

# CARACTERISTICA DE LA EVOLUCION DEL SISTEMA ACUIFERO GUARANI EN EL URUGUAY

J.Montaña<sup>1</sup>, M.P.Collazo<sup>2</sup> e P. De Coud<sup>3</sup>

**Resumen** - La Cuenca Sedimentaria Norte en Uruguay, ocupa un área de 100.000 Km<sup>2</sup>, forma parte de la Cuenca Chaco-Paraná, que se extiende hacia el norte en territorio brasileño (Cuenca del Paraná) y al Oeste y Noroeste en la República Argentina y Paraguay (Cuenca del Chaco). Los sedimentos del Grupo Batoví Dorado constituyen el Sistema Acuífero Guaraní, a pesar de su poca extensión en el país presenta gran variación debido a sus condiciones de confinamiento y afloramiento, cambios en los valores de permeabilidad, espesor y calidad del agua.

## MARCO GEOLOGICO

### DEVONICO

La sedimentación en la cuenca comienza, en el Devónico medio (Veroslavsky, 1994), representada por un ciclo transgresivo-regresivo casi completo. Las Formaciones Cerrezuelo, Cordobés, y La Paloma, que constituyen el Grupo Durazno (Bossi, 1966) materializan esta secuencia.

### PÉRMICO

El segundo episodio, se inicia en el Pérmico inferior, con espesos depósitos glaciales y fluvioglaciales, correspondientes a la Formación San Gregorio y correlacionable al Subgrupo Itararé, en Brasil. La sedimentación evoluciona de una deposición continental a una litoral, constituida por areniscas finas a medias, y conglomerados de la Formación Tres Islas, asimilable a la Formación Río Bonito, en

---

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias. Dpto de Geología. Igua 4225. Fax:5258617

<sup>2</sup> Facultad de Ciencias. Dpto de Geología. Igua 4225. Fax:5258617

<sup>3</sup> Obras Sanitarias del Estado. Carlos Roxlo 1472. Tel: 4001151

Brasil.

El Pérmico superior comienza con sedimentos pelíticos grises de la Formación Melo (Ferrando & Andreis, 1986) en condiciones litorales a infralitorales. Está constituida en la base por la Formación Frayle Muerto (Bossi, 1966) correlacionable con la Formación Palermo, la que refleja una ingresión del mar Pérmico. Seguidamente la Formación Mangrullo (Bossi, 1966), correlativa con la Formación Iratí representa el máximo de estabilidad de la cuenca. Hacia la cima, se depositan siltitos y areniscas finas correspondientes a la Formación Paso Aguiar (Bossi, 1966) asimilable con la Formación Serra Alta-Teresina, de Brasil, que representa un retiro paulatino del mar.

La aparición de areniscas y pelitas rojizas, de las formaciones Yaguarí y Buena Vista (Caorsi & Goñi, 1958), marcan el pasaje de condiciones reductoras a oxidantes y se correlacionan con las formaciones Río do Rastro y Sanga do Cabral, en Brasil.

## **TRIÁSICO**

La sedimentación de plataforma somera del Pérmico superior uruguayo, evoluciona en el Triásico inferior a depósitos fluviales que definen la Formación Buena Vista. Discordantemente sobreyacen areniscas de origen eólico, que luego son invadidas por cuerpos de agua, que culminan nuevamente con sedimentos eólicos, conformando el Grupo Batoví Dorado. (Ferrando & Montaña, 1987)

En estas condiciones desérticas, comienza la fracturación del Supercontinente Gondwana que da origen a las fosas tectónicas pericratónicas y a los actuales océanos. A partir del Jurásico superior hasta el Cretácico, se produce un importante vulcanismo de tipo fisural con dirección EW y NW, representado por extensos derrames basálticos predominantemente toleíticos de la Formación Arapey, denominado Serra Geral en Brasil.

## COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

Edad	Grupo	Formación	Litología
Cretácico inf.		Fm. Arapey	lavas básicas
Jurásico	Batoví D.	Fm. Rivera Fm. Tacuarembó Fm. Cuchilla Ombú	areniscas finas con estratificación cruzada areniscas, limolitas, lutitas areniscas, pelitas blancas y rojas
Triásico Inf.		Fm. Buena Vista	areniscas blancas y rojizas
Pérmico Sup.		Fm. Yaguari	arenisca, pelitas rojizas
Pérmico Sup.	Melo	Fm. Paso Aguiar Fm. Mangrullo Fm. Frayle Muerto	siltitos, pelitas lutitas, calcários grises negros siltitos, areniscas finas
Pérmico Medio		Fm. Tres Islas	areniscas, pelitas blancas
Pérmico Inf.		Fm. San Gregorio	diamictitos, pelitas, areniscas
		Fm. La Paloma	siltitos, areniscas finas a gruesas
Devonico	Durazno	Fm. Cordobes Fm. Cerrezuelo	lutitas, areniscas, siltitos areniscas gruesas a finas
Precámbrico		Basamento cristalino	granitos, migmatitas, y anfibolitas

## HIDROGEOLOGIA

El Acuífero Guaraní, está constituido por areniscas de edad Triásico-Jurásico, confinadas por los derrames basálticos cretácicos y cubre aproximadamente un área en Uruguay de 100.000 Km<sup>2</sup>.

El espesor total de este acuífero varía desde los 300 m en el norte, hasta la total ausencia hacia el sur de la terna de Guaviyú (Departamento de Paysandú) marcando la aproximación al límite de la Cuenca.

La actual configuración de la Cuenca es resultante de varios episodios tectónicos ocurridos durante el Paleozoico y fundamentalmente a comienzos del Mesozoico que condicionaron su paleotopografía y los espesores de los cuerpos sedimentarios.

El desarrollo estructural del acuífero fue controlado por los altos: 1) Mercedes al Sur, 2) Itapebí-Tambores de orientación N45W y Vichadero-Cuñapirú-Gaspar..

Para la interpretación hidrodinámica se propone la división del sistema acuífero, en función del comportamiento hidráulico en: zona aflorante y zona confinada.

## ZONA AFLORANTE

Ocupa un área de 6400 Km<sup>2</sup> en una faja de dirección NS con un largo de 160 Km y

un ancho medio de 35-40 Km.

Al interpretar hidrogeológicamente el subsuelo de la región se puede realizar la siguiente división:

Grupo	Formación	Litología	Capacidad del acuífero
	Rivera	- areniscas f. medias	Bueno
Batoví Dorado	Tacuarembó	- areniscas y pelitas	Regular
	C. Ombu	areniscas f. a medias	Bueno

Este paquete sedimentario del Grupo Batoví Dorado, se caracteriza por una sucesión de sedimentos de diferente permeabilidad, que lleva a separarlos en acuíferos con alta permeabilidad (Fm.Rivera y Cuchilla Ombú) y de baja permeabilidad (Fm. Tacuarembó). En función de esta división se clasifica la región en:

- 1) Area Rivera
- 2) Área Tacuarembó

### 1) ÁREA RIVERA

Se desarrolla el Sistema Acuífero con un predominio de sedimentos de origen eólico, presentando en esta zona los mayores espesores. La Transmisividad (T) para el acuífero Rivera y Cuchilla Ombu tienen valores de 150 m<sup>2</sup>/día. Estos fueron obtenidos a través de Ensayos de Bombeo, realizados en la ciudad de Rivera en pozos de Abastecimiento Público (OSE), cuyos resultados se resumen a continuación:

N. de Pozo	Prof.	Ac. predominante	T(m <sup>2</sup> /día)	q (m <sup>3</sup> /h/m)
724/1	84,50	Rivera	155	3,43
961/1	102,50	Rivera	151	3,44
1161	51,30	Rivera	140	2,7

El valor del coeficiente de almacenamiento S es 10<sup>-3</sup>, indicativo del semiconfinamiento del acuífero.

Los valores del caudal específico (q), son del orden de 3 m<sup>3</sup>/h/m y los rendimientos de los pozos varían entre 50 y 110 m<sup>3</sup>/h.

## 2) ÁREA TACUAREMBÓ

El sistema acuífero que predomina, es el acuífero Tacuarembó, constituido por areniscas y pelitas de origen fluvial. La explotación del acuífero es mínima debido a su bajo potencial. La profundidad media de los pozos en la zona es de 80 m y un caudal medio de 3,5 m<sup>3</sup>/h, el caudal específico medio es de 20 m<sup>3</sup>/día/m.

La Transmisividad es del orden de 25 m<sup>2</sup>/día.

### ZONA CONFINADA

Ocupa un área aproximada de 38000 Km<sup>2</sup>, al Oeste del país. Dentro de la zona confinada, ocurrirían dos sistemas acuíferos, el más superficial representado por un paquete sedimentario constituido por las formaciones Tacuarembó-Buena Vista-Yaguari y el segundo por un paquete sedimentario constituido por las formaciones San Gregorio-Tres Islas.

No se determinaron los parámetros hidráulicos, en toda el área, los valores están limitados a la ciudad de Artigas, con valores de transmisividad de 360 m<sup>2</sup>/día y de permeabilidad de 1,27 m/día. Igualmente estimaciones de la transmisividad realizadas por IPT y Tahal, dan valores que van desde 250 m<sup>2</sup>/día para la zona SE hasta 1500 m<sup>2</sup>/día para la NW.

### ISOPACAS DEL ACUIFERO

El espesor total del acuífero, varía desde de 80 m en Guaviyú hasta más de 200 m. Al Sur de Guaviyú se produce la ausencia del acuífero coincidente con el límite de la cuenca.

### HIDROGEOQUIMICA

Para la caracterización hidrogeoquímica, se tomaron pozos representativos del área aflorante y confinada del acuífero. La zona aflorante constituida por la unidad hidrogeológica Rivera y Tacuarembó y la zona confinada por el sistema acuífero Tacuarembó-Buena Vista-Yaguari y el sistema San Gregorio-Tres Islas.

### ÁREA AFLORANTE

Se puede establecer que la calidad de las aguas, tanto para la unidad Rivera como para la unidad Tacuarembó, no presenta limitaciones de potabilidad.

El estudio de las relaciones iónicas, permitió clasificar a estas aguas como Cloruradas Cálcicas y Bicarbonatadas Cálcicas, según el diagrama de Piper.

En esta zona se destaca la mayor concentración de Ca frente al Na y en algunos casos valores de Mg semejantes o superiores al Na.

Estos valores relativamente elevados del Ca, se deben posiblemente a la naturaleza de la cementación de la unidad hidrogeológica Tacuarembó, que es ocasionalmente calcárea.

El bicarbonato en algunos casos tiene dominio sobre el cloro, originando las aguas Bicarbonatadas Cálcicas. El valor medio de la dureza total expresada en  $\text{CaCO}_3$  es 45 mg/l y el valor medio del Residuo Seco es 120 mg/l.

No se encontraron valores anómalos de Fe, Mn, F que pudieran comprometer la utilización del acuífero.

## **ÁREA CONFINADA**

Las aguas en esta zona, corresponden al sistema hidrogeológico Rivera-Tacuarembó-Buena Vista-Yaguari (R-T-BV-Y) y al sistema San Gregorio-Tres Islas (SG-TI). La calidad de las aguas del sistema (R-T-BV-Y) no presenta limitaciones de potabilidad, salvo que se mezclen con aguas del sistema (SG-TI), como es el caso de la perforación de Almirón que presenta un Residuo Seco de 6344 mg/l.

Las aguas se clasifican, según el diagrama de Piper en Bicarbonatadas Sódicas para el sistema (R-T-BV-Y), con un valor medio de dureza total de 65 mg/l y en Cloruradas Sódicas para el sistema (SG-TI), con un valor medio de 200 mg/l de dureza total. En los dos casos se observa mayor concentración de Na sobre el Ca.

## **EVOLUCION DE LAS CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS DE POZOS PROFUNDOS**

Desde la década del 30 se han llevado a cabo 17 perforaciones, la mayoría de ellas con fines de exploración de petróleo; a la fecha, existen en explotación 10 pozos profundos, 7 de los cuales fueron construidos en los últimos cinco años.

### **PARÁMETROS HIDRÁULICOS DE LAS PERFORACIONES EN USO.**

PAÍS	POZO	AÑO	N.E.	Q	P.R.	N.D.		Q esp.	Temp.	Espesor	Observaciones
		19	m.	m <sup>3</sup> /h.	Kg/c m <sup>2</sup>	m.	m.	m <sup>3</sup> /h/ m.	°C	Explorado	

URUGUAY	ARAPEY	42	56	(800)							
		85	42	xxx	3,1	31	11	15	38,5	703	
		95	40 (*)	115	3,5	35	5	23	39		
	DAYMÁN	57	87	(550)							
		88	32	120	1,4	14	18	6,7	45,8	531	Entubado el Basalto
		91	77	280	0,5	5	72	3,89	47		
		95	54 (*)	114	3,1	31	23	5	47		
	GUAVIYÚ	58	xxx	(450)					39	240	Entubado sedimento
		85	15,5	90	0,4	4	9,5		39		Superior (110 metros)
		92	40	125				3,15			
	OSE SALTO	91	50	110				2,2	47,5	300	Pozo libre,caudal surgente
		92	55	90					48		Pozo con filtros, caudal surgente
		92	55	355			(-170)	1,58	48		Caudal con bombeo
	SAN NICANOR	92	54	100				2,2	44	300	Pozo libre
	SALTO GRANDE	95	62	250				4	45	325	Pozo con filtros, surgente
ARGENTINA	FEDERACIÓN	94	59	450				7,6	41,5	448	Pozo con filtros, surgente

Nota: N.E. Presión a válvula cerrada  
P.R. Presión residual  
.(\*) Lectura de presión inmediata al cierre de válvula.

Como se observa, existe gran variación en el caudal de surgencia de los distintos

pozos, presentando valores que van desde 120 a 800 m<sup>3</sup>/h., esto se puede asociar a condiciones puntuales del acuífero, a diferencias de nivel topográfico, al espesor explorado de los sedimentos de la arenisca productora, así como también a ciertas características constructivas, que pueden determinar pérdidas de carga adicionales.

Los caudales específicos, se ubican por debajo de 10 m<sup>3</sup>/h/m, en todos los casos, excepto en el pozo de Arapey, que muestra un comportamiento diferente, con un caudal específico en el entorno de los 20 m<sup>3</sup>/h/m.

## **CONCLUSIONES**

\* La explotación con pozos puede alcanzar caudales cercanos a los 800.000 m<sup>3</sup>/h a 1.000.000 m<sup>3</sup>/h, transformándose en una de las fuentes hídricas con capacidad para sostener emprendimientos de abastecimiento público, riego, fábricas, secado de grano, amortiguación de heladas, etc.

\* En el litoral Norte, las aguas varían entre 33° a 45° con caudales surgentes de 100 m<sup>3</sup>/h, convirtiéndose la zona en el sector turístico fuera de temporada, más pujante del país, y si lo integramos con el litoral Argentino, se prevee que se transforme en el corredor Termal más importante de Sudamerica.

\* La calidad del agua, tanto de la unidad Rivera como de la unidad Tacuarembó, correspondientes al área aflorante, no presentan limitaciones de potabilidad, clasificándose en Cloruradas cálcicas y Bicarbonatadas cálcicas según el diagrama de Piper. en al zona confinada son bicarbonatadas sódicas existiendo una ganacia iónica marcada. Además de constituir un sistema hidráulico unidos a los niveles permeables de la Formación Yaguarí y Buena Vista que se refleja en la calidad del agua. No ocurre lo mismo con el sistema hidrológico San Gregorio-Tres Islas, correspondiente al área confinada, que su alto contenido de sales, la inhabilitan para el abastecimiento público, industrial y agrícola. Las aguas pertenecientes a este sistema se clasifican según el diagrama de Piper en Cloruradas sódicas.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

**ANCAP:** *Estudio del Sector Noroeste de la Cuenca Norte.* Montevideo, 1991

**BOSSI. J, NAVARRO. R,:** *Geología del Uruguay.* Universidad de la República, 1988.

Montevideo-Uruguay.

**FERRANDO.L.A & MONTAÑA. J. R.;** *Hipótesis Preliminar sobre la evolución Paleogeográfica de la Cuenca de Paraná en el Uruguay.* Actas del III Simposio Sul-Brasileiro de Geología, Curitiba, 1987. v.1: 393-400.

**MONTAÑO. J, CARRION. R.;** *Optimización de la Explotación del Sistema Acuífero Jurásico-Triásico, Tacuarembó-Buena Vista.* Actas del 6to. Congreso de Aguas Subterráneas. vol.1, 180-189. Porto Alegre, Brasil, 1990.

**TAHAL:** *Proyecto agrícola de Riego basado en la perforación de pozos profundos.* Tahal Consulting Engineers- VERNON, ROU, 1986, 8 tomos.