímica muestra una predominancia de aguas bicarbonatadas, y en algunas cosas cloruradas y sulfatadas. La mayoría de las manifestaciones son usadas con fines recreativos y balneológicos.

En la década de los 80s se realizaron exploraciones geotérmicas mediante perforaciones someras en el sector de La Grama, sin identificar anomalías de temperatura importantes.

REGIÓN 2: CALLEJÓN DE HUAYLAS

Con un área aproximada de 27057 km², abarca la sierra sur del departamento de La Libertad, toda la sierra de Ancash y Huánuco. Se inventariaron más 30 manifestaciones geotermales definiéndose 3 Lotes Geotérmicos: Huaraz, Caraz y Corongo (ver Figura. N° 3).

En la región afloran rocas de edades muy antiguas como las del Complejo del Marañón, rocas sedimentarias del Jurásico y Cretáceo (Fm. Chicama, Fm. Oyón, Grupo Goyllarisquizga) y sobre éstas los volcánicos paleógenos (Grupo Calipuy, Fm. Yungay). Finalmente, intrusivos paleógenos que cortan algunas de las formaciones mencionadas anteriormente.

La presencia de numerosas estructuras (fallas), marcan un dominio estructural entre las rocas sedimentarias y el Complejo del Marañón. Las estructuras, en la zona sedimentaria, juegan un papel importante en los procesos de conducción y surgencia de las manifestaciones.

Esta región carece de vulcanismo activo, donde las manifestaciones están asociadas a procesos de circulación profunda, a través de fallas, donde la elevada temperatura se debe al gradiente geotérmico de la zona.

Las temperaturas varían en rangos desde 16° hasta 60°C, la conductividad eléctrica entre 100 y valores mayores a 20000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, y el pH entre 3,2 y 9 donde la mayoría de las aguas son ácidas. Los caudales máximos registrados superan los 15 l/s. Algunas manifestaciones presentan emisiones de gases como el H₂S y CO₂; así mismo se tiene la presencia de una manifestación de vapor denominada Tauripampa (Huánuco). Las aguas bicarbonatadas son predominantes en la región, así como algunas sulfatadas y cloruradas. La mayoría de las manifestaciones son usadas con fines recreativos y balneológicos.

En esta región no se tienen registradas exploraciones geotérmicas.

REGIÓN 3: CHURÍN

Esta región comprende un área aproximada de 15392 km² y está ubicada entre los departamentos de Lima, Huánuco, Pasco y Junín. No presenta en la actualidad Lotes o Áreas Geotérmicas. Se han inventariado alrededor de 30 manifestaciones geotermales.

En la región afloran rocas que van desde el Neoproterozoico, Complejo del Marañón, hasta depósitos cuaternarios. De todas estas rocas, en las sedimentarias del Triásico (Grupo Pucará), Jurásico y Cretáceo principalmente areniscas y calizas se presentan la mayoría de las manifestaciones geotermales.

El tectonismo regional causó el plegamiento, fallamiento y posterior emplazamiento de rocas plutónicas. Dichas estructuras han jugado un papel importante en el funcionamiento hidrogeológico de la zona, pues han controlado la dinámica de los acuíferos y surgencia de las manifestaciones.

Considerada como la más importante de todas, tiene una extensión aproximada 104498 km², comprende parte de los departamentos de Ayacucho, Apurímac, Cuzco, Arequipa, Moquegua y Tacna. En esta región INGEMMET, OLADE y IIE han realizado estudios de reconocimiento geotérmico, donde se han definido los siguientes lotes y áreas (ver Figura N° 4).

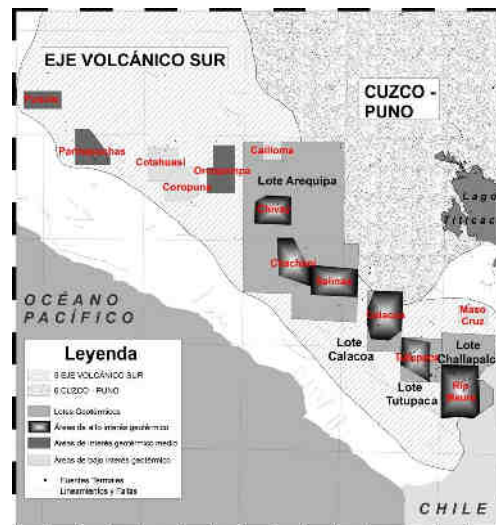


Figura N° 4. Ubicación de Lotes y Áreas Geotérmicas en la Región 5

La estratigrafía de esta región está dominada por la presencia de unidades Paleógenas y Neógenas, principalmente los volcánicos correspondientes al Grupo Barroso, el cual es evidencia de un vulcanismo reciente. También se tienen unidades pertenecientes al Cretáceo y al Jurásico (Grupo Yura y Volcánico Chocolate entre otros). Al sector noreste de la región aflora el Complejo del Marañón, como las rocas más antiguas. En la región se tiene registrada la presencia de más de 300 volcanes, destacando por su actividad reciente el Misti, Ubinas, Ticsani, Sabancaya, Huaynaputina, Tutupaca y Yucamane.

La región está afectada por diversos procesos tectónicos evidenciándose lineamientos estructurales y fallas regionales, principalmente de rumbo NW-SE. Las manifestaciones geotermales están completamente controladas por éstas estructuras, condicionando su recarga, circulación y descarga.

Las altas temperaturas registradas en las manifestaciones (mayores que en las otras regiones) se deben principalmente a que existen fuentes de calor, pueda ser cámaras magmáticas, que están en contacto con acuíferos. Así mismo muchas de las fuentes termales en esta región tiene un origen juvenil (sea magmático o volcánico).

Se tienen temperaturas que van desde 10° hasta 90°C, la conductividad varían entre 300 y 12500 $\mu\text{s}/\text{cm}$, y el pH entre 1 y 9 (con un 95% de aguas ácidas). Los caudales máximos superan los 5 l/s. La mayoría emiten gases como H₂S y CO₂. Las familias de aguas predominantes son del tipo bicarbonatadas, cloruradas, sulfatadas. Las manifestaciones son usadas con fines recreativos y balneológicos, mientras que pocas son usadas para producción de bebidas.

En esta región se han realizado más investigaciones geotérmicas, estudiando sus principales características geológicas, estructurales y geoquímicas; logrando distinguir 3 grupos de interés geotérmico, siendo:

- *Grupo A:* Prioritario de interés geotérmico: Tutupaca, Río Maure, Calacoa, Salinas, Chachani y Chivay.
- *Grupo B:* Intermedio de interés geotérmico: Puquio, Parinacochas y Orcopampa.
- *Grupo C:* Bajo de interés geotérmico (presentan baja entalpía): Cotahuasi, Coropuna, Cailloma y Mazo Cruz.

REGIÓN 6 CUZCO – PUNO

Esta región abarca un área de 100721 km², y está ubicada en los departamentos de Cuzco, Puno y parte de Madre de Dios. En la región no se han identificado zonas de interés geotérmico pero se ha llegado a inventariar más de 115 manifestaciones geotermiales.

En la región afloran rocas muy antiguas, en el Paleozoico se tienen secuencias de pizarras, esquistos, cuarcitas y lutitas del Ordovícico; areniscas cuarzosas del Grupo Ambo, areniscas rojizas del Grupo Mítu. El Mesozoico corresponde a las unidades del Cretáceo inferior como las areniscas calcáreas de la Fm. Muni, areniscas cuarzosas de la Fm. Huancané. Del Paleógeno se tiene rocas volcánicas del Grupo Tacaza y al Grupo Barroso.

El contexto estructural de la zona se caracteriza por la presencia de lineamientos con dirección NW-SE, con influencia en la parte noroccidental de la deflexión Cuzco – Abancay, con rumbo E-W. Estas estructuras están relacionadas a la formación de cuencas sedimentarias y controlan la ubicación de sistemas hidrotermales. En menor magnitud existen fallas de rumbo antiandino, es decir NE-SW

Las diferentes temperaturas de las manifestaciones geotermiales sugieren diferentes procesos. En algunos las aguas que se infiltran tienen un corto recorrido para luego encontrarse cerca de una fuente de calor la cual hace que su temperatura se eleve. Así mismo otras sólo presentan un corto recorrido y su temperatura no es tan elevada, debido a la acción del gradiente geotérmico.

La temperatura de las manifestaciones van desde 8° hasta los 88°C, la conductividad eléctrica varía desde 100 y 20000 $\mu\text{s}/\text{cm}$, y el pH entre 4,5 y 9,8. Los caudales máximos registrados superan los 20 l/s. Algunas manifestaciones emiten gases como H₂S y CO₂. Geoquímicamente las aguas se clasifican como bicarbonatadas y cloruradas. La mayoría de las manifestaciones son usadas con fines recreativos, balneológicos y producción de bebidas.

En esta región aún no se tienen registradas exploraciones geotérmicas.

CONCLUSIONES

El Perú posee un gran potencial geotérmico el cual aún no es completamente conocido por la ausencia de estudios de reconocimiento y exploración donde se integre adecuadamente información geológico – estructural, geoquímica y geofísica.

Existen dos zonas bien marcadas de las manifestaciones geotermiales, las regiones 1, 2, 3 y 4 deben su característica termal a la acción del gradiente geotérmico; y las regiones 5 y 6 se tienen su origen en aguas termales juveniles y mixtas.

Se debe estudiar nuestro potencial geotérmico, partiendo del inventario de las manifestaciones geotermiales y complementarlas con estudios de geología geoquímica y geofísica. Empleando metodologías de exploración geotérmica. Es importante iniciar el Plan Maestro en Geotermia, que permita conocer, evaluar y promover los estudios geotérmicos en el país

El nuevo Mapa Geotérmico del Perú, que se presenta, pretende ser el punto de partida en la promoción de la energía geotérmica en el país, para en un futuro explotar este recurso en beneficio de la sociedad.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Cossio, A. & Vargas, L. 1979. Perspectivas de Desarrollo de la Energía Geotérmica. Primer Simposium Nacional: La Energía y sus Perspectivas. Tomo II. MEM. Lima p. 50.
- Fidel, L; Morche, W & Nuñez, S. 1997. Inventario de Volcanes del Perú. Serie C, Boletín N° 15. Ed. INGEMMET, Lima, p. 94.
- Huamani, A. 2000. Aguas Termales y Minerales en el norte del Perú Serie D, Boletín N° 22. Ed. INGEMMET, Lima, p. 115.
- Huamani, A. 2001. Aguas Termales y Minerales en el Suroriente del Perú. Serie D, Boletín N° 24. Ed. INGEMMET, Lima, p. 172.
- Huamani, A. & Valenzuela, G. 2003. Aguas Termales y Minerales en el oriente central del Perú. Serie D, Boletín N° 25. Ed. INGEMMET, Lima, p. 86.
- Steinmuler, K. & Zavala, B. 1997. Hidrotermalismo en el sur del Perú. Serie D, Boletín N° 18. Ed. INGEMMET, Lima, p. 106.
- Steinmuler, K. & Nuñez, S. 1998. Hidrotermalismo en el sur del Perú (Sector Cailloma - Puquio)" Serie D, Boletín N° 19. Ed. INGEMMET, Lima, p. 106.
- Steinmuler, K. & Huamani, A. 1999. Aguas Termales y Minerales en el centro del Perú. Serie D, Boletín N° 21. Ed. INGEMMET, Lima, p. 76.