

Physical-chemical analysis of underground water in the Coro plain: potential use for human consumption, irrigation and industry. A technical note

Yusmary Parra, Julio López Pérez y Gregorio Valero

*Laboratorio de Análisis Químico, Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda
Apartado postal 4101, Coro, Estado Falcón, Venezuela*

Abstract

The Coro aquifer is located in a strip approximately 20 kms long lying between El Recreo (11° 22' N - 69° 48' W) and Los Perozo (22° 25' N - 69° 38' W) in the Municipality of Miranda, State of Falcón.

The main physical and chemical properties of water samples collected in 1995 (dry and rainy season) from wells in the above and neighboring areas were analyzed with a view to determining whether or not the water could be used by humans, industry and for irrigation. In the case of the latter, it must be borne in mind that a certain degree of salinity could produce salinization of the land because of the high evaporation index, aided and abetted by the indiscriminate use of chemical fertilizers.

The results are presented in terms of temperature, taste, color, pH, conductivity, total dissolved solids, sulfates, chloride, calcium, sodium, potassium and magnesium. In general, they show that the qualitative chemical composition is the same for the whole aquifer. However, quantitative variations were found even in neighboring wells: high concentrations of total dissolved solids, especially of sulfate ions, chlorides and bicarbonates. The high salinity index, especially in El Cebollal and Los Perozo, indicates that the water from the Coro Plain aquifer could only be used for irrigation in permeable soils with good drainage and for salt-resistant crops. The water from the central region of the aquifer, Huertas Viejas de Coro and Los Perozo is of relatively better physical-chemical quality. Consequently, these would best be adapted for irrigation and greater use in industry but not, however, for human consumption.

Key words: Aquifer, physical-chemical properties, underground waters.

Calidad físico-química de las aguas subterráneas de la llanura de Coro, su adaptabilidad al consumo humano, riego e industrial. Una nota técnica

Resumen

Se realizó un estudio de las principales propiedades físicas y químicas de muestras de agua recolectadas en época de sequía y en época de lluvia en 1995, en pozos del acuífero de Coro y áreas circunvecinas, con la finalidad de determinar su adaptabilidad para uso agrícola, consumo humano e industrial. Debido al alto índice de evaporación, y el uso indiscriminado de fertilizantes químicos, el agua con un cierto grado de salinidad, podría producir la salinización de las tierras. El acuífero de Coro, se encuentra ubicado en una faja territorial de 20 Km de longitud, entre el recreo (11° 22' N-69° 48' W), zona de El Cebollal y Los Perozo (22° 25' N - 69° 38' O), en el municipio Miranda, estado Falcón. Los

resultados obtenidos son presentados en términos de: temperatura, sabor, color, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, sulfato, cloruro, calcio, sodio, potasio y magnesio. Los resultados en general indican que la composición química cualitativa es la misma para todo el acuífero, sin embargo, variaciones cuantitativas fueron observadas aún en pozos cercanos. Se encontraron altas concentraciones de sólidos totales disueltos, constituidos especialmente por iones sulfatos, cloruros, y bicarbonatos. El alto grado de salinidad observado, especialmente en la zona de El Cebollal y Los Perozo, hace que las aguas provenientes del acuífero de la llanura de Coro, sólo puedan ser utilizadas con fines de riego, en suelos que sean permeables, que presenten un buen drenaje y en cultivos altamente tolerantes a las sales. Las aguas correspondientes a la zona central, Huertas Viejas de Coro y Los Perozo, son relativamente las de mejor calidad físico-química, y en consecuencia se adaptan mejor al riego y a mayores usos industriales, aún con pobre potabilidad.

Palabras claves: Acuífero, calidad físico-química, aguas subterráneas.

Introducción

En el estado Falcón, entre otros, se encuentran dos acuíferos importantes, como lo son el de la llanura de Coro y el de la Serranía de San Luis. En el presente estudio se analizarán las aguas pertenecientes al acuífero de la Llanura de Coro. El acuífero de la Llanura de Coro está contenido en sedimentos aluviales sueltos de más de 200 m de espesor, que se extienden junto a la costa a lo largo de unos 25 Km y cuyo ancho en dirección norte-sur es de 7-11 Km.

El desarrollo de los recursos de aguas subterráneas, en la zona sur de la ciudad de Coro, fue iniciado por las compañías petroleras, las cuales necesitan grandes volúmenes de agua para sus refinerías ubicadas en la Península de Paraguaná, dichas compañías perforaron una serie de pozos con el fin de captar estas aguas para su abastecimiento. Posteriormente fueron perforados otros pozos, con propósito de riego [1-3].

Por otra parte, han surgido temores sobre el posible agotamiento del acuífero de Coro, el cual aparentemente está integrado por aguas fósiles según las conclusiones del investigador Tamers [4] y no como se creía originalmente, que los pozos de la región adyacentes al río Coro eran alimentados por recargos de esta fuente. Este investigador demostró, mediante estudios con radiocarbono 14, que solamente hay un pequeño recargo de las aguas de este río y de aquellas que se extraen y se utilizan para riego, lo que significa que podría producirse el agotamiento del acuífero, con consecuencias impredecibles para la región. Aunado a esto y debido a la gran

escasez mundial de agua existente, el acuífero de Coro constituye una reserva de agua natural estratégica e importantísima para abastecer de agua a la población, puesto que de producirse un conflicto bélico, por ejemplo, las dos represas, la represa de El Isiro y la de Barrancas, con las cuales cuenta la ciudad de Coro serían puntos estratégicos para nuestros adversarios.

De todo lo anteriormente expuesto se deduce la necesidad de conocer y determinar la composición físico-química de estas aguas, puesto que las mismas constituyen un factor de vital importancia para esta región.

Parte Experimental.

Muestreo

Se colectaron muestras de aguas de diferentes pozos ubicados a lo largo del acuífero de Coro, por duplicado. Los sitios de recolección se seleccionaron en una extensión territorial en forma de faja alargada de aproximadamente 20 Km de longitud en dirección Este-Oeste, entre la zona de El Cebollal y la población de Las Calderas. Dichos sitios corresponden a puntos equidistantes y esparcidos a lo largo del área de estudio.

Métodos Analíticos

Todos los análisis se realizaron utilizando los métodos recomendados en la literatura [5]. La Tabla 1 muestra los diferentes métodos de análisis utilizados.

Tabla 1
Metodología empleada para los diferentes parámetros

Determinación	Método Analítico	Observaciones
Temperatura	Termómetro de Mercurio	Determinada in situ
Sabor	Organoléptico	
Color	Espectrofotométrico	Unidades Pt-Co
Conductividad Eléctrica	Conductímetro	Método de laboratorio
pH	Potenciométrico	Método electrométrico
Sólidos Totales Disueltos	Gravimétrico	Secados a 105°C
Cloruro	Argentométrico	Precipitación del AgCl
Sulfato	Turbidimétrico	Precipitación con BaCl ₂
Calcio	Absorción atómica	Modalidad llama
Sodio	Absorción atómica	Modalidad llama
Potasio	Absorción atómica	Modalidad llama
Magnesio	Absorción atómica	Modalidad llama

Tabla 2
Algunos valores encontrados en las muestras analizadas promediados por zonas

Parámetro	El Cebollal	Las Huertas	Los Perozo
Temperatura (°C)	31,9 (a)	29,5 (b)	32,2 (a)
pH	6,7 (a)	6,8 (a)	6,9 (a)
C.E.* (µmho/cm)	3032,5 (a)	1110,7 (b)	2890,5 (a)
S.T.D.** (mg/L)	2067,2 (a)	802,7 (b)	2015,0 (a)
Sulfato (mg/L)	421,8 (a)	146,1 (b)	342,3 (a)
Cloruro (mg/L)	672,9 (a)	105,6 (b)	759,0 (a)
Calcio (mg/L)	390,3 (a)	202,0 (b)	386,7 (a)
Sodio (mg/L)	273,5 (a)	108,6 (b)	250,2 (a)
Potasio (mg/L)	7,7 (a)	2,4 (c)	3,1 (c)
Magnesio (mg/L)	54,8 (a)	28,7 (b)	85,6 (a)

* Conductividad Eléctrica. ** Sólidos Totales Disueltos.

Nota: Valores con la misma letra no son estadísticamente significativos.

Resultados y Discusión

La Tabla 2, muestra los valores promedios de color, temperatura, pH, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, sulfatos, cloruros, calcio, sodio, potasio y magnesio encontrados.

Ninguna de las muestras presentó color aparente (en unidades Pt-Co), ya que el valor de las mismas resultó ser inferior a 2,7 Und. Pt-Co. Las muestras de la zona de El Cebollal y Los Perozo presentaron un sabor altamente salobre,

mientras que las muestras de las zonas de Las Huertas se presentaron ligeramente salobre, las temperaturas para todas las muestras oscilaban entre 29,5 y 32,2°C. En cuanto al pH, se observó que las aguas del acuífero presentan un pH casi neutro, lo que confirma la ausencia de hidróxidos y carbonatos en las aguas estudiadas. La conductividad eléctrica, en concordancia con el contenido de sólidos totales disueltos mostró cifras muy elevadas, especialmente la zona de El Cebollal y Los Perozo. Las aguas pertenecientes a Las Huertas presentó valores intermedios tan-

to de sólidos totales disueltos como de conductividades eléctricas. Tanto para el anión sulfato como para el anión cloruro, se observaron valores muy altos en las zonas de El Cebollal y Los Perozo, de lo que se infiere que el grado de salinidad de las aguas pertenecientes al acuífero de Coro depende, casi exclusivamente, de los aniones sulfato y cloruro. En cuanto a las concentraciones de los cationes investigados puede apreciarse que el calcio y el sodio son cuantitativamente los más importantes. Las altas concentraciones de calcio encontradas, se deben, probablemente a la disolución de rocas calizas ó calizo-dolomíticas, mientras que las elevadas concentraciones de sodio provienen de rocas ígneas, las cuales constituyen ó forman parte del terreno [6]. El alto grado de salinidad, que presentan tanto las aguas que se encuentran en la zona de El Cebollal y Los Perozo, hace que éstas sólo puedan ser utilizadas con fines de riego en suelos permeables, que posean un drenaje adecuado y en cultivos que sean altamente tolerantes a las sales.

Puede apreciarse, que en la zona de Las Huertas se encuentran las menores concentraciones tanto de sulfato como de cloruro, mientras que las aguas pertenecientes a la zona de El Cebollal presentan las más altas concentraciones correspondientes a los aniones antes mencionados, siendo estas últimas las de más baja calidad para fines de riego, consumo humano y uso industrial [7].

Conclusiones

1- De los resultados obtenidos en el presente estudio, se observa que la composición química cualitativa de las aguas subterráneas de la llanura de Coro es la misma para todo el acuífero, sin embargo, no se observa la misma uniformidad desde el punto de vista cuantitativo.

2- Las especies químicas a las cuales se debe casi en su totalidad la salinidad de todas las aguas pertenecientes al acuífero, son los iones sulfato, cloruro, calcio, sodio y magnesio.

3- El grado de salinidad es variable, lo cual es observable aún en pozos o fuentes cercanas.

4- Se infiere que el alto grado de salinidad encontrado, especialmente en las zonas de El

Cebollal y Los Perozo, se debe a la intrusión de agua de mar hacia el acuífero, la presencia de concentraciones relativamente elevadas de sólidos totales disueltos así como de cloruro y sulfato, parámetros estos indicativos de la concentración de sales, constituyen una fuerte evidencia de la salinización de estas aguas.

5- Al comparar los resultados obtenidos del análisis físico-químico de las aguas estudiadas con las normas de calidad que determinan la adaptabilidad de las mismas para el uso de riego, consumo humano e industria, se concluye lo siguiente:

5.1- En cuanto a la calidad de las aguas con propósitos de riego, al utilizar el diagrama de salinidad de los Estados Unidos de América, para clasificar las aguas con dichos fines según Thorne y Peterson [8], se deduce:

Que las aguas pertenecientes al acuífero de Coro, específicamente las de El Cebollal y Los Perozo se clasifican como C_4S_1 , mientras que las de Las Huertas se clasifican como C_3S_1 . Las aguas clasificadas como C_4S_1 son aguas que pueden ser utilizadas en suelos permeables, que presenten un drenaje adecuado y en cultivos altamente tolerantes a las sales. Las clasificadas como C_3S_1 pueden ser utilizadas en suelos de drenaje no deficiente y en plantas que también sean tolerantes a las sales. En cuanto al contenido de sodio intercambiable, ninguna de las muestras analizadas presentó peligro de acumulación de sodio intercambiable y sólo pueden ser dañadas aquellas muy sensibles a la presencia de sodio, tales como frutales de hueso y aguacates.

5.2- Con relación a la potabilidad química, al comparar los resultados obtenidos con las normas internacionales y nacionales [9], se concluye que las aguas provenientes del acuífero de Coro son de pobre potabilidad, ya que exceden los límites máximos permisibles de cloruro, sulfato, sólidos totales disueltos y sabor.

5.3- En cuanto a la adaptabilidad de las aguas estudiadas para el suministro industrial, resultaría extenso definir y clasificar la calidad de las mismas, ya que esto depende de los requisitos del producto en particular y de la naturaleza del proceso industrial. Sin embargo, al comparar los resultados obtenidos con los criterios empleados internacionalmente para de-

terminar la calidad de las aguas para tales fines, [10] se puede afirmar que las aguas del acuífero de Coro, específicamente las ubicadas en las zonas de El Cebollal y Los Perozo, apenas se adaptan al suministro de algunas industrias tales como la industria petrolera, siderúrgica (hierro y acero), cemento, entre otras.

Referencias Bibliográficas

1. Instituto Nacional de Obras Sanitarias: Estudio para el Desarrollo de los Recursos de Aguas Subterráneas en las Regiones de Valencia, Barquisimeto, Coro, Pedregal, Maracaibo. Región de Coro y Pedregal. Tahal Ingenieros Consultores de Venezuela, S.A. Caracas, 1970.
2. Bueno, E. "Acuífero de Coro. Análisis Comparativo Hidrogeoquímico e Hidrológico entre 1960-1983", Serie de Informes Técnicos, Maraven, S.A. Maracaibo, Edo. Zulia, 1986.
3. López, J. "Estudio Químico-Analítico de las Aguas Subterráneas de Coro, Estado Falcón", LUZ, Facultad de Ingeniería, Maracaibo, Venezuela, 1970.
4. Tamers, M.A.; "Ground water recharge as revealed naturally occurring radiocarbon: Aquifers of Coro and Paraguáná, Venezuela". *Nature*, 212(5061) 489-492, 1966.
5. "Standard Methods: For the Examination of Water and Wastewater", 18th Ed. APHA-AWWA-WPCK, 1992.
6. Custodio, E.; Llamas, M. "Hidrología Subterránea", 2^{da} Ed. Omega S.A., España, 1983.
7. U.S. Environmental Protection Agency: "National Water Quality Inventory", EPA-445, USA, 1975.
8. Thorne, D y Peterson, H. "Técnica del Riego", Editorial Continental S.A., México, 1963.
9. McTunkin, F. "Agua y Salud Humana", Organización Panamericana de la Salud, 1^{ra} Ed. Limusa, México, 1986.
10. Doudelet, A. y Matute, M. "Criterios para la Clasificación Legal y Control de Calidad de las Aguas. Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos (COPLANARH)", Caracas, Venezuela, 1976.

Recibido el 2 de Octubre de 1995

En forma revisada el 5 de Mayo de 1996

terminar la calidad de las aguas para tales fines, [10] se puede afirmar que las aguas del acuífero de Coro, específicamente las ubicadas en las zonas de El Cebollal y Los Perozo, apenas se adaptan al suministro de algunas industrias tales como la industria petrolera, siderúrgica (hierro y acero), cemento, entre otras.

Referencias Bibliográficas

1. Instituto Nacional de Obras Sanitarias; Estudio para el Desarrollo de los Recursos de Aguas Subterráneas en las Regiones de Valencia, Barquisimeto, Coro, Pedregal, Maracaibo. Región de Coro y Pedregal. Tahal Ingenieros Consultores de Venezuela, S.A. Caracas, 1970.
2. Bueno, E. "Acuífero de Coro. Análisis Comparativo Hidrogeoquímico e Hidrológico entre 1960-1983", Serie de Informes Técnicos, Maraven, S.A. Maracaibo, Edo. Zulia, 1986.
3. López, J. "Estudio Químico-Analítico de las Aguas Subterráneas de Coro, Estado Falcón", LUZ, Facultad de Ingeniería, Maracaibo, Venezuela, 1970.
4. Tamers, M.A.; "Ground water recharge as revealed naturally occurring radiocarbon: Aquifers of Coro and Paraguáná, Venezuela". *Nature*, 212(5061) 489-492, 1966.
5. "Standard Methods: For the Examination of Water and Wastewater", 18th Ed. APHA-AWWA-WPCK, 1992.
6. Custodio, E.; Llamas, M. "Hidrología Subterránea", 2^{da} Ed. Omega S.A., España, 1983.
7. U.S. Environmental Protection Agency: "National Water Quality Inventory", EPA-445, USA, 1975.
8. Thorne, D y Peterson, H. "Técnica del Riego", Editorial Continental S.A., México, 1963.
9. McTunkin, F. "Agua y Salud Humana", Organización Panamericana de la Salud, 1^{ra} Ed. Limusa, México, 1986.
10. Doudelet, A. y Matute, M. "Criterios para la Clasificación Legal y Control de Calidad de las Aguas. Comisión del Plan Nacional de Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos (COPLANARH)", Caracas, Venezuela, 1976.

Recibido el 2 de Octubre de 1995
En forma revisada el 5 de Mayo de 1996