Boletin de la Sociedad Geologica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Estudios hidrogeológicos en el campo geotermal de Paucarani- Tacna.

Yuliana Velarde (1), Vicentina Cruz (1), Diana Pajuelo (1), Edwin Condori (1)

(1 INGEMMET, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Av. Canadá 1470 San Borja, Lima, Perú

RESUMEN

El campo geotermal Paucarani se encuentra ubicado en el distrito de Palca, región Tacna en los límites fronterizos con Chile y Bolivia (Hito tripartito). La cuenca hidrográfica principal que alimenta al sistema geotermal en Paucarani es el rio Uchusuma (MINAGRI, 2002). Esta área presenta clima lluvioso semifrígido y temperaturas variables entre -9°C a 11°C, siendo el promedio de precipitación de 200 mm/mes (Senamhi, 2017). La recarga de los acuíferos está directamente asociada a la precipitación; sin embargo, en menor proporción tiene relación con la infiltración de aguas provenientes de los ríos, lagunas, represas y nevados, entre otros.

La hidrogeología determinó diferentes tipos de acuíferos tales como: 1) El acuífero Maure o roca reservorio con capacidad para almacenar 203.17 hm^3, 2) El acuitardo Sencca o roca sello, y 3) Acuíferos fisurados volcánicos someros en las Formaciones Capillune y Barroso.

El flujo de agua circula en dos direcciones: de NO a SE (desde Paucarani hacia la Laguna Blanca) y de N a S (desde la quebrada Picanani hacia la Laguna Blanca); están controlados por fallas (NO-SE y ENE-OSO), diaclasas y plegamientos, los cuales favorecen la transmisibilidad y el almacenamiento de las aguas subterráneas.

PALABRAS CLAVE: Geotermia, Hidrogeología, Perú, Tacna, Paucarani, INGEMMET.

ABSTRACT

The Paucarani geothermal field is located in the district of Palca, Tacna region on the border with the countries of Chile and Bolivia (tripartite landmark), the main watershed that feeds the geothermal system in Paucarani is the river Uchusuma (MINAGRI, 2002); This area has a semi-rigid rainy climate and variable temperatures between -9 ° C to 11 ° C, with an average rainfall of 200 mm / month (Senamhi, 2017). The recharge of aquifers is directly associated with precipitation, however; in a minimum amount it would be related to the infiltration of waters coming from rivers, lagoons, dams, snowed mountains, etc.

Hydrogeology determined different types of aquifers such as: 1) The Maure aquifer or reservoir rock with capacity to store 203.17 Hm3, 2) The Sencca aquitard or seal rock, and 3) Shallow volcanic fissured aquifers in the Capillune and Barroso Formations.

The flow of water circulates in two directions of NO-SE (from Paucarani to Laguna Blanca) and N-S (from the Picanani ravine to the Laguna Blanca); they are controlled by faults (NO-SE and ENE-OSO), diaclases and folds, which favor the transmissibility and storage of groundwater.

KEYWORDS: Geothermal, Hydrogeology, Peru, Tacna, Paucarani, INGEMMET.

DESARROLLO DEL RESUMEN:

Contexto geológico: El área de estudio se encuentra conformada en su parte NO por afloramientos de rocas volcánicas andesitas del Grupo Barroso y en menor cantidad por domos volcánicos andesíticos y dacíticos del Holoceno. Sin embargo, las rocas más antiguas que se ubican al oeste y fuera

del área de estudio corresponden a rocas sedimentarias que abarcan desde el Jurásico al Cretácico inferior y afloran por medio de fallas inversas regionales, correspondiente al sistema de fallas Incapuquio.

Asimismo, en la zona E, se emplazan secuencias de lavas traquita, latitas, riolitas y brechas (Grupo Tacaza), las cuales representan las secuencias más antiguas en este sector, durante el Neógeno ocurre el emplazamiento de secuencias volcaniclásticas y volcánicas como las secuencias tabulares de areniscas y conglomerados (Grupo Maure) con espesores entre 300m (PET, 2011) a 1200m, las cuales son cubiertas por tobas blancas soldadas y no soldadas (Formación Sencca) con espesores de 50m (PET, 2011); posteriormente por las secuencias de areniscas retrabajadas, limolitas y capas de conglomerados (Formación Capillune) con espesores de 200m.

Un lineamiento NO-SE establece el límite entre las secuencias piroclásticas (Formación Sencca) y epiclásticas (Formación Capillune), con las lavas andesita y dacíticas del Grupo Barroso. En la zona norte se ubica el nevado Paucarani, cuyas lavas representan al último evento volcánico dentro de la zona de estudio.

Unidad hidrogeológica	Clasificación	Símbolo	Unidad geológica	Espesor: (PET, 2011)	Transmisividad (T): Theis - Jacob	Permeabilidad (K): Benítez, (1963)	Coeficiente de almacenamiento (S)
ACUIFEROS	Acuífero poroso no consolidados	APNC	Depósitos cuaternarios				
	Acuífero fisurado volcánico sedimentario	AFVS	Formación Capillune	90m	190 m^2/día	2.11 m/día	$S = 3.5 \times 10^{-3}$.
	Acuífero volcánico sedimentario	AVS	Formación Maure	61m	2250 m^2/día	32 m/día	$S = 1.4 \times 10^{-3}$ a 6.4×10^{-3}
	Acuífero fisurado volcánico	AFV	Grupo Barroso				
ACUITARDO	Acuitardo volcánico	ATV	Formación Sencca			0.0499 m/día	
ACUIFUGO	Acuífugos volcánico	AGV	Formación Tacaza				

Cuadro 1: Características de las unidades Hidrogeológicas para el campo geotermal Paucarani

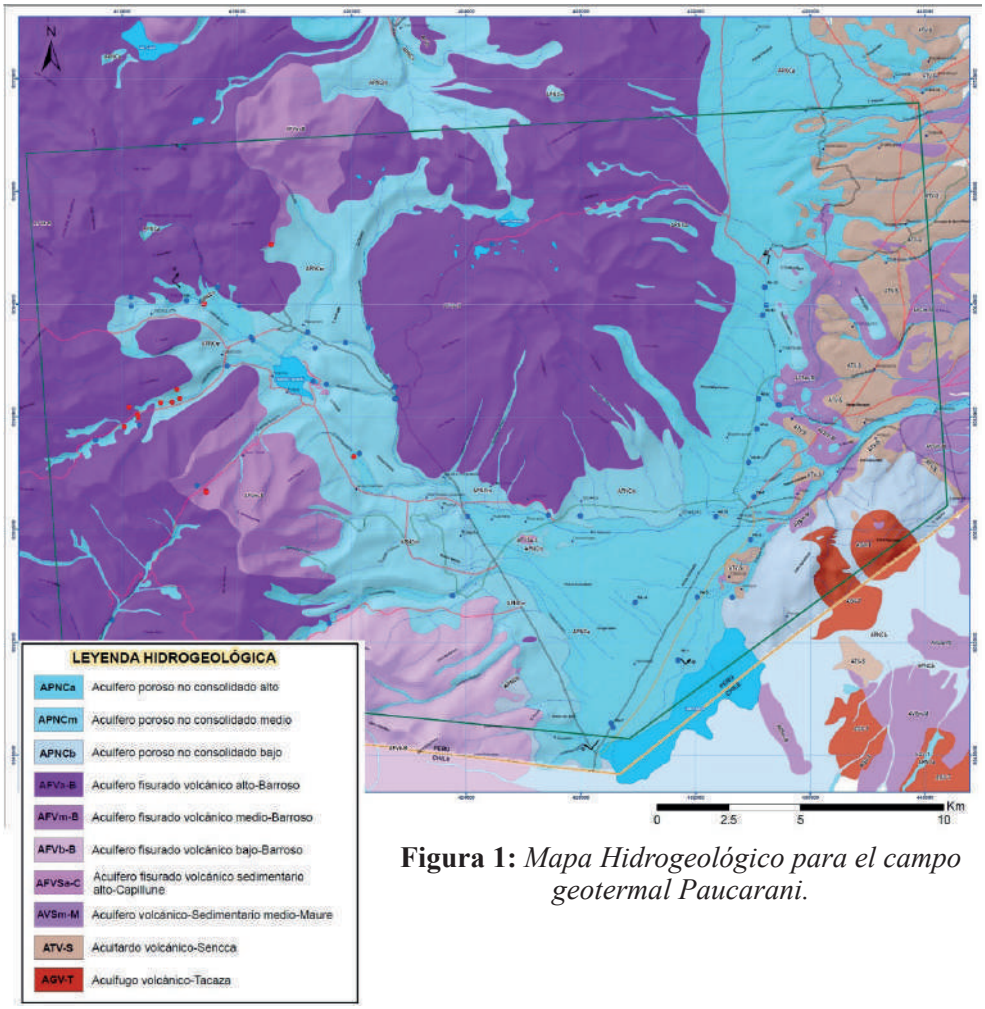

Figura 1: *Mapa Hidrogeológico para el campo geotermal Paucarani.*

Inventario de fuentes hídricas: La cuantificación de los recursos hídricos de la zona geotermal de Paucarani, se realizó mediante el inventario y muestreo de las aguas superficiales (ríos, arroyos, lagunas y represas) y subterráneas (fuentes termales, manantiales y pozos), identificando un total de 62 fuentes de agua, y sus parámetros fisicoquímicos (pH, temperatura y conductividad eléctrica).

Dichos parámetros presentan anomalías de temperatura (fig. 2) y conductividad (fig. 3) en las quebradas Curimani, Achuco y Huancune donde se encuentran las fuentes termales con pH acido llegando en algunos casos a 1.5 (fig. 4). Para las fuentes termales existe una relación directa entre la temperatura y la conductividad mientras que con el pH la relación es inversa.

Dirección de flujo: Basándonos en los niveles estáticos de los pozos y piezómetros administrados por el PET (Proyecto especial Tacna), se obtuvieron dos direcciones para la zona de estudio: 1) Dirección NO-SE; con recarga proveniente de la quebrada Queñuta y el rio Uchusuma dirigiéndose hasta la laguna Blanca en las pampas de El Ayro, 2) Dirección N-S, proveniente de las filtraciones del cerro Quiquisana, principalmente a través de la quebrada Picanani y de la recarga directa de las precipitaciones sobre las pampas "El Ayro" hasta la laguna blanca.

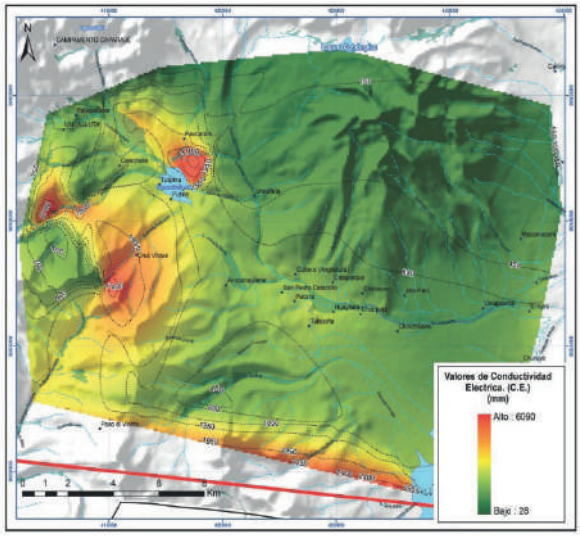

Figura 2: *Mapa de isolíneas de Temperatura.*

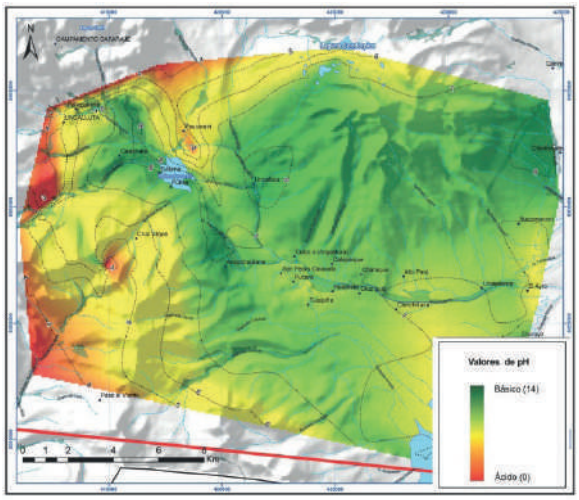

Figura 3: *Mapa de isolíneas de Conductividad.*

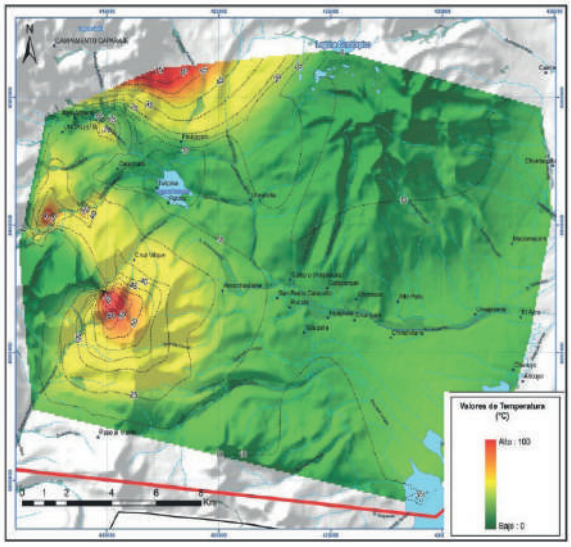

Figura 4: *Mapa de isolíneas de pH.*

Estimación de Recarga: La estimación de la recarga del acuífero se realizó mediante el método de APLIS (PET, 2011), donde la recarga del acuífero producto de la precipitación es de 83.74 hm^3/año (43.62 %) y la recarga proveniente del río Uchusuma es de 8.80 hm^3/año, lo cual suma un volumen total de 92.55 hm^3 (recarga muy alta).

Estimación de las reservas totales: Ya que el acuífero presenta 534.63 km^2 y una profundidad media de 300m entre la Formación Capillune (100m) y Grupo Maure (200m) (PET, 2011), con coeficientes de almacenamiento (S) de 3.5 $x10^{-3}$ y 1.9$x10^{-3}$ respectivamente (Custodio y Llamas, 1983), las reservas estimadas son de 187.13 Hm^3 para el acuífero Capillune y de 203.17 Hm^3 para el acuífero Maure, los cuales en total suman una reserva de 390.30 Hm^3 para el área de estudio.

CONCLUSIONES

Como conclusión para el estudio, se realizó el Modelo Hidrogeológico (fig. 4) el cual presentaría las siguientes partes:

Recarga: La recarga se da principalmente por precipitación en las zonas ubicadas por la cadena de montañas del Barroso, los cerros de Paucarani y Condorpico, asimismo, pero en menor proporción, existe recarga en las Pampas del El Ayro. También posee recarga por las infiltraciones de agua provenientes del río Uchusuma, el arroyo de la quebrada Queñuta y la quebrada Picanani. El volumen total de recarga es 92.55 Hm^3.

Descarga: La descarga se da en las quebradas Huancune, Curimani y Achuco, donde podremos observar principalmente descarga geotermal, mientras que la descarga de aguas frías se puede apreciar en diferentes manantiales y pozos ubicados dispersamente en la zona de estudio.

Patrón de circulación: Este patrón, **e**stá controlado por un sistema de fallas normales, grabens, así como por la transmisibilidad de la Formación Capillune y Grupo Maure. La dirección de flujo presente se da en dos direcciones la primera N-S y la segunda NO-SE.

Capa sello: La capa sello se encuentra conformada por el Acuitardo volcánico Sencca.

Reservorio: El reservorio está principalmente formado por el Acuífero volcano sedimentario Maure el cual puede reservar agua en un estimado de 203.17 Hm^3.

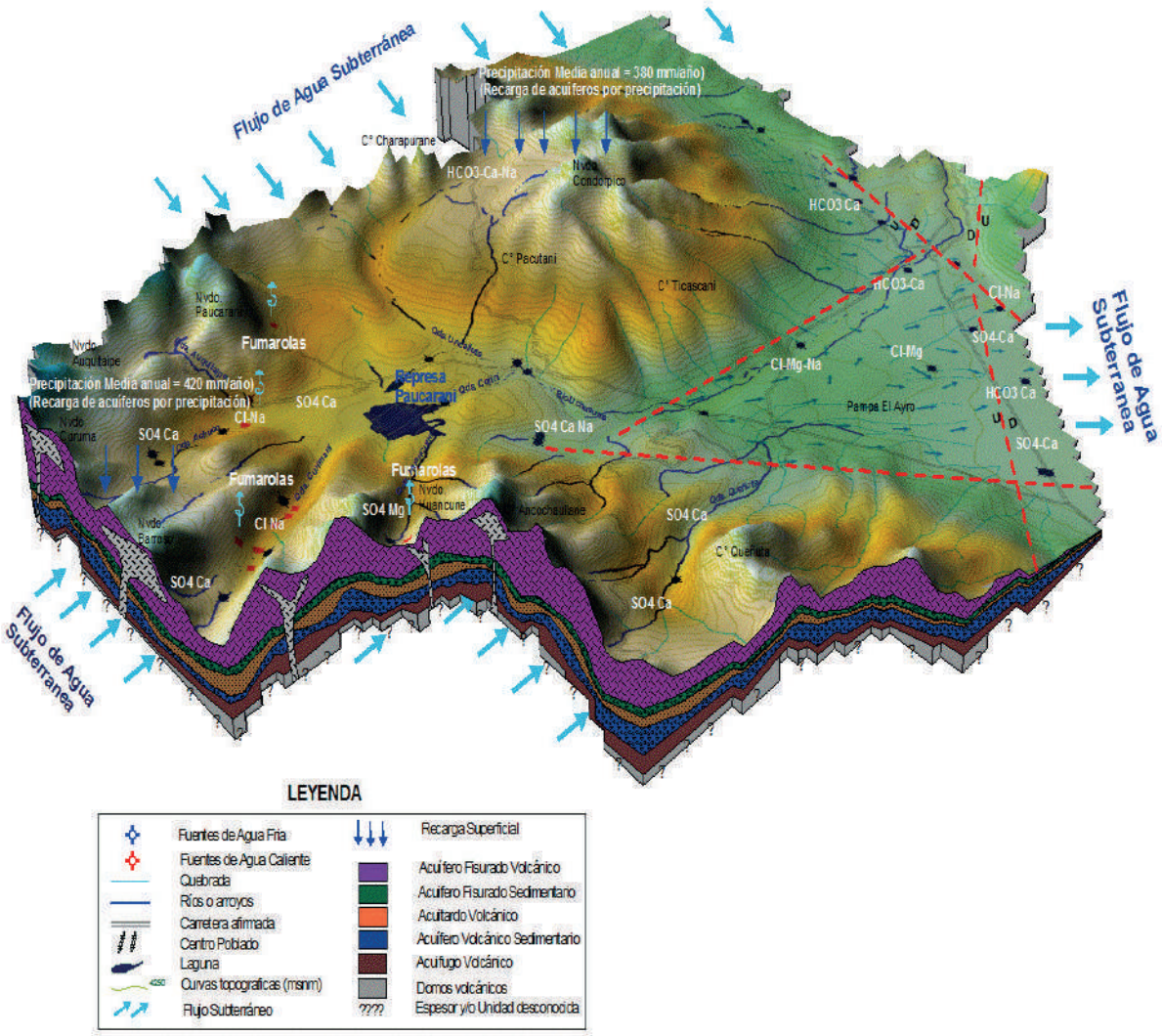

Figura 4: Modelo hidrogeológico

REFERENCIAS:

Custodio, E. & Llamas, M.R. (1975, 1983) Hidrología Subterránea. Barcelona: Editorial Omega, 2 vol., pp. 1-2350.

Gobierno Regional de Tacna Proyecto Especial (2011). Plan de contingencia del sector Hidráulico Mayor Uchusuma Caplina- Clase C. Tacna.: Gerencia de Estudios y Proyectos, 49 p.

Ministerio de Agricultura; Instituto Nacional de Recursos Naturales & Dirección General de Aguas y Suelos (2002). Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en las Cuencas de los Ríos Caplina y Uchusuma. Lima-Perú: 103p. MINAGRI.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - Senamhi. (consulta 15 de julio del 2017) Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe