



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

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

Origen hidrogeológico de las lagunas del Santuario Nacional Lagunas de Mejía - Arequipa (Perú), mediante caracterización hidroquímica y geofísica

José Farfan^{1*}, Oscar Tejada¹, Francisco García¹ y Lázaro Fajardo¹¹ Dirección de Evaluación Ambiental, Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental* Autor para correspondencia: jfarfan@oefa.gob.pe

RESUMEN:

La estabilidad hidrodinámica de los humedales en zonas costeras está relacionada a su origen hidrogeológico, condicionado por el sistema de recarga y descarga del acuífero. En el caso de las lagunas de Mejía, este origen se pudo determinar mediante la caracterización hidroquímica de los cuerpos de aguas asociados a esta zona y la interpretación geofísica basada en el método de tomografía eléctrica. En ese sentido, la recarga de las lagunas de Mejía, circunscritas en un acuífero libre poroso no consolidado, se daría principalmente por la actividad agrícola desarrollada en la zona del valle de Tambo y en menor medida por el aporte directo del río Tambo. Mientras que su descarga, por el sistema de canales y drenes direccionados hacia el mar, y por los procesos de evaporación y evapotranspiración, característicos de zonas de climas semiáridos.

Otro factor importante para la estabilidad hidrodinámica de las lagunas de Mejía sería el gran espesor de la zona saturada cerca de la línea de costa, debido esencialmente a la intrusión marina. Esto se pudo observar en el modelo 2D hidrogeológico, el que además permitió comprender la dinámica de todo el sistema de aguas subterráneas y su relación con cada unidad hidrogeológica.

Palabras clave: hidrogeología, hidroquímica, humedales, acuífero, tomografía eléctrica, zona de recarga y descarga, zona saturada y no saturada.

INTRODUCCIÓN

El Santuario Nacional Lagunas de Mejía (SNLM) —designado como sitio Ramsar en 1992— es un humedal considerado un ecosistema frágil que alberga totorales, pantanos, montes ribereños, gramadales y playas arenosas, lo que le otorga un considerable valor ecoturístico. En su área circundante se desarrolla además una importante actividad agrícola, sobre todo en el área del valle de Tambo; sector que ha adquirido relevancia por su potencial minero. Por ello, se vuelve necesario conocer sobre el origen hidrogeológico de las lagunas de Mejía y analizar los factores que permiten su estabilidad hidrodinámica relacionada a su comportamiento hidrogeológico.

De esta manera, la permanencia y dinámica de un humedal dependería principalmente de su sistema hidrodinámico de recarga y descarga; mientras que su extensión y desarrollo estaría vinculado a su origen geomorfológico y a su grado de saturación. Estos aspectos se pueden reflejar en la caracterización hidroquímica y en la interpretación geofísica, técnicas que son utilizadas en este estudio.

METODOLOGÍA

El área de estudio comprende al Santuario Nacional Lagunas de Mejía (SNLM), ubicado en el distrito Deán Valdivia, provincia Islay, región Arequipa. Está conformado por un humedal de aproximadamente 69,06 km², que contiene a las lagunas Ibe-

ria, Sur, Mejía y Boquerón. Geográficamente se encuentra al oeste de la vertiente occidental de la faja costera de Arequipa, entre altitudes de 0 y 650 m s.n.m. Respecto a su hidrografía, se localiza en la vertiente del Pacífico, al noroeste de la desembocadura del río Tambo (principal fuente hídrica del valle de Tambo), en las pampas de Iberia.

La información geológica se obtuvo del mapeo a una escala de 1:50 000, la que fue complementada con los datos del estudio hidrogeológico del proyecto Tía María, de Southern Perú Copper Corporation; adicionalmente fueron utilizados los cuadrángulos geológicos de Punta Bombón (35-s) y Cleimesi (35-t) de la Carta Geológica Nacional del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), con una escala de 1:100 000.

El estudio contó con la información de 31 muestras de agua, de las cuales, 17 pertenecen a las lagunas de Mejía, 5 al río Tambo y 1 muestra de agua de mar, todas obtenidas en mayo de 2016; además se usó la información de 8 piezómetros

(agua subterránea) de Southern Perú Cooper Corporation (Figura 1). Para la interpretación hidroquímica, se utilizó el diagrama de Piper, mientras que la relación iónica $rMg-rCa/rCl$ sirvió para identificar la presencia de intrusión salina; los que fueron diagramados con el software *Aquachem*, versión 2011. El control de calidad se realizó mediante un balance iónico (BI).

Con respecto a la geofísica, mediante el software *RES2DINV*, de la empresa *GEOTOMO*, se obtuvieron 9 perfiles de tomografía geoelectrica para conocer la influencia de la intrusión marina: 3 perfiles cercanos a la costa y a las lagunas del SNLM, 3 en áreas con intensa actividad agrícola y 3 perfiles de tomografía alejados de la línea de costa, pero cercanos al río Tambo.

RESULTADOS Y ANÁLISIS

Hidrogeología

En el área de estudio se identificaron distintos tipos de acuitardos y un acuífero poroso en de-

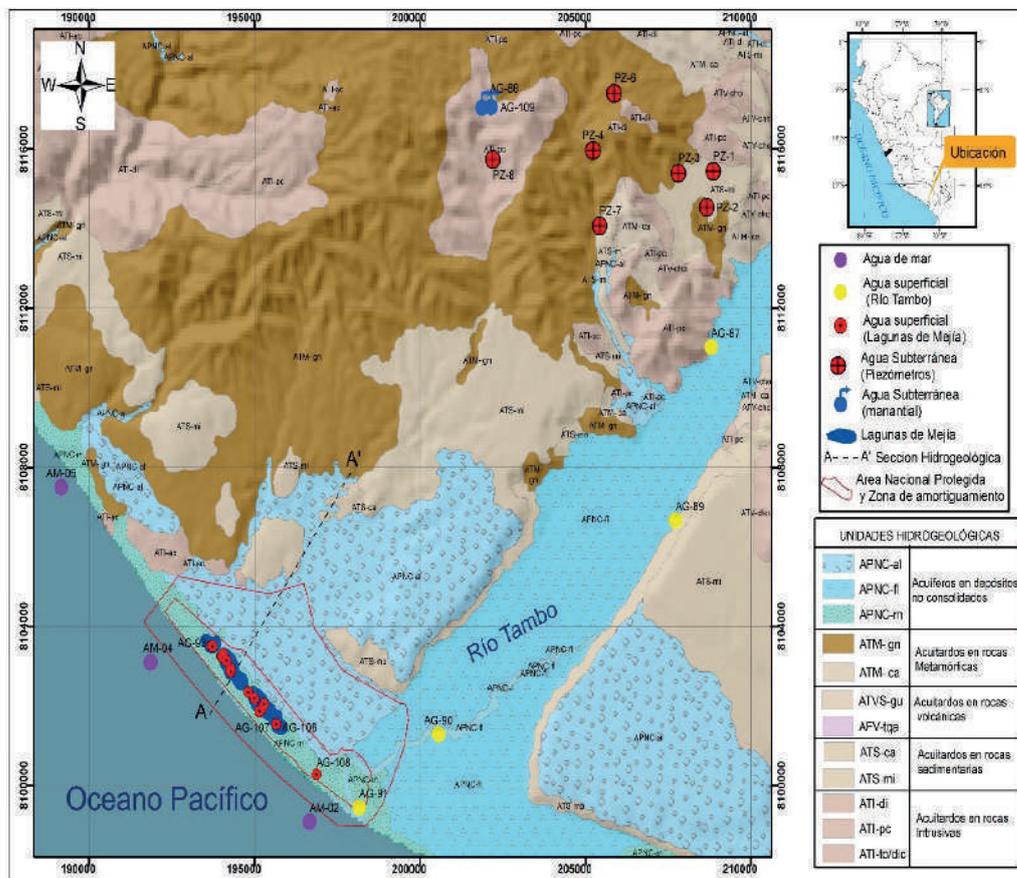


Figura 1. Mapa hidrogeológico y ubicación de puntos de muestreo

pósitos aluviales y marinos no consolidados, relacionado a las lagunas de Mejía (Figura 1). En primer lugar, se observa el acuitardo metamórfico, constituido por gneis, granulitas y migmatitas de color gris oscuro a verdoso y gris claro a rojizo, cuyos afloramientos, mayormente conglomerados intercalados con areniscas tobáceas, arcillas y limonitas, se muestran en general muy fracturados y medianamente alterados. Luego está el acuitardo volcánico, constituido por lavas de andesitas y dacitas, y aglomerados volcánicos. En estos acuitardos no se evidenció agua subterránea. Finalmente, se identificaron acuitardos intrusivos en forma de pequeños cuerpos direccionados hacia la zona costera; su litología la conforma dioritas, monzodioritas, granodioritas y granitos, con porosidad secundaria producto de fracturas y fallas. Este tipo de materiales no presenta continuidad hidráulica, por tanto, el flujo de agua subterránea suele ser lento o cautivo.

El acuífero libre denominado Mejía —dentro del cual se desarrollan las lagunas del SNLM— abarca aproximadamente una superficie de 94,92 km²; es de tipo poroso no consolidado de extensión regional y se encuentra en una zona desértica o de poca precipitación pluvial. Está constituido por depósitos cuaternarios marinos, fluviales y aluviales (esto últimos en mayor proporción); materiales que, en la mayoría de los casos, tienen propiedades de permeabilidad y porosidad favorables para la circulación y el almacenamiento de aguas subterráneas.

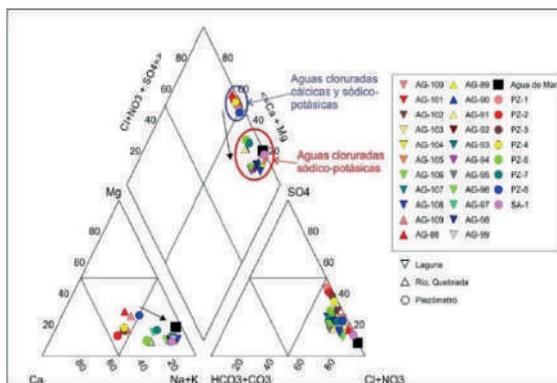


Figura 2A. Diagrama de Piper para fuentes de agua subterránea y superficial

Geofísica

De acuerdo con la interpretación geofísica, la secuencia de los depósitos cuaternarios presentaría espesores mayores a 150 m, densificándose a medida que se acercan a la línea de costa. En zonas próximas a esta, el nivel de agua en las lagunas indicaría la interceptación de nivel freático con

Hidroquímica

Las muestras de agua se dividieron hidroquímicamente en dos grupos principales: el primero relacionado a facies cloruradas-cálcicas y sódico-potásico, y que agrupa a los piezómetros ubicados en el área circundante al proyecto Tía María (Figura 2A). Estas características químicas evidencian su mayor tiempo de residencia dentro de la unidad hidrogeológica, posiblemente influenciadas por la interacción con la zona mineralizada del yacimiento Tía María. El segundo agrupa a las lagunas de Mejía, de facies netamente clorurada sódico-potásica, que podrían estar asociadas al incremento de la salinización por aporte del agua de mar o a la disolución de sales de depósitos marinos.

La relación $rMg-Ca/rCl$ (Figura 2B) identificó que gran parte de las muestras de las lagunas de Mejía están influenciadas por agua de mar (intrusión marina); mientras que el resto tiene características de agua continental, debido a una mayor influencia del acuífero en los depósitos no consolidados. Las aguas subterráneas asociadas al proyecto Tía María corresponden a aguas continentales, a pesar de tener características cloruradas. Por último, en las muestras ubicadas en el río Tambo predomina la hidroquímica relacionada al lavado de materiales aluviales.

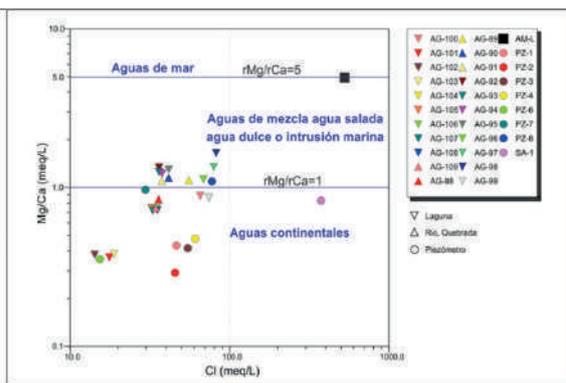


Figura 2B. Relación $rMg/Ca-rCl$ para fuentes de agua subterránea y superficial

la cota topográfica, característica principal de un acuífero de tipo libre; mientras que las zonas alejadas de la línea de costa presentan niveles piezométricos que varían entre -5 y -20 m. Con respecto a la zona no saturada, la zona del acuífero de Mejía tiene espesores que varían de 5 a 25 m; mientras que las zonas saturadas, que podrían interpretarse también como zonas de arcilla, no se

del acuífero Mejía por intrusión marina.

La recarga de las lagunas de Mejía proviene principalmente del sistema de riego por inundación de la actividad agrícola y en menor medida por el aporte del río Tambo; mientras que su descarga se da por los canales y drenes que evacúan al mar parte de estas aguas, y por los procesos de evaporación y evapotranspiración.