

**HIDROGEOQUIMICA DE ACUIFEROS COSTEROS. SAN CLEMENTE DEL TUYU.
PROVINCIA DE BUENOS AIRES. REPUBLICA ARGENTINA**

**José BARBAGALLO (*), Alejandro VIZCAINO (*), Ricardo GONZALEZ ARZAC (*) y
Francisco CAMPOS ALFONSO (*).**

RESUMEN

Se presentan las características hidroquímicas del acuífero freático alojado en sedimentos arenosos de un sistema de barrera-albúfera. El análisis de la información química de 44 muestras distribuidas en un área de 40 km², se basó en el empleo de técnicas estadísticas de agrupamiento y regresión, y en el cálculo de los índices de saturación de las especies minerales disueltas en el agua.

Los resultados obtenidos permitieron confirmar el esquema hidrodinámico y diferenciar aguas maduras y juveniles estableciendo la evolución hidroquímica sobre la base del estado de saturación de los carbonatos.

**(*) Licenciado en Geología
Consejo Federal de Inversiones.
Calle 3 n° 683 (1900) La Plata
República Argentina.
Tel. y Fax : 54 (021) 23-2709/22-7482**

1-INTRODUCCION.

La localidad de San Clemente del Tuyú constituye un centro turístico ubicado sobre la costa atlántica de la Provincia de Buenos Aires en la punta norte del Cabo San Antonio. La población estable es de 8000 habitantes, que aumenta a 30.000 en temporada estival. El abastecimiento de agua potable se realiza mediante pozos domiciliarios individuales de poca profundidad (4 a 7 metros) y dado el carácter turístico de esta localidad la demanda se concentra en el verano (diciembre - marzo).

El clima de la región es de tipo húmedo mesotermal, con nula o escasa deficiencia hídrica. La temperatura media anual es de 14,5 °C y la precipitación media anual de 1034 mm.

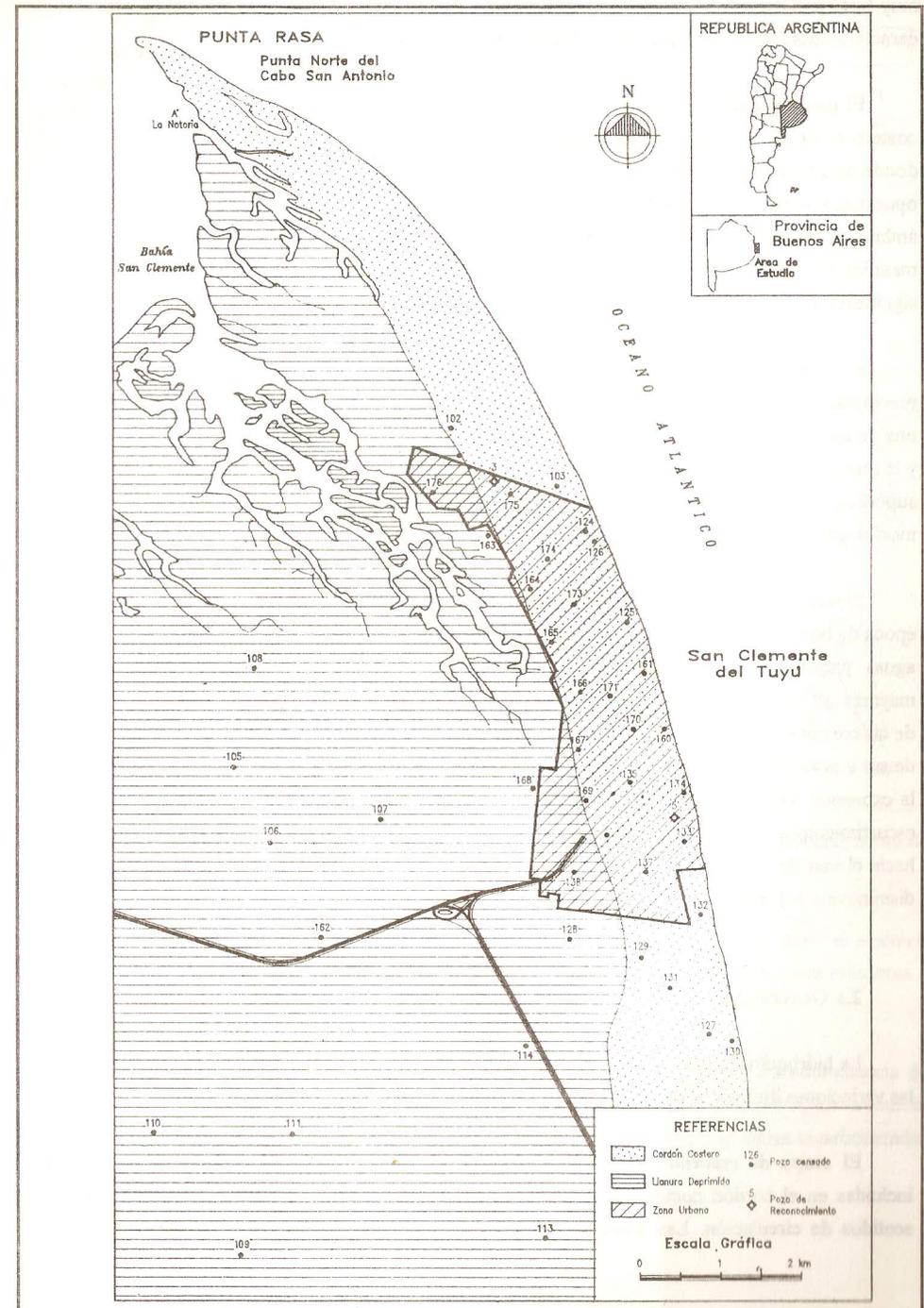
Se diferencian dos ambientes morfológicos: el cordón costero y la llanura deprimida. El **cordón costero** corresponde a una cadena de médanos fijados por la vegetación, con una cota variable entre 2 y 3 metros, que se extienden paralelos a la costa con un ancho de 1 a 1,5 km. La **llanura deprimida** conforma una zona baja, de drenaje lento a través de cursos irregulares que convergen al norte hacia la Bahía San Clemente donde adquieren las características de verdaderos canales de marea.

El **ESQUEMA HIDROGEOLOGICO** (González Arzac et al, 1990) reconoce dos unidades superpuestas: la inferior abarca un paquete sedimentario de comportamiento **ACUICLUDO** con niveles acuitados y acuíferos subordinados; la unidad superior corresponde al **ACUIFERO FREÁTICO**. Ambas conforman una secuencia samítico-pelítica originada por sucesivos desplazamientos de la línea de costa debidas a oscilaciones del nivel del mar durante el Holoceno y el Pleistoceno.

El **ACUIFERO FREÁTICO** se desarrolla en el cordón costero con espesores máximos de 7 a 9 metros, coincidiendo su máxima potencia con la mayor expresión topográfica de la faja medanosa. Litológicamente se compone de tres secciones que desde la superficie incluyen: arena de origen eólico, fina a mediana (**SECCION A**); sigue arena conchilífera con tamaño de grano fino a muy grueso (**SECCION B**) y luego arena fina a muy fina con matriz arcillosa y materia orgánica (**SECCION C**).

En las tres secciones se determinaron fracciones magnéticas variables entre 0,6 y 7,3 % compuestas por vidrio incoloro y castaño a negro con abundantes inclusiones de magnetita y generalizado proceso de hematización, además de cristales independientes de magnetita con reemplazo a hematita.

El paquete de comportamiento **ACUICLUDO** fue reconocido para este trabajo en un espesor máximo de 20 metros que incluyen una secuencia arcillosa con proporciones variables de arena fina a

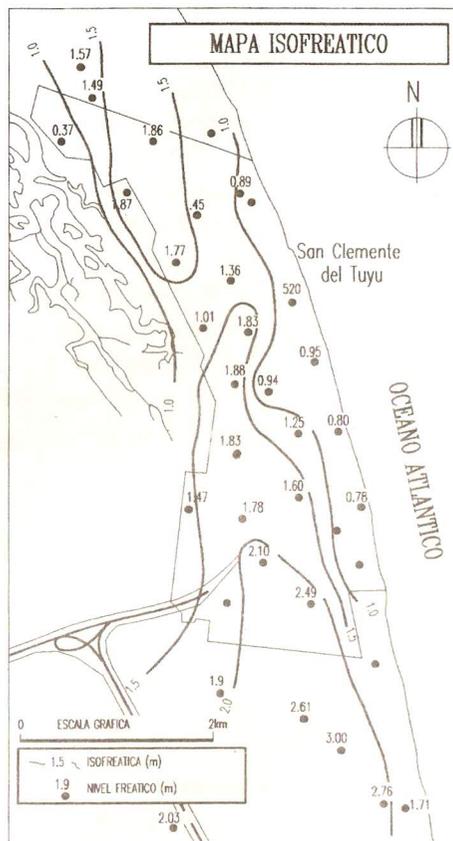


muy fina (SECCION D). Datos de perforaciones antecedentes indican que predominan las mismas características litológicas hasta profundidades de 600 metros.

El modelo hidrodinámico define al cordón costero como la zona de recarga exclusiva desde donde se produce la descarga en dos direcciones opuestas, una hacia el mar y la otra al oeste en el ámbito de la llanura deprimida. De igual forma se manifiestan componentes regionales de menor significación en sentido norte sur.

El sistema, de recarga directa a partir de precipitaciones, está limitado por dos interfases una de agua dulce-agua salobre hacia el continente y la otra de agua dulce-agua salada hacia el mar. La superficie freática reproduce en forma atenuada la morfología del terreno.

El mapa isofreático correspondiente a una época de baja explotación muestra una divisoria de aguas paralela a la costa coincidente con las mayores alturas del cordón costero. Los valores de las curvas que encierran la divisoria disminuyen de sur a norte de 2 a 1.5 metros conforme decrece la expresión topográfica del cordón medanoso. El escurrimiento subterráneo determina un gradiente hacia el mar de 2-3 m/km, en tanto hacia el oeste disminuye a 1-1,5 m/km.



2-HIDROGEOQUIMICA

2.1 Generalidades

La hidroquímica del Acuífero Freático está condicionada por la configuración geomorfológica, las variaciones litológicas de esa unidad y el comportamiento hidrodinámico.

El mapa de residuo seco expresa el ajuste a dichas variables al delimitar áreas centrales, incluidas en el cordón costero, a partir de las cuales se produce un incremento salino en ambos sentidos de circulación. Las áreas centrales quedan definidas por la curva de 400 mg/l, con un

incremento lateral más marcado hacia la llanura deprimida donde se han detectado valores del orden de 3000, 5000 y hasta 12000 mg/l.

Idéntico comportamiento muestran los cloruros, bicarbonatos y los cationes sodio, calcio, magnesio y potasio. Los contenidos de dureza total son elevados tanto en el cordón costero (200 -400 mg/l) como en la llanura deprimida (1000 - 2000 mg/l). Los sulfatos se presentan en bajas concentraciones en el cordón costero y no evidencian variaciones marcadas hacia la llanura deprimida a pesar del notable incremento de los contenidos salinos.

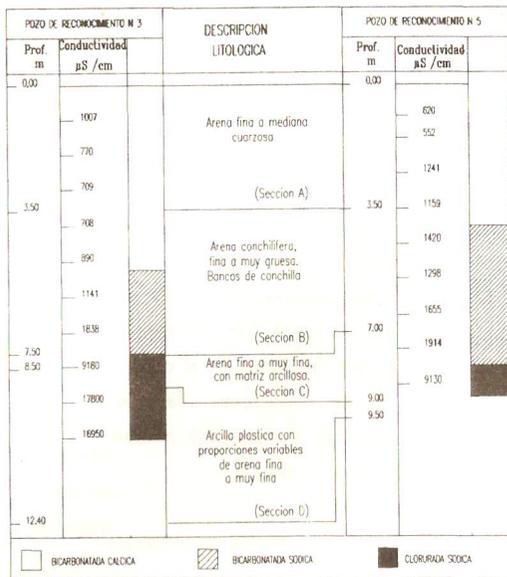
En cuanto a los componentes minoritarios se destacan los excesivos tenores de hierro y manganeso. En el primer caso los contenidos oscilan entre 0,2 y 5 mg/l. El manganeso por su parte presenta valores de 0,2 a 0,4 mg/l. Los elevados contenidos de bicarbonatos determinados en las muestras se producirían por la oxidación de la materia orgánica presente en el acuífero a expensas de la reducción de nitratos y de óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso generando un ambiente reductor con presencia en solución de hierro, manganeso y probablemente de nitrógeno o amoníaco.

Para toda el área los contenidos de flúor son bajos y varían entre 0,2 y 0,4 mg/l; el arsénico presenta 0,04 como valor más frecuente y en cuanto al vanadio las concentraciones son inferiores a 0,1 mg/l.

Considerando la tipificación de aguas se destaca para el cordón costero la predominancia de aguas de tipo bicarbonatadas cálcico sódicas y bicarbonatadas sódicas; a la vez que en la llanura deprimida dominan las aguas cloruradas sódicas con presencia subordinada de aguas bicarbonatadas cloruradas



El registro de conductividad eléctrica como indicativo del aumento de la salinidad, muestra un incremento continuo en profundidad, con valores que van desde 600 a 1900 $\mu\text{S}/\text{cm}$ desde los niveles superiores hasta la base de la sección B. Ya en la Sección C se presentan valores del orden de los 9000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ que pasan a 17000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en la Sección D. Con respecto a las familias de agua se encuentra el tipo bicarbonatada cálcica restringida a la Sección A y a los niveles superiores de la Sección B en la que predomina agua bicarbonatada sódica, que pasa a clorurada en el límite con la Sección C.



2.2 Análisis de Regresión y Correlación

El análisis de regresión de los iones mayoritarios evidencia claramente un modelo lineal entre sodio-cloruro, residuo seco-cloruro, potasio-sodio y residuo seco-sodio.

El bicarbonato, sulfato y calcio no se ajusta a un modelo lineal o logarítmico con los iones anteriormente nombrados, dando una disposición de las muestras de forma elíptica, evidenciando la modificación zonal de la evolución química por fenómenos de precipitación de carbonatos y sulfatos de calcio.

Se aplicaron las técnicas de agrupamiento en "modo R" y en "modo Q" donde las Unidades Taxonómicas Operacionales son las variables y las muestras respectivamente, con el objeto de establecer cuales forman grupos y están altamente correlacionadas y cuales son relativamente independientes. La matriz original de datos quedó conformada por 44 muestras con 14 variables determinadas y posteriormente fue estandarizada antes de calcular los coeficientes de similitud aplicándose el coeficiente de correlación.

El incremento de los índices de saturación manifiestan direcciones de flujo secundario desde el norte y el sur hacia la zona central donde se encuentra el pozo 172.

TABLA 1

	POZO 129	POZO 135	POZO 171	POZO 172	POZO 174	POZO 175
CALCITA	0.130	0.133	0.543	0.704	0.256	0.296
ARAGONITA	-0.013	-0.011	0.399	0.560	0.112	0.152
DOLOMITA (c)	-0.173	0.453	0.695	1.424	0.881	1.158
DOLOMITA (d)	-0.723	-0.097	0.145	0.874	0.331	0.608

Sur

Centro

Norte

En un perfil transversal se observa en la zona central del cordón costero la presencia de diferentes especies minerales en estado de disolución (anhidrita, brucita, halita, epsomita, gypsonita, dolomita y levemente aragonita) y la precipitación de calcita. Hacia el oeste se evidencia un importante aumento de los índices de saturación con la precipitación de carbonatos cálcicos y magnésicos (calcita, aragonita y dolomita), mientras que la evolución hacia el este es menos marcada y precipita incipientemente calcita y aragonita. (tabla 2)

TABLA 2

	POZO 168	POZO 169	POZO 135	POZO 134
CALCITA	0.302	0.019	0.133	0.146
ARAGONITA	0.158	-0.125	-0.011	0.002
DOLOMITA (c)	1.159	1.394	0.453	0.459
DOLOMITA (d)	1.009	0.844	-0.097	-0.091

Oeste

Centro

Este

A partir del muestreo químico vertical en el pozo de reconocimiento 5 se observa, en sentido descendente, el importante incremento de los índices de saturación de la calcita, aragonita, dolomita y magnesita indicando en todos los niveles la saturación de dichas especies minerales. Los primeros metros del acuífero freático comprenden a aguas bicarbonatadas con índices de saturación muy similares y de características juveniles que podrían corresponder a las precipitaciones pluviales infiltradas, mientras que la base con aguas cloruradas e importantes precipitaciones de carbonatos de calcio y magnesio evidencia condiciones maduras con elevado tiempo de permanencia, poca a nula movilidad y constituyentes de las reservas geológicas. (tabla 3)

TABLA 3

PROFUNDIDAD	0.8	5.0	6.0	7.0	8.0
CALCITA	0.678	0.629	0.925	0.861	1.749
ARAGONITA	0.535	0.772	0.781	0.717	1.893
DOLOMITA (d)	0.534	1.000	1.362	1.414	3.194
DOLOMITA (c)	1.084	1.550	1.912	1.964	3.744
MAGNESITA	-0.176	0.196	0.406	0.522	1.270

CONCLUSIONES

- * El análisis de agrupamiento evidencia dos grupos de muestras muy disimiles constituidos uno por las aguas localizadas en la terraza baja con características maduras y de poca movilidad y otro por las ubicadas en el cordón costero, con una elevadísima similitud, de condiciones juveniles y mayor movilidad.
- * Los iones sodio y cloruros son las principales variables en los cambios del residuo seco del acuífero freático y subordinadamente la dureza y el magnesio.
- * La concentración de la dureza total está en dependencia del magnesio como consecuencia de la importante precipitación de carbonatos cálcicos.
- * Los índices de saturación de los carbonatos de calcio y magnesio en sus distintas especies minerales confirman claramente el modelo hidrodinámico propuesto y diferencian, verticalmente, las aguas maduras y poco móviles almacenadas en la base del acuífero de las aguas juveniles alojadas en los niveles superiores.

REFERENCIAS

GONZALEZ ARZAC, R.; VIZCAINO, A.; CAMPOS ALFONSO, F.; LORENZO, F. y PATROUILLEAU, R. (1990). Los acuíferos del litoral atlántico entre Punta Rasa y Punta Médanos. Provincia de Buenos Aires. República Argentina. 6º Congreso Brasileiro de Aguas Subterránea. Anales. Págs. 268-276. Porto Alegre - Brasil.

GONZALEZ ARZAC, R; VIZCAINO, A. y CAMPOS ALFONSO, F. (1993). Características geohidrológicas de la localidad de San Clemente del Tuyú. Provincia de Buenos Aires. República Argentina. IV Simposio Colombiano de Hidrogeología y III Conferencia Latinoamericana de Hidrogeología Urbana. Cartagena. Memorias, Tomo I: Pag. 187-200.