

# **ESTUDIO PRELIMINAR DE ÁREAS DE DESCARGA DEL ACUÍFERO SALADO EN EL CHACO CENTRAL (CUENCA RIACHO YAKARÉ)**

Autores:

Fernando A. Larroza  
Sandra Fariña  
Delio Orué

Loma Plata, 19 de septiembre de 2002

# CONTENIDO

- 1. GENERALIDADES**
- 2. INTRODUCCIÓN**
- 3. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO**
  - 3.1 Clima
  - 3.2 Geología
  - 3.3 Hidrogeología
  - 3.4 Hidroquímica
- 4. RESULTADOS:**
  - Laguna Curucao
  - Laguna Isla Po'í
  - Laguna Capitán
  - Laguna Ganso
  - Laguna Campo María
  - Laguna Rojas Silva
  - Puerto Pinasco
  - Riacho Yacaré
- 5. CONCLUSIONES**
- 6. RECOMENDACIONES**
- 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **LISTA DE FIGURAS Y FOTOS**

Figura 1. Localización de las áreas de las lagunas estudiadas.

Figura 2. Mapa de precipitación, temperatura y evapotranspiración media anual de las Colonias Mennonitas del Chaco Central.

Foto 1: Laguna Curucao.

Foto 2 Arenas del acuífero salado (laguna Curucao)

Foto 3. Laguna Isla Po'i, perforación entre las lagunas saladas

Foto 4 . Equipos utilizados para las mediciones del agua "in situ"

Foto 5. Eflorescencia salina, vegetación muerta, pisadas de ganado, no se observa horizonte A, cuerpos de agua superficial (salmuera) y acuífero salado.

Foto 6. Laguna Campo Maria

Foto 7. Entrada a Laguna Rojas Silva.

Foto 8. Integrantes del trabajo de campo en la laguna salobre de Rojas Silva, Foto 9. Riacho Yakaré .

## **LISTA DE CUADROS**

Cuadro 1. Tipos de Agua

Cuadro 2. Descripción de perfil tipo de lagunas en el Chaco Central (Pozo 1: Laguna Curucao)

Cuadro 3. Descripción de perfil tipo de lagunas en el Chaco Central. (Pozo2, Laguna Curucao).

Cuadro 4. Descripción de perfil tipo de ambiente aluvial. (Puerto Pinasco).

## **LISTA DE TABLA**

Tabla 1. Análisis físico-químicos de las muestras de agua de los pozos y lagunas.

## 1. GENERALIDADES

La escasez de documentación científica en el Paraguay relativa a los habitats de descarga de acuíferos, justifica lo expresado por CUSTODIO Y LLAMAS (1976) la explicación se debe a la idiosincrasia de la percepción humana, ya que el hombre tiende a menospreciar la importancia de lo que no ve, como es el agua del subsuelo y de los sistemas acuíferos, de gran inercia, por lo que los efectos debidos a su perturbación se dejan sentir a menudo tardíamente.

Sobre los fenómenos de salinización de lagunas al sureste de Loma Plata, LARROZA & GARCÍA (1991) indicaron que este fenómeno estaría relacionado con la elevación del nivel estático, la deforestación de grandes extensiones de terreno para transformarla en campos de pastoreo y la incidencia negativa del represamiento que actúa sobre la escorrentía superficial, aislando lo que antiguamente constituía un sistema fluvial interconectado en proceso de relleno y que esto explicaría el olor fétido y la coloración que presentan algunas lagunas; NITSCH (1994) enfatiza que el factor más importante que conduce a la salinización de suelos es el ascenso de las aguas subterráneas como consecuencia de la deforestación del bosque. Las raíces finas de los árboles mueren y el agua infiltrada ya no es absorbida por las raíces como suele ocurrir en condiciones naturales, sino que llega a las aguas subterráneas y conduce el ascenso del mismo. GODOY (1995) indica que la elevación regional del nivel de agua subterránea sería la principal causante de los procesos de salinización, como así también, los aportes sustanciales de los procesos de deforestación en gran escala de las áreas afectadas, que han acelerado la salinización de suelos en el chaco central oriental.

A estas aseveraciones habría que sumarle el incremento de la precipitación superando la barrera de 1.000 mm.

Los autores mencionados recomiendan finalmente que la implementación de estudios de evolución regional del nivel del agua subterránea y los efectos de deforestación sobre las mismas son impostergables, ya que para obtener conclusiones validas es necesario disponer de datos de largo tiempo.

De gran importancia es que ultimamente se esta considerando mas el interés científico, biológico y socio-cultural-económico de los habitats, así como sus amenazas. Debido principalmente de cada vez mas el medio ambiente preocupa a la población chaqueña, como es el caso de los HUMEDALES DEL CHACO CENTRAL denominadas vulgarmente lagunas saladas del chaco central.

El trabajo se desarrolló dentro del proyecto "Fortalecimiento del Manejo Sustentable de las Eco regiones Chaco y Pantanal", financiado por la USAID Paraguay, Cooperative Agreement-N° 526-00-A-00-00125-00

## 2. INTRODUCCIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en el Chaco central paraguayo, correspondiente a la región occidental a la República del Paraguay, zona de las colonias menonitas Ferheim y Menno (Fig.1). Específicamente denominada cuenca del Yakaré Sur. Se localiza en una zona de la hoja "Loma Plata" escala 1:250.000, según al nomenclatura del IGM, abarcando gran parte del departamento de Boquerón. Existe una inclinación de dirección oeste–este. Las altitudes topográficas son de 126 y 83 m.s.n.m.

Para la realización de los trabajos, se realizó un estudio de gabinete con análisis de fotos aéreas y satelitarias, mapas topográficos en escala 1:50.000 y 1:250.000, apoyado por recopilación de datos de archivo de la Dirección de Recursos Hídricos (DRH), con sede en Filadelfia, Chaco.

Primeramente se realizó un viaje de reconocimiento para observar la accesibilidad a los lugares a realizar los trabajos con máquina de perforación (AUGER) montada en vehículos Ford 4000 tracción simple.

Del 20 al 25 de Agosto de 2002 se desarrollaron los estudios hidrogeológicos en la zona de la cuenca alta, media y baja del Riacho Yakaré, mediante perforaciones en seco (sistema AUGER) a lo largo de la línea de flujo NW-SE desde Laguna Curucaó pasando por Laguna Capitán, Laguna Isla Po'i, Laguna Ganso, Campo María, Rojas Silva y Puerto Pinasco.

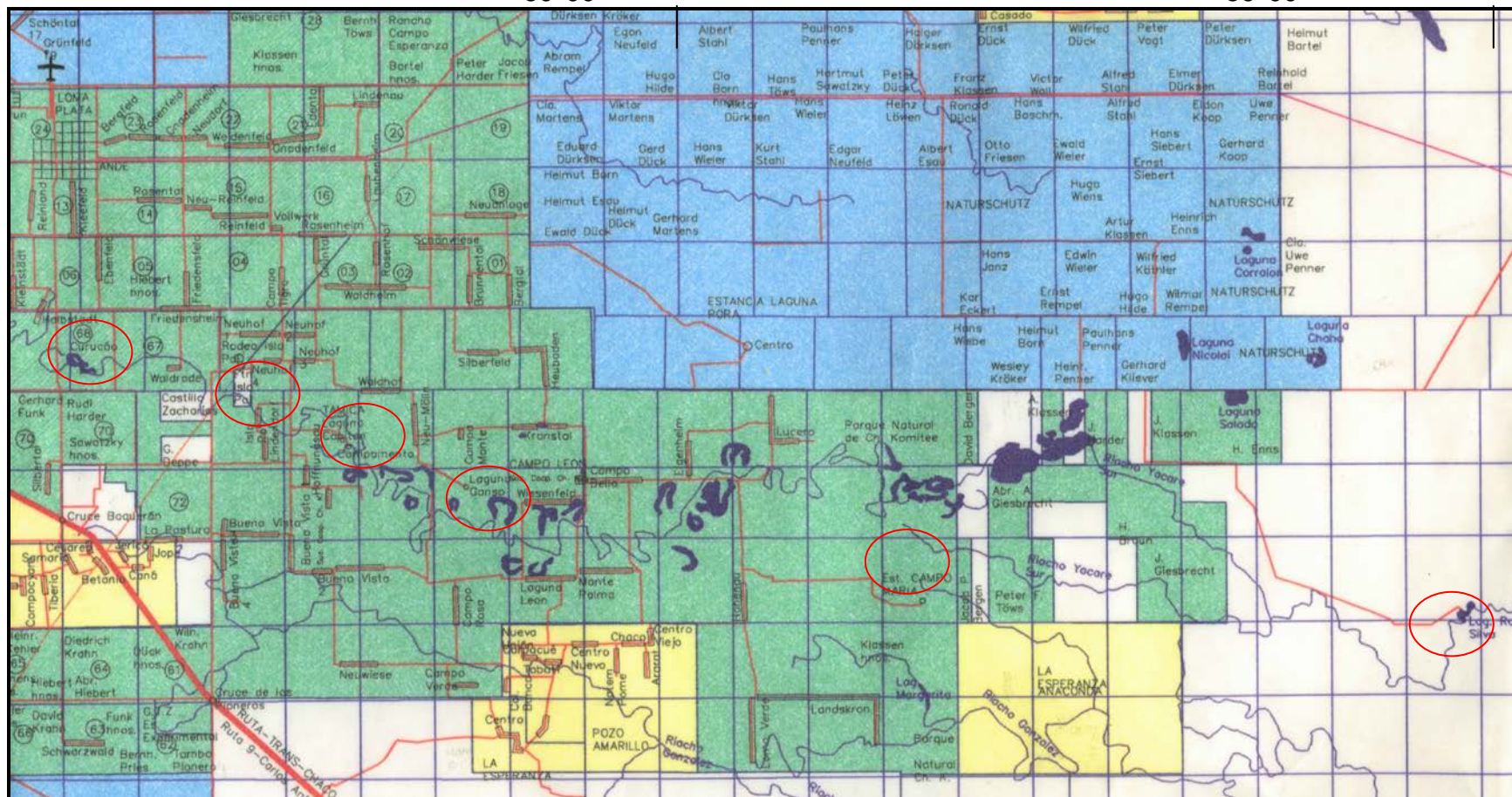
La metodología y objetivos de trabajo en el campo consistieron en:

- Determinación por GPS de la ubicación de las lagunas y pozos;
- Perforación para muestreo, descripción de cutting, medición in situ de la conductividad de las arenas saturadas del acuífero;
- Extracción de muestras de agua del acuífero para análisis físico químico; Identificar los potenciales impactos que ocurrirían en la Cuenca Media y Baja del Riacho Yakaré si se vuelve a habilitar el cauce, por apertura de represas, colocación de puentes en los caminos, etc.

La estructura de estudio de humedales realizados por REY BENEYAS (1991) en España sirvieron de referencia a los autores para su investigación.

60°00'

59°00'



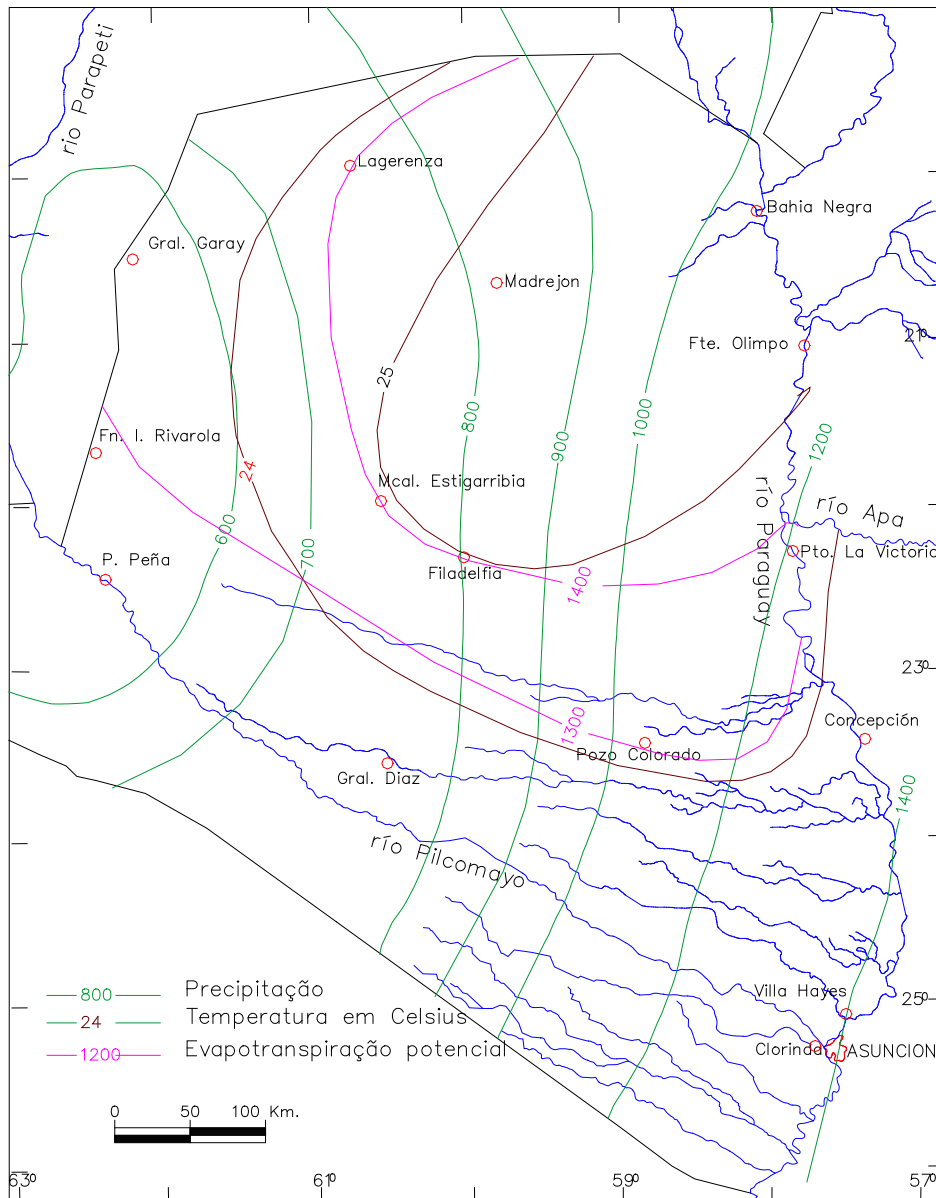
Escala 1:300.000

**Figura 1.** Localización de las áreas de las lagunas estudiadas. (Fuente: Plano original de las Colonias Mennonitas del Chaco Central. Sexta edición, 2001.1:300.000)

### 3. DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

#### 3.1 Clima

El clima del Chaco es semiárido a subhúmedo. La temperatura media es 25°C, elevándose la máxima a más de 45°C en verano. La precipitación se incrementa de 800 mm al este a 1200 mm al oeste. La evapotranspiración potencial promedio es de 1400 mm, en la Figura 2, se muestra las isoyetas medias anuales (mm), la isoterma media anuales (°C) y las medias anuales de la evapotranspiración (mm).



**Figura 2.** Mapa de precipitación, temperatura y evapotranspiración media anual. Fuente: Gobierno del Paraguay, PNUD (1986), modificado.

### 3.2 Geología

El relleno de la cuenca del riacho YAKARÉ está constituido por sedimentos inconsolidados Cuaternarios (arena, limo y arcillas, con minerales evaporíticos, carbonáticos y ferruginosos) depositados en régimen continental predominantemente fluvial. En esta sedimentación cuaternaria la granulometría va de gruesa a fina y de oeste a este, respectivamente.

### 3.3 Hidrogeología

La hidrogeología local del área de estudio esta representada por la unidad hidroestratigráfica siguiente: *Complejo acuífero Yrenda* GODOY, (1998) y *Acuífero Paleocauce Pilcomayo* LARROZA & PAREDES, (2002).

La superficie potenciométrica es de 124 m.s.n.m., en la zona de la Laguna Curucao, llegando hasta 75 m.s.n.m. en la zona de Puerto Pinasco. Esta diferencia potenciométrica indica que el sentido de flujo regional es preferencialmente de “Oeste a Este”, existiendo flujos locales de diversas direcciones debido a aportes de la precipitación.

### 3.4 Hidroquímica

Para determinar los tipos de aguas que se encuentran en las lagunas y de las aguas subterráneas de los acuíferos estudiados, se toma como referencia a DAVIS & WIEST (1967), del Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Tipos de Agua (DAVIS & WIEST (1967))

TIPO	TSD (mg/L)
AGUA DULCE	1.000
AGUA SALOBRE	1.000-10.000
AGUA SALADA	>10.000
SALMUERA	>100.000

Para obtener Total de Sólidos Disueltos (TSD) a partir de la conductividad eléctrica (CE) se utiliza el factor **0.831**, que multiplicado por la CE da el (TSD), este factor corresponde a la zona de Loma Plata LARROZA & CENTURIÓN, (1996). Con respecto a la clasificación química de los tipos de agua subterránea esta basada en la nomenclatura del diagrama PIPER, en donde se aplica la clasificación de LANGELIER & LUDWIG (1942). Los análisis físico-químicos que se presentan en el Anexo, Tabla 1, fueron utilizados para la clasificación de las aguas, cabe señalar que no se estudió la evolución de las mismas, por no ser el objetivo de este estudio,. La salinidad regional se incrementa normalmente hacia el oeste.



#### 4. RESULTADOS

##### LAGUNA CURUCAO



**Foto1:** Laguna Curucao, observase el suelo con eflorescencia salina y prácticamente sin horizonte A del suelo cerca del agua superficial salada.



**Foto 2.** Obsérvese las arenas del acuífero salado.

Fecha de estudio: 20/08/2002

Lugar: **Laguna Curucao**

Ubicación: Noreste de Loma Plata (centro)

Pozo/ Laguna	X (m) Zona 21	Y (m) Zona 21	NE (m)	CE x 0,831 TSD	T (°C)	Clasificación química	Tipo de agua
Pozo 1	2 0-8546 E	75-09780 N	1,95	39057	26,7	Clorurada Sódica Sulfatada	Salada
Pozo 2	20-8573 E	75-09817 N	0,95	29583	25,5	Sulfatada sódica Clorurada	Salada
Laguna	20-8573 E	75-09817 N		39140		Clorurada Sódica Sulfatada	Salada

Es una área de descarga con eflorescencia salinas en superficie, con olor nauseabundo debido al agua estancada y a la precipitación de sales de color predominantemente verde. La salinidad de pozos y laguna evidenciaría la conexión existente entre el acuífero y el agua superficial. El ambiente deposicional es de origen fluvial, (ver en Anexo , Cuadros)

### LAGUNA ISLA PO'I



**Foto 3.** Laguna Isla Po'i, perforación entre las lagunas saladas.



**Foto 4 .** Equipos utilizados para las mediciones del agua “in situ”

Fecha de estudio: 21/08/2002

Lugar: **Laguna Isla Po'i**

Ubicación: Entre las dos lagunas (Curucao y Capitán), al este de la casa principal (fortín)

Pozo/ Laguna	Ubicac	X(m) Zona 21	Y(m) Zona 21	NE (m)	CE x 0,831 = TSD	T (°C)	Clasific. química	Tipo de agua
Pozo 1	Entre las dos lagunas	21-8691 E	75- 09228 N	0,42	4538	26,7	Clorurada Sódica Sulfatada	Salobre
Pozo 2	Casa principal (fortín)	21-8511 E	75- 09180 N	1,0	41300	24,0	Clorurada Sódica Sulfatada	Salada
Laguna Norte	Al norte Del Pozo 1	21- 8691 E	75- 09-232 N		76368	16,6	Clorurada Sódica Sulfatada	Salada

El área es de descarga, la infiltración local al acuífero le brinda características dulces. Se observan eflorescencias salinas característicamente blancas y erosión del horizonte A del suelo.

En los humedales con capa freática mineralizada es común la existencia de zonas del suelo sin horizonte A orgánico. Ello se debe a un proceso de erosión en aquellos enclaves con concentración salina elevada que dificulta el crecimiento de la vegetación.

## LAGUNA CAPITÁN

Fecha de estudio: 21-22/08/02

Lugar: **Laguna Capitán**

Ubicación: Entre las dos lagunas (Isla Po'i y Ganso).

Pozo/ Laguna	Ubicac.	X (m) Zona 21	Y (m) Zona 21	NE (m)	CE x 0,831 TSD	T (°C)	Clasific. química	Tipo de agua
Pozo 1	Entre las dos lagunas	22-3888E	75-05798N	0,30	49860	24	Clorurada Sulfatada Sódica	Salada
Pozo 2	Casa principal (campamento)	22-4917E	75-04862N	2,4	45705	24,7	Clorurada Sulfatada Sódica	Salada
Laguna izquierda	A la izquierda de la entrada	22-3898E	75-05780N		93487	19,7	Clorurada Sódica Sulfatada	Salada

Área de descarga. La Laguna Capitán temporalmente con inundaciones, representan vestigios vivientes de los enormes vestigios evaporíticos de edad miocena? en el Chaco. La concentración cerca del suelo (debido a la alta evapotranspiración) de los solutos del agua subterránea forma estas evaporitas. Dichos solutos proceden de los minerales que previamente han contactado con el agua subterránea en sus trayectorias de flujo, desde las áreas de recarga, o sea transferencia de materia.

## LAGUNA GANSO



**Foto 5.** Eflorescencia salina, vegetación muerta, pisadas de ganado, no se observa horizonte A, cuerpos de agua superficial (salmuera) y acuífero salado.

Fecha de estudio: 22/08/2002

Lugar: *Laguna Ganso*

Ubicación: Inmediaciones de dos lagunas (Estancia Bartel)

Pozo/ Laguna	Ubicac.	X (m) Zona 21	Y (m) Zona 21	NE (m)	CE x 0,831 (TSD)	T (°C)	Clasificac. química	Tipo de agua
Pozo 1	Entre las dos lagunas	22- 8437E	75-03353N	0,70	46868	26,1	Sulfatada Sódica Clorurada	salada
Pozo 2	Al N del pozo 1	22-8511E	75-03486N	3,60	54015	27,4	Clorurada Sódica Sulfatada	Salada
Laguna derecha	Al W del pozo 1	22-8435E	75-03353N		153153	20,7	Clorurada Sódica Sulfatada	Salmuera
Laguna izquierd a	Al E del pozo 1	22-8424 E	75-03440N		143264	25,4	Clorurada Sódica Sulfatada	Salmuera

Constituye un área de descarga, la superficie freática esta relativamente cercana a la superficie, el agua subterránea es salada (Pozo 1), la laguna a la izquierda y derecha poseen alta salinidad (salmuera) por estar estancada y separada de la laguna derecha por un camino, ambas no poseen flujo (lavado). En los alrededores de estas lagunas la superficie saturada esta tan cerca de la superficie como para ser evaporada y formar costras salinas, sumandose a las eflorescencias salinas productos del agua superficial. La similar salinidad del agua subterránea en los pozos y el NE indicarían que el comportamiento del acuífero es como fuente de descarga, teniendo en cuenta que en el Pozo 2 la superficie del terreno es mas alta.

### LAGUNA CAMPO MARIA



**Foto 6.** Laguna Campo Maria parte del sistema de paleocauces (no de las lagunas saladas), suelo arenoso, agua superficial dulce, acuífero salobre como resultado de la recarga del anterior

Fecha de estudio: 23/08/2002

Lugar: Campo Maria

Ubicación: borde de la laguna

Pozo/ Laguna	X (m) Zona 21	Y (m) Zona 21	NE (m)	CE x 0,831 = TSD	T (°C)	Clasificación química	Tipo de agua
Pozo 1	25-8472 E	74-96141 N	0,53	3656	26,6	Clorurada Sódica Sulfatada	Salobre
Laguna	25-8472 E	74-96630 N		179	22,6	Bicarbonatada Cálcica Clorurada	Dulce

Se encuentra en paleocauce arenoso, en depresión de terreno, la cual presenta lamina de agua de forma circular, los suelos no presentan eflorescencia salinas, aislados de la red de drenaje superficial de las lagunas. Estas cubetas o depresiones son secas en verano, su calidad química (agua dulce) indica que alimenta (recarga) el acuífero freático por medio de suelos arenosos de buena permeabilidad, el cual es salobre debido a lo mencionado.

En épocas de sequía se utiliza el acuífero freático para uso principalmente ganadero y humano, mediante una batería de pozos.

### LAGUNA ROJAS SILVA



**Foto 7.** Entrada a Laguna Rojas Silva, cerca del antiguo destacamento.



**Foto 8.** Integrantes del trabajo de campo en la laguna salobre de Rojas Silva, suelo con eflorescencias salinas y acuífero salado.

Fecha de estudio: 24/08/2002

Lugar: Laguna Rojas Silva

Ubicación: al borde de la laguna

Pozo/ Laguna	X (m) Zona 21	Y (m) Zona 21	NE (m)	CE <sub>x0,831</sub> = TSD	T (°C)	Clasificación química	Tipo de agua
Pozo 1	28-9781 E	75-96141 N	0,55	21522	26,5	Sulfatada Clorurada Sódica	Salada
Laguna	29-9781 E	75-96140 N		3540	23	Clorurada Sódica Sulfatada	Salobre

Área de descarga-recarga, aumento de la precipitación en esta área.

Laguna con substrato mayormente impermeable (arcilla) permite retener el agua de precipitación y escorrentía (agua salobre), existiría aporte de la laguna al acuífero y viceversa, la salinidad de ambos, indicaría que existe intercambio.

## PUERTO PINASCO

Fecha de estudio: 24/08/2002

Lugar de estudio: Puerto Pinasco

Ubicación: al borde del río Paraguay

Observación: estudio adicional

Pozo/ río	Ubicac.	X (m) Zona 21	Y (m) Zona 21	NE (m)	CE x 0,831 = TSD	T (°C)	Clasificac. química	Tipo de agua
Pozo 1	A 10 m E del río Paraguay	41-3504E	74-95203N	3,80	661	28,5	Bicarbonat. Cálcica	Dulce
Pozo 2	Casa principal	41-3420E	74-95200N	4,47	6082	27,2	Clorurada Sódica Sulfatada	Salobre
Água río Paraguay	A la izquierda de la entrada	41-3515E	74-95203N		59	26,0	Bicarbonat. calcica	Dulce

Área de recarga. El acuífero freático dulce a las márgenes W se debe a que el río Paraguay alimenta el acuífero, al alejarse (pozo 2) se torna salobre. Se podría asumir que a mayor distancia del río el acuífero es salado, al no recibir aporte de agua dulce del mismo. El ambiente deposicional es aluvial.

## RIACHO YAKARÉ

### Datos de interés

	Ubicacion	X (m) Zona 21	Y (m) Zona 21	CE x 0,831 = TSD	T (°C)	Clasificac. química	Tipo de agua
Riacho Yakaré	Abajo del puente	39-2075E	74-96619N	8268	25,4	Clorurada Sódica Sulfatada	Salobre

Se presume que son "aguas mezclas" del acuífero freático y el agua superficial.





**Foto 9.** Riacho Yakaré , de agua superficial salobre, con escaso flujo, visto sobre un puente ubicado a mas de 20 Km del rio Paraguay

## 5. CONCLUSIONES

El área de estudio presenta una red de avenamiento anastomosada, esta forma esta compuesta por una serie de canales entrelazados, lagunas de meandros abandonados (ox-bow) y lagunas de cursos abandonados (bayou), estas redes de avenamiento son formas poco desarrolladas que se producen en llanuras aluviales.

La formación de minerales evaporíticos en áreas de descarga producida por sistemas de flujo regional del agua subterránea mineralizada (salada), es una característica del Chaco central.

Es indudable que la calidad química del agua subterránea influye en la composición florística y características edáficas de los mismos en los habitats de descarga del Chaco central.

El principal flujo de agua subterránea (se dirige de las áreas elevadas del W, a las partes mas bajas al E de las colonias menonitas) es el sistema más importante del acuífero regional que transfiere agua y materia.

Puede ser admitida una hipótesis inicial: que existirían relaciones entre la longitud del flujo (indicador del tiempo de residencia del agua subterránea en el subsuelo) de agua subterránea, su composición química el tipo de vegetación y suelos.

El agua subterránea tiene un papel moderador importante del paisaje de la cuenca del Yakaré, debido a la humedad, transporte de materiales y fuerza del componente vertical ascendente de los flujos en las áreas de descarga.

Los principales factores que hidrogeológicamente controlan la variación ecológica de los humedales son:

- 1) Dependientes del acuífero regional (sedimentos no consolidados terciario-cuaternarios). Se distinguen alternancia de áreas de recarga y descarga de agua subterránea y evolución química de agua subterránea a lo largo de las trayectorias del flujo del sistema regional
- 2) Homogeneidad de la composición litológica de los materiales: flujos de agua subterránea regionales predominantes (descarga) y flujos locales (procesos mixtos descargas, recarga)

Los factores hidrogeológicos, clima y la topografía, constituyen los factores genéticos de los habitats de descarga de aguas subterráneas.

Los sistemas de flujos predominantes son: locales y regionales.

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 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.

El ambiente deposicional de las lagunas, es de origen fluvial, se ejemplifica en la descripción del perfil de la Laguna Curucaó (Anexo, Cuadro 1 y 2)

## 6. RECOMENDACIONES

En las investigaciones preliminares se observaron cortes de flujo superficial de las lagunas en ocasiones por caminos o represamientos artificiales, sin duda esto incremento la salinidad de las lagunas acompañada por la conexión con la superficie freática salada mayormente a menos de 0,50 m de la superficie y alta evapotranspiración. Las acciones a desarrollar tendrían que ser las siguientes:

1) Trabajos preliminares en el drenaje para devolver a la naturaleza la escorrentía superficial para alimentar la interconexión del antiguo sistema fluvial (eliminación de barreras, tuberías para drenaje, etc) son necesarios y controlados mediante una red de monitoreo.

Por lo tanto la primera medida seria instalar una red de monitoreo para la obtención de datos sobre la elevación regional del nivel de agua subterránea, mediante la construcción de piezómetros y estaciones metereológicas para mediciones "in situ" de:

- Precipitación, evaporación, temperatura
- Nivel freático, perfiles verticales de salinidad, pH y alcalinidad.
- Isótopos, para determinar indicador del tiempo de residencia de un punto a otro posibles interconexiones laguna/acuífero
- Evolución geoquímica del agua a lo largo de la línea de flujo
- Variables químicas de los suelos "salinidad edáfica" suelos salinos "alcalinidad edáfica" suelos alcalinos solonetz.
- Aplicación de un modelo geoquímico para los puntos de agua subterránea muestreados
- Perfiles de Frecuencias corregidas y parámetros de información mutua especie-factor permiten conocer la respuesta de cada especie a las variables de agua subterránea y humedales, para establecer categorías de plantas calcícolas, alcalinofitas, etc.
- Muestreos para isótopos para saber conexiones con el acuífero, velocidad de flujo, edad del agua subterránea, etc.

2) Descripción del valor y funciones del humedal

3) Posteriormente con la información actual y futura formular un Modelo Hidrogeológico del flujo subterráneo

4) Gestión de áreas de descarga y predicciones de salinización de las lagunas.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CUSTODIO, E., y LLAMAS, M.R. (1976). Hidrología subterránea. Ed. Universitaria de Barcelona.

DAVIS, S. N. , y DE WIEST, R.J.M. (1967). Hidrogeología. Edic. Ariel. Barcelona-España

GODOY, E. (1995). Consideraciones sobre la Evolución del Nivel del Agua Subterránea del Chaco Paraguayo. 2° Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos em el Paraguay, San Lorenzo/Paraguay.

GUYRA PARAGUAY (2002). Determinación de Prioridades para la Conservación en la Cuenca del Riacho Yacaré Sur y su Área de Influencia. Asunción, Paraguay. Inédito

LANGELIER, W. F., y LUDWIG, H. F. (1942). Graphical Métodos for Indicating the Mineral Character of Natural Water. J. AMER. Water Works Ass., Baltimore, Md.

LARROZA, F.A. & GARCÍA, D. (1991). Consideraciones sobre la Salinización de Lagunas y Tajamares del Chaco central. Revista Geológica N 1. Asunción Paraguay. págs 29-41.

MAPA NACIONAL 1:250.000, LOMA PLATA, Segunda Edición (D.S.G.M.), HOJA SF-21-9, (1987).

NITSCH , M. (1994). El peligro de salinización de suelos en el Chaco central oriental como consecuencia de medidas de deforestación no adecuadas. Proyecto Sistema Ambiental del Chaco (DOA/BGR). Subsecretaria de estado de Recursos Naturales y Medio Ambiente (MAG) / Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales. Asunción, Paraguay. 45 p.

PLANO DE LAS COLONIAS MENNONITAS DEL CHACO CENTRAL (2001), Editado por la Oficina de Estudio Topográfico, Loma Plata.

REY BENAYAS, J.M. (1991) Aguas subterráneas y Ecología. Ecosistemas de descarga de acuíferos en los arenales. Colección técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, ICONA. Madrid, España. pag 141.

# **ANEXO**

TABLA 1: Resultados de los analisis fisico-quimicos de lagunas del Chaco central (Agosto, 2002)

Laguna Curacao																					
Pozo	pH	C.E.	Na	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Sr	Li	NH4	B	Cl	SO4	CO3	HCO3	NO3	NO2	PO4	SiO	F
mg/L																					
Pozo 1	7,19	47000	13404	122	740	823	0,2	0,3	6	0,44	1,55	36	16224	10125	<.1	544	6	0,4	0,26	44	0,4
Pozo 2	7,27	35600	7771	28	570	579	0,3	0,2	3,1	0,83	1,12	31	7555	8321	<.1	706	23	0,6	0,87	51	0,3
Laguna .	8,47	47100	10326	66	888	771	1,46	0,62	8,4	0,46	1,36	39	12569	9007	3,8	495,2	12	0,05	0,98	48	0,2
Laguna Isla Poi																					
Pozo 1	7,17	5.461	892,5	20,7	251,3	84,5	0,1	0,1	0,7	0,09	1,08	6	1.337	743	<.1	180,1	0,7	0,08	0,08	59,3	0,3
Pozo 2	7,5	49.700	15031	118	621	929	0,6	0,8	8,5	0,66	1,95	36	17.202	12.526	<.1	620,1	7,3	0,05	0,28	29	0,3
Lag.Norte	8,59	91.900	17761	88	1063	2054	1,58	0,88	9,1	1,38	1,94	86	21.716	15.697	6,4	705	15,2	0,86	1,09	31	0,4
Lag.Sur	8,56	71300	14741	57	652	1122	1,62	0,73	3,4	1,41	1,17	42	14401	15940	7,8	923	16,8	0,09	0,31	33	0,5
Laguna Capitan																					
Pozo 1	7,33	60000	11542	37	682	1011	0,9	0,7	3,9	1,3	0,91	46	11917	11722	<.1	673,6	1,2	0,18	0,63	36	0,2
Pozo 2	7,35	55000	11319	64	773	784	1,36	0,63	8,5	0,48	1,36	14	13302	9353	<.1	569,3	11,2	0,06	0,21	52,3	0,4
Lag.Izquierda	8,89	112500	27768	88	1564	2578	1,94	0,92	9,8	2,33	1,84	92	33786	22851	15	623,5	3,9	0,88	0,86	48	0,3
Laguna Ganso																					
Pozo 1	7,46	56400	10588	49,2	722	888,4	0,88	0,91	2,9	1,19	0,16	44	10587	11473	<.1	658	13,2	0,24	0,44	23,9	0,1
Pozo 2	7,14	65000	11602	56,2	743	902	0,91	0,83	3,2	1,08	0,24	52	13521	9782	<.1	622,3	11	0,32	0,81	25,5	0,3
Lag.Derecha	8,4	184300	32626	107	1837	2779	0,92	0,84	3,9	2,55	1,59	47	41002	26611	<.1	717,2	7,9	0,88	0,87	27,7	0,2
Lag.Izquierda	8,17	172400	29995	123	1759	2856	0,7	0,61	2,3	1,83	1,89	53	36594	25193	<.1	696	6,1	0,78	0,54	31,1	0,4
Ea.Campo Maria																					
Pozo 1	8,19	4440	802,2	16	202,8	91	0,1	0,1	0,5	0,06	0,83	5	1287,4	701,2	<.1	186,2	1,2	0,06	0,07	48,3	0,5
Lag.Campo Maria	7,67	216	16	3,2	29,22	5,3	0,06	0,09	0,1	0,02	0,06	0,1	26,8	12,3	<.1	88,3	5,1	0,08	0,05	28	0,1
Laguna Rojas Silva																					
Pozo 1	7,24	25.900	6620	22	504	519	0,2	0,3	0,5	0,66	1,06	29,9	7.143	7.685	<.1	756	15	0,04	0,75	23	0,3
Agua de Lag.	8,59	4260	756	12	222	88	0,1	0,1	0,6	0,07	0,73	4	1.198	605	9,2	178	0,9	0,05	0,06	28,9	0,5
R.Yakare	7,7	9950	2006	24,1	384	80	0,8	0,5	0,7	0,08	0,18	8,2	3031,1	805,2	<.1	536	5,4	0,08	0,19	42	0,3
Puerto Pinasco																					
Pozo 1	7,58	796	41,6	8,3	82,3	22,2	0,1	0,1	0,2	0,03	0,22	5,2	12,5	30,8	<.1	398	1,1	0,05	0,07	41,3	0,2
Pozo 2	7,23	7320	1269	9,8	305	78	0,2	0,1	0,6	0,07	0,13	7,8	2009,3	606,9	<.1	368,7	2,9	0,07	0,08	56	0,3
Agua del Rio Paraguay	7,25	71	1,1	0,6	14,3	1,8	<.10	<.10	0,1	0,01	0,11	0,1	2,6	1,8	<.1	47,2	0,4	0,02	0,02	22	0,1

**Cuadro 2.** Descripción de perfil tipo de lagunas en el Chaco Central (Pozo 1: Laguna Curucao)

					Proyecto: Ubicación: terraza de Laguna Curucao	Inicio: 00-08-2002 Finalización:00-08- 2002	<b>SONDEO: LCP1</b>
Profundidad d.M	Ensayos de Laboratorio por el Método de Bouyoucos- Granulometría %				MICROMORFOGRAFÍA	MICROMORFOLOGIA	Ambiente de Sedimentación
	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Descripción Litológica		
1	60	10	30	Franco Arcillo Arenosa	Sedimentos Silto- Arcillosos de color gris pardo claro, con algunos fragmentos de minerales opacos, chert y micas	Iluviación de arcilla	Ambiente de Deposición Fluvial
2	10	42	48	Arcillo Limoso			
3	16	40	47				
4	58	10	20	Franco Arenosa			
5							

**Cuadro 3.** Descripción de perfil tipo de lagunas en el Chaco Central. (Pozo2: Laguna Curucao)

					Proyecto: Ubicación: dentro de la Laguna Curucao	Inicio: 00-08-2002 Finalización:00-08- 2002	<b>SONDEO: LCP2</b>
Profundidad d.M	Ensayos de Laboratorio por el Método de Bouyoucos- Granulometría %				MICROMORFOGRAFÍA	MICROMORFOLOGIA	Ambiente de Sedimentación
	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Descripción Litológica		
1	33	35	38	Franco Arcilloso	Sedimentos de color gris pardo claro, representados por siltitas de grano grueso, arena fina y pobremente arcillosas	Iluviación de arcilla	Ambiente de Deposición Fluvial
2	60	10	30	Franco Arcilloso Arenosa			
3	60	20	20	Franco Arenosa			
4	74	10	15	Areno Franco			
5							



**Cuadro 4.** Descripción de perfil tipo de ambiente aluvial. (Puerto Pinasco)

					Proyecto: Ubicación: Puerto Pinasco	Inicio: 00-08-2002 Finalización:00-08-2002	<b>SONDEO: PPP1</b>
Profundidad d.M	Ensayos de Laboratorio por el Método de Bouyoucos-Granulometría %				MICROMORFOGRAFÍA	MICROMORFOLOGIA	Ambiente de Sedimentación
	Arena	Limo	Arcilla	Textura	Descripción Litológica		
1	30	10	60	Arcilla	Sedimentos silto-arcillosos de color gris oscuro, constituido de arcillas, cuarzo, cristales de carbonato, halita, mica, chert y materia orgánica.	Gypsificación Carbonatación	Procesos Edafológicos
2	30	12	58				Evaporítico
3	60	20	20	Franco Arcilloso	Sedimentos silto-arenosa de color gris oscuro a pardo, constituido de cuarzo, arcillas, mica, chert y materia orgánica.		Lacustrino
4	61	9	19				
5	30	10	60	Arcilla			
6							
7	60	20	20	Franco Arenosa			
8	86	4	10	Arena	Sedimentos arenoso de color gris claro, constituido de arena fina (cuarzo) a siltica, arcillas, mica, chert, materia orgánica y minerales opacos.	Iluviación de arcilla	Ambiente de Depositación Fluvial
9							
10							
11							
12							
13	86	4	10				

TABLA 1: Resultados de los analisis fisico-quimicos de lagunas del Chaco central (Agosto, 2002)

Pozo	pH	C.E.	Na	K	Ca	Mg	Laguna Curacao											F			
							Fe	Mn	Sr	Li	NH4	B	Cl	SO4	CO3	HCO3	NO3		NO2	PO4	SiO
mg/L																					
Pozo 1	7,19	47000	13404	122	740	823	0,2	0,3	6	0,44	1,55	36	16224	10125	<.1	544	6	0,4	0,26	44	0,4
Pozo 2	7,27	35600	7771	28	570	579	0,3	0,2	3,1	0,83	1,12	31	7555	8321	<.1	706	23	0,6	0,87	51	0,3
Laguna .	8,47	47100	10326	66	888	771	1,46	0,62	8,4	0,46	1,36	39	12569	9007	3,8	495,2	12	0,05	0,98	48	0,2
<b>Laguna Isla Poi</b>																					
Pozo 1	7,17	5.461	892,5	20,7	251,3	84,5	0,1	0,1	0,7	0,09	1,08	6	1.337	743	<.1	180,1	0,7	0,08	0,08	59,3	0,3
Pozo 2	7,5	49.700	15031	118	621	929	0,6	0,8	8,5	0,66	1,95	36	17.202	12.526	<.1	620,1	7,3	0,05	0,28	29	0,3
Lag.Norte	8,59	91.900	17761	88	1063	2054	1,58	0,88	9,1	1,38	1,94	86	21.716	15.697	6,4	705	15,2	0,86	1,09	31	0,4
Lag.Sur	8,56	71300	14741	57	652	1122	1,62	0,73	3,4	1,41	1,17	42	14401	15940	7,8	923	16,8	0,09	0,31	33	0,5
<b>Laguna Capitan</b>																					
Pozo 1	7,33	60000	11542	37	682	1011	0,9	0,7	3,9	1,3	0,91	46	11917	11722	<.1	673,6	1,2	0,18	0,63	36	0,2
Pozo 2	7,35	55000	11319	64	773	784	1,36	0,63	8,5	0,48	1,36	14	13302	9353	<.1	569,3	11,2	0,06	0,21	52,3	0,4
Lag.Izquierda	8,89	112500	27768	88	1564	2578	1,94	0,92	9,8	2,33	1,84	92	33786	22851	15	623,5	3,9	0,88	0,86	48	0,3
<b>Laguna Ganso</b>																					
Pozo 1	7,46	56400	10588	49,2	722	888,4	0,88	0,91	2,9	1,19	0,16	44	10587	11473	<.1	658	13,2	0,24	0,44	23,9	0,1
Pozo 2	7,14	65000	11602	56,2	743	902	0,91	0,83	3,2	1,08	0,24	52	13521	9782	<.1	622,3	11	0,32	0,81	25,5	0,3
Lag.Derecha	8,4	184300	32626	107	1837	2779	0,92	0,84	3,9	2,55	1,59	47	41002	26611	<.1	717,2	7,9	0,88	0,87	27,7	0,2
Lag.Izquierda	8,17	172400	29995	123	1759	2856	0,7	0,61	2,3	1,83	1,89	53	36594	25193	<.1	696	6,1	0,78	0,54	31,1	0,4
<b>Ea.Campo Maria</b>																					
Pozo 1	8,19	4440	802,2	16	202,8	91	0,1	0,1	0,5	0,06	0,83	5	1287,4	701,2	<.1	186,2	1,2	0,06	0,07	48,3	0,5
Lag.Campo Maria	7,67	216	16	3,2	29,22	5,3	0,06	0,09	0,1	0,02	0,06	0,1	26,8	12,3	<.1	88,3	5,1	0,08	0,05	28	0,1
<b>Laguna Rojas Silva</b>																					
Pozo 1	7,24	25.900	6620	22	504	519	0,2	0,3	0,5	0,66	1,06	29,9	7.143	7.685	<.1	756	15	0,04	0,75	23	0,3
Agua de Lag.	8,59	4260	756	12	222	88	0,1	0,1	0,6	0,07	0,73	4	1.198	605	9,2	178	0,9	0,05	0,06	28,9	0,5
R.Yakare	7,7	9950	2006	24,1	384	80	0,8	0,5	0,7	0,08	0,18	8,2	3031,1	805,2	<.1	536	5,4	0,08	0,19	42	0,3
<b>Puerto Pinasco</b>																					
Pozo 1	7,58	796	41,6	8,3	82,3	22,2	0,1	0,1	0,2	0,03	0,22	5,2	12,5	30,8	<.1	398	1,1	0,05	0,07	41,3	0,2
Pozo 2	7,23	7320	1269	9,8	305	78	0,2	0,1	0,6	0,07	0,13	7,8	2009,3	606,9	<.1	368,7	2,9	0,07	0,08	56	0,3
Agua del Rio Paraguay	7,25	71	1,1	0,6	14,3	1,8	<.10	<.10	0,1	0,01	0,11	0,1	2,6	1,8	<.1	47,2	0,4	0,02	0,02	22	0,1