

**CARACTERIZACION HIDROGEOLOGICA DEL SISTEMA ACUÍFERO YRENDA
(SAY) EN PARAGUAY: RECURSO COMPARTIDO CON ARGENTINA Y BOLIVIA.**

Fernando Larroza & Sandra Fariña L.

Resumen: El Sistema Acuífero Yrenda (SAY) es un sistema hidrogeológico regional que abarca cerca de la 2/3 de la Región Occidental del Paraguay y parte del chaco Argentino y Boliviano. Es un acuífero semi confinado y confinado, formado por sedimentos cuaternarios y terciarios no consolidados de la Formación Chaco. La salinidad del agua subterránea aumenta a lo largo de la dirección de flujo que es de oeste a este; la velocidad se estima en el rango de 20 a 46 m/año. La recarga tiene lugar en la región boliviana a través de la infiltración directa de precipitación y agua del río, en las colinas sub-andinas (serranía Aguaragüe). La descarga ocurre de dos formas. A) En la región central-oriental, la descarga da lugar a los humedales de aguas salobre-saladas, debido a la presencia de una barrera impermeable al este que en parte evita el flujo al Río Paraguay. La barrera causa un aumento del nivel de agua en la parte oriental del Chaco Central. Esta situación no se revierte por la extracción del agua subterránea para el suministro doméstico en áreas urbanas, ya que debido a la salinidad el uso es limitado. B) La sobre explotación de los acuíferos del este de la región oriental, permite la intrusión salina del agua subterránea del Sistema Acuífero Yrenda hacia la Región Este del Paraguay. El acuífero en la frontera a Bolivia se caracteriza por una permeabilidad que varía entre 6-8 m/d y un transmisibilidad en el rango de 400-200 m²/d. En el Chaco Central, la permeabilidad queda entre 0.3 y 12 m/d y la transmisibilidad entre 80 y 120 m²/d, mientras la capacidad específica varía en el rango de 1.1 a 3.7 m³/h/m. Estas variaciones se relacionan a la distribución de los sedimentos permeables, como la disminución de tamaños de grano del oeste produciéndose la inversión de salinidad.

Palabras claves: Sistema Acuífero Yrenda, Chaco, Paraguay, Acuífero transfronterizo.

Abstract: The SAY is a regional hydrogeological system that occupies Paraguay, Argentina, and Bolivia. It is a semi confined to confined aquifer and consists of unconsolidated quaternary and tertiary sediments, that covers ca. 2/3 of the Western Region in Paraguay. The groundwater salinity increases along the flow direction, which is from W to E; the velocity is estimated in the range of 20 to 46 m/yr. Recharge takes place in the Bolivian region through direct infiltration of precipitation and river water, in the sub-Andean hills (serranía del Aguaragüe). Discharge occurs twofold, depending on the area where it takes place. A) In the central-east region, discharge gives place to wetlands of brackish-salty waters, due to the presence of an impervious barrier to the east that partly avoids the further flow to the Paraguay River. The barrier causes an increase of the rest water level, which lies very close to the surface in the eastern part of the Central Chaco. This situation is not reverted by groundwater extraction for domestic water supply of urban areas because, due to the salinity, extraction is limited. B) The over exploitation of the eastern aquifers allows the intrusion of salty groundwater from the Yrenda Aquifer System into the Eastern Region of Paraguay. The aquifer at the border to Bolivia is characterized by a permeability that varies between 6-8 m/d and a transmissivity in the range of 400-200 m²/d. In the Central Chaco, the permeability lies between 0.3 and 12 m/d and the transmissivity between 80 and 120 m²/d, while the specific capacity varies in the range of 1.1 to 3.7 m³/h/m. These variations are related to the distribution of the permeable sediments, as grain sizes decrease from west to east following the deposition track.

Key words: Acuífer System Yrenda, Chaco, Paraguay, Acuífer transborder
INTRODUCCIÓN

El Sistema Acuífero Yrenda (SAY), “Yrenda”, palabra guaraní (Y=agua, rendá=lugar) que significa “lugar del agua”, corresponde a un sistema del acuífero regional transfronterizo que se extiende por las áreas fisiográficas del Chaco Boreal Central Sudamericano que abarca parte del territorio de tres países: Argentina, Bolivia y Paraguay.

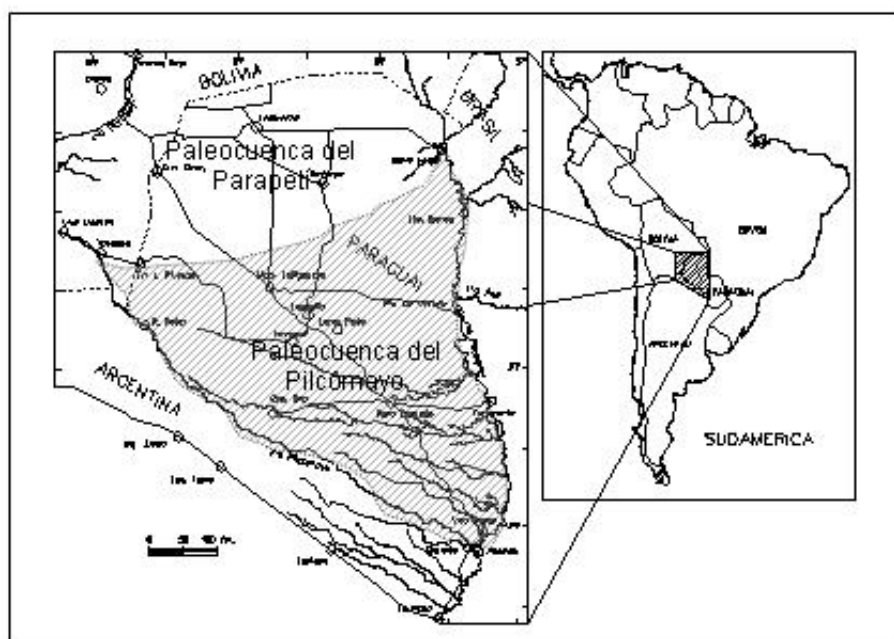


Figura 1 Mapa de ubicación de área de estudio del SAY, el cual abarca completamente la paleocuenca del río Pilcomayo y parte de la paleocuenca del río Parapetí (donde se encuentran las dunas al este de Bolivia y parte noroeste del Chaco paraguayo y las áreas carentes de afloramientos ubicadas en la parte norte del Chaco).

El Sistema Acuífero Yrenda (SAY) abarca la paleocuenca del río Pilcomayo, con una extensión de 180.000 Km² aproximadamente y parte de la paleocuenca del río Parapetí (Figura 1). El principal cauce de régimen permanente que atraviesa el Gran Chaco Boreal es el río Pilcomayo, cuya cuenca abarca una superficie de 272.000 Km², correspondiendo 98.000 Km² al territorio Boliviano; 95.000 Km² al territorio Paraguayo y 79.000 Km² al territorio Argentino, CABRERA (1988). El río Pilcomayo es de importancia por su influencia en la recarga de los acuíferos.

El clima en el Chaco es sub-húmedo al este a semi-árido al oeste. La temperatura media anual es de 24°C. La evapotranspiración potencial es de 1.300-1.400 mm/año. La precipitación media anual disminuye gradualmente de 1.400 mm en el río Paraguay a un mínimo de 600 mm, cerca del límite con el Chaco boliviano. Los vientos predominantes son norte-sur, siendo la humedad relativa en un rango que varía de 20% a 65%.

Este trabajo tiene como objetivo dar a conocer los aspectos hidrogeológicos regionales como la extensión del Acuífero Yrenda, y mostrar la necesidad de concretar una gestión integral entre los tres países involucrados para garantizar su aprovechamiento de manera sustentable. El estudio está basado en las informaciones disponibles hasta el momento, principalmente en datos de investigaciones hidrogeológicas realizados con proyectos de

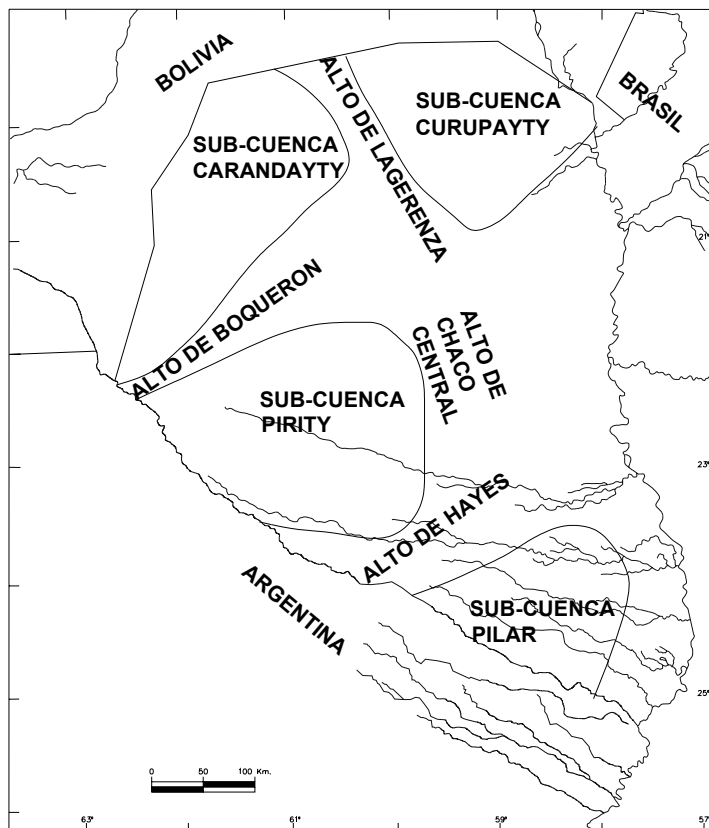
Cooperación Técnica Internacional desde 1967 hasta el presente; como también en investigaciones de tesis, donde los autores fueron investigadores en dichos proyectos.

GEOLOGIA

Estratigrafía y Tectónica

El Chaco paraguayo pertenece a la cuenca del Chaco sudamericano. Al norte y oeste limita con el Chaco boliviano, al sur con el Chaco argentino y al este con el río Paraguay límite fronterizo con Brasil.

La Cuenca del Chaco se divide en cuatro subcuencas (Figura 2); Curupaity, Carandaity, Pirity (Pirizal o de Lomas Olmedo) y Pilar al sur. Las sub-cuencas están separadas por el Alto del Chaco central y los arcos de Cerro León (Izozog, como es conocido en Bolivia); Boquerón (Michicola en Argentina) y Hayes (Quirquincho en Argentina).



CLEBSCH (1991), afirma que el Chaco paraguayo presenta tres eventos geológicos principales: a) deposición de sedimentos Paleozoicos en ambientes de plataforma relativamente estable; b) rifting de esta sección Paleozoica en la sub-cuenca de Pirizal durante el Cretácico con depósitos de gran espesor, predominantemente continental; y c) depósitos de sedimentos continentales y marinos en cuenca escarpada, desde el Eoceno hasta el presente.

Figura 2 La cuenca del Chaco paraguayo y sus subcuencas. Fuente: BANKS, DIAZ DE VIVAR, 1975.

La historia de la tectónica del Chaco paraguayo, según CLEBSCH (1991) puede ser dividida en eventos del: Paleozoico, Cretácico y Cenozoico. El evento del Paleozoico definió la estructura de la sub-cuenca de Carandaity y la sub-cuenca de Curupayty, los eventos del Cretácico formaron la sub-cuenca de Pirizal, y los eventos del Cenozoico que definieron la configuración actual de la cuenca. De acuerdo con MINGRAMM et al., (1979) la elevación de la Cordillera de los Andes orientales comenzó en el Eoceno y alcanzaron su elevación actual durante el Plioceno del Cenozoico.

Geología local

En el Chaco paraguayo se presentan rocas del Devónico, Carbonífero (el norte del Chaco) y Terciario-Cuaternario (Figura 4). Debido al interés hidrogeológico para el SAY, las descripciones se basaran en los sedimentos no consolidados Terciario-Cuaternario que rellenan la cuenca del Chaco, según descripciones de GÓMEZ (1986); WIENS (1991); CROCE, et al. (1991); GODOY & LARROZA (1996). La Formación Chaco de edad Terciaria – Cuaternaria, corresponde a un ambiente de deposición de sedimentos provenientes de los Andes. Esta formación está compuesta por una alternancia de arena fina de color pardo claro a amarillo, limo arcilloso y/o arenoso y arcilla. El color de los sedimentos pelíticos es pardo claro a rojizo, en ocasiones gris verdoso. Son frecuentes las concreciones de carbonatos y material ferruginoso, en las arenas, limos y arcillas, donde comúnmente se encuentran niveles de yesos.

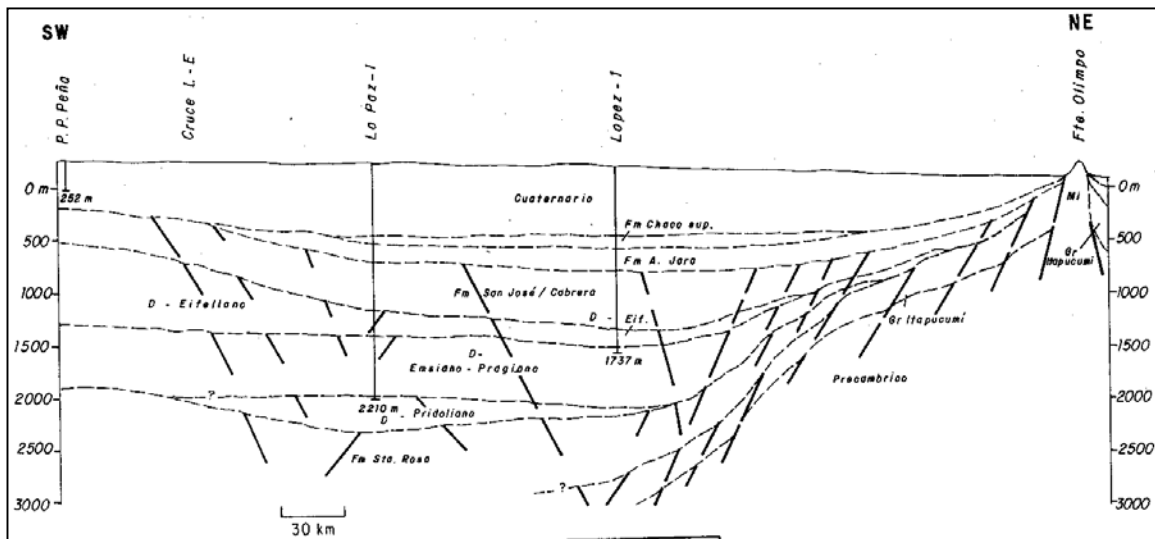


Figura 3 Perfil geológico del Chaco Paraguayo SW-NE, en base a pozos petrolíferos, Fuente: WIENS, F. (1995). Ubicación de la línea de corte SW-NE ver Figura 4.

La granulométrica de los sedimentos disminuye de oeste a este, de gravas localizadas cercanas al río Pilcomayo, a arenas finas a muy finas en el Chaco central y arenas muy finas en las proximidades al río Paraguay. El terciario inferior esta constituido por areniscas, lentes de conglomerados, arcillitas y limonitas. El terciario superior esta representado por arcilla arenosa, verde a verde azulada y pardo rojiza con intercalaciones de evaporitas. El cuaternario esta representado por sedimentos aluviales, fluvio-lacustres, coluviales, terrazas y dunas. El espesor del cuaternario es de aproximadamente 350 m en Bolivia, que gradualmente va disminuyendo en dirección este, presentando escaso espesor hacia el río Paraguay (Figura 3). Investigaciones sedimentológicas de material fino de origen cuaternario en el Chaco central dio como resultado en una composición de 90 % de material fluvial y 10 % de material eólico (KRUCK, 1996).

HIDROGEOLOGIA

Dentro de las 16 Provincias hidrogeológicas de América del Sur, la del Pantanal-Chaco Pampeano está constituida por tres sub-provincias que la denominan: Pantanal, Chaco y

Pampa, siendo grandes depresiones estructurales rellenas por sedimentos aún de edad y espesor variables. Es de nuestro interés la sub-provincia Chaco.

Sub-provincia Chaco

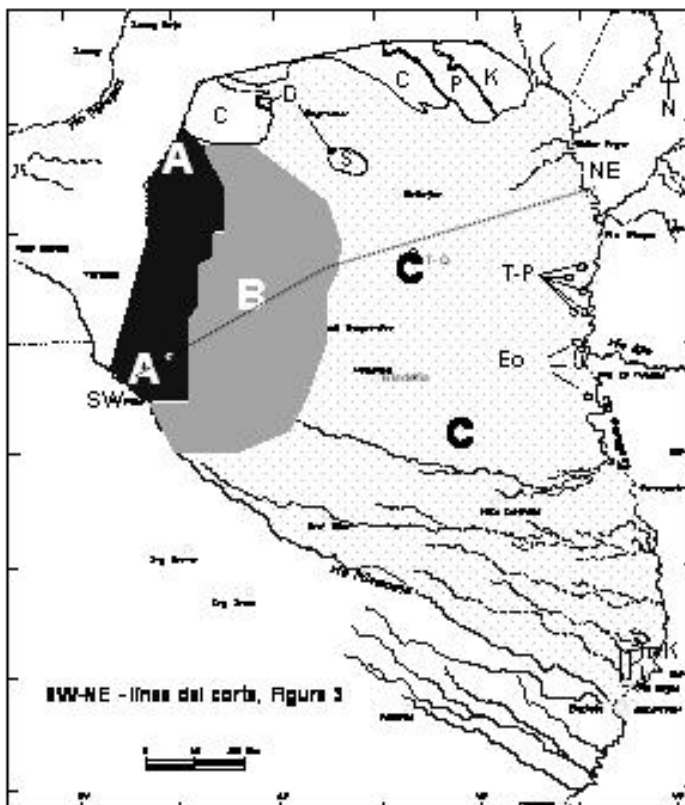
La sub-provincia Chaco (a la cual pertenece el Chaco Paraguayo) es la región fisiográfica con clima sub-húmedo a semi-árido, que se ubica en el sector occidental del Paraguay, con una extensión hacia el oeste en territorio de Bolivia y continuando al sur en el sector norte de Argentina. Esta sub-provincia corresponde a una gran cuenca sedimentaria rellena por algunos miles de metros de sedimentos (aprox. 8.000 m), variando su edad geológica del Paleozoico hasta el reciente (UNESCO CPRM-DPRM /, 1996).

Hidrogeología local: Sistema Acuífero Yrenda - SAY

El Chaco Paraguayo pertenece a la Provincia Pantanal-Chaco-Pampeano correspondiente a la sub-provincia Chaco, Piso Hidrogeológico Chaco. La unidad hidroestratigrafía del Sistema Acuífero Yrenda (SAY) es la siguiente:

Edad Geológica	: Terciario / Cuaternario
Piso Hidrogeológico	: Chaco
Sistema Acuífero	: Yrenda

Bajo la denominación de SAY, se entiende por los Acuíferos confinados y/o semiconfinados que se extienden por todo el Chaco en varios niveles y a diferentes profundidades,



constituyendo sistemas multicapas, antiguamente denominado Complejo Acuífero Yrenda por GODOY (1989), constituyendo a nivel regional un solo sistema hidrogeológico, aunque pueden presentarse a nivel local diferencias de detalle, ocupada por diferentes sistemas de flujos de aguas subterráneas. Al sur del Paralelo 20°, el SAY se presenta por debajo de los 50 m de profundidad hacia el oeste, límite con Bolivia, y por debajo de los 5 - 3 m hacia el este, en el Chaco Húmedo, llegando incluso a sobreponerse al nivel freático cercano al río Paraguay, ocasionando flujo de los acuíferos confinados a los freáticos. Los niveles piezométricos van de 25 m a cercanos a al superficie, en el sentido oeste-este, ver bloque de diagrama de la Figura 5.

Figura 4 Mapa esquemático geológico de la región occidental, Chaco, Leyenda: Q = Cuaternario; T = Terciario; T-K = Terciario-Cretácico; K = Cretácico; T-P = Triásico-Pérmico; C = Carbonífero; D = Devónico; S = Silúrico; Eo = Eocámbrico. Fuente: NACIONES UNIDAS, 1986; Zonación del comportamiento del agua subterránea en el SAY lado paraguayo, en negro las aguas

subterráneas dulces (Zona A y A'); en gris las aguas subterráneas salobres (Zona B) y en relleno de puntos las aguas saladas (Zona C); Ubicación del corte del perfil geológico de la Figura 3.

Los acuíferos alcanzan espesores de 25 a 45 m, los diferentes niveles acuíferos que componen el Sistema. Constituidos por arena fina, a veces con presencia de arena media hacia el oeste, y están separados por capas de arcilla y limo.

Para tener un mejor panorama del comportamiento del agua subterránea, el área se describirá por zonas, FARIÑA et al. (1996), Figura 4; para denominar los tipos de agua que ocurren en el sistema se utilizará la nomenclatura de DAVIS & WIEST (1971) a saber: agua dulce (TSD 0-1.000 mg/L), salobre (TSD 1000-10.000 mg/L) y salada (TSD 10.000-100.000 mg/L).

Zona A – Frontera con Bolivia (Figura 4): Debido a la granulometría de los sedimentos, donde predominan las arenas medias a gruesa, gravas, hasta cantos rodados, y por su proximidad al área de recarga, ésta es la zona con mejores condiciones hidrogeológicas para obtener agua de buena calidad. Cabe mencionar la diferencia del comportamiento del agua subterránea fuera del sistema paleofluvial del río Pilcomayo al norte y al este del mismo, donde hasta los 120 a 150 m de profundidad, se encuentra agua con conductividades mayores de 2.000 μ hos/cm. Era de esperar que en el lado boliviano por debajo del acuífero con agua salobre y a mayor profundidad que las mencionadas se encuentren agua de buena calidad, con lo que se llegó a confirmar con perforaciones realizadas durante el Proyecto PASIG (1998), en el pozo "El Bolsón".

Esta información fue de gran aporte para el conocimiento de las características hidrogeológicas, hidroquímicas y sedimentológicas de los diferentes acuíferos en profundidad, entre los 114 a 120 m de profundidad se ha detectado un acuífero con agua salobre y a partir de los 178 m de profundidad se han encontrado acuíferos con agua dulce, en sedimentos de arena gruesa y gravas, por ejemplo, en los niveles acuíferos de 185 a 194 y 224 a 244 m de profundidad. Durante el ensayo de bombeo hubo un aumento de 2.000 a 12.000 μ hos/cm, posiblemente debido a contaminación de los acuíferos superiores (PASIG, 1998).

Zona A' Paraguay – Argentina (Figura 4): los acuíferos que se encuentran entre profundidades de 50 metros y 120 a 170 metros, contienen agua salobre y salada. Generalmente se presentan en arenas finas, mediana y hasta gravilla, interestratificadas con capas de limo, cristales de yeso. El nivel de agua subterránea está entre los 20 y 25 metros de profundidad. Por debajo de los 120 a 170 m de profundidad las variaciones de la velocidad de flujo, y por lo tanto la mayor circulación del agua, permite un mejor lavado de los componentes del acuífero, no permitiendo así la concentración de las sales y formando el fenómeno de inversión de salinidad, presentándose agua dulce por debajo del agua salada, siendo esta es la característica más resaltante de esta zona.

Datos de perforaciones de pozos en la zona de Fortín Mayor Infante Rivarola, frontera con Bolivia, el agua dulce comienza a los 120 m con caudales aproximados de hasta 80 m³/h; en Pozo Hondo a los 198 a 212 m de profundidad el agua es dulce, siendo salobre en acuíferos menos profundos; en Pedro P. Peña, la forma de ocurrencia del agua dulce es la misma.

Las características químicas del agua subterránea en las zonas A y A' con contenidos en sales de < 1.000 mg/L son bicarbonatadas cálcica- magnésica y en algunos casos bicarbonatadas sódicas. El bicarbonato claramente excede a todos los demás aniones. El muy bajo contenido en Cl⁻ es una característica importante.

Del lado argentino según datos de perforaciones, INCYTH (1973), realizados a lo largo la vía férrea muestran la existencia de acuíferos profundos con agua de buena calidad, apta para consumo humano, en Estación Ing. Juárez, a una profundidad perforada de 193 metros, KARPOFF et al., (1965), indican la presencia de capas con agua dulce. En el mapa Hidrogeológico de la Argentina, INCYTH (1991), también se observa que existe agua dulce en acuíferos profundos. Datos más recientes de perforaciones como en las localidades de Los Blancos y Capitán Pagés, (Salta-Argentina), donde se habían realizado 11 perforaciones, habían constatado la presencia de agua salobre y salada hasta profundidades de 300 metros. En el año 2004, se perforó en Capitán Pagés un pozo exploratorio que alcanzó los 400 metros de profundidad, el cual detectó un reservorio de agua potable entre los 325 a 385 metros. Este intervalo acuífero se encuentra en formaciones sedimentitas terciarias de 60 metros de espesor, con nivel estático a los 15 metros bajo boca pozo y dio en la prueba de ensayo un caudal de 20 m³/h, cuya conductividad eléctrica fue de 800 µmhos/cm (FUERTES, 2004).

ZONA B (Figura 4). A medida que avanzan hacia el este, las aguas de los acuíferos son salobres, como la atestiguan los pozos realizados en la zona de Estancia Gran Siete, Estancia Pastor Moreno y Estancia Kenka Kley (al oeste de Filadelfia) y son aguas cloruradas y sulfatadas sódicas. El uso de este tipo de agua es principalmente ganadero.

ZONA C (Figura 4). En Filadelfia (un caso tipo), el acuífero que se encuentra a los 93 – 108 m de profundidad, la conductividad eléctrica es de 17.000 µmhos/cm. En dirección este de las colonias menonitas se va incrementando la salinidad llegando a 87.700 µmhos/cm en un pozo perforado de 200 m de profundidad en la Estancia “Las Niñas”, ubicada en el lugar denominada “Sastre”, cerca del río Paraguay.

Esta zona se caracteriza por la ocurrencia de humedales salobres a salados en la dirección del flujo subterráneo. Siendo el agua subterránea salada de características químicas cloruradas y sulfatadas sódicas con contenido muy bajo en bicarbonato.

La fuente de la alta salinidad regional son las evaporitas dispersas en los sedimentos arcillosos. El yeso es un mineral que se registra con frecuencia en los perfiles de las perforaciones juntamente con concreciones calcáreas. Evidentemente, existe también un suministro considerable de cloruro.

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS DEL ACUÍFERO PROFUNDO, SU RECARGA Y DESCARGA

En el área entre el Sub-andino boliviano y el río Parapetí la permeabilidad (K) de los acuíferos profundos varía de 8,6 – 17,3 m/día; la transmisibilidad (T) de 1.075 – 2.150 m²/día y el coeficiente de almacenamiento (S) de 5.10⁻⁴ – 6.10⁻⁶ (AH GMBH, 1974); en el área fronteriza boliviano-paraguaya la permeabilidad varía de 6 a 8 m/día y la transmisibilidad de 400 a 200 m²/día y en el Chaco central paraguayo la permeabilidad varía de 0,3 a 8,0 m/día y la transmisibilidad de 50 a 100 m²/día. Los pozos que captan estos acuíferos presentan caudales específicos que varían de 200 a 3.7 m³/h/m. Su porosidad total máxima es de 40% y la porosidad efectiva está entre 7 y 10%. La velocidad real de flujo subterráneo varía aproximadamente de 20 m/año a 46 m/año, GODOY & PAREDES (1994).

Los acuíferos profundos son recargados en territorio boliviano, por infiltración de las aguas de precipitaciones en el piedemonte del Sub-andino y en los lechos de los ríos: Parapetí, Pilcomayo y otros ríos más pequeños que descienden a la llanura chaqueña.

La recarga de los acuíferos profundos del Chaco se produce de oeste-este y de noroeste-sudeste. Según GEYH et al., 1996, la recarga de estos acuíferos se encontraría en los sectores altos de los afloramientos subandinos (serranía del Aguaragüe) y aproximadamente 1.500 m.s.n.m. esto ha sido determinado con los datos de ^{18}O , cuyos valores se ubican entre 7,20 y -8,60 ‰. El río Pilcomayo infiltraría por año 860 millones de m^3 como volumen medio anual, según estudios realizados en Bolivia (AH GMB, 1974). El gradiente hidráulico es de 0.003 y la permeabilidad es de 9 m/día NACIONES UNIDAS, (1978).

La recarga total anual de los acuíferos profundos estaría por los 2.460 millones de metros cúbicos, GODOY & PAREDES, (1994).

En los tiempos de estiaje aumenta la salinidad de los cursos superficiales y los humedales, indicando una alimentación de fuente subterránea.

La zona de descarga se caracteriza por la ocurrencia de humedales salobres a salados en sentido de la dirección de flujo subterráneo. El principal flujo de agua es el sistema más importante del acuífero regional que transfiere agua y materia, Figura 6.

Es indudable que la calidad química del agua subterránea salada del Acuífero Yrenda, influye en la composición florística y características edáficas de los mismos en los habitats de descarga.

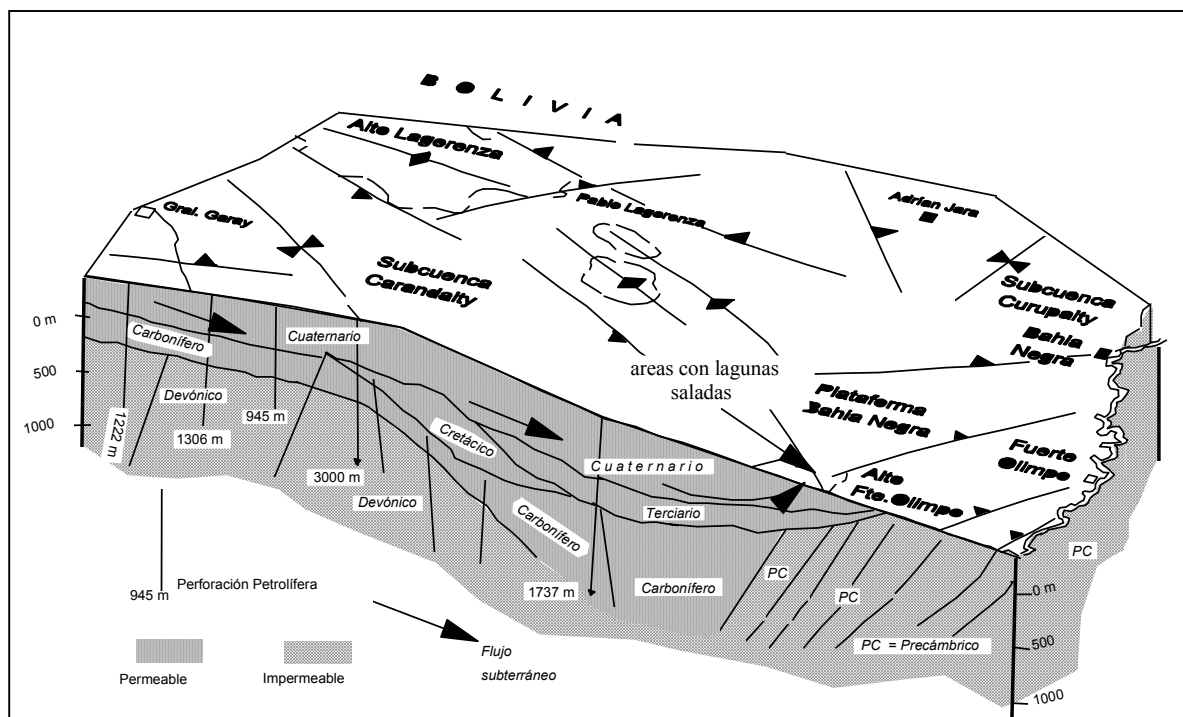


Figura 5 Bloque diagrama esquemático de la parte norte de Chaco paraguayo, mostrando un modelo conceptual de descarga del Sistema Acuífero Yrenda. Fuente: GODOY & LARROZA, 1996.

La formación de minerales evaporíticos en áreas de descarga producida por sistemas de flujo regional del agua subterránea mineralizada (salada), es una característica del área. En las descargas difusas, existen eflorescencias y precipitados salinos y erosión del horizonte A, debido a la distancia crítica entre la superficie freática y la superficie del suelo. Las causas de la erosión del horizonte A son debido a la acumulación localizada de sales que implica la muerte de la vegetación y la posterior acción mecánica en el suelo desnudo del viento, precipitación y en algunas lagunas el pisoteo del ganado, LARROZA et al., 2002.

ORIGEN DE LA SALINIDAD

La salinidad de las aguas subterráneas en la cuenca del Chaco se debe a la existencia anterior de un mar de poca profundidad, de ambiente restringido, que ha dejado sus sales, sumándole a esto la evaporación que contribuyeron en gran manera para la ocurrencia de evaporitas. SPRECHMANN et al., (2001) indican que el origen de este Mar denominado Paranaense (un gran paleoestuario) responde a uno o varios niveles altos del nivel marino ocurridos durante el Mioceno Medio y Superior. Este mar muy somero (mar de poca profundidad), con ambientes intermareales y submareales era de aguas templadas cálidas. El mar no poseía conexión con otros mares. Si existió una conexión por sistemas fluviales con cuencas al norte de Sudamérica y la Amazona que explican las relaciones biogeográficas de los organismos límnicos, constituyendo una barrera para las especies marinas.

CONSIDERACIONES FINALES

El SAY abarca completamente la paleocuenca del río pilcomayo y parte de la paleocuenca del río Parapetí, Este sistema acuífero contiene los tres tipos de aguas: dulce, salobre y salada, siendo el aumento de las sales en la dirección del flujo subterráneo – noroeste-sureste. Considerando los datos de estudios realizados y presentados de manera resumida en esta literatura, el Sistema Acuífero Yrenda significa para el Chaco paraguayo una fuente de abastecimiento muy importante para el desarrollo actual y futuro de esta región y de las regiones de los países involucrados con este acuífero. En la región boliviana y parte oeste del Chaco paraguayo presentan inversión de salinidad, siendo los acuíferos superiores salados a salobres y a mayor profundidad dulces; La recarga proviene del lado boliviano en los sectores altos de los afloramientos subandinos a aproximadamente 1.500 m.s.n.m., en cuanto a la descarga se realiza a través de la explotación de pozos del lado paraguayo y en humedales de lagunas saladas. Hasta el presente los proyectos de estudios de cooperación técnicas con otros países, se han realizados en forma local, esto limita la disponibilidad de informaciones y la falta de medidas para la correcta explotación, protección y el aprovechamiento sustentable del mismo.

Por ello los autores proponen:

- Denominar el Sistema Acuífero como SISTEMA ACUÍFERO CHACO por la ubicación y raíces del mismo (Chaco sudamericano).
- Que los fondos para estudios que se puedan captar en nombre del Sistema Acuífero sean brindados por concurso publico a las universidades y profesionales de los tres países, para diseñar un aprovechamiento sustentable en forma conjunta para ser gestionados por instituciones de los gobiernos involucrados y no que sean empresas multinacionales las ejecutoras de los estudios debido principalmente a que poseen escaso conocimiento de la región en geología, hidrogeología, idiosincrasia, problemática y soluciones convenientes e inmediatas de nuestros pueblos.
- Una planificación conjunta para establecer el monitoreo del sistema acuífero es de vital importancia, principalmente por la elevación de nivel de agua, lo que esta produciendo una progresiva salinización de suelos al este.

BIBLIOGRAFIA

AH (Agrar und Hydrotechnik) GMBH, (1974). Proyecto de Desarrollo Agroindustrial Abapozog. Hidrogeología. *Informe final*. P. 68. Gobierno Boliviano / FAO. Essen –Alemania.

BANKS, L.M.; DIAZ DE VIVAR, V., (1975). Exploration in Paraguay Reactived. *The Oil and Gas Journal*, October 6. p. 164-168.

CABRERA, F., (1988). Los Recursos Hídricos subterráneos y sus Posibilidades de Aprovechamiento. *Programa de Desarrollo Integral del Chaco Boliviano. Organización de los estados Americanos (OEA), Ministerio de Planeamiento y coordinación*. Santa Cruz Bolivia. p. 122.

CLEBSCH, C. A., (1991). *The geological Evolution of the Paraguayan Chaco*. Texas, 185 p. Tese doctoral - Texas Tech University, USA, 185 p.

CROCE, M.; GODOY, E.; MIFFLIN, M.; GARCIA, D.; ORREGO, M.; IRRAZABAL, D. y LARROZA, F.A., (1991). *Perforaciones Profundas y Someras del Norte del Chaco Paraguayo*. Departamento de Cooperación Técnica para el Desarrollo - Naciones Unidas / Comisión Nacional de Desarrollo Regional Integrado del Chaco - MDN. Filadelfia – Paraguay, p. 9 - 42.

DAVIS, S. N.; DE WIEST, R., (1967) - *Hydrogeology*. John Wiley and Sons, Inc. N.Y. 463 p.

FARIÑA, S.; PAREDES, J. L.; GODOY, E.; ADORNO, J., (1996). Ocurrencia de Agua Subterránea de Buena Calidad en la Zona de la Planicie de Inundación del Río Pilcomayo. In: Congreso Geológico de Bolivia, 12., Tarija-Bolivia, *Memorias*. Tarija, Sociedad Geológica Boliviana, t. 2, p. 905 - 913.

FUERTE, A., (2004). Informe Nacional Argentina: Sistema Acuífero Yrenda-Toba-Tarijeño. 41 p.

GEYH, M., GROSJEAN, M., SCHOTTERER, U., (1996). Sincronopsis del Desarrollo Morfológico y Climatológico del Chaco Boreal y de Atacama en los Últimos 35.000 años AP. In: CONGRESO GEOLÓGICO DE BOLIVIA, 12., Tarija-Bolivia, 1996. *Memorias*. Tarija Sociedad Geológica Boliviana, t. II, p. 1267-1276

GODOY, E., (1989). Ocurrencia, calidad y propuesta de estratificación de las Aguas Subterráneas del Chaco paraguayo. Publicación del Departamento de Abastecimiento de Agua para el Chaco (CNDRICH/MDN). Recursos Naturales. Geología-Hidrología. N°1. Filadelfia-Paraguay. P27-44.

GODOY, E. y PAREDES, J.L., (1994). Las aguas subterráneas del Chaco Boreal - Central Sudamericano. Filadelfia – Chaco (Py), DRH/BGR, *Serie de informes Técnicos*, n. 7., p. 10.

GODOY, E.; LARROZA, F.A., (1996). Síntesis hidrogeológica del área norte del Chaco Paraguayo. In: CONGRESO GEOLÓGICO DE BOLIVIA, 12., Tarija-Bolivia, 1996. *Memorias*. Tarija, Sociedad Geológica Boliviana, t. i, p. 295-307.

GOMEZ, D., (1986). Contribución al Conocimiento de la Geología del Norte del Chaco Paraguayo. Comando en Jefe de las FF AA de la Nación. Iller. Cuerpo de Ejército-Lagerenza – Paraguay, 27 p.

INCYTH, (1973). Mapa Hidrogeológico de la Provincia de Formosa. *Instituto Nacional de Ciencias y Técnicas Hídricas*. Buenos Aires – Argentina.

INCYTH, (1991). Mapa Hidrogeológico de la República Argentina. Esc. 1:2.500.000. *Ministerio de Economía y Obras y Servicios Públicos / Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe (UNESCO)*, Buenos Aires – Argentina

KARPOFF, R.; D’HAUTEVILLE y RENOARD., (1966). Estudio Hidrogeológico del Paraguay. *Misión Geológica Francesa* (Agosto-diciembre, 1965), p. 42. Paris.-Francia.

KRUCK, W., (1996). Pleistoceno Superior y Holoceno del Chaco Paraguayo. In: CONGRESO GEOLÓGICO DE BOLIVIA, 12., Tarija-Bolivia, 1996 - *Memorias*. Tarija, Sociedad Geológica Boliviana, t. 3, p. 1217-1220.

LARROZA, F.A., FARIÑA, S., ORUÉ, D., (2002). Estudio Preliminar de Áreas de Descarga del Acuífero Salado en el Chaco Central (Cuenca Riacho Yakaré). Loma Plata, (inédito)

MINGRAMM S., RUSSO A, POZZO, A, y CAZAU L., (1979). Sierras Subandinas, In: Turner J.C.M. (ed.) Geología Regional Argentina. Córdoba, Academia Nacional de Ciencias, p.95-137.

NACIONES UNIDAS, (1978). Investigación y Desarrollo de Agua Subterránea en el Chaco - Informe Técnico. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Nueva York, USA, 93 p.

NACIONES UNIDAS; GOBIERNO DEL PARAGUAY, (1986). Mapa Geológico del Paraguay. Asunción (Escala 1:1.000.000).

PASIG, R., (1998). Estudio Hidrogeológico del Chaco Tarijeño de Bolivia. Convenio Alemán-Boliviano de Aguas Subterráneas (CABAS). *Boletín del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERGEOMIN)*, n. 15. p. 97.

SPRECHMANN, P; ACEÑALOZA, F.G.; GAUCHER, C.; NOGUEIRA, A.C.R.; PEREZ M. I., (2001). Trasgresión Paranaense: paleoestuario del tethys del mioceno medio y/o superior en Sudamérica. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE GEOLOGIA, 11., Montevideo-Uruguay, 2001. *Abstracts, 1 CDRoom*. Montevideo, Sociedad Latinoamericana de Geología p.10-15.

UNESCO-CPRM-DPRM, (1996). Mapa Hidrogeológico de América del Sur 1:5.000000. Texto explicativo. 210 p.

WIENS, F., (1991) Geología y Aguas Subterráneas, Chaco - Paraguay, Región al Norte de 20° 30' (Efectos de Interacción). 1er Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. *Memorias*. p. 67 - 86. Asunción – Paraguay.

WIENS, F., (1995) Proyecto Sistema Ambiental del Chaco: Geología. Desarrollo Geológico del Chaco. Informe Técnico. Proyecto de Cooperación Técnica Paraguayo-Alemana, DOA-BGR.