

ENSAYO TÉCNICO

Origen de las aguas termales de Roboré, Charagua y Camiri

Hugo Salas Montaña

Ingeniero Geólogo
DOCENTE TITULAR “B”
ESPECIALISTA EN DISEÑO CURRICULAR
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA

RESUMEN

El presente artículo contiene los resultados de la investigación efectuada en las zonas de Roboré, Charagua y Camiri respecto al Origen Geológico de las Aguas Termales existentes en estas localidades. Este trabajo es parte de una investigación enfocada a la Evaluación de la Situación Actual e Impactos generados por las aguas termales en esos lugares, que actualmente se está ejecutando con un grupo de alumnos de la carrera de Ingeniería Ambiental y que será publicada oportunamente.

Se denominan Aguas Termales a la infiltración del agua de lluvia, fuente principal de todas las aguas subterráneas, y que la mineralización y la temperatura de estas aguas se explica por la circulación de las aguas subterráneas a diferentes profundidades, donde entran en contacto con rocas más caliente, lo que produce movimientos convectivos que provocan su emigración hacia zonas porosas y permeables, llegando en algunos casos a la superficie como manifestaciones hidrotermales.

Para lograr este propósito, primeramente se revisó toda la bibliografía referida a la geología relacionada con las aguas termales de cada zona y luego se visitó cada lugar para verificar la información geología encontrada, tomar toda la información necesaria y recolectar las muestras correspondientes de agua, para su posterior análisis físico-químico, realizado en los laboratorios de la Universidad

Autónoma Gabriel René Moreno y optar por un modelo sobre el origen geológico de estas aguas termales.

De esta manera siguiendo los criterios de Pinuaga (2010) se pudo determinar que las Aguas termales de Roboré se ajustan a un Origen Geotérmico al igual que las de Camiri y por otro lado las aguas termales de Charagua se ajustan mejor a un Origen Mixto es decir Geotérmico y Magmático.

Palabras claves: Aguas Termales, Aguas Meteóricas, Origen Geotérmico, Origen Magmático

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se encaró debido a la falta de información referente al origen de las aguas termales de las zonas de Roboré, Charagua y Camiri, cuyo conocimiento puede servir como punto de partida para posteriores investigaciones enfocadas a los diferentes impactos que ellas generan en el medio ambiente así como también desde el punto de vista turístico y medicinal.

Las aguas termales de Roboré se encuentran ubicadas en el Sud Este del Departamento de Santa Cruz en lo que se denomina Sierras Chiquitanas de Bolivia (Tabla 1).

Las aguas termales de Charagua y Camiri se ubican en el Sur del Departamento de Santa Cruz en la zona denominada Sierras Subandinas de Bolivia (tabla 1).

ZONA DE ESTUDIO	UBICACION	PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL	TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL	TEMPERATURA DE LAS AGUAS PROMEDIO	COORDENADAS GEOGRAFICAS
ROBORE	Sierras chiquitanas	1155 mm	26°C	40°C	X=234418 Y=7958244
CHARAGUA	Subandino Sur	689 mm	23°C	75°C	X=477303 Y=7810637
CAMIRI	Subandino Sur	795 mm	22°C	50°C	X=445967 Y=7782902

Tabla 1.-Ubicación y datos generales de las zonas, las aguas termales estudiadas

Objetivos

El principal objetivo de este trabajo es establecer el origen geológico de las aguas termales de las áreas de Roboré, Charagua y Camiri en base a la revisión e interpretación de la geología de las zonas y al análisis físico-químico de las muestras de aguas calientes.

Antecedentes

No se ha encontrado ningún estudio, efectuado en estas áreas, referido a este tema sin embargo para realizarlo se ha considerado trabajos relacionados con el origen de las aguas termales.

Pinuaga (2010) en su trabajo "Infraestructura Hidrotermal" vierte los siguientes conceptos respecto al origen de las Aguas Termales.

Las aguas de origen meteórico que se infiltran en el subsuelo descienden por gravedad hacia capas más profundas, elevando su temperatura en el curso de su circulación subterránea. Estas aguas pueden ascender posteriormente hasta la superficie, a través de las fisuras y fracturas existentes en las rocas, gracias a ciertos mecanismos de surgencia. Este es sin lugar a dudas el origen más frecuente de las aguas termales, denominándose comúnmente **origen geotérmico**.

Las características físico-químicas de estas aguas vienen dadas por la de los terrenos de donde provienen.

Por ello, su contenido en sales, su temperatura y las características hidrológicas son muy variables. No obstante, su temperatura en el punto de surgencia raramente supera los 35-40°C.

En algunos casos, sin embargo, la sola circulación de las aguas de origen meteórico en profundidad no permite explicar satisfactoriamente las características físico-químicas de las aguas termales, debiéndoles atribuir un origen endógeno, es decir magmático, volcánico y químico.

Respecto a las **aguas de origen magmático** se puede afirmar que existe la posibilidad de que como consecuencia de la cristalización de los magmas se liberen constituyentes volátiles que pueden escaparse en forma de fumarolas, compuestas esencialmente de hidrógeno y vapor de agua, junto con elementos como flúor, cloro, azufre, carbono, fósforo y boro.

La composición en sales y la temperatura de estas aguas termales de origen endógeno, con independencia de la roca de la que proceden, son relativamente constantes y de carácter hipertermal.

No obstante, las aguas termales pueden tener también un origen mixto, por mezcla de aguas meteóricas de infiltración reciente con aguas endógenas o fósiles.

Apolo Ortíz al referirse al origen de las aguas termales de Río Hondo (Provincia de Tucumán – Argentina) indica:

Las aguas termales en todo el mundo, tienen dos orígenes principales: **a) Origen Volcánico. b) Calentamiento por gradiente geotérmico**. Las de Río Hondo tienen este último origen.

El gradiente geotérmico indica que cada 33 m. De profundidad la temperatura asciende un grado centígrado. Supongamos cavar o perforar un pozo y que la temperatura promedio en superficie sea de 20°C, al llegar a los 33 m., habrá 21°C, a los 330 m., Habrá 30°C y así permanentemente hasta llegar al centro de la tierra donde es de 3000°C. Para comprender el calentamiento del agua de Río Hondo, es necesario visualizar la geografía de la región comprendida entre la provincia de Tucumán y el sector oeste de la provincia de Santiago del Estero.

Indica que el agua de lluvia se filtra al pie de las Sierras del Aconquija, empapando estratos de rocas inclinadas hacia el Este. El agua infiltrada comienza a "viajar" hacia el Este. Como los estratos permeables (areniscas) que la recibieron y permitieron su infiltración están inclinados, se van hundiendo paulatinamente, recibiendo mayor

temperatura y por lo tanto el agua que por allí va circulando, puede alcanzar los 2.000 metros donde la temperatura, por gradiente geotérmico puede llegar a los 100°C. Cuando los estratos con el agua así calentada, "choca" con la falla geológica de las Sierras del Guasayan, la que provoca una especie de barrera, comienza a subir a la superficie por vías de conducción derivada de la falla misma y sus fallas menores asociadas.

De esta manera el agua calentada a 100°, comienza a subir hacia la superficie, ocupando otras areniscas (a 1.000 o a 600, o a 400 metros etc. que mantienen la temperatura pero ya con menores valores entre 40 y 35°C según la profundidad).

La salinidad del agua termal, la va adquiriendo a medida que viaja entre el Aconquija y Río Hondo, por los estratos portadores que le van dando la salinidad típica del agua.

Metodología de Investigación

El estudio de esta temática tiene un alcance exploratorio enmarcado en un diseño no experimental de tipo transversal descriptivo, en un contexto inicialmente de campo para luego continuar con el análisis de las aguas en laboratorio. De esta manera en base a la descripción desarrollada, se pudo interpretar y de ese modo llegar al origen de estas aguas termales.

Las muestras de agua corresponden a muestras no probabilísticas puesto que se seleccionaron los lugares de toma de las mismas para ver su variación de las características físico – químicas.

GEOLOGÍA RELACIONADA CON LAS AGUAS TERMALES DE ROBORE

En este punto se resume los criterios de algunos geólogos que trabajaron sobre la geología de este lugar. Habiéndose efectuado, en esta oportunidad, la verificación correspondiente en el campo.

Resumen Estratigráfico

Según German Landivar et al., (1999), el Fanerozoico está representado por rocas sedimentarias que corresponden al Silúrico, Devónico, Jurásico, Neógeno y Cuaternario. Las rocas del Paleozoico tienen poco desarrollo. Estas se encuentran en las Serranías Santiago, donde se ha

diferenciado el Grupo Santiago compuesto por las areniscas de la Formación El Carmen del Silúrico Superior, las areniscas conglomerádicas de la Formación Roboré del Devónico y las areniscas rojizas del Grupo El Portón del Jurásico. Las rocas del Cenozoico cubren una gran parte del área de estudio, como las lateritas del Neógeno y los depósitos recientes del Cuaternario.

Según Mitchell (1979) el contacto superior de la formación Roboré con la suprayacente formación, Limoncito no está expuesta en el área, aunque una interpretación fotogeológica de la parte noroccidental de la serranía sugiere que la formación el Carmen esta directamente superpuesta por la formación Limoncito. Siendo así, entonces la formación Roboré representa solo una marcada variación lateral de facies dentro de la parte inferior de la formación Limoncito.

Geología Estructural

Eventos Tectónicos de la orogenia Brasiliana

Según Landivar et al., (1999), durante la orogenia Brasiliana se habría producido por lo menos tres eventos de deformación. La primera deformación se caracteriza por el plegamiento de las rocas del grupo Tucavaca en un sinclinal abierto de dirección ESE-ONO. El sinclinal Tucavaca (Mitchell, 1979) mide aproximadamente 400 km de largo y 50 km de ancho, con su flanco norte suavemente inclinado al SO y su flanco sur moderadamente inclinado al NE.

La segunda deformación no afectó la zona en estudio, sin embargo la tercera deformación habría producido la Línea Chiquitos (Litherland et al., 1986), que en el área de estudio, pasa por la serranía Santiago situada en el borde sur del sinclinal Tucavaca, abarcando una extensión de casi 25 km con una orientación NO-SE. A lo largo de la Línea de Chiquitos, se origina una zona de cizalla transcurrente con movimientos subverticales, que fue responsable del levantamiento de una parte del basamento (gneises Patujú) y la deformación local de la lutitas Pesenema, tal como se observa en la serranía Santiago.

Eventos Tectónicos del Fanerozoico

Durante el Paleozoico y Mesozoico, la actividad tectónica fue mínima en forma de pequeñas falla de rumbo NE que cortan a las rocas de los grupos Portón (Jurásico), Santiago

(Silúrico) que se observan principalmente en la serranía Santiago.

ORIGEN DE LAS AGUAS TERMALES DE ROBORE

Considerando los criterios de clasificación de las aguas termales por su origen geológico de Pinuaga (2010), las aguas termales de Roboré, han sido clasificadas como telúricas o meteóricas que adquirieron su temperatura debido al **calentamiento por gradiente geotérmico**

Para entender el mecanismo de calentamiento de las aguas termales de Roboré es importante indicar que en la parte norte se ubica la Serranía Santiago con una altura de 1000 msnm y hacia el sur se encuentra la llanura chaqueña con una altitud de 200 msnm.

Parte de las aguas meteóricas precipitadas en la zona, se infiltran en rocas de las Formaciones El Carmen, Chochis, Limoncito y sedimentos del Cuaternario. Como se mencionó en la parte descriptiva de estas formaciones, estas rocas se encuentran levemente inclinadas hacia el este (10°) y están compuestas principalmente por areniscas y algunos niveles conglomerádicos en la base y lutíticos en el tope de la Formación El Carmen. Por lo tanto son sedimentitas muy permeables por donde, las aguas meteóricas, se infiltran por gravedad hacia capas más profundas y percolan hacia el sur siguiendo la inclinación de los estratos elevando su temperatura en el curso de su circulación subterránea (Fig. 1).

Con esa inclinación y en una distancia de 12km, las rocas llegan a una profundidad de aproximadamente 1900m donde las aguas alcanzan una temperatura, por gradiente geotérmico, de 86°C considerando que la temperatura ambiente promedio de la zona es de 26°C (Tabla 1). Al toparse con la falla Roboré (parte de la Zona de cizalla de Chiquitos), las aguas se ponen en contacto con rocas impermeables de origen metamórfico (Complejo de Gneis Santo Corazón), y empiezan a ascender disminuyendo paulatinamente su temperatura debido a que se ponen en contacto con rocas menos calientes, llegando a la superficie con una temperatura de alrededor de 40°C , la misma que varía según la época del año. Las rocas porosas y permeables por donde circulan las aguas, actúan como una esponja que finalmente va soltando el agua lentamente originando el manantial de aguas calientes.

Según comunicación verbal de habitantes de la zona (Ing. Germán Landívar M.), existen otros manantiales de aguas calientes vinculadas con la Zona de Cizalla de Chiquitos como las de Los Ciro a 20 km al este de San José y la de Los Sotos a 15 km al oeste de Roboré. Posiblemente ambas tienen el mismo origen geológico que las aguas termales de Roboré.

GEOLOGÍA RELACIONADA CON LAS AGUAS TERMALES DE CHARAGUA

En esta oportunidad también se tomaron criterios de algunos geólogos que visitaron la zona y se efectuó la correspondiente revisión geológica en el lugar.

Resumen Estratigráfico

Ayaviri (1964), en su trabajo sobre la estratigrafía en las Serranías de Charagua, describe en el flanco occidental del anticlinal homónimo, la Formación Chorro como un conjunto

de areniscas blanquecinas y verdes ocasionalmente conglomerádicas. A la Formación Taiguati la describe como

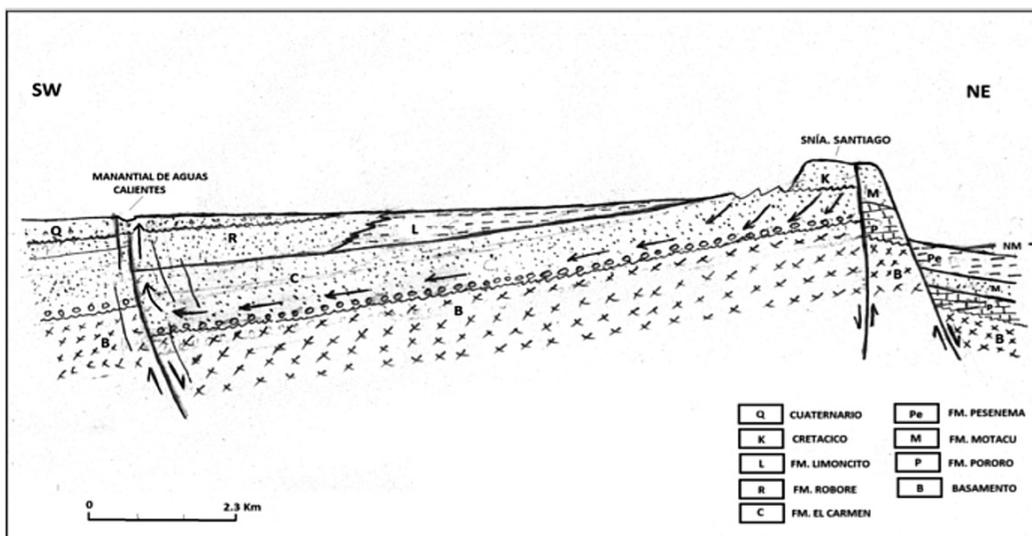


Figura 1.-Esquema del recorrido de las aguas meteóricas de Roboré

una unidad compuesta por pelitas rojas y violetas en la base y tilitas o clay grits rojas y verdes en el tope. Continúa su descripción con la formación Escarpment ubicada estratigráficamente por encima de la unidad anterior a través de un contacto neto ya que la base de esta unidad está formada por un conglomerado polimíctico grueso el cual subyace a una serie de areniscas rojas conglomerádicas las que en forma transicional pasan a areniscas finas de color blanquecino a verde.

Salas et al., (2007) al referirse al Grupo Tacurú, estudiado en el flanco oriental del anticlinal de Charagua, manifiestan que de acuerdo a las características de los tres cuerpos arenosos de Tacurú, estos podrían corresponder a las formaciones Tapehua, Castellón e Ichoa, respectivamente, descriptos por diferentes geólogos al sur de la latitud de río grande. Considerando además, que el entrecruzamiento de origen eólico no es privativo de la Formación Ichoa.

Respecto a la Formación Petaca en este lugar está compuesta por areniscas gruesas, sabulíticas a conglomerádicas, de color gris verdoso con niveles de conglomerados polimícticos de 5 hasta 50cm de espesor con clastos de diferentes tamaños desde 1 hasta 25cm de longitud. Esta secuencia culmina con intercalaciones de pelitas y areniscas grises plomas que constituyen el pase a la Formación Yecua.

Geología Estructural

Aguilera (2001), al referirse al marco tectónico del Subandino Sur, indica que el estilo estructural corresponde a un sistema de cabalgamientos de antepaís orientados de norte a sur limitado al oeste por la falla Mandiyutí y al este por la falla Mandeyapehua. Las estructuras típicas de esta zona son pliegues originados por propagación de fallas donde el nivel de despegue para los cabalgamientos lo constituyen los sedimentos pelíticos del silúrico y Devónico.

ORIGEN DE LAS AGUAS TERMALES DE CHARAGUA

De acuerdo a la clasificación de las aguas termales por su origen geológico, (Pinuaga, 2010), las aguas calientes

existentes en la quebrada de Charagua habrían tenido un origen mixto es decir una combinación entre un **origen geotérmico** y un **origen magmático**.

Esta afirmación se hizo en base a las características físico-química que presentan estas aguas termales, ya que tienen una temperatura que oscila entre los 75 y 85°C de acuerdo a la época del año.

Siguiendo el modelo del calentamiento de las aguas subterráneas por convección, las aguas meteóricas se infiltran por gravedad siguiendo fracturas y fallas, periódicamente reactivadas, y que originan los cabalgamientos que caracterizan a las sierras subandina sur y también a través de rocas permeables principalmente del terciario; estos cabalgamientos, en la zona de Charagua tendrían una vinculación directa con la falla de Mandeyapehua que constituye el límite oriental del sistema de cabalgamiento del Subandino Sur. De esta manera las aguas meteóricas pueden llegar hasta los 3000 m de profundidad donde, debido al gradiente geotérmico, estas aguas son calentadas hasta alcanzar aproximadamente los 110°C considerando que la temperatura media del lugar es de 23°C (tabla 1). A esa profundidad estas aguas meteóricas, ya en estado gaseoso, posiblemente se mezclan con fluidos endógenos provenientes de cuerpos magmáticos existentes a mayor profundidad y cargados con iones de flúor, cloro, azufre, carbono, magnesio, fósforo y boro. En esas condiciones esos fluidos ascienden hacia la superficie debido a la disminución de su densidad y viscosidad. En ese trayecto van disolviendo los minerales componentes de las rocas enriqueciéndose de gran cantidad de compuestos químicos y al mismo tiempo, van perdiendo su temperatura al ponerse en contacto con rocas menos calientes. De ese modo llegan a la superficie a través de la Formación Petaca con una temperatura de alrededor de 75°C, completando el ciclo convectivo, como una mezcla de agua y gases, con un fuerte olor a azufre, originando los manantiales termales de la quebrada de Charagua (Fig. 2).

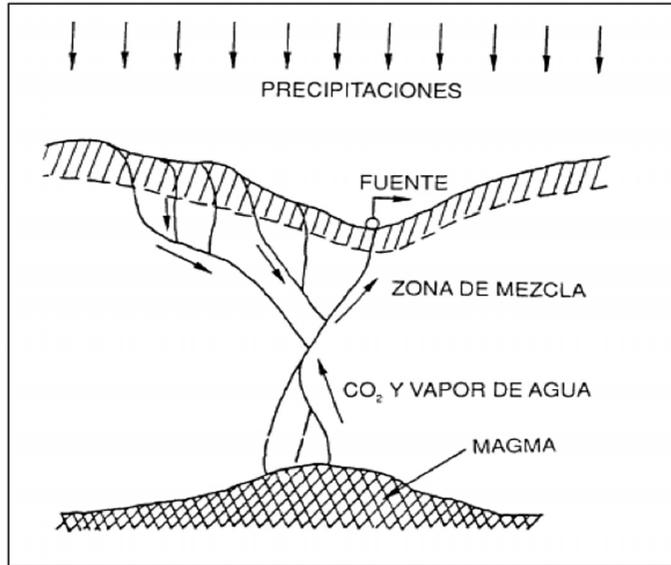


Figura 2.- (Pinuaga, 2010). Trayectoria de las aguas meteóricas y su relación con los fluidos magmáticos de las aguas termales de Charagua

GEOLOGÍA RELACIONADA CON LAS AGUAS TERMALES DE CAMIRI

Resumen Estratigráfico

La estratigrafía relacionada con las aguas termales del Río Parapetí en la serranía de Sararenda fue resumida de Sandi, R., 2014. "Camiriun pueblo petrolero: Historia, geografía y el yacimiento de Camiri". En prensa.

Formación Iquiri (Sistema Devónico)

White, K. D., 1925. Edad Frasniano-Fameniano, Oller, J., 1996. Es la única Formación presente del Devónico descrita en Sararenda, compuesta principalmente de areniscas finas con intercalaciones de lutitas. En el Río Parapetí, anticlinal Sararenda, tiene un espesor de 310,5 m.

Sistema Carbonífero

Esta unidad está representada por limolitas, lutitas y areniscas de la Formación Itacua, White, K. D., 1929; la Formación Tupambi, White, K. D., 1924, en este lugar está formada completamente por areniscas de colores variados. Sin embargo la Formación Itacuami, White, K. D., 1929,

presenta una intercalación de lutitas y areniscas a diferencia de la Formación Chorro, Harrington, G.L., 1924, compuesta por ciclos de conglomerado basal y areniscas, culminando la secuencia con una intercalación de limolitas y areniscas de la Formación, Taiguati; Harrington, G.L., 1922.

Formación Cangapi (Sistema Pérmico)

Hayes, A. O., 1925. Edad: Pérmico Inferior, Oller, J., 1996. La litología está constituida enteramente por areniscas de diferentes colores. Intercala, en la parte media de la formación, un nivel de conglomerado con clastos constituidos por cuarzo hialino, arenisca y cuarcita, cerca del tope intercala arenisca conglomeradica con clastos diseminados.

Sistema Jurásico

Esta unidad está formada por areniscas de diferentes granulometrías y coloraciones pertenecientes a las formaciones Tapehua y Castellón, López Pugliesi, J. M., 1971, e Ichoa, Chamot, G.A. & L.D. Perry, 1962. Todas ellas afectadas en mayor o menor grado con estratificación cruzada relacionada a un ambiente eólico.

Formación Petaca (Sistema Paleógeno)

Birkett, 1922. Edad: Oligoceno Superior - Mioceno Inferior, Oller, J., 1996.

Intercalaciones de Conglomerado rojizo, con arenisca conglomerádica color marrón claro, hacia el tope se presentan areniscas gris verdosas, grano fino, grano grueso, laminación paralela.

Sistema Neógeno

Constituido por areniscas y arcillas con estratificación paralela de la Formación Tariquía, Ayaviri, A (1964), y la Formación Guandacay, Ayaviri, A. (1964) integrada por areniscas con lentes de conglomerados.

Geología estructural

Las estructuras en la zona de Camiri obedecen a las mismas características tectónicas de la zona de Charagua ambas ubicadas en el subandino sur de Bolivia.

ORIGEN DE LAS AGUAS TERMALES DE CAMIRI

El origen geológico de las aguas termales de Camiri podría corresponder a un **origen geotérmico** (pinuaga,2010), semejante al origen de las aguas termales de Charagua, pero en este caso no habría influencia de fluidos magmáticos. Las aguas termales de Camiri tendrían un origen estrictamente convectivo, según las características físico-químicas que presentan, pues no sobrepasan los 50°C de temperatura y sus características químicas no sugieren una vinculación con cuerpos magmáticos.

Las aguas meteóricas en la zona de Camiri, al igual que en Charagua, se introducirían por grietas, fracturas y planos de cabalgamientos propio de la geología estructural de la zona, así como también a través de las rocas porosas del terciario, alcanzando hasta 2000 m profundidad, allí debido al gradiente geotérmico las aguas meteóricas pueden alcanzar los 85°C de temperatura teniendo en cuenta que la media en Camiri es de 22°C. En estas condiciones la densidad y la viscosidad de las aguas meteóricas disminuyen facilitando de esta manera su ascenso las cuales en su retorno a la superficie van arrastrando los iones provenientes de la disolución de las rocas encontradas en su trayectoria y va disminuyendo la temperatura hasta alcanzar en superficie 50°C, originando de esta manera el manantial de aguas caliente de Camiri que emerge desde sedimentitas Carboníferas (Fig. 3).

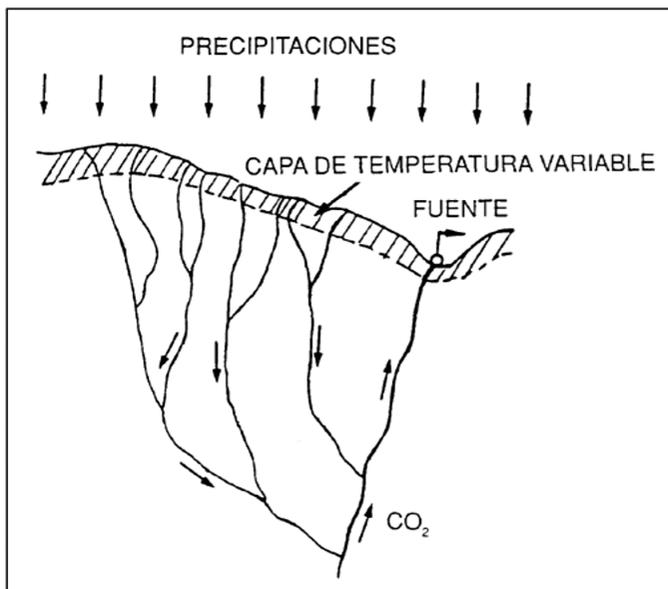


Figura 3.-(Pinuaga, 2010). Origen geotérmico de las aguas termales de Camiri debido a la trayectoria convectiva de las aguas meteóricas

CONCLUSIONES

- Las aguas termales de Roboré se originan a partir de aguas meteóricas o telúricas que alcanzan temperaturas de alrededor de 40°C debido al **calentamiento por gradiente geotérmico**. Así lo demuestran los análisis geológicos y físico-químicos.
- El origen de la Aguas Termales de Charagua es mixto. Las aguas meteóricas se infiltran a través de los cabalgamientos y la permeabilidad de las rocas del lugar calentándose por **gradiente geotérmico**. Al mismo tiempo fluidos termales provenientes de magmas ubicados a grandes profundidades, ascienden por fracturas profundas y se mezclan con las aguas meteóricas elevando su temperatura y ambas salen a la superficie con temperaturas de alrededor de 75°C; esto se demuestra con el análisis geológico de la zona y el contenido de iones como azufre, carbono, magnesio, fósforo, etc. Presentes en estas aguas.
- El mecanismo de calentamiento de las aguas termales de Camiri es similar al de Charagua. Sin embargo en este lugar las fracturas no son tan profundas, de manera que no hay influencia de los fluidos endógenos magmáticos con altas temperaturas. Consecuentemente el origen de estas aguas termales es debido al **calentamiento por gradiente geotérmico**.

RECOMENDACIONES

Es importante que en el futuro se realicen estudios geológicos más detallados para poder interpretar de mejor forma la influencia de la geología en el origen de estas aguas termales, así como también realizar análisis físico-químico en laboratorios especializados, para tener mejor información y poder interpretar de mejor manera el origen de estas aguas termales y su utilización en beneficio de la sociedad.

BIBLIOGRAFIA

- Aguilera A. E., 2001. Geología y Recursos Naturales del Departamento de Santa Cruz., Revista Técnica Y.P.F.B.
- Ayaviri A., 1968. Sección estratigráfica de las serranías de Charagua, Mandeyapecua y San Antonio. Informe Interno Gerencia de Exploración de Y.P.F.B.
- Balderrama Fausto y Zamora Gerardo (2009). AGUAS TERMALES SUBTERRÁNEAS Y SU USO TERAPÉUTICO MEDICINAL EN EL DEPARTAMENTO DE ORURO- BOLIVIA. Universidad Técnica de Oruro. Disponible en http://www.revistavisiondental.net/Aguas_Termale.pdf
- Gil Montes. (2011). RECURSOS HIDROGEOLOGÍCOS. Disponible en: <http://gea.ciens.ucv.ve/geoquimi/hidro/wp-content/uploads/2011/07/recursos.pdf>
- Landivar, G. et al. 1999. Geología del Área Santo Corazón-Serranía los Tajibos. Santa Cruz, Proyecto Precámbrico, Boletín del Servicio Nacional de Geología y minería, SERGEOMIN.
- Litherland, M. V., 1979, La geología y potencial de minerales del área de San Ignacio de Velasco (Quad. SE 20-4: Santa Cruz, Proyecto Precámbrico, IGS/GEOBOL), Informe N° 3 (open file), 123 p.
- Mitchell, W.I., 1979, La geología y potencial de minerales de área de Santo Corazón-Rincón del Tigre (Quads. SE-21-5 con parte de SE-21-9 y SE-21-6 con parte de SE-21-10): Santa Cruz, Proyecto Precámbrico, IGS/GEOBOL, Informe N° 6 (open file), 131 p.
- Pinuaga E. Juan. (2010). INFRAESTRUCTURA HIDROTERMAL. Instituto Tecnológico GeoMinero de España. Disponible en: [:http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfjor_aguas_mine/3_infraestructura.pdf](http://aguas.igme.es/igme/publica/pdfjor_aguas_mine/3_infraestructura.pdf)
- Suarez-Soruco, R., 2000. Compendio de Geología de Bolivia. Revista Técnica Y.P.F.B., vol. 18.
- Salas M. Hugo, et al., 2007. Geología de la zona de Charagua. En Revista Universitaria: Tecno – Ciencia. Santa Cruz Bolivia.
- Sandi, R., 2014. “Camiri un pueblo petrolero: Historia, geografía y el yacimiento de Camiri”. En prensa.