

# **LA CALIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA CUENCA HIDROLÓGICA SAN JOSÉ DEL CABO, B.C.S.**

Wurl, Jobst; Hernández Morales, Pablo; Imaz Lamadrid Miguel; Martínez  
García, Cynthia Nayeli y Solís-Cámara, Aurora Breceda.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR,  
CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS DEL NOROESTE  
jwurl@uabcs.mx

## **INTRODUCCIÓN**

La Región del Cabo, en el sur de la península de Baja California, es una zona de gran importancia natural y económica. Durante la última década se ha convertido en la región de mayor tasa de crecimiento urbano debido al desarrollo de actividades turísticas. Con el incremento poblacional crece también la demanda del recurso agua que, a causa de las condiciones desérticas de la región, proviene principalmente de los acuíferos.

En los últimos años se ha detectado que el agua subterránea, que se extrae en algunas zonas de la península, presenta cambios en su calidad química, que en general han sido en el sentido de una degradación notable de su composición hidroquímica inorgánica. Los parámetros químicos que se presentan en mayor concentración en algunos de los pozos son; cloruro, sodio, sulfatos, hierro, manganeso, arsénico, boro, entre otros; de tal manera, que el agua ya no es adecuado para el consumo humano y, en casos extremos ni para el riego.

La cuenca hidrológica más importante con respecto a la extracción de agua subterránea en la Región del Cabo es la cuenca San José del Cabo, la cual tiene una superficie de 1,278 km<sup>2</sup>. Debido a este crecimiento, la extracción de agua en la cuenca en el año 2002 fue, según datos de la CNA (2002), 11 % mayor que su recarga natural. La fuerte demanda de agua en la cuenca derivada del crecimiento poblacional y económico provoca que la sobreexplotación del acuífero y la poca disponibilidad de este valioso recurso se conviertan en los principales obstáculos para el crecimiento y desarrollo.

## MÉTODOS

Para investigar la variación química del agua subterránea en la cuenca, se realizó recopilación bibliográfica de análisis históricos y otra información hidrogeoquímica disponible, asimismo se obtuvo información sobre la evolución del caudal de extracción. Se tomaron 55 muestras en 40 pozos y manantiales de interés para su posterior análisis en laboratorio. Esta información se relacionó con el nivel freático del acuífero y la geología de la cuenca. En la Tabla 1 se presenta un compendio de la información recopilada.

Tabla 1: Compendio de la información recopilada de análisis de pozos entre 1979 -2004.

Fuente de información	No de análisis (y de pozos)	Lapso de tiempo que cubre	Pozos sin ubicación exacta	Parámetros analizados
ROASA 1980	85 (85)	1979-1980	5	C.E., pH, Bicarbonato, Cloruro, Sulfato, Sodio, Calcio, Magnesio
BENTON Y ASESORES, S.C. 1998	8 (8)	1997	0	C.E., pH, Bicarbonato, Cloruro Sulfato, Nitrato, Sodio, Calcio Magnesio, Potasio, Sílice
BENTON Y ASESORES, S.C. 1998	40 (40)	1997	0	C.E
Comisión Nacional del Agua	77 (16)	1999 - 2004	0	C.E., pH, Bicarbonato, Cloruro, Sulfato, Sodio, Calcio, Magnesio (Nitrato), (Fluoruro), (Sílice) (E. coli)
UABCS (Laboratorio CIBNOR)	20 (5)	2002-2004	0	C.E., pH, Eh, Bicarbonato, Cloruro Sulfato, Sodio, Calcio, Magnesio, Potasio, Nitrato, Sílice, metales pesados
UABCS	35(35)	2004	0	C.E., pH, Eh, Bicarbonato, Cloruro Sulfato, Nitrato, Sílice
TOTAL	245 (159)	1980-2004	5	

C.E. = conductividad eléctrica

Debido a que la toma de muestras en los tres periodos (1979-80, 1997-98 y 2002-04) no se realizó en los mismos pozos, se calculó la media y desviación estándar de los parámetros claves en cada periodo analizado. De tal manera que si bien no se tienen las variaciones en cada pozo en particular, los resultados obtenidos nos permiten concluir tendencias generales sobre las variaciones de la composición hidroquímica del agua en la cuenca.

## RESULTADOS

El primer paso en la interpretación consistió en la revisión de los análisis químicos disponibles para considerar únicamente aquellos que presentan información confiable. La base de datos que se generó incluye 245 análisis de muestras de aguas tomadas de 159 pozos en la cuenca, entre los años de 1979 hasta el 2004.

La conductividad eléctrica permite determinar cambios de la mineralización total (salinización) del agua en el tiempo. Se observa, que la conductividad eléctrica representa una distribución de tipo log-normal y por eso se generaron histogramas del logaritmo de la conductividad eléctrica del agua en tres lapsos de tiempo (1979-80, 1997-98 y 2002-04) y se calculó la media. No se observa una gran variación de la media de la conductividad eléctrica en los tres periodos de tiempo considerados (655  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , 551  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y 659  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), lo que significa que en general no hubo cambio significativo en la mineralización total del agua subterránea en la cuenca. En la tabla 2 se compara la concentración de hidrógeno (pH), cloruros y sulfatos de los años 1979-80 con la situación en 2002-2004. Se nota un aumento de la concentración de hidrógeno (disminución del pH en este lapso de tiempo por 0,5), mientras las concentraciones de sulfatos y cloruros disminuyeron a 96 y 82 por ciento respecto a la concentración observada en 1979-80.

Tabla 2: Comparación de la concentración de varios parámetros hidroquímicos en muestras de los años 1979-80 y 2002-2004

Parámetro	Numero de análisis	Mínimo	Máximo	Promedio	Desviación estándar
<b>Análisis de 1979 y 1980</b>					

pH	66	6,50	8,70	7,60	0,53
Cl	80	25,0	482	115,5	85,0
SO <sub>4</sub>	80	0,1	240	40,6	47,4
<b>Análisis de 2002 - 2004</b>					
pH	56	6,01	8,15	7,01	0,48
Cl	56	11,0	600	94,9	112,6
SO <sub>4</sub>	56	0,1	192	38,0	40,2
NO <sub>3</sub>	56	0,1	137,5	13,7	26,9
PO <sub>4</sub>	56	0,1	1,84	0,23	,30

Para visualizar posibles cambios más a detalle se generaron mapas para los parámetros conductividad eléctrica, sulfatos, cloruros, nitratos en dos grupos: Análisis documentadas antes de 2000 y análisis de las últimas tomas de muestras (2002– 2004). Se visualiza las concentraciones por medio del color de círculos y utiliza el mapa hidrogeológico como fondo (como ejemplo de documenta el mapa para la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), Figura 1).

## CONCLUSIONES

La mineralización total (conductividad eléctrica) y otros parámetros claves (sulfatos y cloruros) no indican un aumento en su mineralización sino una leve disminución. Respecto al pH se observó una disminución entre 1979 y 2002-2004 de una media unidad de pH.

En un estudio anterior de la cuenca de Santo Domingo se demostró que en las condiciones de Baja California Sur existe una variación en la composición hidroquímica del agua subterránea debido a las temporadas secas y húmedas del año. Además se observó una disminución continua de una unidad del pH durante los últimos 20 años.

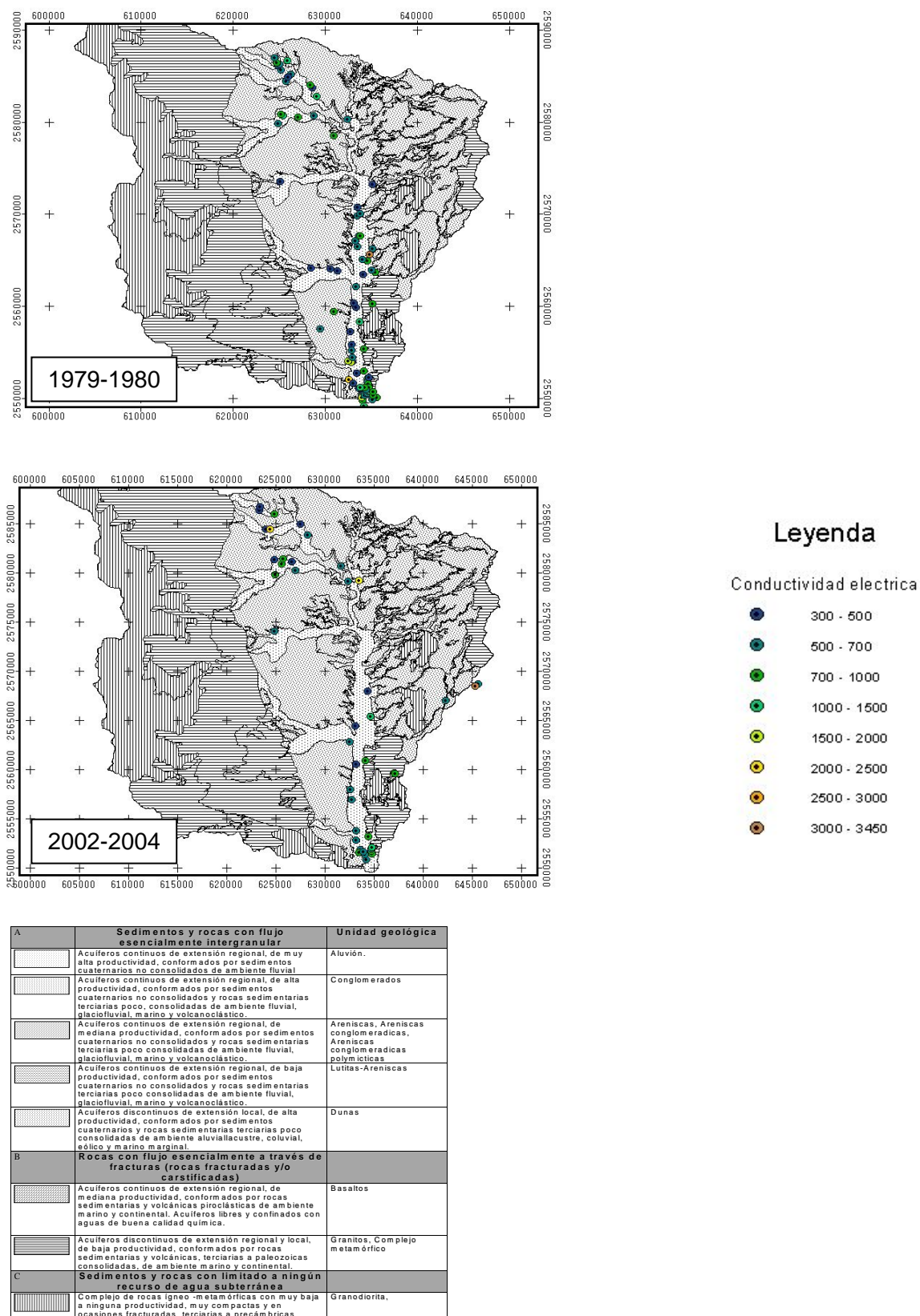


Figura 1: Distribución de la conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) en 85 pozos (1979-1980) y 54 pozos (2002 –2004).

En la cuenca de San José del Cabo, el acuífero principal, como acuífero libre, formado por materiales no consolidados de alta conductividad hidráulica, puede fácilmente ser afectado por contaminaciones. Los parámetros nitratos y fosfatos son indicadores respecto a contaminaciones por fertilizantes en una zona de agricultura. La Norma Mexicana NOM-127-SAA1 (1994) reglamenta límites del agua que se utiliza para el consumo humano. Comparando los límites para nitrógeno (10 mg/l N), cuatro pozos (de un total de 55) fueron registrados con valores mayores al Límite Máximo Permisible en las tomas de muestras de los años 2002–2004 y seis respecto a cloruro (límite = 250 mg/l Cl). Elevadas concentraciones de Cloruros fueron registradas en dos zonas: cerca del mar y en la sierra La Trinidad. Los resultados con respecto al pH indican que hay una tendencia a la acidificación del agua subterránea, lo que puede a mediano plazo traer consecuencias negativas para el suelo. Se recomienda investigar este aspecto especialmente.

#### **BIBLIOGRAFÍA:**

BENTON Y ASESORES, S.C. (1998): Estudio y diseño de captaciones y conducciones a los acueductos existentes en el Valle de San José del Cabo y el corredor entre esta población y Cabo San Lucas. Estudio Técnico; México D.F.

CNA, Comisión Nacional del Agua (2002): Oficio No.: BOO.00E02.01.-0852.- Gerencia en Baja California Sur, Subgerencia de admón. del Agua, Residencia Técnica, La Paz 2 p

ROASA (1980): Actualización del estudio geohidrológico de la cuenca de San José del Cabo Baja California Sur. Estudio Técnico; México D.F.