

I.- Introducción .-

Cochabamba ocupa el tercer lugar, en la escala de las ciudades mas importantes de Bolivia. Ella es prácticamente una pequeña metrópolis, que a medida del transcurso del tiempo su población va aumentando de manera considerable. Uno de los principales problemas de esta ciudad es la escasez del agua, recurso vital poco disponible a causa de la pobreza y el bajo índice pluvial de esta zona.

La creciente demanda de agua para uso doméstico y de riego, sobre todo durante las dos últimas décadas, ha provocado un desabastecimiento casi total en los principales núcleos poblacionales. La reserva de agua superficial en algunos casos ha llegado a secarse completamente. Por esta razón se ha visto la necesidad de investigar recursos de agua subterránea en los centros mas poblados como las ciudades de Quillacollo, Sacaba y Tarata.

La extracción del agua subterránea, implica como en casi toda empresa de beneficio público de gran envergadura, una gran inversión de dinero. Debido a que nos encontramos entre el "seleccionado" grupo de los países "en vía de desarrollo", los fondos destinados a tales empresas son bastante disminuidos o nulos. Lo que lleva a un desarrollo deficiente e inadecuado de dichos proyectos. Sin embargo, SEMAPA (Servicio Municipal de Agua Potable y Alcantarillado) posee un número considerable de perforaciones, de las cuales obtiene un caudal importante.

Este trabajo es más que todo una recopilación de los datos químicos mas importantes de las aguas subterráneas de la región Cochabambina, incluyendo una breve explicación de las fuentes de contaminación de esta zona.

II.- Desarrollo .-

A.- Características hidroquímicas del agua .-

En general se pueden distinguir cuatro unidades⁽¹⁾ en la calidad hidroquímica de las aguas subterráneas en la zona Cochabambina. La composición química esta relacionada con el lugar donde ocurren las fuentes de agua subterránea.

- Vertientes de aguas subterráneas en la zona de la Cordillera.
- Aguas subterráneas en los cuatro valles de Cochabamba.
- Aguas subterráneas en la zona del Altiplano (De las cuales no hablaremos debido a la localización de estas).
- Aguas termales y minerales.

⁽¹⁾ *Mapas Temáticos de Recursos minerales de Bolivia « Hoja Cochabamba »*, Huaranca Rodolfo & Neumann-Redlin Christian.

1.- Vertientes de aguas subterráneas en la zona de la Cordillera.-

Muchas vertientes de agua nacen en la zona cordillerana de Cochabamba. Esta agua es clasificada como dulce, tanto en las vertientes que nacen de las rocas sedimentarias como en las rocas volcánicas. La concentración de sales disueltas totales en general no supera los 300 mg/l. Una de las causas de este fenómeno parece ser la composición silíceas de la roca encajonante, que permite solamente una reacción muy lenta entre el agua y la roca de cajón. Otro factor puede ser la topografía empinada del terreno, que no permite la retención del agua en los acuíferos por un tiempo largo. Estas aguas son clasificadas como aguas cálcicas-magnésicas bicarbonatadas.

La presencia de los bicarbonatos, se debe a la reacción entre el dióxido de carbono disuelto con carbonatos de calcio y de magnesio (los cuales se presentan bajo la forma de roca calcaria o de dolomita). Para tener una idea mas o menos exacta de las medidas estequiométricas en esta reacción, podemos indicar que son necesarias 44 ppm de dióxido para la formación de 122 ppm de ion bicarbonato. Es importante también remarcar que la presencia de dichos bicarbonatos, esta directamente relacionada con la propiedad denominada *Dureza del agua*⁽²⁾. La cual no significa otra cosa que la concentración de bicarbonatos tanto cálcicos como mágnésicos. La concentración aceptable para el consumo humano es menos de 85 ppm por los bicarbonatos, 200 mg/l para el calcio y 150 mg/l par el magnesio.

Las aguas de la zona de la cordillera cumplen las exigencias necesarias para su consumo. El único problema que presentan los pozos de esta zona, es que estos no son pozos *surgentes*, es decir que el nivel freático es demasiado bajo. Por lo que para su explotación también se deben añadir los gastos de bombeo, costos que a veces son un obstáculo para el normal desarrollo de dichos proyectos.

2.- Aguas subterráneas en los cuatro valles de Cochabamba.-

En el valle central de Cochabamba, las condiciones químicas de las aguas subterráneas han sido recientemente estudiadas detalladamente por Días et al. 1995, quienes han clasificado las aguas en tres grupos hidroquímicos , que se encuentran en tres zonas diferentes del valle.

- Las aguas subterráneas de la Zona 1 corresponden a la parte norte de la cuenca, donde se encuentra la zona de Abanicos. En esta zona las aguas son ricas en iones bicarbonato, magnesio y calcio, clasificadas como aguas calcicas-magnésicas bicarbonatadas. La conductividad eléctrica de las aguas es la mas baja de la cuenca y varía entre 113 y 394 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La baja conductividad

⁽²⁾ Propiedad importante, en especial para la instalación de cañerías.

eléctrica de esta agua, indica una baja concentración de sólidos y sales disueltas.

- Las aguas de la Zona 2 en el sureste del valle tienen características sódicas-bicarbonatadas. La conductividad eléctrica de las aguas de esta zona varía entre 477 y 580 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esta no es muy alta por lo que no existe una gran concentración de sólidos y sales. Los acuíferos en esta zona están compuestos generalmente por sedimentos finos como ser limos y arcillas, esto se debe a la situación geográfica de esta zona, la cual está considerablemente alejada de la cordillera. Las permeabilidades para el agua subterránea son bajas, lo que lleva a mayores tiempos de residencia y por lo tanto a un mayor intercambio iónico entre el agua y los sedimentos. Sin embargo, esta característica de los suelos ofrece algunas dificultades para la extracción del agua que contiene, debido a la naturaleza compacta de los limos y las arcillas. Adicionalmente se encuentran condiciones reductoras que han aumentado las concentraciones de hierro y manganeso, además de la reducción del sulfato H_2S .
- La Zona 3 se ubica al oeste de la cuenca al oeste de la cuenca de Cochabamba. Las aguas subterráneas son caracterizadas por un incremento en la concentración de sulfato, causado por la presencia de rocas calcáreas, arcillas y abundante contenido de yeso. Ellos son clasificados como aguas cálcicas-magnésicas sulfatadas. La conductividad eléctrica varía entre 252 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 2100 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Las aguas subterráneas en el valle de Sacaba y en el Valle Alto son predominantemente sódicas bicarbonatadas. La conductividad eléctrica varía entre 225 y 1080 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en promedio la conductividad eléctrica es de orden de 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En el valle de Santibáñez el agua es clasificada generalmente como sódica clorada. La conductividad eléctrica varía entre 200 y 600 $\mu\text{S}/\text{cm}$

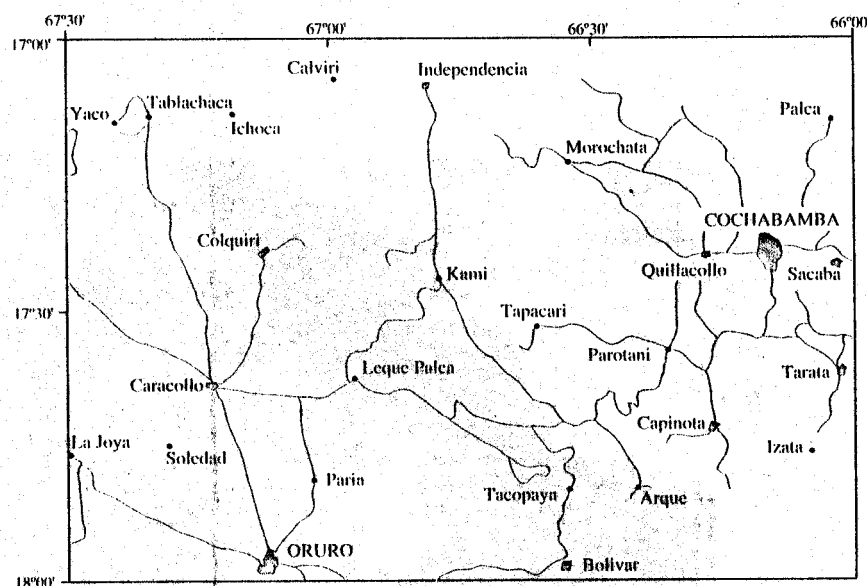


Fig. 1 Mapa de Reconocimiento hidrológico, con los principales ríos.

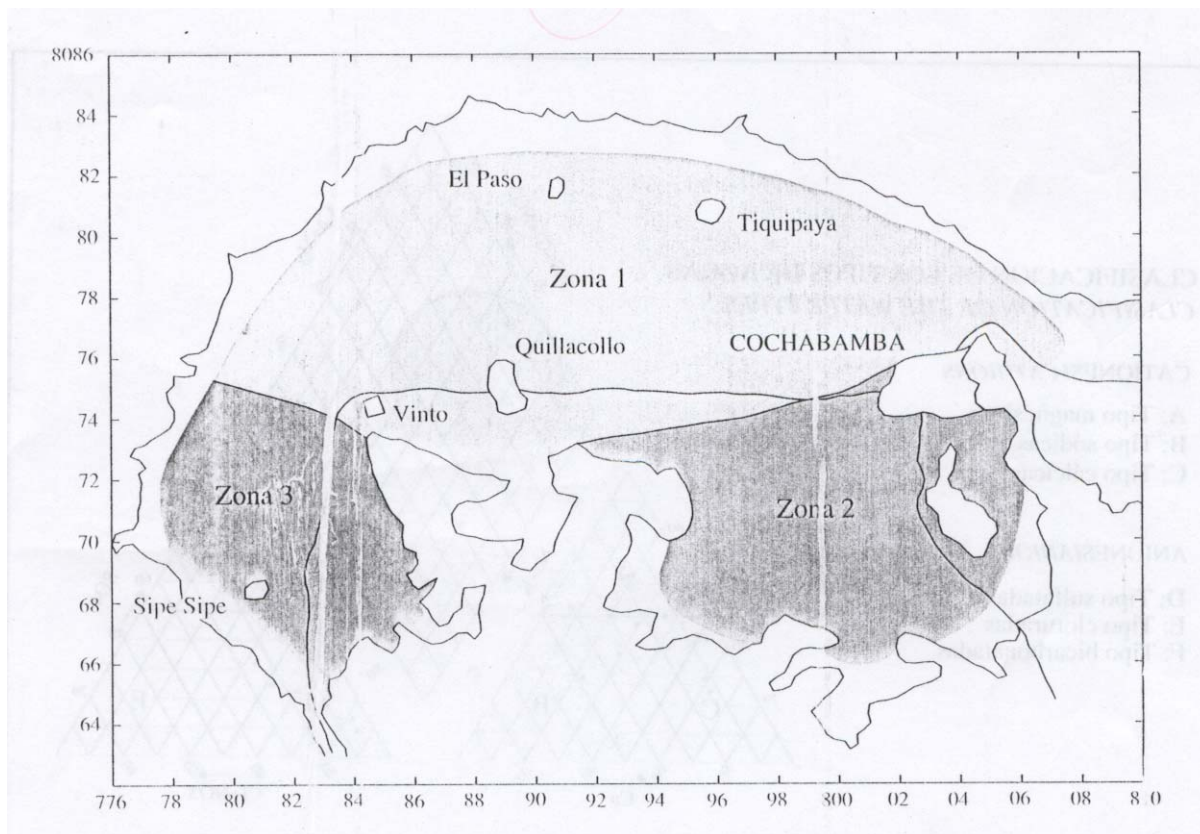


Fig. 2 Zonas Hidroquímicas del valle de Cochabamba

3.- Aguas termales y Minerales .-

Además de las aguas subterráneas dulces y saladas, en la región de Cochabamba existen 13 vertientes clasificadas como fuentes termales y minerales. Estas se sitúan sobre la Cordillera Oriental.

El origen de las aguas termales y minerales en la Cordillera Oriental, se debe a la existencia interna de cámaras magmáticas o núcleos emisores de calor. Por lo que se infiere que existen emanaciones volcánicas y sublimaciones volcánicas lo que constituye un importante aporte a la salinidad de las aguas de este tipo.

A continuación, se presenta una tabla donde se indica los datos químicos mas importantes de los dos centros turísticos termales mas importantes de Cochabamba.

Centro Turístico	pH	Conduc. mS/cm	Tem. C	Caudal l/s	CO3 mg/l	K mg/l	Ca mg/l	Fe mg/l
Liriuni	8.3	1300	43.8	1	0	5.1	6	0.3
La Cabaña	7.9	1244	45.4	1	0	8.6	91	0.3

B.- Contaminación en las aguas subterráneas .-

Las aguas subterráneas constituyen una parte importante de los recursos hídricos disponibles. Principalmente son de gran importancia para saneamiento básico de la población, por ser esta agua aptas para uso doméstico, industrial y de riego. Esta situación vale para las áreas de la Cordillera. Los cuatro valles de Cochabamba y en particular para la región del Altiplano.

La contaminación de las aguas subterráneas en la zona de la Cordillera esta generalmente restringida a las vertientes que nacen de los depósitos acuíferos de menor profundidad, y los aluviones de ríos; la causa, su exposición a la contaminación por la infiltración directa. Estos acuíferos sufren gran riesgo de contaminación por las actividades humanas como agropecuarias.

Los acuíferos en los aluviones de los ríos sufren un mayor riesgo de contaminación, donde podemos nombrar dos fuentes de esta: primero por las aguas residuales y por vertido de basura al río de las poblaciones, situadas río arriba, las cuales contaminan consecuentemente los acuíferos aluviales. Por otra parte, la contaminación provocada por actividad minera en la Cordillera. El proceso de contaminación es causado por la evacuación de agua de mina y de la evacuación de aguas vertidas o fétidas. En estas zonas los principales agentes de contaminación son los minerales, que son formados por el descenso del nivel estático de las aguas subterráneas y los reactivos utilizados para la concentración de los minerales (ácidos, cianuro, etc.).

En los cuatro valles de Cochabamba, problemas de contaminación son de esperar sobre todo por el vertido de aguas residuales sin tratamiento y no captadas, de actividades industriales como mataderos, tintorerías, industria metal mecánica, surtidores, etc. Como también por las diferentes actividades agrícolas.

El constante crecimiento demográfico, a dado lugar a numerosas poblaciones rurales dispersas a lo largo del territorio. Estas poseen como principal fuente de abastecimiento los pozos profundos y los arroyos o riachuelos. En la ciudad de Cochabamba en promedio, el 50% de la población no tiene acceso a la red de agua. Estos barrios sin abastecimiento de agua pública coinciden en general con las áreas sin alcantarillado sanitario. Por eso el peligro de la polución en los acuíferos superficiales, directamente aprovechados, es considerable. A tal punto que los últimos análisis demuestran la existencia de rastros fecales y una amplia gama de bacterias, lo cual constituye un peligro directo por la salud de la población.

Otro punto importante a considerar, es que solamente el 64.7 % del total de los hogares cuenta con el recojo y el desecho de la basura. El porcentaje restante de la población elimina su desechos a campo abierto, ríos o vertederos, ocasionando numerosos focos de contaminación para las aguas de poca profundidad.

Otro peligro de contaminación en los acuíferos superficiales en Cochabamba, es la fertilización intensiva de las tierras, con la utilización de abonos orgánicos

tradicionales, abonos artificiales y aguas servidas no tratadas. Los abonos orgánicos de estiércol utilizados en grandes volúmenes, producen una contaminación por nitratos. El nitrato es una sustancia altamente móvil. Al ser aplicada en zonas de riesgo con mayores flujos de agua, la movilidad es aún mayor. El exceso de nitratos lleva a la disminución de la capacidad de auto purificación y de nitrificación de los suelos, lo que lleva a la total inutilidad de estos para cualquier actividad agrícola.

Una contaminación aún mas perjudicial que la de los abonos, constituyen las aguas residuales de las numerosas granjas de vacunos, porcinos y avícolas, que están ubicadas en la zona de recarga de los acuíferos del Valle central de Cochabamba. Las aguas residuales son vertidas directamente en el suelo, con la terrible posibilidad de que estas alcancen a los acuíferos someros rápidamente por la alta permeabilidad de los sedimentos.

III.- Epílogo .-

La búsqueda de una solución al problema del agua en Cochabamba, se extiende desde hace ya treinta años. Numerosos proyectos han sido presentados, entre los cuales el mas importante es el proyecto Misicuni, el cual esta estancado gracias a la negligencia de las autoridades y la falta de recursos económicos.

A pesar de todos estos obstáculos, la explotación de los recursos hídricos subterráneos es una realidad. Sin embargo, estos llevan al escepticismo de la población en especial la población agrícola. La razón de este escepticismo es la creencia de que la extracción de agua de pozos profundos, provoca una inferilización de las tierra aledañas. Claro ejemplo de esta situación son los problemas ocurridos en la población de Vinto.

Las dificultades en esta complicada problemática estarán siempre presentes para la ciudad de Cochabamba. Como hemos visto a lo largo del trabajo el análisis de las aguas subterráneas, no es un asunto simple, son numerosas las características a ver antes de aceptar si estas aguas son aptas o no para el uso humano.

La ciudad de Cochabamba gozará algún día, de un abundante caudal de agua potable para su población?. Hasta el momento una triste negación, es la respuesta a esta pregunta. Pero una afirmación de esta , no es del todo imposible. Esto dependerá, de la decisión de la autoridades, puesto que los recursos naturales se encuentran allí.

Para finalizar, mostramos una tabla que indica la situación del agua potable en la ciudad de Cochabamba:

Cochabamba SEMAPA		
POBLACIÓN TOTAL	habitantes	477048
TASA DE CRECIMIENTO	%	5.11
CONEXIONES DOMICILIARIAS	unidades	42692
PILAS PÚBLICAS	unidades	41
TOTAL DE CONEXIONES	unidades	42733

IV.- Referencias .-

- Fletcher G. Driscoll: Grounwater and Wells, Segunda edición .- Ediciones Johnson Filtration Inc., St. Paul, Minnesota.

- W. Rodolfo Huaranca Olivera & Christian Neumann_Redlin (1997).- Mapas tématiccos de Recursos Minerales de Bolivia, Hoja Cochabamba.