

Estudio isotópico del acuífero de Lima*

A. Plata¹, R. Rojas², J.C. Ruiz³, y C. Sebastián²

- (1) Organismo Internacional de Energía Atómica, OIEA, Viena
- (2) Instituto Peruano de Energía Nuclear, Apt. 1687, Lima
- (3) Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima, SEDAPAL, Lima

*Recibido el 21 de febrero de 1993
Aceptado el 25 de marzo de 1993*

Abstract

Filtrations from Rimac and Blanco rivers and Graton Tunnel (on the Rimac basin, 80 km from Lima and 2500 m sea level) were studied using artificial tracers and superficial water analysis. Graton tunnel has a 3 - 5 m³/s volumen. Domestic and industrial demand of Lima (7 millions inhabitants) is 22 m³/s. Preliminary results suggest that Graton tunnel filtrations do not originate on Rimac or Blanco rivers, but in regions at 4600 m sea level. Detected tritium suggests that water filtrated in Graton tunnel is modern.

1 Antecedentes

La ciudad de Lima que cuenta con más de 7 millones de habitantes, se abastece de aguas superficiales del río Rímac y de aguas subterráneas del acuífero de Lima, las mismas que están alimentadas por la infiltración de los ríos Rímac y Chillón.

La demanda actual de agua para uso doméstico e industrial es del orden de 24,8 m³/s, de los cuales 13,1 m³/s son abastecidos por aguas superficiales y corresponden

*Este proyecto, codificado como RLA/8/014 es financiado en parte por la OIEA y ejecutado con la cooperación de SEDAPAL, se inicio hace dos años, y está orientado a ampliar el conocimiento del mecanismo de recarga del acuífero y de los ríos Rímac y Chillón en la parte alta de sus cuencas, mediante el uso de técnicas nucleares, cuyos resultados se espera contribuyan en la elaboración y ejecución de proyectos de abastecimiento de agua para la ciudad de Lima. Estos estudios se proyectan continuar y extender a otras áreas de interés del territorio nacional, en función de los requerimientos y las posibilidades de cooperación de las instituciones vinculadas a la evaluación y/o manejo de recursos hídricos. Con este fin el IPEN ha obtenido la aprobación de Proyecto PER/8/007 "Estudio del acuífero de Lima", financiado por el Programa Regular de Cooperación Técnica del OIEA.

a la capacidad de tratamiento de la planta de la Atarjea. La diferencia se abastece de aguas subterráneas. El paulatino abatimiento de la napa freática que se observa en todo el acuífero indica la sobreexplotación a que está sometido, y es el origen del desabastecimiento de agua que sufre diversos puntos de la ciudad.

2 Actividades realizadas durante el año 1991

Se continuó con el muestreo de aguas superficiales y subterráneas del acuífero y de los ríos y lagunas en la parte alta de la cuenca. El análisis por isótopos estables, tritio y de sustancias químicas se llevó a cabo en los laboratorios del OIEA de Viena y de Sedapal.

Se revisó la información geológica e hidrológica de la zona de estudio, especialmente cerca al túnel Graton.

3 Resultados

3.1 Origen de la recarga del acuífero

Los resultados del contenido de isótopos estables y tritio de 87 muestras, tomadas en periodo comprendido entre setiembre de 1989 y julio de 1990, muestran diferencias isotópicas que permiten dividir el acuífero en seis sectores, en función al área de influencia de los ríos Rímac y Chillón y a la presencia de aguas evaporadas que se ha podido detectar en los sectores de La Molina y Chorrillos. Ver Figs. 1 y 2.

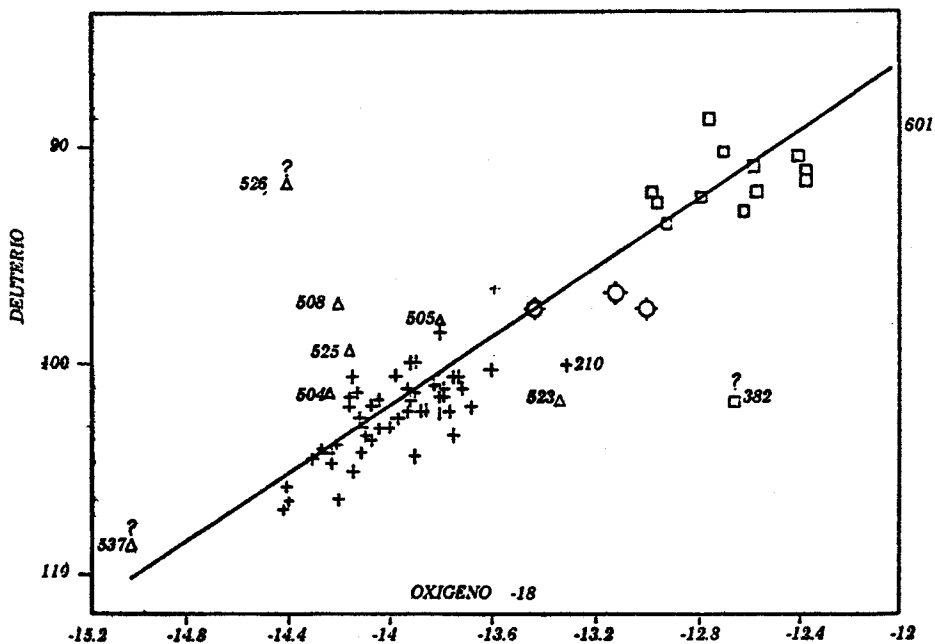


Fig. 1. Sectorización del acuífero de Lima.

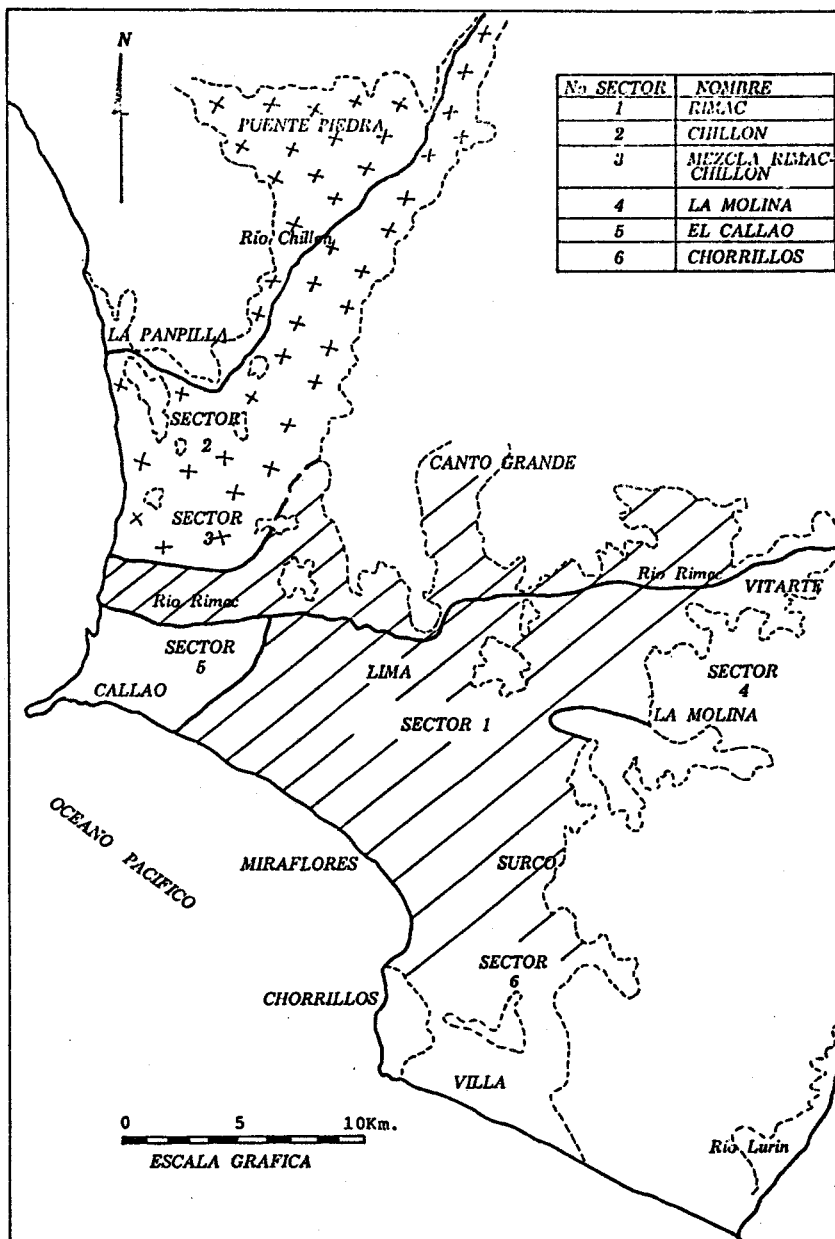


Fig. 2. Contenido isotópico de las aguas subterráneas de Lima: Chillón (□), Rímac (+), Rímac-Chillón (◇) y Callao (Δ).

Estos resultados comparados con los de aguas superficiales de los ríos Rímac y Chillón confirman que el origen de la recarga del acuífero es la infiltración de estos mismos ríos.

SECTOR 1:

Zona recargada por aguas del Rímac

Valores promedio:

$\delta^{18}O$	= -14.‰,	$\sigma = 0.20$
δ^2H	= -102,5‰,	$\sigma = 1,8$
Exceso de deuterio	= 8,7‰(*),	$\sigma = 1,4$
(*)Exceso de deuterio	= $\delta^2H - 8 \times \delta^{18}O$	

SECTOR 2:

Zona recargada por aguas de los ríos Chillón

Valores promedio:

$\delta^{18}O$	= -12,45‰,	$\sigma = 0,244$
δ^2H	= -91,8‰,	$\sigma = 1,3$
Exceso de deuterio	= 8,7‰,	$\sigma = 3,2$

SECTOR 3:

Zona recargada con una mezcla de aguas de los ríos Rímac y Chillón

Valores promedio:

$\delta^{18}O$	= -13,45	a - 13,01‰
δ^2H	= -97,6	a - 97,7‰

SECTOR 4 (La Molina):

Zona recargada por aguas evaporadas de la laguna de la Molina y/o aguas evaporadas por el riego de áreas de cultivo, mezclados con aguas del río Rímac.

SECTOR 5 (El Callao):

Zona recargada por aguas del río Rímac donde hay un fraccionamiento preferencial de Deuterio que podría tener origen en reacciones químicas producto de la contaminación del acuífero.

SECTOR 6 (Chorrillos):

Zona recargada por aguas del Rímac con signos de evaporación que podría tener su origen en la evaporación de aguas utilizadas en el riego de áreas de cultivos que hubieron aguas arriba hace 20 años.

En cuanto al contenido del tritio, los valores encontrados fluctúan entre 0,0 y 5,5 y se pueden considerar corresponden principalmente a aguas modernas. Teniendo

en cuenta que actualmente en la latitud donde se encuentra ubicado el Perú, los valores de concentración de tritio en aguas de lluvias prácticamente ya no se pueden diferenciar de los valores de fondo, la determinación de la presencia o no de aguas fósiles en los pozos de Lima, va a requerir muestreos por Carbono 14.

3.2 Estudios de la cuenca alta del Rímac y el origen de las aguas que salen por el túnel Graton

Se han analizado 32 muestras de aguas superficiales de las cuencas baja, media y alta del Rimac, Chillón y Lurín cubriendo altitudes de puntos de muestreo que van desde los 20 msnm hasta 4655, los que corresponden a la cuenca del río Rímac, tomados en dos campañas efectuadas en abril de 1989 y febrero de 1990.

Los valores de la desviación δ para el oxígeno 18 y el deuterio, muestra que están alineados en una recta bastante cercana a la recta meteórica mundial. Se aprecia que no hay proceso de evaporación, excepto una muestra que corresponde a una pequeña laguna, que por su poca profundidad y ubicación, está claramente sometida a un intenso proceso de evaporación.

Las aguas del río Rímac están isotópicamente más empobrecidas que las del Chillón y Lurín, lo cual se puede explicar por la diferencia de altitudes medias en las cuencas y de la influencia del transvase de aguas de la cuenca del Mantaro, a través del túnel transandino de Marcapomacocha ubicado a 4700 msnm.

La gradiente de altitud de las aguas superficiales para el 0-18 es del orden de 0,2 % cada 100 metros con coeficiente de correlación de $\delta = 0,87$.

Según los valores de $\delta^{18}O$ con la altitud de los manantiales, se puede concluir que no hay una relación definida debido a que los valores de altitud son los de los puntos de muestreo y no la altitud media de las cuencas que lo alimentan como fue en el caso de las aguas superficiales.

Las pocas muestras que se tienen de las aguas que salen del Graton y del río Rímac antes y después de su confluencia con aguas del túnel, indican que la altitud media de la cuenca de captación es del orden de 4600 msnm, similar a la altitud media del río Blanco y de una extensa área de la cuenca alta del río Mantaro. La presencia del tritio (4,2 U.T.) sugiere que se trata de aguas modernas.

La geología de la zona muestra que las aguas del túnel Graton provienen principalmente de una falla regional (falla Cacray) que atraviesa el túnel en el km. 2,2 de la salida y se extiende a lo largo del valle de río Blanco, las aguas que salen del túnel también provienen de fallas diversas entre los km. 9 y 11 y del drenaje de aguas de las galerías de la mina Casapalca. También cabe señalar que en el km. 7,6 existe una fuente de aguas termales que afloran con una temperatura de 67 C. Recientemente se han iniciado los trabajos preliminares de la construcción de una represa en río Blanco, con fines energéticos y de abastecimiento de agua para la ciudad de Lima. El IPEN se ha puesto en contacto con los técnicos del Proyecto "Yuraccmayo" para coordinar trabajos de investigación en la zona.

3.3 Influencia de la laguna de la Molina

La laguna de la Molina es una pequeña laguna artificial cuyo espejo tiene una extensión del orden de una hectárea, siendo su profundidad máxima de orden de 5 m, fue alimentado por canal de río Rímac y fue utilizado para el riego. Actualmente la zona de la Molina está urbanizada.

El acuífero en la zona de la Molina, por su ubicación alejada del río Rimac no tiene posibilidad de ser recargado, razón por la cual al eliminarse las áreas de cultivo el nivel de la napa freática bajó rápidamente.

Las aguas superficiales de la laguna muestran el proceso de evaporación a la que están sometidas.

El interés del estudio de esta zona, se debe a la necesidad de evaluar la factibilidad técnica de recarga al acuífero de esta zona, mediante el incremento de caudal del canal que alimenta la laguna, y la remoción, al menos parcial del sello, de material arcilloso que tiene el fondo de la laguna.