



XVIII Congreso Peruano de Geología

EL AGUA SUBTERRÁNEA DEL MANANTIAL MARCAMARCA - ABANCAY, ESTADO ACTUAL Y PROPUESTA DE MEJORA

Elmer Condori ⁽¹⁾, Fluquer Peña ⁽²⁾

1 Universidad nacional del altiplano – Puno. Av. Sesquicentenario N° 1150, Puno, Perú. cq.elmer@gmail.com

2 Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, A. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú. fpena@ingemmet.gob.pe

1. Introducción

La ciudad de Abancay (Área urbana del distrito de Abancay) se abastece de agua para consumo humano del sistema de agua potable de la localidad de Abancay, suministrada por 5 fuentes subterráneas y una superficial (Laguna Rontococha), cuya capacidad conjunta es de 150.67 L/s (Emusap Abancay S.A.C., 2014). Dado al incremento desmedido de la población y el crecimiento urbano desordenado, el caudal de producción actual es insuficiente. Una de las formas de abastecimiento de agua potable se realiza a través de una fuente de tipo subterránea (manantial Marcamarca), cuya captación de agua se ubica a 5 km al noreste de la ciudad, en el sector denominado Llanucancho (Figura 2). El manantial Marcamarca tiene un caudal de descarga es de 64.72 L/s (Emusap Abancay, 2014) y se constituye en la principal fuente de abastecimiento de la ciudad.

Por otra parte, se ha estimado la población futura de 64,248 habitantes (cuadro 1) en el ámbito de administración de Emusap Abancay S.A.C. para el período 2014 – 2019, la misma que muestra un incremento progresivo de la población y por ende la demanda del consumo de agua. Por consiguiente, de cara al futuro, se considera posible y conveniente utilizar técnicas hidrogeológicas para incrementar la disponibilidad de aguas subterráneas y garantizar el sistema de abastecimiento de agua potable de la ciudad de Abancay.

Cuadro 1. Proyección poblacional de la ciudad de Abancay

Localidad	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Abancay	56,550	58,012	59,512	61,051	62,629	64,248

Fuente: EMUSAP ABANCAY S.A.C., 2014

2. Metodología

El año 2014 y 2015 se realizó el proyecto “Estudios de riesgo geológico de la ciudad de Abancay”, donde uno de los componentes principales corresponde al estudio hidrogeológico, de la microcuenca Mariño. En las tres campañas de campo, se recogieron información hidrogeológica básica, partiendo de un inventario de fuentes de aguas subterráneas, donde se realizaron medidas de caudal (épocas de lluvia y estío), registro de fuentes, toma de muestras y cartografiado hidrogeológico. El análisis químico de aguas y rocas fue realizado en el laboratorio del Ingemmet. El análisis y discusión de los resultados se desarrollaron junto a la interpretación geológica e hidrogeológica. Para el presente artículo incidiremos solamente en las características del manantial Marcamarca.

3. Caracterización hidrogeológica

3.1. Acuífero Socosani

Se ubica al noreste de la ciudad de Abancay dentro de la microcuenca del río Mariño, presenta distribución espacial alargada en dirección norte sur. Constituida principalmente por calizas negras a grises con niveles de limoarcillitas y areniscas grises; la parte inferior son calizas, estratificadas con algunos niveles centimétricos de pelitas negras, a veces laminadas, además de areniscas grises de grano fino a medio. Las calizas generalmente son del tipo wackstone y packstone, tienen bancos delgados, contienen cherts, son de color gris y negro, bioclásticas con fragmentos de fósiles de lamelibranquios, briozoarios, etc. La parte superior consiste en estratos de pelitas negras, a veces laminadas. Los estratos que se hacen más gruesos hacia el techo se intercalan con bancos de calizas grises y negras (Ingemmet, 2003).

El acuífero Socosani en la zona oeste está limitado por la falla C de dirección noreste suroeste, por el sur con las fallas A y B y los intrusivos de tipo gabroica y monzogranítica, por el este limitado por intrusivo de tipo andesítico, hacia el norte continua el afloramiento de calizas hasta el divortium de la microcuenca Mariño y que corresponde a la zona de recarga.

El acuífero Socosani superficialmente presenta un área de 10 km², presenta alta permeabilidad debido a las calizas fracturadas posibilitando la conexión hidráulica entre sus niveles más permeables, constituyendo un importante acuífero.

La alimentación y recarga es por la infiltración directa de las precipitaciones que caen sobre las calizas fracturadas de la Formación Socosani.

3.2. Acuitardo Intrusivo

Se encuentra ubicada al noreste de la ciudad de Abancay, está constituido por rocas de tipo gabro y apariencia impermeable, posee fracturas sub-superficiales que desaparecen en profundidad por lo tanto se ha clasificado como acuitardo intrusivo. La característica impermeable de este acuitardo constituye el límite inferior del acuífero, la misma que condiciona la surgencia de la fuente Agua potable Abancay.

3.3. Modelo hidrogeológico conceptual

La recarga del Acuífero Socosani se produce de la lluvia, donde un porcentaje se infiltra en los espacios vacíos de las rocas (fracturas abiertas), desde donde inicia la percolación con flujos de corto recorrido hasta llegar a un límite impermeable; la falla A de dirección NE-SW y la falla B de contacto entre calizas Socosani y el intrusivo (Gabro) de dirección NW- SE, las mismas que condicionan la surgencia o afloramiento del manantial Marcamarca con un caudal de 64.72 L/s (figura 1). Este manantial constituye una de las fuentes principales que abastece de agua potable a la ciudad de Abancay.

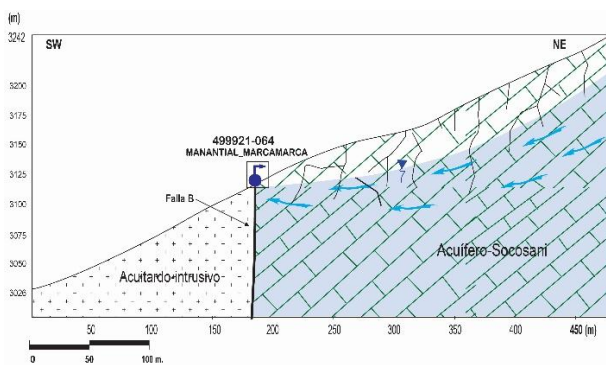


Figura 1. Modelo hidrogeológico conceptual del funcionamiento hidrogeológico del manantial Marcamarca.

3.4. Hidroquímica

3.4.1. Parámetros físico-químicos

El valor del pH del manantial Marcamarca es neutro, los valores registrados son 7.98 (época de estío) y 7.63 (época de lluvia), que corresponde a las aguas de poca

profundidad de infiltración y escaso tiempo de residencia en el subsuelo.

Los valores de conductividad eléctrica en el manantial Marcamarca es de 233.7 uS/cm (estío) y 239.7 uS/cm (lluvia), que interpretamos como corto tiempo de residencia en el subsuelo y de poca profundidad de infiltración. Se corrobora con los bajos valores de temperatura (12.5 °C) época de estío y 12.7 °C época de lluvia.

3.4.2. Facies hidroquímica

El manantial Marcamarca, ha sido analizado en época lluvia y estío, cuyos resultados de aniones y cationes son prácticamente los mismos para ambas épocas. Según el diagrama Piper (Gráfico 1) identificamos que las aguas del manantial Marcamarca son de facies Bicarbonatada Cálctica (HCO₃-Ca). En aguas naturales las fuentes de predominio bicarbonatado tienen corto recorrido y son de flujo sub superficial. En el manantial Marcamarca el predominio Bicarbonatado Cálctico adquiere al atravesar las calizas del acuífero Socosani, el mismo que coincide con los valores de pH.

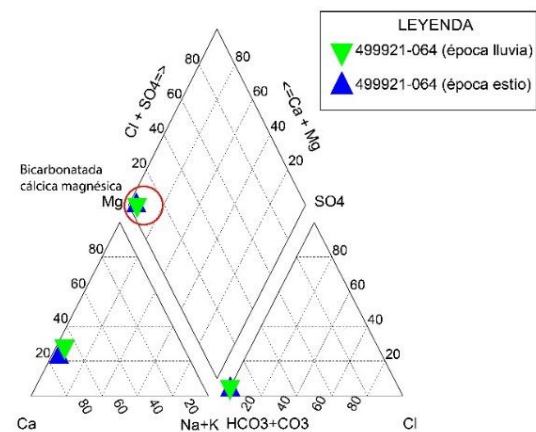


Gráfico 1. Diagrama de Piper para el manantial Marcamarca, Agua Potable Abancay.

4. Propuesta de mejora en base a recarga artificial

4.1. Las técnicas de recarga artificial

se puede practicar en cualquier tipo de formación geológica que sea permeable y que tenga condiciones para almacenar y transmitir agua subterránea. Actualmente las técnicas de recarga se han convertido en una herramienta utilizada por muchas instituciones públicas y privadas para incrementar la disponibilidad hídrica y mejorar la gestión de los recursos hídricos de nuestro territorio. (Peña, F., Charca, M., & Condori, E., 2015). Es conocido también como siembra y cosecha de aguas.

Para incrementar el volumen de producción del manantial Marcamarca, planteamos desarrollar técnicas de recarga artificial de acuíferos en base a zanjas de infiltración desarrollados sobre la Formación Socosani.

4.2. Zanjas de infiltración

La zona de recarga se ubica al noreste de la ciudad de Abancay dentro de la microcuenca del río Mariño, desde el

cerro Cocan Huachana y la Quebrada Layanhuayco. En este sector la geología corresponde a rocas calizas y suelos formados por erosión e meteorización, cuyos suelos están compuestos de limos y en menor grado arcillas limosas. Se plantea el desarrollo de zanjas de infiltración que se emplacen a lo largo del afloramiento de calizas de la formación Socosani que presentan excelentes características para la infiltración.

La fuente de alimentación para la recarga artificial es de la precipitación pluvial, por lo tanto; el funcionamiento efectivo de la recarga estaría condicionada a la época de lluvias.

La estación termopluviográfica de Abancay ubicada en Tamburco (82778 m s.n.m.) tiene registros de 46 años, de

los cuales solo 26 tienen datos completos (Estudio Hidrológico Proyecto UE Pro Desarrollo Apurímac, 2012). De este informe se calcula que la precipitación promedio anual es de Abancay es de 598 mm. Los meses de octubre a marzo corresponden al período de lluvias, donde el mes más lluvioso es febrero con una precipitación promedio de 113 mm/mes; los meses poco lluviosos son de abril a septiembre, en los cuales la precipitación promedio mensual en el mes con menos lluvia, es junio con 2 mm/mes.

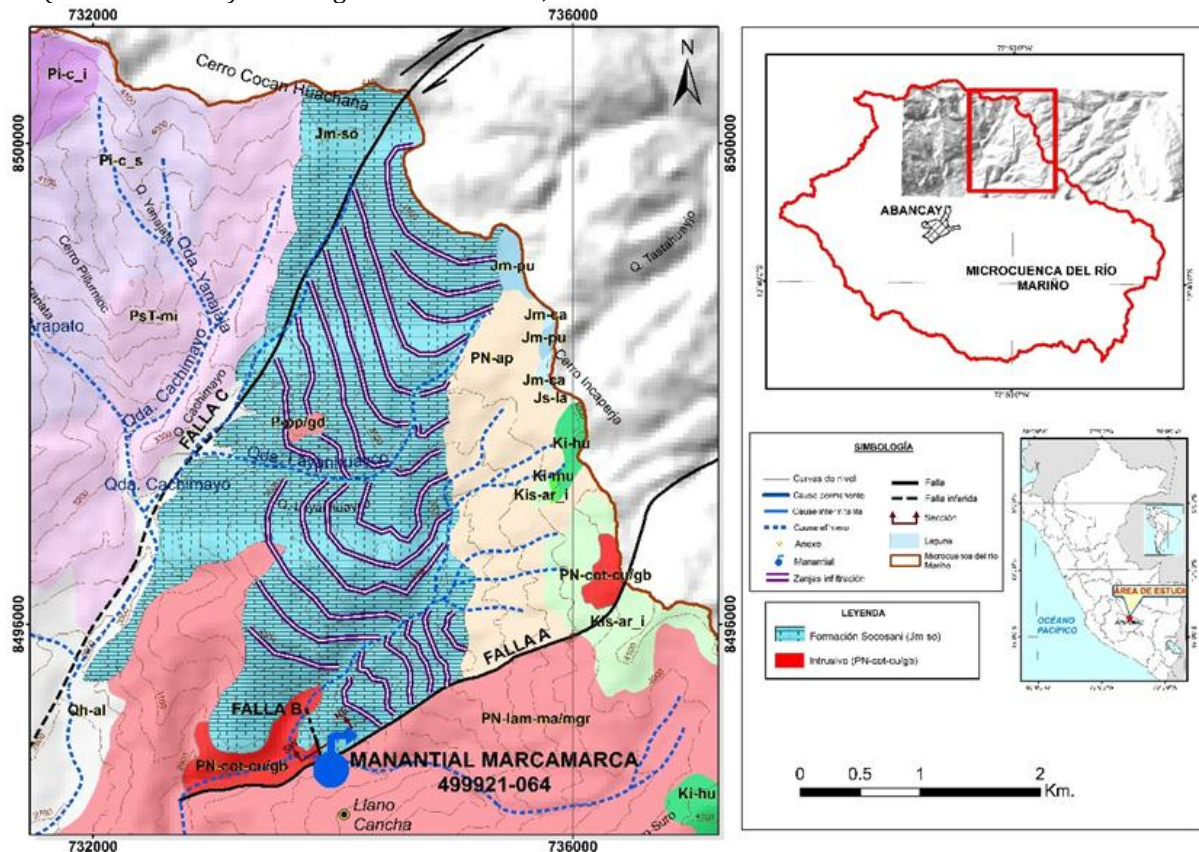


Figura 2. Mapa hidrogeológico del área de estudio, con propuesta de recarga

4.3. Diseño de Zanjas de Infiltración

Las zanjas de infiltración deben ejecutarse según el diseño propuesto (gráfico 2 y 3), que consiste en la apertura de una franja abierta en la superficie (suelo y roca), con sección longitudinal, forma trapezoidal y pequeño ancho, donde se acumula el agua de lluvia, que va a infiltrar en el subsuelo. Las zanjas de infiltración deben ser transversales a la máxima pendiente del terreno, deben tener una pendiente de 1% (hasta 2 % adecuándose a la topografía del terreno). En el sector de estudio las zanjas deben tener una dirección preferencial de NW-SE.

Como la fuente de alimentación corresponde a la lluvia, las zanjas deben ser paralelas con separación de espacios entre 10 m a 13 m entre ellas. La relación de distancias o cualquier corrección al momento de la ejecución debe ser corregida en función de la pendiente del terreno.

Asimismo; si se atraviesa sectores con mayor permeabilidad (afloramiento de roca fracturada) se pueden variar las dimensiones, ampliando la base, el ancho y la profundidad de la zanja, pero manteniendo el principio de igualdad de volúmenes de agua e interconexión entre las zanjas (Peña et al 2015).

El material extraído de la zanja debe depositarse en la parte inferior de la zanja, formando un pequeño montículo. Se debe depositar el material movido a unos 20 cm de distancia, para que la tierra no retorne a la zanja con la primera lluvia.

Diseño de la zanja de infiltración

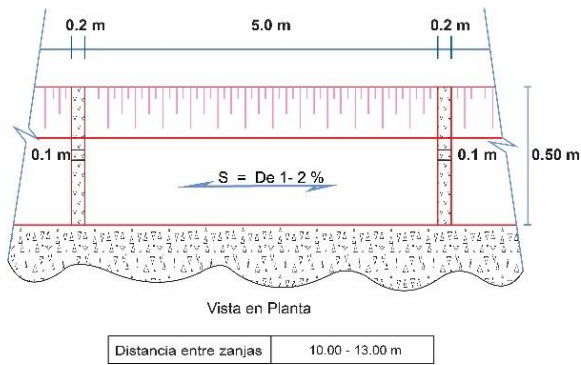


Gráfico 2. Diseño en planta de una zanja de infiltración, nótese la longitud de zanja recomendada de 5 metros de longitud. (Tomado de Peña et al. 2015).

Diseño de la zanja de infiltración

H = 0.40 m.

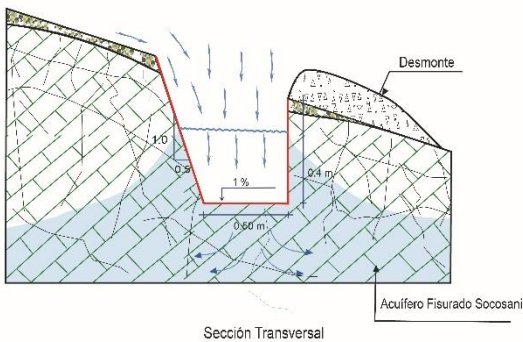


Gráfico 3. Diseño en planta de una zanja de infiltración, nótese la longitud de zanja recomendada de 5 metros (Adaptado para calizas de Peña et al 2015).

5. Conclusiones

- El Formación Socosani constituye el acuífero principal de donde proviene el manantial Marcamarca, el mismo que se usa como parte del consumo humano de la ciudad de Abancay, cuya descarga tiene un caudal aproximado de 64.72 L/s.
- La fuente Marcamarca tiene facies bicarbonatada cálcica en ambos periodos (estío y lluvia), presenta flujos locales y sub-superficiales.
- Las técnicas de recarga artificial que proponemos mediante las calizas de la Formación Socosani tienen el objetivo de incrementar la disponibilidad hídrica, por lo tanto, las zanjas de infiltración que se realicen en las calizas fracturadas incrementarían en 30% a 40% la producción de agua del manantial.
- La fuente de agua que se use para la recarga artificial de acuíferos provendría de las lluvias.

Agradecimientos

Al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico – Ingemmet por la disposición de los resultados de datos químicos de laboratorio.

Referencias

- Condori, E. (2016). Evaluación hidrogeológica de la microcuenca Mariño - Apurímac. Universidad Nacional del Altiplano, Puno.
- EMUSAP ABANCAY S.A.C. (2014). Estudio tarifario. Determinación de la fórmula tarifaria, estructura Tarifaria y metas de gestión aplicable a la empresa Municipal de servicio de agua potable y Alcantarillado de Abancay.
- Peña, F., Charca, M., & Condori, E. (2015). Informe técnico de la Inspección hidrogeológica, para la recarga artificial de acuíferos, en la sub cuenca Santa Eulalia. Sectores: Callahuanca-Chauca, San Pedro de Casta y Chaclla, Provincia de Huarochirí, Lima.
- U.E. ProDesarrollo Apurímac. Estudio Hidrológico del Estudio Definitivo de los Sistemas de Riego. Proyecto de Gestión Integral de la Microcuenca Mariño - Abancay. Octubre, 2012.
- Valdivia, W., & Latorre, O. (2003). Memoria descriptiva de la revisión y actualización cuadrángulo de Abancay (28-q), Escala 1:50 000. INGEMMET, 22 p.