



ORGANIZACIÓN DE LOS
ESTADOS AMERICANOS



PROGRAMA HIDROLÓGICO
INTERNACIONAL



SECRETARIA DEL AMBIENTE

DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y CONSERVACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS



PROYECTO:

**“PROGRAMA MARCO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA EN RELACIÓN
CON LOS EFECTOS HIDROGEOLÓGICOS DE LA VARIABILIDAD Y
EL CAMBIO CLIMÁTICO”**

INFORME FINAL

COMPONENTE:

“AGUAS SUBTERRÁNEAS”

CASO DE ESTUDIO

**UNESCO/OEA/ISARM Américas
SISTEMA ACUÍFERO YRENDA-TOBA-TARIJEÑO**

PARAGUAY-ARGENTINA-BOLIVIA

Lic. Juan Luís Ríos Otero

Diciembre - 2004

PROLOGO

El Proyecto denominado **“PROGRAMA MARCO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA EN RELACIÓN CON LOS EFECTOS HIDROLÓGICOS DE LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMÁTICO”** se encuentra en preparación dentro del Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata.

Una de las actividades del Proyecto es desarrollar los Términos de Referencia para el Sub-proyecto, ISARM/Américas, Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño del componente: Aguas Subterráneas.

Dentro de ese contexto, los días 16 y 17 de Agosto de 2004, en la ciudad de Tarija-Bolivia, se llevó a cabo el “Taller Internacional sobre el Acuífero Transfronterizo Yrendá-Toba-Tarijeño”, a través del Programa Estratégico de Acción de la Cuenca Binacional del Río Bermejo y con los auspicios de la Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y el Río Grande de Tarija, del Programa UNESCO/OEA, ISARM/Américas y de la ODSMA/OEA.

El objetivo principal del Taller fue definir un plan de trabajo para la preparación de los Términos de Referencia para el Sub-proyecto, ISARM/Américas, Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño del componente: Aguas Subterráneas. Este Sistema Acuífero Transfronterizo había sido anteriormente seleccionado por el Programa UNESCO/ISARM/OEA, Acuíferos Transfronterizos de las Américas como caso de estudio prioritario para la implementación de posibles proyectos.

La fase de preparación de esta componente: Agua Subterránea, basado en el Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño, va a ser desarrollada mediante fondos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente de Italia, que ofreció un co-financiamiento para el desarrollo de las diferentes actividades que concluirá con la elaboración de los Términos de Referencia para el Sub-proyecto, ISARM/Américas, Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño del componente: Aguas Subterráneas.

INTRODUCCIÓN

El objetivo principal del sub-proyecto es asistir a los tres países en el establecimiento de las bases técnicas, legales e institucionales para la Gestión Sustentable del Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá-Toba-Tarijeño (SATYTT) como parte del manejo integrado de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata. La acción conjunta y coordinada de los países permitirá asegurar la continuidad de la recarga, el mantenimiento de la calidad del agua, la protección de los ecosistemas que dependen de las aguas subterráneas y la identificación de las opciones para la mitigación de los riesgos asociados con los cambios climáticos globales a nivel general de la Cuenca del Plata. Además, el sub-proyecto servirá como ejemplo a ser replicado en el más amplio contexto de los acuíferos Pre andinos que se encuentran en el interior de la Cuenca del Plata.

Con el fin de lograr este objetivo, basándose en un Análisis Diagnóstico Transfronterizo, los tres países definirán un Programa de Acciones Estratégicas (PAE) a ser integrado en el PAE General de la Cuenca del Plata, y desarrollaran actividades para:

- ⇒ Confirmar el potencial del acuífero y la posibilidad de acceso a la utilización sustentable de este recurso esencial para el desarrollo económico y social del Chaco Central y Norte, constituyéndose en una alternativa de abastecimiento válida para la región.
- ⇒ Sentar las bases, en los tres países, para la creación de normativas comunes en los temas del manejo de los acuíferos transfronterizos, en particular del SATYTT, y facilitar la creación de un sistema de manejo transfronterizo involucrando a los usuarios y a los beneficiarios.
- ⇒ Estudiar y comprender las modalidades y las consecuencias, actuales y futuras, del cambio climático en la región chaqueña, como parte del más amplio contexto de la Cuenca del Plata.
- ⇒ Implementar un Banco de Datos común para los tres países que comparten el acuífero, convirtiéndolo en base de colección, actualización y mantenimiento de todas las informaciones relativas al agua subterránea de la región, y diseñar un sistema de monitoreo transfronterizo del acuífero, herramienta esencial para la gestión integrada de los recursos hídricos y del uso del suelo.
- ⇒ Fortalecer la capacidad técnica e institucional de los entes involucrados en el sub-proyecto y diseminar las informaciones a todos los niveles.

CONTENIDO

PRÓLOGO

INTRODUCCIÓN

SECCIÓN 1

RECOPIACIÓN, SISTEMATIZACIÓN, INTEGRACIÓN, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS INFORMACIONES DISPONIBLES DEL SISTEMA ACUÍFERO YRENDÁ.

SECCIÓN 2

INTERVENCIONES DEMOSTRATIVAS – AREAS PILOTO

- a) GRAL. E. A. GARAY – LA TRICOLOR, PARAGUAY – BOLIVIA**
- b) PALMAR GRANDE – TARTAGAL, BOLIVIA – ARGENTINA**
- c) TTE. 1° M. CABELLO – CAP. J. PAGÉS, PARAGUAY - ARGENTINA**

SECCIÓN 1

**RECOPIACIÓN, SISTEMATIZACIÓN, INTEGRACIÓN,
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LAS INFORMACIONES
DISPONIBLES DEL SISTEMA ACUÍFERO YRENDÁ.**



ORGANIZACIÓN DE LOS
ESTADOS AMERICANOS



PROGRAMA HIDROLÓGICO
INTERNACIONAL



SECRETARIA DEL AMBIENTE

DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y CONSERVACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS



PROYECTO:
**“PROGRAMA MARCO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA EN RELACIÓN
CON LOS EFECTOS HIDROGEOLÓGICOS DE LA VARIABILIDAD Y
EL CAMBIO CLIMÁTICO”**

COMPONENTE:
“AGUAS SUBTERRÁNEAS”

CASO DE ESTUDIO
UNESCO/OEA/ISARM Américas
SISTEMA ACUÍFERO YRENDA-TOBA-TARIJEÑO
PARAGUAY-ARGENTINA-BOLIVIA

AREA: PARAGUAY

Lic. Juan Luís Ríos Otero

Diciembre - 2004

ÍNDICE

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO

	ASPECTOS GENERALES DEL PARAGUAY	1
	Ubicación en la Cuenca del Plata.....	1
	Sistema de Gobierno	1
	Población.....	1
	Idiomas.....	1
	Economía.....	2
	Las dos Grandes Regiones del Paraguay.....	2
1.	INTRODUCCIÓN	3
2.	OBJETIVOS	3
2.1	Objetivo General del Sub-proyecto Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño - Componente Aguas Subterráneas del Proyecto La Plata	3
2.2	Objetivo Específico de la Consultoría.....	4
3.	INVESTIGACIÓN DE ANTECEDENTES	4
4.	METODOLOGÍA DE TRABAJO	9
4.1	A Nivel de Gabinete.....	9
4.2	A Nivel de Campo	9
5.	REGIÓN OCCIDENTAL O CHACO PARAGUAYO	9
5.1	Características Generales.....	9
5.2	Aspectos Socio-Económicos.....	10
5.2.1	Tipo de Abastecimiento de Agua en el Sector del Acuífero.....	11
5.2.2	Necesidades Básicas Insatisfechas.....	11
5.2.3	Costo del agua	11
6.	SITUACIÓN HIDROGEOLÓGICA DEL SISTEMA ACUÍFERO YRENDÁ	11
6.1	Área del Acuífero.....	11
6.2	Limites del Acuífero.....	11
6.3	Geología, Geomorfología y Drenaje.....	12
6.4	Tipos de Acuíferos.....	13
6.5	Profundidad y Geometría de los Acuíferos.....	13
6.6	Calidad de las Aguas Subterráneas	13
6.7	Datos Hidráulicos de los Acuíferos.....	14
6.8	Relación entre el Agua Dulce y el Agua Salada en el Sector del Acuífero ...	14
6.9	Áreas de Recarga del Acuífero	14
6.10	Influencia de los Cursos de Aguas en la Recarga del Acuífero.....	14
6.11	Datos de Pozos y Cantidad de Pozos Construidos en el Área del Acuífero ...	14
7.	ASPECTOS CLIMATICOS, FISIOGRÁFICOS Y AMBIENTALES DEL AREA DEL ACUIFERO	15
7.1	Clima.....	15
7.2	Suelo.....	16

7.3	Fauna.....	16
7.4	Flora	16
7.5	Humedales.....	17
7.6	Impacto Sobre el Medio Ambiente.....	17
7.7	Áreas Silvestres Protegidas	18
8.	MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL	18
8.1	Organismos e Instituciones Oficiales Relacionados a los Recursos Hídricos Subterráneos a Nivel Nacional	18
8.2	Leyes que Rigen el Uso y Gestión de los Recursos Hídricos Subterráneos ...	20
8.3	Centros de Investigación en el Sector del Acuífero.....	20
9.	CONCLUSIONES.....	21
10.	RECOMENDACIONES.....	23
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25
	ANEXOS	
	A) Lista de Figuras	
	b) Glosario de Siglas	

RESUMEN EJECUTIVO

Para una mayor comprensión del presente Informe se definirán los siguientes términos:

Sistema Acuífero Yrendá: Se denominará en adelante al paquete formado por acuíferos libres de menor profundidad y por acuíferos confinados y semiconfinados profundos, esta área del Sistema Acuífero fue delimitada exclusivamente para los efectos de este Informe. *(Fig. 1)*

Acuíferos del Chaco Oeste paraguayo: Se lo menciona en este informe por poseer la mayor información y por la ocurrencia de agua de buena calidad y de usos múltiples. Constituye parte del Sistema Acuífero Yrendá *(Fig. 2)*

El presente trabajo de Consultoría es auspiciado por la SG/OEA y tiene como objetivo específico diseñar y elaborar los Términos de Referencia para el Sub-proyecto, Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá-Toba-Tarijeño dentro del Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata, del Componente: Agua Subterránea, en coordinación con el equipo técnico conformado por los representantes de los tres países involucrados, Paraguay, Argentina y Bolivia.

En este informe se presentan resultados de evaluación y análisis de datos hidrogeológicos y de estudios de varias disciplinas disponibles en Paraguay, específicamente sobre el Chaco paraguayo, región que engloba la parte paraguaya del Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño.

El Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño, en su parte paraguaya, está constituido por una serie de acuíferos libres poco profundos, acuíferos confinados y semiconfinados a diferentes profundidades.

Las aguas subterráneas del Sistema Acuífero Yrendá yacen en sedimentos no consolidados del Terciario y Cuaternario, es conocida como Formación Chaco, de origen continental y en menor grado marino (Godoy, 1990).

Por la calidad del agua subterránea y el gran volumen almacenado, los acuíferos confinados y semiconfinados de la parte del Chaco Oeste paraguayo son considerados de importancia hidrogeológica para su aprovechamiento y usos múltiples, por lo que las investigaciones se centraron más en esa área, sin embargo los datos contenidos en este informe deberían ser actualizados y/o confirmados en futuros estudios más detallados. La superficie aproximada de ocurrencia de agua de buena calidad en el Chaco Oeste paraguayo es de 41.000 Km². (Incluye una franja de agua salobre) (Consultora C&G Asociados p/Comisión Acueducto, 2001). Sin embargo, es de destacar el aprovechamiento de los acuíferos libres (especialmente en la parte central del Chaco), aunque de carácter restringido, soluciona en parte la demanda de agua de buena calidad.

La capacidad de recarga fue calculada en 57 millones de m³, información obtenida por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD -1978).

Para una mejor visión de los acuíferos de agua dulce del Chaco Oeste se lo ha clasificado en tres partes: Nor-Este (agua dulce exclusivamente), Centro-Oeste (agua dulce debajo de agua

salobre y salada) y Oeste (agua salobre y salada exclusivamente) (Consultora C&G Asociados p/Comisión Acueducto) (**Fig. 3**).

La reserva total de los acuíferos de agua dulce del Chaco Oeste sería de $2 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$ (Consultora C&G Asociados p/Comisión Acueducto). Sin embargo, si el cálculo de volumen de agua dulce se realiza por separado con las siguientes superficies (**Fig. 4**) y con mayores espesores se tiene :

Para el acuífero del Nor-Oeste:

Espesor: (40 m. a 250 m.)

Área: 6.211 Km^2 .

Reserva: $1,31 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$

Para el acuífero del Centro-Oeste:

Espesor: (150 m a 250 m)

Área: 20.869 Km^2

Reserva: $2,09 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$

Total Aproximada de la Reserva: $4 \cdot 10^{12} \text{ m}^3$

Obs.: El área de agua salobre-salada no se incluye en el cálculo.

El cálculo de la reserva aproximada de los acuíferos con agua dulce fueron realizados por la Consultora C&G en base a la ampliación de los espesores medios, considerando que hasta el momento es desconocido el espesor total saturado con agua dulce, pero es seguro que continúa más allá de los 250 m de profundidad de acuerdo a datos de perforaciones profundas para la búsqueda de petróleo, (aproximadamente se presenta hasta los 360 m en el área de Infante Rivarola – Joroba Reta) (E. Godoy 1990).

El residuo seco varía de 1000 mg/l a más de 2.800 mg/l en el límite Este del acuífero del Chaco Oeste paraguay. Fuera de los límites las concentraciones pueden llegar a igualar o ser mayor al agua de mar ($45.000 \mu\text{S/cm}$) *Custodio 1983*.

Ejemplos:

Perforación de 180 m en Puerto Sastre $87.000 (\mu\text{S/cm})$

Perforación de 54 m en Loma Plata $49.611 (\mu\text{S/cm})$

Perforación de 155 m en Campo Acebal $46.650 (\mu\text{S/cm})$

Información proporcionada por la Dirección de Recursos Hídricos de Filadelfia

La red hidrográfica superficial de mayor importancia de la zona del acuífero Yrendá es el río Pilcomayo. Internamente la red hídrica es pobre y predominan los causes secos.

El régimen de lluvias en el Chaco paraguay varía entre 500 mm hacia el Oeste a 1.400 mm hacia el Este (**Fig. 5**). La época de lluvia comienza en octubre y termina en mayo. El invierno es seco. En todo el Chaco paraguay la temperatura promedio anual es de 23° C (**Fig. 6**), en verano se registran extremos de 45 a 50° . La evaporación potencial anual se estima en aproximadamente 2.200 mm hacia el Oeste y 2.000 mm hacia el Este (Consultora DATUM S.A. p/Comisión Acueducto).

Otro aspecto deficitario del Chaco paraguayo se concentra en el área de la salud. La región se caracteriza por un elevado número de casos de tuberculosis y de la enfermedad de Chagas. Las principales causas de la elevada tasa de mortalidad son: diarrea y deshidratación, infecciones respiratorias agudas, sepsis y meningitis. La cobertura de los servicios de planificación familiar es muy baja y la atención a la salud reproductiva es mínima. (Fundación Desdelchaco, Iniciativa para el liderazgo en desarrollo sostenible, Informe Paraguay, 1999).

El nombre Yrendá proviene de la terminología guaraní que significa “*LUGAR DEL AGUA*”.

ASPECTOS GENERALES SOBRE EL PARAGUAY

Ubicación en la Cuenca del Plata

El Paraguay está ubicado en el centro del continente Sudamericano, es un país mediterráneo, localizado entre los paralelos 19° 20' y 27° 30' de Latitud Sur, y los meridianos 54° 20' y 62°38' de Longitud Oeste. El territorio Paraguayo pertenece en su totalidad a la Gran Cuenca del Río de la Plata (*Fig. 7*), una de las de mayor envergadura en territorio Sudamericano, por la extensión de la cuenca, por los caudales que conduce y por los recursos naturales que posee. En el concierto Latinoamericano, Paraguay con una superficie de 406.000 km², aproximadamente, constituye uno de los países con mayor riqueza hídrica, tanto de aguas superficiales como de subterráneas; posee la formidable cantidad de 63.000 m³/habitante/año, (BID ATN/FC-6006-PR). Sumado a esta disponibilidad de aguas, el país se caracteriza por ser uno de los de menor extracción de agua en Latinoamérica.

Sistema de Gobierno

El Paraguay es una República Unitaria, Democrática y Representativa. El Gobierno Central está constituido por tres poderes: El Ejecutivo, ejercido por el Presidente de la República, electo cada cinco años, el Legislativo, compuesto por la Cámara de Senadores (45 miembros) y la de Diputados (80 miembros) y finalmente el Judicial (9 miembros), constituido por la Corte Suprema de Justicia y por los Tribunales que establece la ley.

Población

Según los resultados finales del Censo 2002 de la Dirección General de Estadística, Encuestas y Censos, Paraguay tiene una población total de 5.163.198 habitantes con una densidad poblacional de 12.7 habitantes por K m². Demográficamente el Paraguay adolece de una desigual distribución de la población en el territorio con altos niveles de concentración en la ciudad de Asunción y en el Departamento Central, que albergan un tercio de la población nacional. Solamente el 2,5 % de la población total del país habita el Chaco paraguayo.

Idiomas

El Paraguay posee dos idiomas oficiales, el español y el guaraní, (idioma indígena) se lo puede considerar un país bilingüe, ya que un elevado porcentaje de la población habla indistintamente el español o el guaraní. Se estima que un 42% de la población habla solo guaraní (fundamentalmente en las áreas rurales) que el 51% habla español y guaraní, y que el 7% habla exclusivamente español. Racial y culturalmente, Paraguay posee una población bastante homogénea, ya que aproximadamente el 95% de la misma es de ascendencia europeo-guaraní. En el Paraguay existen aproximadamente 100.000 indígenas, divididos en 17 etnias y 5 familias.

Economía

El Paraguay es un país altamente dependiente de la agricultura y de la ganadería, consecuentemente de la climatología y de la hidrometeorología en particular, así como de las coyunturas que se manifiestan en los mercados internacionales. La economía paraguaya posee algunos reconocidos puntos fuertes, como por ejemplo, la exportación de algodón, soja, carne y electricidad. El signo monetario del país es el guaraní. La energía hidroeléctrica representa hoy en día una fuente de ingreso económico crucial para Paraguay, dado que produce considerablemente mas energía que la que consume y el exceso es comercializado en los países vecinos, con lo cual se ha establecido un flujo importante y relativamente permanente de recursos financieros.

Las dos Grandes Regiones del Paraguay

La República del Paraguay está dividido por el río Paraguay en dos regiones geográficas diferentes (*Fig. 8*): la Región Oriental, con un generoso régimen pluvial, condiciones climáticas favorables y con apreciable potencial de desarrollo por su disponibilidad de recursos naturales, la otra Región denominada Occidental o Chaco que tiene una superficie aproximada de 250.000 km², representa casi el 25 % del Gran Chaco Americano. Así mismo, forma parte de la región Nor-Oeste del país, abarcando el 60% del territorio nacional.

Con la intención de centrar el interés dentro la zona de investigación, se dará más énfasis a la Región Occidental, por ser el área que engloba al Sistema Acuífero Yrendá.

1. INTRODUCCIÓN

El presente informe incluye datos generados a partir de varios trabajos realizados por instituciones públicas y privadas, empresas de prospección petrolera y de perforación de pozos para agua, realizadas en el Chaco paraguayo. Es importante mencionar principalmente los resultados generados por la Dirección de Recursos Hídricos del Chaco, que desde 1959, en ese entonces, “Aguas para el Chaco”, ha incursionado en el campo de la hidrogeología regional, mediante investigaciones científicas, con apoyo de perforaciones de pozos para abastecimiento de agua potable. Especial mención para los proyectos realizados por PNUD, OEA, UNESCO y BGR de Alemania que contribuyeron al enriquecimiento de los conocimientos científicos del Chaco paraguayo, especialmente en las disciplinas relacionadas a las aguas subterráneas.

Los datos hidrogeológicos y de otras disciplinas, en especial del Chaco paraguayo, forman parte de una gama de informaciones que pueden servir como base para estudios más acabados, cubriendo y/o confirmando los parámetros del comportamiento, la disponibilidad y la vulnerabilidad del acuífero con el fin de evitar los impactos negativos que pudieran aparecer con el uso intensivo del agua en el futuro, consiguiendo de esta manera un manejo sostenible del Sistema Acuífero Yrendá.

Dentro del desarrollo del trabajo se contemplan varias actividades relacionadas a la recopilación, sistematización, análisis y evaluación de las informaciones existentes en el área del Sistema Acuífero Yrendá. Así mismo se concluyó en identificar los vacíos existentes con respecto al agua subterránea, sugiriéndose algunas referencias investigativas para suplir los huecos documentales en el área del acuífero.

Como parte de las investigaciones realizadas se obtuvieron cuadros y mapas, datos hidrogeológicos e hidráulicos de pozos, fotografías aéreas, imágenes satelitales, conclusiones de las características del Sistema Acuífero Yrendá, enfocando parámetros como la reserva, recarga, direcciones de líneas de flujo, calidad de las aguas, delimitación de áreas, algunos aspectos socioeconómicos, ambientales, legales e institucionales. Se definieron además diagnósticos sobre organismos que desempeñan diversas tareas de gestión de los recursos hídricos, tanto a nivel de información y servicios, como de ejecución de programas y proyectos que en forma directa intervienen en el tema de aguas subterráneas y superficiales de la zona objeto del estudio.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General del Sub-proyecto Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño - Componente Aguas Subterráneas del Proyecto La Plata

Garantizar una Gestión Sustentable de los Recursos Hídricos del Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá-Toba-Tarijeño, asegurando la continuidad de la recarga y el mantenimiento de la calidad del mismo, involucrando a los usuarios y a los beneficiarios del agua del acuífero, para un mejor manejo de los riesgos asociados con los cambios climáticos globales.

2.2 Objetivo Especifico de la Consultoría

Diseñar y elaborar los Términos de Referencia para el Sub-proyecto, identificado en el Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá-Toba-Tarijeño, Componente Aguas Subterráneas del Proyecto La Plata, en coordinación con el equipo técnico conformado por los representantes de los tres países involucrados.

3. INVESTIGACION DE ANTECEDENTES

La secuencia cronológica de los más destacados estudios hidrogeológicos del Chaco paraguayo se presentan a continuación:

1. **Estudio:** “Investigación Hidrogeológica en el Chaco Boreal-Paraguay”
Autor: Flathe, et al, 1959
Resultados: Denominación del Acuífero del Chaco Central como: Primer Stockwerck de agua subterránea que contiene depósitos limitados y aislados de agua dulce. Segundo Stockwerk de agua subterránea ubicados debajo del primero es un extenso cuerpo de agua salada.
2. **Estudio:** “Resultados de las Investigaciones Hidrogeológicas en el Chaco Boreal Central y Meridional de la República del Paraguay”.
Autor: Bender, F. 1961
Resultados: Estudios geoelectricos e hidrogeológicos. Descripción de posibilidades para recarga artificial, mapa hidroquímico y curvas piezométricas.
3. **Estudio:** “Estudio Hidrogeológico del Paraguay”.
Autor: Karpoff et, al, 1966
Resultados: Concluye que falta referencias de la calidad y cantidad de agua y caracteriza las regiones más favorables para el desarrollo económico.
4. **Estudio:** “Conferencia Internacional sobre Agua para la Paz”
Autor: Sosa, 1967
Resultados: Permitió la asistencia financiera de las Naciones Unidas para la implementación de dos proyectos de investigación sobre aguas subterráneas en el Chaco.
5. **Estudio:** “Contribución a la Hidrogeología de la Zona Oeste del Chaco Paraguayo.
Autores: Vera, G. y Palmieri, J. 1971
Resultados: Fotointerpretación de las dunas y paleocausas de la zona chaqueña, así como la interpretación de los perfiles eléctricos efectuados por las compañías petrolíferas.
6. **Estudio:** “Recursos Acuíferos de la parte Nor-Oeste del Chaco Paraguayo”.
Autor: Butler, J. 1971
Resultados: Descubrimientos de varios acuíferos desconocidos. Se efectuaron 44 perforaciones entre 100 y 215 m de profundidad.

7. **Estudio:** “Nuevos Pozos de Agua Dulce de la parte Nor-Oeste del Chaco Paraguayo”.
Autor: Pennzoil del Paraguay S.A., 1972.
Resultados: Se efectuaron 8 pozos de agua. Se concluye que los acuíferos con agua dulce se extienden bajo un área en el Nor-Este del Chaco paraguayo

8. **Estudio:** “Resultados de las Investigaciones Hidrogeológicas del Chaco Oeste y Central de Proyecto PAR/69/516”
Autores: Tullstrom, 1973 y Mente, 1973.
Resultados: En la parte Nor-Oeste del Chaco existe cuerpo de agua dulce de extensión regional con espesores del orden de los 100 m., en el Chaco Central se encuentran aguas subterráneas dulce y salobre en los espartillares y agua salada en los montes.

9. **Estudio:** “Investigación sobre Aguas Subterráneas en el Chaco, Departamento de Boquerón”
Autores: REPSA y Compañía Petrolífera Paraguaya S.A., 1975
Resultados: Primeros estudios de aguas subterráneas.

10. **Estudio:** “Reconnaissance of Ground Water Conditions and Work Plan. Hydrogeological Studies in the Pilcomayo Project”.
Autor: Taylor, GC., 1975.
Resultados: Evaluación de las condiciones del agua subterránea en la cuenca del río Pilcomayo. Las aguas subterráneas del Chaco Central y Oriental son salobres o salinas. Intensificación de agua potable en meandros abandonados y paleocausas.

11. **Estudio:** “Investigación y Desarrollo de Agua Subterránea en el Chaco del Proyecto PAR/72/516”
Autores: PNUD-Gobierno del Paraguay, 1978
Resultados: En el Chaco Occidental los acuíferos de agua dulce tienen un límite inferior de 50 m y un límite superior de 220 m de profundidad. La cantidad de agua potable fue estimada en 136.000 a 190.000 millones de m³. La recarga fue estimada en 57 millones de m³ / año y proviene de Bolivia. En el Chaco Central se constató la presencia de agua dulce solamente en forma de lentes y acuíferos profundos con agua salada.

12. **Estudio:** “Informe Provisional sobre la Identificación de Aguas Subterráneas”.
Autor: Calhoon Consulting Co., 1979.
Resultados: Dividió la columna estratigráfica en siete zonas (desde la A hasta la G), con relación a la salinidad y la profundidad.

13. **Estudio:** “Reconocimiento Hidrogeológico del Norte del Chaco Paraguayo”
Autor: Godoy, 1986
Resultados: Resumen de la geología del área y su relación con las formaciones acuíferas basadas en datos de pozos. Bosquejo geológico e hidrogeológico de la zona.

14. **Estudio:** “Memoria del Mapa Hidrogeológico del Paraguay”.
Autor: Mente, A. et. Al. 1986.
Resultados: Características generales del Paraguay, el agua y sus usuarios, sumario de Formaciones acuíferas y el potencial explotable de los acuíferos.

15. **Estudio:** “Recarga de Acuíferos en el Chaco Central Paraguayo”
Autor: Godoy et. Al., (Proyecto PAR/88/009), 1988.
Resultados: Factibilidad de recarga artificial en acuíferos freáticos.
16. **Estudio:** “Perforaciones Profundas y Someras del Norte del Chaco Paraguayo”
Autor: Proyecto PAR / 88 / 009, 1988.
Resultados: Se presentan resultados de la investigación geofísica y de la exploración hidrogeológica en el Norte del Chaco Paraguayo
17. **Estudio:** “Evaluación Hidroquímica del Agua Subterránea en los Acuíferos Profundos”.
Autor: Oosterbaan, 1988.
Resultados: Describe las variaciones regionales de la salinidad por profundidad y la evolución hidroquímica a mayor de 50 m de profundidad.
18. **Estudio:** “Unidades Hidrogeológicas y Taxonómicas del Chaco”
Autor: Godoy, V. 1989.
Resultados: Para establecer una nomenclatura, Godoy dividió hidrogeológicamente al Chaco en tres categorías, el Complejo Acuífero Aluvial, Complejo Acuífero Paleocause y Complejo Acuífero Yrendá.
19. **Estudio:** “Recursos de Aguas Subterráneas del Paraguay”
Autores: Mente y Godoy, 1989.
Resultados: Dividen en tres grupos los acuíferos: a) de gran extensión b) de extensión restringida c) local o reducido.
20. **Estudio:** “Características Hidrogeológicas de la Región Oeste del Chaco Paraguayo”
Autor: Godoy, E., 1990
Resultados: Este trabajo fue basado en la recopilación, procesamiento y evaluación de los datos existentes sobre la región del Chaco Oeste. Los resultados son: Delimitación geográfica del acuífero más importante del Chaco, cálculos de reserva, infiltración, periodo de renovación, etc.
21. **Estudio:** “Pozos Profundos del Chaco Paraguayo, Banco Electrónico de Datos Hidrogeológicos e Hidroquímicos”
Autor: Croce et, al.,1991 (Proyecto PAR/88/009)
Resultados: Versión impresa y digital de 248 pozos profundos de la región del Chaco paraguayo.
22. **Estudio:** “Memoria del Primer Simposio de Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay”
Autores: CNDRICH-MDN, SENASA-MSPBS, CORPOSANA, 1991
Resultados: Compendio de investigaciones realizadas en el Chaco.
23. **Estudio:** “Recarga Artificial de Acuíferos Freáticos del Chaco Central Paraguayo y Consideraciones sobre la Salinización de Lagunas del Chaco Central”.
Autor: Proyecto PAR /88/009

Resultados: Análisis y comportamiento de tajamares y pozos utilizados para la recarga artificial, mediciones cuantitativas y cualitativas de lluvias, control de la evolución de la calidad y niveles de agua subterránea y análisis de costos de la recarga artificial.

24. **Estudio:** “Geomorfología y Cuaternario Superior del Chaco (Sudamérica)”

Autor: Iriondo, M. 1993.

Resultados: Características geomorfológicas del Gran Chaco Sudamericano.

25. **Estudio:** “Hidroquímica del Agua Subterránea en el Área Urbana de Filadelfia”

Autor: Von Hoyer, M., 1993

Resultados: Descripción de las características hidroquímicas del agua subterránea del área de Filadelfia y determinación de la extensión y la naturaleza de la contaminación del agua superficial y subterránea.

26. **Estudio:** “Consideraciones sobre el Monitoreo de Instalaciones para Enriquecimiento Artificial del Agua Subterránea en el Chaco Central”

Autor: Bender, H. 1993

Resultados: Conclusiones sobre monitoreo de enriquecimiento artificial de acuíferos.

27. **Estudio:** “Investigación Hidrogeológica del área de Filadelfia – Chaco para detectar Contaminación del Agua Subterránea”

Autores: Godoy, E.; Larroza, F. y Paredes J. 1993

Resultados: Detección de la contaminación, descripción del sistema local como regional del agua subterránea.

28. **Estudio:** “Investigación Hidrogeológica del Área de Campo Loa para mejorar el Abastecimiento de Agua Potable”.

Autor: Keller, S, 1993

Resultados: Determinación de las condiciones Hidroquímicas e Hidrogeológicas de diferentes zonas del Chaco Central.

29. **Estudio:** “ El Agua Subterránea del Chaco Paraguayo, Evolución de su Conocimiento”

Autores: Godoy, E.; y Paredes, J. 1995 (Segundo Simposio sobre aguas subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay).

Resultados: Detección de vacíos en los conocimientos hidrogeológicos.

30. **Estudio:** “Exploración y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Región Occidental”.

Autores: BGR / DRH, 1998.

Resultados: Técnicas adecuadas para la recarga artificial, características hidrogeológicas de acuíferos someros del Chaco Central, contaminación de acuíferos, influencia del agua subterránea en la salinización de suelos, características hidrogeológicas del Chaco Oeste.

31. **Estudio:** “Sistema Ambiental del Chaco”

Autor: Kruck, W. et. Al., 1998.

Resultados: Migración de las aguas subterráneas, tipos de acuíferos, salinización de acuíferos, sedimentación, aspectos hidroeconómicos, etc.

32. Estudio: “Estudio Hidrogeológico del Chaco Tarijeño de Bolivia”
Autor: Pasig, Ronald, 1998
Resultados: Presentación de la hidrogeología Tarijeña en un marco regional, describiéndose algunos resultados importantes obtenidos con datos isotópicos del Chaco Paraguayo y su correlación con resultados de la parte de boliviana.

33. Estudio: “Desarrollo Sostenible del Gran Chaco Sudamericano -Paraguay”
Autores: Causarano, M.; Perol, M. y Fernández S. 1999
Resultados: Detectar instrumentos y medios operativos para impulsar iniciativas y proyectos de desarrollo sustentables en el Chaco.

34. Estudio: “Estudio del Marco Legal e Institucional para el Manejo de los Recursos Hídricos del Paraguay”.
Autor: DBEnvironnement, (BID ATN/FC–6006-PR), 1999
Resultados: Descripción de todo lo referente a las aguas subterráneas y superficiales analizando la problemática de la gestión de los recursos hídricos.

La Comisión Acueducto dependiente del Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones ha encargado a Consultoras nacionales la elaboración de diferentes proyectos con la finalidad de cubrir todos los espacios de la investigación en el ámbito de los recursos hídricos, estableciendo criterios para procurar la detección de aguas subterráneas potables y la ocurrencia en general de otras formas de aprovechamiento de agua.

Entre los proyectos concluidos se pueden citar:

35. Estudio: “Investigación y Análisis del Acuífero del Chaco Oeste”
Autor: C&G Consultores - Comisión Acueducto-MOPC, 2001.

36. Estudio: “Alternativas y Recomendaciones para el Abastecimiento de Agua en Comunidades Indígenas en el Chaco Paraguayo”
Autor: Consultora Geosurvey S.R.L. - Comisión Acueducto-MOPC, 2001.

37. Estudio: “Procesos de Desalinización”
Autor: Consultora DATUM S.A. - Comisión Acueducto-MOPC, 2001.

38. Estudio: “Investigación y Localización de Acuíferos Someros Aptos para la Recarga Artificial en la Región Occidental”.
Autor: C.I.S.A. Consultora Integral S.A. - Comisión Acueducto-MOPC, 2001.

39. Estudio: “Investigación y Localización de Fuentes de Agua en la Región Occidental”
Autor: COINCO – Consultora de Proyectos - Comisión Acueducto-MOPC, 2001.

40. Estudio: “Proyectos para la Disposición y Tratamientos de Aguas Residuales”
Autor: Consultora Hidrotécnica y Ambiental S.R.L. - Comisión Acueducto-MOPC, 2001.

41. Estudio: “Elaboración de un Banco de Datos hidrogeológicos de la Región Occidental”
Autor: KAPPA S.R.L. Consultora - Comisión Acueducto-MOPC, 2001.

42. **Estudio:** “Investigación de Pozos Profundos en la Región Occidental y su Correlación Estratigráfica con Fines Hidrogeológicos”

Autor: Ing. Antonio Peláez García 2001 – Ingeniero Civil - Comisión Acueducto-MOPC,

4. METODOLOGÍA DE TRABAJO

4.1 A nivel de Gabinete

Inicialmente se procedió a la tarea de recopilación de datos, informes y documentos hidrogeológicos, cartográficos, geológicos, hidrográficos, suelos, vegetación, infraestructuras y de perforación de pozos, además se ha compilado materiales bibliográficos de diferentes disciplinas, específicamente las relacionadas con la Región Occidental del Paraguay. Esta labor fue acompañada por entrevistas, reuniones y encuentros con profesionales que de alguna u otra manera tienen afinidad con el sector de los recursos hídricos. Posteriormente los datos fueron clasificados, sistematizados evaluados y analizados con la finalidad de elaborar un informe sobre el Sistema Acuífero Yrendá, porción paraguaya del acuífero transfronterizo compartido con la Argentina y Bolivia.

4.2 A nivel de Campo

Se ha realizado un viaje de reconocimiento por el área Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño, comenzando por la zona que abarca la superficie correspondiente a Bolivia, en esta región se apreció la zona de recarga de la parte boliviana. Seguidamente se ingresó a la parte argentina, donde se evidenció con más claridad la continuidad de las serranías del Aguara-güe, (área de recarga), así como también los ríos principales que posiblemente son aportantes de agua de los acuíferos. El viaje prosiguió hacia Salta en la República Argentina, para luego ingresar de nuevo a Bolivia, por la ciudad de Yacuiba y Villamontes, ingresando al Paraguay por Infante Rivarola, recorriendo toda la llanura chaqueña paraguaya, parte del acuífero del Chaco Oeste, pasando por Mcal. Estigarribia, Filadelfia, Loma Plata, Pozo Colorado hasta llegar a Asunción, punto final del recorrido.

5. REGIÓN OCCIDENTAL O CHACO PARAGUAYO

5.1 Características generales

El Chaco Paraguayo es parte del Gran Chaco Sudamericano (*Fig. 9*). Está ubicado en el centro de la América del Sur. Esta gran planicie presenta una inclinación poco pronunciada con rumbo Sudeste, una elevación promedio de unos 125 m sobre el nivel del mar.

Posee restricciones propias de climas áridos y semiáridos, régimen de lluvia escasa, y con mucho esfuerzo al acceso de agua potable. En esta parte del territorio paraguayo se encuentra el Sistema Acuífero Yrendá.

El Chaco paraguayo representa casi $\frac{1}{4}$ del territorio del Gran Chaco Sudamericano. Tan solo el 2.5 % de la población total del país habita esta parte del territorio. A los efectos de apreciar

en su justa dimensión la situación hidrogeológica, socioeconómica, legal e institucional, ambiental y cultural del Chaco paraguayo se procederá a profundizar las características generales y particulares de la región.

En la zona central del Chaco paraguayo, la escasez de agua de buena calidad hace que los recursos hidrogeológicos adquieran una importancia de primer nivel, teniendo en cuenta la demanda creciente del agua en el sector doméstico, industrial o agropecuario; esto hace que se genere la implementación de sistemas alternativos de abastecimiento de agua como ser la cosecha de agua de lluvia en aljibes y tajamares, explotación de acuíferos someros a partir de paleocauces, hasta el tratamiento y potabilización de agua salada y de efluentes de usos diversos. Cabe mencionar que la zona central del Chaco paraguayo es la de mayor crecimiento económico.

El recurso hídrico, es de vital importancia para el crecimiento sostenible de la región, la cual carece de regulación específica, lo que permite el uso irrestricto e insostenible de los recursos, (represamiento de causas naturales, extracción, etc.), por tanto se requiere en la brevedad posible la aplicación de normas de manejo de los recursos hídricos y la creación de una autoridad de aplicación y control.

5.2 Aspectos Socio-económicos

La población del Chaco está conformada principalmente por los colonos menonitas, etnias Indígenas, poblaciones campesinas, ganaderas, de ex-trabajadores asociados en la industria del tanino y de concentraciones urbanas y periurbanas. Según el censo realizado en 2002, la población del Chaco paraguayo alcanza un total de 138.760 habitantes, siendo el departamento de Presidente Hayes el más poblado con el 59 % de la población (82.030 h). Los departamentos de Boquerón y Alto Paraguay cuentan con 43.480 habitantes y 13,250 habitantes respectivamente. El uso agropecuario de la tierra en el Chaco paraguayo es equivalente al 9,6 % de su área.

Artículo II.

Artículo III. La región Occidental, con mas de la mitad de la superficie del país, (246.955 Km²) apenas registra una densidad de 0,5 habitante por Km². (Censo de 2002).

La participación del Chaco en la generación del **Producto Interno Bruto** asciende a aproximadamente 5.5 % (cerca de 600 millones de Dólares Americanos) relación importante tendiendo en cuenta las condiciones adversas del ámbito natural, falta de infraestructura y escasez de agua en la calidad y cantidad necesarias.

De todos estos grupos de comunidades, el grupo indígena del Chaco paraguayo, es el más importante con cerca de 45.000 habitantes. Viven en condiciones de pobreza extrema, los cambios de su medio ambiente físico y socioeconómico y la pérdida de sus recursos naturales hacen que, con su modo de vida tradicional, ya no pueden lograr ni siquiera una seguridad alimentaria. Los índices de salud de las poblaciones muestran una situación extremadamente precaria. Esta difícil condición también se ilustra en las tasas de mortalidad materno-infantil, las que sitúan a la Región Occidental como la más elevada del país. (Prodechaco).

5.2.1 Tipo de Abastecimiento de Agua en el Sector del Acuífero

Las 2/3 partes del agua disponible en el Chaco central (zona de mayor utilización de agua) provienen de fuentes superficiales y 1/3 de aguas superficiales. Se destaca que el sistema de abastecimiento es altamente vulnerable; se encuentra estrechamente relacionado al volumen y frecuencia de las lluvias. El abastecimiento de agua se realiza a través de aljibes, represas, molino de viento, redes de distribución, agua de lluvia acumulada en depresiones naturales o en reservorios. Estos métodos se complementan con la explotación de aguas subterráneas con pozos someros cavados o perforados. La demanda actual de agua para el Chaco Central es de cerca de 5.000 m³ por día, incluyendo el uso doméstico, industrial, comercial y público, no incluye el uso agropecuario. En la parte del Chaco central paraguayo, los recursos de agua de buena calidad se encuentran en lentes de agua dulce renovables con las lluvias, razones que deberían tenerse en cuenta en la propuesta de extender los sistemas tradicionales: tajamares y aljibes. (Referencias del Chaco Central).

5.2.2 Necesidades Básicas Insatisfechas

Más del 80% de la población rural del Chaco paraguayo no tiene acceso al agua potable y solo un 5% cuenta con servicios sanitarios (Comisión Acueducto, Sistema Acueducto Río Paraguay – Chaco Central). La mayoría de las comunidades del Chaco central no cuenta con sistema de alcantarillado y las aguas residuales se disponen en el lugar mediante sistemas tradicionales utilizados en nuestro país: letrinas de fosa seca, pozo ciego, cámaras sépticas y pozos absorbentes. (Referencias del Chaco Central).

5.2.3 Costo del agua

Las frecuentes sequías han demostrado en un solo rubro, el alto costo que representa el transporte y distribución de agua. Solo en el Departamento de Boquerón, para asistencia a las comunidades indígenas, entre agosto de 1999 y marzo de 2000, se ha transportado 17 millones de litros de agua. Según el Proyecto Acueducto Río Paraguay-Chaco Central (2001) el costo del agua que llegaría a los hogares rondaría de 3 a 4 Dólares Americanos por m³. (Cambio al día: 6.000 Guaraníes X US\$).

6. SITUACIÓN HIDROGEOLOGICA DEL SISTEMA ACUIFERO YRENDÁ

6.1 Área del Sistema Acuífero

Se ha determinado el área del Sistema Acuífero Yrendá en una superficie de 120.000 Km.² La extensión que abarca con relación al total del territorio nacional es del 30%. El Departamento de Boquerón con 91.669 Km.² queda casi totalmente dentro del Sistema Acuífero, la diferencia de 28.331 Km.² son distribuidas en los Departamentos de Alto Paraguay y Presidente Hayes.

6.2 Límites del Sistema Acuífero

Para ofrecer un marco georeferencial se ha tomado como límites las fronteras geográficas entre países, meridianos y paralelos. Estos límites son los siguientes:

NORTE : Paralelo 20 ° 00' 00"
SUR : Río Pilcomayo (frontera con Argentina) y Paralelo 23° 30' 00"
OESTE : Frontera con Bolivia y Argentina
ESTE : Meridiano 59° 30' 00" (*Fig. 1*).

El límite **Norte** fue fijado por su proximidad con la cabecera Norte de los acuíferos profundos de exclusiva ocurrencia de agua dulce. Los límites **Sur** y **Este** se fijaron teniendo en cuenta el límite entre el Chaco seco y el Chaco deprimido o sea lo que sería probablemente el inicio de la zona de descarga de los acuíferos del Chaco. También por su proximidad a la franja de transición agua salobre-agua salada y por ser límite de zonas climáticas (Semi-árido megatermal y Sub-húmedo megatermal).

Esta clasificación de zonas climáticas se ve reflejada en las precipitaciones y temperaturas medias anuales que se dan en la región. Lo cual, sumado al tipo de suelo que se da en cada zona climática, determina la conformación florística. (Mapa Hidrogeológico del Paraguay, 1986)

El límite **Oeste** está fijado por la continuidad del acuífero en Bolivia y Argentina.

6.3 Geología-Geomorfología y Drenaje

Geológicamente, el Chaco paraguayo es una cuenca pericratónica, y forma parte de la Gran Cuenca del Chaco, que abarca la llanura de Beni, en Bolivia, hasta la llanura Chaco Pampeana en la Argentina (*Fig. 10*).

El Chaco está constituido por cuencas sedimentarias denominadas Curupayty, Carandayty, Purity y Pilar y Altos regionales que los separan. En general, la columna estratigráfica del Chaco se caracteriza por la presencia de rocas sedimentarias del Paleozoico al Cenozoico, dentro de esta columna, solamente los sedimentos no consolidados del Terciario-Cuaternario, son de interés hidrogeológico que se presenta con litología relativamente homogénea constituida por gravillas arenas, limos y arcillas con niveles de cristales de yeso y concreciones carbonáticas

Geomorfológicamente, el Chaco Paraguayo es una llanura de gran extensión en el interior de la región, con áreas bajas inundables a lo largo del río Paraguay. El área de serranías ocupa una pequeña parte de la superficie total, y lo constituyen dos elevaciones dominantes: Cerro León y Cerro Cabrera. (Kruck et al., 1998).

El drenaje en el Chaco está determinado principalmente por (*Fig. 11*):

- Las condiciones de precipitación en los Andes, zona de recarga de los acuíferos.
- El relieve poco pronunciado, con poca energía.
- El contacto permanente o temporal con agua subterránea.
- Los paleoprocesos fluviales morfogenéticos, determinantes para los sistemas más jóvenes y actuales; y
- La distribución de sedimentos de variada permeabilidad.

Los ríos chaqueños se desbordan en épocas de inundaciones del río Paraguay por abundancia de aguas, produciendo embalses por reflujo. En ciertas épocas, en las cercanías del cause inferior del río Pilcomayo se deposita la mayor carga sedimentaria, con sedimentos más gruesos, y a mayor distancia del mismo, sedimentos más finos. (DATUM S.A., p/Comisión Acueducto).

6.4 Tipos de Acuíferos

El Sistema Acuífero Yrendá está constituido por acuíferos libres poco profundos, confinados y semiconfinados profundos, estos últimos representan los más importantes del Chaco paraguayo, ya que almacenan grandes volúmenes de agua de buena calidad, que pueden ser aprovechadas económicamente, específicamente los ubicados en la zona Oeste. Se presentan en varios niveles y a diferentes profundidades, constituyendo sistemas multicapas, que a escala regional forma un solo sistema hidrogeológico, se extiende por casi todo el Chaco paraguayo, iniciándose al sur del meridiano 20° S, parte del Chaco boliviano y argentino.

6.5 Profundidad y Geometría de los Acuíferos

En términos generales los acuíferos que conforma el Sistema se encuentran en paleocauces (poco profundos) y en acuíferos confinados y semiconfinados por debajo de los 50 metros en el Oeste, en el límite con Bolivia, y por debajo de 5 - 3 metros hacia el Este, próximo al río Paraguay, alcanzando espesores máximos de 25 a 45 m cada acuífero, estimándose un espesor promedio de agua dulce de 80 m . (*Fig. 12*). En el área del Chaco Tarijeño los acuíferos ubicados hasta los 150 m b.s. presentan generalmente características libres o semiconfinadas, mientras que aquellos ubicados por debajo de los 150 m b.s. muestran condiciones semiconfinantes o confinantes y buena continuidad horizontal. (Pasig, 1998).

6.6 Calidad de las Aguas Subterráneas

En la cuenca del Gran Chaco, la calidad química de las aguas subterráneas es el factor limitante para su utilización doméstica, ganadera y agrícola. La presencia en la mayor parte del área de aguas con elevados contenidos de sales se debe a que entre los sedimentos que rellenan la cuenca se encuentran sales evaporíticas (principalmente Yeso) que por su solubilidad dan origen a aguas salobres o saladas. Por otra parte el periodo de permanencia y los recorridos del agua subterránea a través de los acuíferos del Chaco son muy largos aumentando las posibilidades de disolución de sales. Es por ello que, en el Chaco paraguayo, el factor limitante no es la cantidad sino la calidad.

De acuerdo a Oosterbaan, (1988) la salinidad del agua subterránea de los acuíferos profundos del Chaco seco aumenta hacia el Sur-Este, a lo largo de la línea de flujo subterráneo, y disminuye con la profundidad. El sodio es catión dominante, mientras que la dominación aniónica cambia a o largo de la línea de flujo. (HCO_3^- ---- $\text{SO}_4^{=}$ ---- Cl^- de oeste a este) (*Fig. 13*).

6.7 Datos Hidráulicos del Sistema Acuífero

Los datos hidráulicos disponibles corresponden a los estudios realizados en el Nor-Oeste del Chaco paraguayo, específicamente en la zona de ocurrencia de agua dulce. Estos datos servirían para tener un conocimiento parcial del Sistema (Godoy, 1990).

Gradiente hidráulico: 0,001

Permeabilidad: 6 a 9 m/día

Transmisividad: Varía de 6,7 a 226 m²/día con promedio de 80 a 120 m²/día (a partir del caudal específico).

Porosidad Eficaz: varía entre 0.07 a 0.10

Periodo de Renovación: 6.000 años

Reserva: 1.45 10¹¹ m³ para un espesor promedio de 80 m y área de 26.000 Km² y 4 10¹² m³ calculado con espesores de 40 a 250 y de 150 a 250 m (Consultora C&G p/Comisión Acueducto)

Recarga: 57 Millones de m³/año.

6.8 Relación entre Agua Subterránea Dulce y Salada en el Sector del Sistema Acuífero

Todos los acuíferos confinados y semiconfinados contienen agua salada acompañando a la isolínea de 2.000 mg/l en residuo seco. Hacia el Oeste se presenta una franja de agua salobre que gradualmente pasa a agua salada en dirección Este. En la región del Chaco deprimido hacia el Río Paraguay existe un constante flujo de agua salada de los acuíferos confinados hacia los acuíferos freáticos. Este fenómeno reduce considerablemente las posibilidades de la existencia de agua subterránea de buena calidad, especialmente cuando se reduce la distancia al río Paraguay. Cabe mencionar que en el límite interprovincial entre Salta y Formosa (Cap. Page) existen acuíferos de agua dulce desde los 325 a los 385 m de profundidad, debajo de una secuencia de intervalos de agua salada (Fuentes, 2004).

6.9 Área de Recarga del Sistema Acuífero

La recarga del Sistema Acuífero Yrendá, posiblemente se produzca por infiltración directa de la precipitación y de los ríos en territorio boliviano, específicamente a lo largo de una faja de piedemonte, de 15 a 20 Km. de ancho, que corre paralelamente a los bordes montañosos subandinos, (Sierra de Aguara Güe).

6.10 Influencia de los Cursos de Agua en la Recarga del Sistema Acuífero

Se supone que el río Pilcomayo es el más importante en materia de recarga de aguas hacia los acuíferos del Chaco. Cuantitativamente se tiene el dato de pérdida de agua entre Villamonetes, (Bolivia) y Pedro P. Peña, (Paraguay), siendo de 883 millones de m³ por año (Godoy, 1990). Probablemente buena parte de este caudal debe alcanzar al agua subterránea.

6.11 Datos de Pozos Construidos en el Área del Sistema Acuífero (Tabla 1).

Se tiene referencia que en todo el Sistema Acuífero Yrendá existen alrededor de 1.500 pozos registrados, hay que señalar que buena parte de este número corresponde a pozos freáticos no profundos. A continuación se presenta una tabla conteniendo datos de Nombre de Pozo,

Ubicación, Caudal de Bombeo, Profundidad de Extracción y Calidad de las agua con relación a su uso.

Nombre del Pozo	Ubicación	Caudal de Bombeo l/s	Profundidad de Extracción de Agua en m.	Calidad del Agua
CI-AB	61° 35' 46" 22° 33' 15"	10	180	Consumo Humano
CI-58	61° 33' 17" 22° 23' 45"	3	170	Consumo Humano
CI-72	61° 40' 40" 22° 34' 00"	4	190	Consumo Humano
CI-81	61° 47' 18" 22° 43' 00"	5	190	Consumo Humano
CI-82	61° 44' 00" 22° 38' 00"	5	190	Consumo Humano
CPC-A1	61° 30' 18" 22° 53' 24"	-	235	Consumo Humano
MD-74	62° 24' 48" 21° 40' 12"	3	60	Consumo Humano
UN-47	62° 20' 36" 22° 27' 15"	3	50	Consumo Humano

Tabla 1: Banco Electrónico de Datos (PROYECTO: PAR/88/009)

7. ASPECTOS CLIMÁTICOS, FISIOGRÁFICOS, Y AMBIENTALES DEL ÁREA DEL SISTEMA ACUÍFERO.

Por poseer un ecosistema muy sensible y condiciones climatológicas y geológicas muy particulares, los problemas más comunes observados en la región son la erosión eólica y la salinización del suelo y agua, tanto superficial como subterránea. Por ello, es de fundamental importancia establecer una estrategia que permita el desarrollo sostenible del Chaco, mediante programas y proyectos que puedan armonizar y articular un crecimiento económico, preservando la equidad social y rescatando las culturas autóctonas de sus pueblos, en equilibrio con el ecosistema de la región. Si no se consideran estos problemas tan característicos es probable que se propicie un rápido deterioro de los recursos naturales.

7.1 Clima

El clima del Chaco paraguayo es tropical semiárido a húmedo tropical. Durante los periodos de vientos provenientes del Norte la temperatura del aire se eleva rápidamente llegando a temperaturas cercanas a los 40 °C en menos de una hora, aun durante los meses de invierno. (Consultora GeoSurvey S.R.L. p/ Comisión Acueducto). Las temperaturas máximas ocurren en Noviembre y Diciembre, habiéndose registrado un máximo absoluto de 44.8 °C en Pedro P. Peña, y las mínimas de Junio a Agosto registrándose un mínimo absoluto de -6.8 °C en Prats Gill (Godoy, 1990).

El régimen de lluvias en el Chaco paraguayo varía entre 500 mm hacia el Oeste y 1.400 mm hacia el Este. La época de lluvia comienza en octubre y termina en mayo. El invierno es seco. En todo el Chaco paraguayo la temperatura promedio anual es de 23 °C. (Fig. 5 y 6).

Las determinaciones de la evaporación potencial existentes son muy puntuales, pero en general se estima la evaporación potencial en aproximadamente 2.200 mm. En el Oeste y 2.000 mm hacia el Este.

7.2 Suelo

Los suelos del Chaco generalmente son muy jóvenes y permiten un enrizamiento profundo de la vegetación. El desarrollo de los mismos depende mucho del material de origen, de las precipitaciones y de su humedad. La mayoría de los suelos se han desarrollado a partir de sedimentos fluviales o eólicos. Al Oeste, en la zona del Chaco semiárido el desarrollo de los suelos es incipiente (Arenosoles, Regosoles). En el área de las dunas, próximas a la frontera boliviana, una deforestación ocasionaría una removilización de las arenas, hecho que podría convertir a la zona en un desierto. MAG-BGR.

En el Chaco central, se identifican suelos más desarrollados (Luviosoles). Los niveles de agua subterránea saladas actuales, como niveles anteriores cerca de la superficie, han originado altos contenidos de sal en los suelos del Chaco central y del bajo Chaco, (Solonetz, Solonchaks) MAG-BGR.

En el Este del Chaco predominan los suelos arcillosos. (Gleysoles, Vertisoles). Estos suelos, luego de una precipitación abundante, quedan inundados por mucho tiempo, en ésta época no presentan las condiciones necesarias para el uso agropecuario. MAG-BGR.

7.3 Fauna

El Chaco paraguayo, hoy en día es sumamente rico en especies. Aproximadamente existe en él, de 900 a 1.000 especies de vertebrados (Peces, Anfibios, Reptiles, Aves, Mamíferos) y varios miles de invertebrados (Insectos, Arácnidos, Crustáceos, Gusanos, etc.). Esta variada fauna vive en lo más variados hábitats, desde los más extremos desiertos hasta los bosques húmedos.

En la actualidad, la rica biodiversidad está siendo severamente afectada por el rápido crecimiento de áreas deforestadas. MAG-BGR.

7.4 Flora

Las diferencias en temperatura, precipitación y tipos de suelos influyen directamente en el comportamiento y la densidad de la vegetación del Chaco. Sabanas de caranday dominan las áreas húmedas y representan la formación más extensa, que es muy rica en herbáceas que soportan anegamiento por un periodo variable de tiempo. Otras especies que caracteriza al Chaco son los bosques de quebracho colorado. Más al Norte y Nor-este, los bosque se vuelven más achaparrados y aparecen otros elementos dominantes en el paisaje, por ej.: el quebracho blanco, quebracho coronillo, el samuhú, el palo santo, el guaimí piré, etc. Cabe mencionar los tipos de paisajes que forman las vegetaciones en el Chaco: los paloblancales, cuyo dominante es el palo santo, los labonales, cuyo dominante el el labón, los peladares en donde se puede apreciar el “infierno verde” chaqueño, abunda el palo santo y el cardón.

Luego tenemos los espartillares ubicados en los paleocausas del río Pilcomayo, en él confluyen el jacarandá, paratodo, urunde`y y un estrato de vegetación herbácea dominada por el espartillo.

La madera seca que resta de la habilitación de tierras de pastura, se quema en el campo como residuo, o bien se la utiliza como combustible en la generación de electricidad en las colonias mennonitas. Solamente la madera seleccionada se usa para la producción de muebles o para la construcción. MAG-BGR.

7.5 Humedales

Existen varias hectáreas de la zona chaqueña en las cuales se albergan área de humedales como por ejemplo (Tabla 2) Fuente: documento Pre-taller Chaco Lodge.

Nombre	Departamento	Superficie
Río Negro	Alto Paraguay	370.000 Ha
Tinfunque	Pte. Hayes	280.000 Ha
Laguna Rojas Silva	Pte. Hayes	12.000 Ha
Chaco Lodge	Boquerón	2.500 Ha

Tabla 2 Humedales del Chaco

7.6 Impactos Sobre el Medio Ambiente

El uso más creciente de la tierra en el Chaco ha acrecentado las tareas agrícolas. Inmensos territorios de monte y bosques se convierten en tierras de cultivo. Los pobladores prefieren la deforestación total, ya que este método promete una rápida amortización de las inversiones. El uso de la madera es muy selectivo. Los residuos de limpieza se juntan, se dejan secar y se queman. Las desventajas de ese método y el impacto negativo sobre el ambiente se identifican muy rápidamente. MAG-BGR

Por un lado la erosión eólica, cuyas consecuencias se hacen más notorias por la falta de sistemas de rompevientos apropiados. Por otro lado la salinización de los suelos en áreas de poca profundidad de agua subterránea, donde se forman costras superficiales de sal que eliminan las plantas. MAG-BGR

La deforestación en gran escala destruye los espacios de vida de los indígenas nómadas y reduce la diversidad de fauna y flora. La quema siguiente contamina la atmósfera y los aerosoles liberados traen como consecuencia enfermedades del sistema respiratorio. MAG-BGR

En las colonias mennonitas, la construcción de los caminos de tierra se dan con rumbo N – S y O – E, hecho que favorece la erosión eólica, pues la dirección de los vientos dominantes proviene del Norte. Consecuentemente, la población sufre los efectos del polvo de manera casi permanentemente, lo que se traduce en problemas respiratorios cada vez más frecuentes. MAG-BGR

7.7 Áreas Silvestres Protegidas

Se considera de suma relevancia mencionar las áreas silvestres protegidas y las reservas naturales existentes en la región Occidental o Chaco que están referenciadas en el cuadro (Tabla 3), (Fig. 14).

AREAS SILVESTRES PROTEGIDAS

Parque Nacional Defensores del Chaco	Decreto N° 16.806/75	720.000 Ha
Parque Nacional Agripino Enciso	Decreto N° 15.936/80	40.000 Ha
Reserva de Recursos Manejados Tinfunquen	Decreto N° 18.205/66	280.000 Ha
Reserva de Biosfera del Chaco	Decreto N° 13.202/2001	4.707.250 Ha
Reserva para Parque Nacional Río Negro	Decreto 13.202/2001	281.630 Ha
Reserva Natural Cerro Cabrera – Timane	Decreto 13.202/2001	502.520 Ha
Monumento Nacional Cerro Chovoreca	Decreto 13.202/2001	247.150 Ha
Parque Nacional Medanos del Chaco	Decreto 13.202/2001	597.500 Ha
Fuente PRODECHACO		

Tabla 3 Áreas Silvestres

8. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

8.1 Organismos e Instituciones Oficiales Relacionadas a los Recursos Hídricos Subterráneos a Nivel Nacional

La Secretaria del Ambiente (SEAM)

Tiene una Unidad de Gestión Ambiental que entre sus funciones principales se destaca el gerenciamiento del Sistema de Información Geográfica (SIG) para: cartografía general, mapas temáticos, procesamiento de imágenes obtenidas por sensores remotos, análisis espacial, diseño y mantenimiento de bases de datos. Entre los productos terminados y publicados se pueden citar: mapas de la región occidental (Suelos, Vegetación, Geológico y unidades Indígenas) y mapas de la región oriental (Cobertura boscosa, Hoja 5569 - San José). Actualmente es el organismo rector y administrador de los recursos hídricos mediante la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos, cuyas funciones según la Ley N° 1.561/2000, Art. 25 son:

Formular, coordinar y evaluar políticas de mantenimiento y conservación de los recursos hídricos y sus cuencas, asegurando el proceso de renovación, el mantenimiento de los caudales básicos de las corrientes de agua, la capacidad de recarga de los acuíferos, el cuidado de los diferentes usos y el aprovechamiento de los recursos hídricos preservando el equilibrio ecológico.

Centro Multiuso de Monitoreo Ambiental (MOPC)

Posee una red de monitoreo automatizado encargado del manejo y control de datos hidrológicos y agrometeorológicos. Esta institución posee 7 estaciones de monitoreo en la región occidental las cuales actualmente no están funcionando por falta de conexión satelital. Este Centro fue equipado con una fuente de financiamiento de la Comunidad Económica Europea a través de un convenio con el Gobierno paraguayo. También existen convenios interinstitucionales destinados al monitoreo de las redes de Recursos Hídricos, como por ejemplo con DINAC, IAN y otras instituciones.

Departamento de Recursos Hídricos del MOPC

Este Departamento cuenta con una base de datos de pozos muy bien estructurados, estos datos sirvieron como base para la preparación del Proyecto del Mapa Hidrogeológico del Paraguay

Dirección Nacional de Aeronáutica Civil MDN

Posee la mayor cantidad de estaciones meteorológicas que administra a nivel Nacional. Esta Dirección es miembro de la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.) agencia especializada de las Naciones Unidas y entidad rectora de las actividades hidrometeorológicas a escala global. Uno de los objetivos fundamentales de esta organización es facilitar la cooperación internacional para crear redes de estaciones meteorológicas, hidrológicas y otras observaciones geofísicas relacionadas a la meteorología, y promover la creación y mantenimiento de centros encargados de prestar servicio meteorológicos afines.

Administración Nacional de Navegación y Puertos (ANNP)

Ente autárquico encargado del monitoreamiento de las redes de los recursos hídricos superficiales. Proporciona una gran cantidad y consistencia de datos sobre tirantes o alturas de agua y periodos históricos considerables en su mayor parte, que son vitales para determinar las profundidades en las corrientes y por ende los regímenes necesarios para la navegabilidad. Como resultado de esta gestión, publican y difunden un boletín diario y un anuario hidrográfico.

Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental (SENASA)

Entidad dependiente del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, encargada de la ejecución y supervisión de programas de saneamiento ambiental con relación a la provisión de agua potable a poblaciones menores a 5000 habitantes. Actualmente está en ejecución un proyecto de construcción de sistemas de agua potable para comunidades rurales, incluyendo localidades de la región occidental.

Universidad Nacional de Asunción. (U.N.A.)

Ente autárquico que nuclea a las diferentes facultades entre las que se encuentran aquellas relacionadas al sector hídrico como son las facultades de: Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Químicas, Ingeniería Agronómica e Ingeniería Civil.

Dirección de Recursos Hídricos del Chaco

Dependiente de la Gobernación de Boquerón, esta Dirección se creó como una unidad operativa dependiente del Ministerio de Defensa Nacional, en esa oportunidad fue denominada como “Aguas para el Chaco”. Actualmente la Dirección cuenta con un equipo técnico capacitado, con amplia experiencia en los recursos hídricos subterráneos del Chaco.

Ha realizado numerosos estudios en el campo de la hidrogeología, y es la Institución que posee la mayor cobertura documental del Chaco paraguayo.

Comisión Acueducto del MOPC

La Comisión Acueducto tiene a su cargo la formulación de los conceptos técnicos-financieros para el trasvase y el aprovechamiento de recursos hídricos del Río Paraguay hacia el Chaco Central, así como la proyección, el diseño y la supervisión de la construcción del "Sistema de Abastecimiento de Agua Potable para Asentamientos Poblacionales del Chaco Central"; un sistema integrado de suministro de agua, que abarca todo el Chaco Central, interconectando a los centros poblacionales de esta región mediante una red de 400 kilómetros de tuberías y un trasvase máximo de agua potable de 21 Millones lt/día.

Es importante hacer mención a las diferentes Organizaciones No Gubernamentales que trabajan en el Paraguay dentro del área de los Recursos Hídricos, tanto en la protección, como en el debido uso de los mismos, entre las que podemos citar se encuentran:

- Fundación Alter Vida
- Fundación Desdelchaco
- Asociación Paraguaya de Recursos Hídricos
- Sociedad Paraguaya de Aguas Subterráneas
- Fundación Paraguay Silvestre, etc.

8.2 Leyes que Rigen el Uso y Gestión de los Recursos Hídricos

No hay marco legal específico para el Chaco paraguayo, las principales leyes, que tienen afinidad con los recursos hídricos son:

Atmosfera:

- Ley 61/90 sobre protección de la capa de ozono. Convención de Basilea.
- Ley que aprueba la Convención sobre el Cambio Climático (Gases de efecto)
- Ley que aprueba el Convenio sobre la Desertificación.

Aguas:

- Ley 1183/85 del Código Civil
- Ley 369/XX del SENASA
- Código Rural
- Decreto 3729/49 Consejo de Aguas Públicas
- Resolución 585 Control de la Calidad de los Recursos Hídricos
- Ley 1561 de creación de la SEAM
- Ley 1614 de creación del ERSSAN

8.3 Centros de Investigación en el Sector del Sistema Acuífero

La Dirección de Recursos Hídricos del Chaco es la única institución en el Chaco que tiene la capacidad de investigar y ofrecer servicios de perforación de pozos profundos. Esta institución depende administrativamente de la Gobernación de Boquerón. Dentro de sus actividades realizadas se cuentan innumerables estudios en el área de la hidrogeología tanto a nivel regional como local. Los resultados obtenidos en las

diferentes campañas de investigación ofrecen un conocimiento de la realidad chaqueña en materia de agua subterránea.

9. CONCLUSIONES

- Se ha determinado el área del Sistema Acuífero Yrenda en una superficie de 120.000 Km.² (Fig. 1) La superficie que abarca con relación al área total del territorio nacional es del 30%.

Para ofrecer un marco georeferencial se ha tomado como límites las fronteras geográficas entre países, meridianos y paralelos. Estos límites son los siguientes:

NORTE : Paralelo 20° 00' 00"
SUR : Río Pilcomayo (frontera con Argentina) y Paralelo 23° 30' 00"
OESTE : Frontera con Bolivia y Argentina
ESTE : Meridiano 59° 30' 00"

El límite **Norte** fue fijado por su proximidad con la cabecera Norte de los acuíferos profundos de exclusiva ocurrencia de agua dulce. Los límites **Sur** y **Este** se fijaron teniendo en cuenta el límite entre el Chaco seco y el Chaco deprimido o sea lo que sería probablemente el inicio de la zona de descarga de los acuíferos del Chaco. También por su proximidad a la franja de transición agua salobre-agua salada. El límite **Oeste** está fijado por la continuidad del acuífero en Bolivia y Argentina.

- El Departamento de Boquerón con una extensión de 91.669 Km.² queda casi totalmente dentro del Sistema Acuífero Yrenda, la diferencia de 28.331 Km.² son distribuidas en los Departamentos de Alto Paraguay y Presidente Hayes.
- Los datos hidráulicos disponibles corresponden a los estudios realizados en el Noroeste del Chaco paraguayo, específicamente en la zona de ocurrencia de agua dulce. Estos datos servirían para tener un conocimiento parcial del Sistema Acuífero Yrenda (Godoy, 1990).

Gradiente hidráulico: 0,001

Permeabilidad: 6 a 9 m/día

Transmisividad: Varía de 6,7 a 226 m²/día con promedio de 80 a 120 m²/día (a partir del caudal específico).

Porosidad Eficaz: varía entre 0.07 a 0.10

Periodo de Renovación: 6.000 años

Reserva: 4 10¹² m³ calculado con espesores de 40 a 250 y de 150 a 250 m (Consultora C&G p/Comisión Acueducto)

Recarga: 57 Millones de m³/año.

- Las aguas subterráneas del Sistema Acuífero Yrendá derivan de sedimentos no consolidados del Terciario y Cuaternario definida como Formación Chaco, de origen continental y en menor grado marino (Godoy, 1990). La presencia de agua salada estaría relacionada con una ingresión marina desde el sur en el mioceno-plioceno

(Terciario Superior), que habría sido de poca profundidad. En este cuerpo de agua desembocaban los ríos Parepeti y Pilcomayo. La evaporación de este mar, debido a cambios climáticos posteriores contribuyeron en gran manera a la ocurrencia de sales evaporíticas causantes de la elevada salinización de las aguas subterráneas (Godoy-Paredes, 1995).

- Por la calidad del agua subterránea y el gran volumen almacenado, únicamente los acuíferos confinados y semiconfinados de la parte del Chaco Oeste paraguayo son considerados de importancia hidrogeológica para su aprovechamiento y usos múltiples, por lo que las investigaciones se centraron más en esa área, sin embargo los datos contenidos en este informe deberían ser actualizados y/o confirmados en futuros estudios más detallados. La superficie aproximada de ocurrencia de agua de buena calidad en el Chaco Oeste paraguayo es de 41.000 Km². (Incluye una franja de agua salobre) (Consultora C&G Asociados p/Comisión Acueducto)
- El residuo seco varía de 1000 mg/l a más de 2.800 mg/l en el límite Este del acuífero del Chaco Oeste paraguayo. Fuera de los límites las concentraciones pueden llegar a igualar o ser mayor al agua de mar (45.000 $\mu\text{S/cm}$) Custodio 1983.

Ejemplos:

Perforación de 180 m en Puerto Sastre 87.000 ($\mu\text{S/cm}$)

Perforación de 54 m en Loma Plata 49.611 ($\mu\text{S/cm}$)

Perforación de 155 m en Campo Acebal 46.650 ($\mu\text{S/cm}$)

Información proporcionada por la Dirección de Recursos Hídricos de Filadelfia

- La red hidrográfica superficial de mayor importancia de la zona del Sistema Acuífero Yrendá es el río Pilcomayo. Internamente la red hídrica es pobre y predominan los causes secos.
- El régimen de lluvias en el Chaco paraguayo varía entre 500 mm hacia el Oeste a 1.400 mm hacia el Este. La época de lluvia comienza en octubre y termina en mayo. El invierno es seco. En todo el Chaco paraguayo la temperatura promedio anual es superior a 23 °C. La evaporación potencial se estima en aproximadamente 2.200 mm hacia el Oeste y 2.000 mm hacia el Este (Consultora DATUM S.A. p/Comisión Acueducto).
- Otro aspecto deficitario del Chaco paraguayo se concentra en el área de la salud. La región se caracteriza por un elevado número de casos de tuberculosis y de la enfermedad de Chagas. Las principales causas de la elevada tasa de mortalidad son: diarrea y deshidratación, infecciones respiratorias agudas, sepsis y meningitis. La cobertura de los servicios de planificación familiar es muy baja y la atención a la salud reproductiva es mínima. (Fundación Desdelchaco, Iniciativa para el liderazgo en desarrollo sostenible, Informe Paraguay).
- Más del 80% de la población rural del Chaco paraguayo no tiene acceso al agua potable y solo un 5% cuenta con servicios sanitarios. La mayoría de las comunidades del Chaco central no cuenta con sistema de alcantarillado y las aguas residuales se disponen en el lugar mediante sistemas tradicionales utilizados en nuestro país: letrinas

de fosa seca, pozo ciego, cámaras sépticas y posos absorbentes (Comisión Acueducto, Sistema Acueducto Río Paraguay – Chaco Central).

- Las frecuentes sequías han demostrado en un solo rubro, el alto costo que representa el transporte y distribución de agua. Solo en el Departamento de Boquerón, para asistencia a las comunidades indígenas, entre agosto de 1999 y marzo de 2000, se ha transportado 17 millones de litros de agua. De acuerdo al Proyecto Acueducto Río Paraguay-Chaco Central (2001) el costo del agua que llegaría a los hogares rondaría de 3 a 4 Dólares Americanos por m³.
- El Centro Paraguayo de Ingenieros, ante un pedido de Evaluación del Proyecto Acueducto, concluyó como una prioridad la realización con la celeridad que merece el tema, de estudios tendientes a determinar si el Sistema Acuífero Yrenda puede constituirse en una fuente de provisión segura de agua potable al Chaco central, insistiendo en investigaciones para la determinación del volumen de agua, el potencial de recarga, los riegos o posibilidad de contaminación del acuífero, así como su impacto ecológico y ambiental.
- Solamente los acuíferos confinados y semiconfinados del Chaco Oeste y los acuíferos someros (< 20 m) del Chaco central son los que posee mayor información sobre el comportamiento general de dichos acuíferos.

10. RECOMENDACIONES

- Hay que incrementar los conocimientos del área de recarga del Sistema Acuífero Yrenda como por ejemplo las condiciones medioambientales del entorno, calidad y cantidad de infiltración de aguas de lluvias anuales, cantidad de infiltración de ríos o cursos de aguas influyentes, polución antropogénica, confirmación de la evapotranspiración, etc., a través de métodos de modelo de simulación.
- Son indispensables la inclusión de estudios geofísicos e isotópicos para la delimitación de la interfase agua dulce-agua salada, identificación del origen de las aguas subterráneas, determinación de su edad, velocidad y dirección de flujo, relación entre aguas superficiales y subterráneas, posibles conexiones acuíferas, porosidad, transmisividad, dispersividad local de un acuífero etc.
- Se debería conocer el comportamiento total del Sistema Acuífero Yrenda, que se distribuye por casi todo el Chaco paraguayo, con la finalidad de comprender el sistema integrado por aguas dulces, salobres y saladas. Estos conocimientos servirían para ejercer un control sostenible ante eventuales aprovechamientos del agua salada con fines de someterlos a la potabilización por medio de plantas desalinizadoras.
- Es importante tener en cuenta los modelos de simulación matemáticos para representar en forma aproximada el impacto que imprimiría la construcción del Acueducto en los acuíferos chaqueños, especialmente lo relacionado al efluente terminal, teniendo en cuenta las debilidades y fragilidades ambientales del entorno, y el consumo progresivo

del agua transportada. Además, estos modelos aportarían resultados muy importante en la evolución dinámica del Sistema Acuífero Yrenda.

- Esta Consultoría ha encontrado un déficit investigativo atinente a la situación actual en el ámbito de monitoreo hidroquímico y ambiental, confirmación de su potencialidad, balance hídrico, definición del área, fluctuaciones de niveles, usos y edad probables del agua, relaciones físicas, hidrogeológicas, hidroquímicas, interacción de las interfases de agua dulce salobre y salada, alteraciones de la composición del agua ante un bombeo exagerado, etc.
- El destino del agua debe ser planificado, para lo cual durante los estudios a realizarse debe ser bien delimitadas la profundidad y la calidad de agua dulce, salobre y salada, de tal manera a explotar el agua del acuífero adecuado al uso, ya sea humano, ganadero o para riego.
- No hay que dejar de insistir en la protección ambiental del área del acuífero del Chaco Oeste, pues, en ese sentido la particular flora, típica de zonas áridas y semiáridas desempeña un papel importante como cobertura protectora al acuífero.
- El recurso hídrico, es de vital importancia para el crecimiento sostenible de la región, el cual carece de regulación específica, lo que permite el uso irrestricto e insostenible de los recursos, (represamiento de causas naturales, extracción, etc.), por tanto se requiere en la brevedad posible la aplicación de normas de manejo de los recursos hídricos y la creación de una autoridad de aplicación y control.
- Determinar con mayor precisión los volúmenes de agua subterránea dulce
- Determinar con mayor exactitud los niveles de agua dulce y agua salada en profundidad
- Determinar la relación de los acuíferos con las distintas formaciones geológicas
- Conocer los volúmenes de recarga provenientes de las precipitaciones directas y de los ríos y/o arroyos y volúmenes de circulación de agua subterránea profunda proveniente del sector boliviano.
- Conocer las áreas de descarga en el sector del Chaco central paraguayo.
- Conocer el mecanismo de salinización de suelos y agua en el Chaco central.
- Determinar con mayor precisión la descarga de agua subterránea salada hacia el sector del Río Paraguay y el sector de los pequeños cauces de agua superficial (ej. Río Montelindo).
- Determinar el origen de los fenómenos de desertificación y su relación con el agua subterránea.

- Compatibilizar las leyes de los distintos países en cuanto al uso y gestión de los recursos hídricos.
- Crear áreas de protección en los sectores de alta vulnerabilidad de los acuíferos.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENDER, H. 1993 “Consideraciones sobre el Monitoreo de Instalaciones para el Enriquecimiento Artificial del Agua Subterránea en el Chaco Central” Informe Técnico N° 2 DRH-BGR 9 P.

CAUSARANO, M.; TEROL, G.; FERNÁNDEZ, S. 1999 “Desarrollo Sostenible del Gran Chaco Sudamericano-Paraguay” 17 P.

C&G CONSULTORES, 2001 “Investigación y Análisis del Acuífero del Chaco Oeste” Comisión Acueducto-MOPC

COINCO–Consultora de Proyectos 2001 “Investigación y Localización de Comisión Acueducto-MOPC

CONSULTORA GEOSURVEY S.R.L 2001 “Alternativas y Recomendaciones para el Abastecimiento de Agua en Comunidades Indígenas en el Chaco Paraguayo” Comisión Acueducto-MOPC

CONSULTORA HIDROTÉCNICA Y AMBIENTAL S.R.L. 2001 “Proyectos para la disposición y tratamientos de aguas residuales” Comisión Acueducto-MOPC

CONSULTORA DATUM S.A. 2001 “Procesos de Desalinización” Comisión Acueductomopc

C.I.S.A. CONSULTORA INTEGRAL S.A. 2001 “Investigación y Localización de Acuíferos Someros Aptos para la Recarga Artificial en la Región Occidental” Comisión Acueducto-MOPC

DBENVIRONNEMENT (BID ATN/FC–6006-PR) 2001 “Estudio del Marco Legal e Institucional para el Manejo de los Recursos Hídricos de Paraguay”. Contrato BID ATN/FC-6006-PR-Informe PTR1-Diagnóstico de la Situación Actual de los Recursos Hídricos en Paraguay.

DIRECCIÓN DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA – P.H.I – PARAGUAY 1992 “Balance Hídrico Superficial del Paraguay” Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe 78 P.

DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADISTICA ENCUESTAS Y CENSOS “Resultados Finales del Censo Nacional de Población y Viviendas” Año 2002

- GODOY, E.** 1991 “Acuíferos Potenciales del Paraguay” Memorias del Primer Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. Asunción-Paraguay. P 49-59.
- GODOY, E.** 1990 “Características Hidrogeológicas e Hidroquímicas de la Región Oeste del Chaco Paraguayo” Tesis de Maestría de Tecnología de la Universidad de Pernambuco. Recife-Brasil.
- GODOY, E.** 1995 “Consideraciones sobre la Evolución del Nivel del Agua Subterránea del Chaco Paraguayo”. Memoria del Segundo Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. Reserva Económica y Estratégica Vital. San Lorenzo-Paraguay P 87 – 99.
- GODOY, E.; CROCE, M.; GARCIA, D.** 1991 “Pozos Profundos en el Chaco Paraguayo. Banco Electrónico de Datos Hidrogeológicos e Hidroquímicos” Comisión Nacional de Desarrollo Integrado del Chaco. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Proyecto Par/88/009. Filadelfia-Paraguay. 348 P.
- GODOY, E.; LARROZA, F.; PAREDES, J.** 1993 “Investigación Hidrogeológica del área de Filadelfia-Chaco, para Detectar Contaminación del Agua Subterránea” Colección de datos. Informe Técnico N° 1. Cooperación Hidrogeológica Paraguay – Alemana (DRH-BGR). Filadelfia-Paraguay.
- 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 Paraguayo (CNDRICH/MDN). Recursos Naturales. Geología-Hidrológica. N° 1 Filadelfia-Paraguay. P27 – 44.
- GODOY, E.; PAREDES, J.** 1995 “El Agua Subterránea del Chaco Paraguayo, Evolución de su Conocimiento” Memorias del Segundo Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. Reserva Económica, Estratégica y Vital. San Lorenzo-Paraguay P 3 – 22.
- GODOY, E.; PAREDES, J.** 1994 “Las Aguas Subterráneas del Chaco Boreal – Central Sudamericano – Exploración de los Recursos Hídricos Subterráneos de la Región Occidental” Informe N° 7. Cooperación Hidrogeológica Paraguay-Alemana (DRH-BGR). Proyecto PN 91.2036.1 Filadelfia-Paraguay.
- GODOY, E. et al.** 1991 “Recarga Artificial de Acuíferos Freáticos en el Chaco Central Paraguayo” Comisión Nacional de Desarrollo Integrado del Chaco / del as Naciones Unidas para el Desarrollo. Proyecto PAR/88/009. Filadelfia-Paraguay 130 P.
- GODOY, E.** 1986 “Reconocimiento Hidrogeológico del Norte del Chaco Paraguayo”. Comisión Nacional de Desarrollo Regional Integrado del Chaco-MDN. Filadelfia-Paraguay. 16 P.

- KAPPA S.R.L. Consultora.** 2001 “Elaboración de un Banco de Datos hidrogeológicos de la región Occidental”
Comisión Acueducto..
- KARPOFF, R; MAUTEVILLE, RENOARD.** 1965 “Estudio Hidrogeológico del Paraguay”. Misión Geológica Francesa. Paris-Francia P 42.
- KELLER, S.** 1993 “Investigación Hidrogeológica del Área de Campo Loa para Mejorar el Abastecimiento de Agua Potable” Informe Técnico N°4 DRH-BGR 21 P.
- LAFLEUR, M.A.** 1991 “Guía para el Diseño de Pozos sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay”. Memorias del Primer Simposio sobre Aguas Subterráneas y Perforación de Pozos en el Paraguay. Asunción-Paraguay. P 20 – 35.
- MENTE, A.; GODOY, E.** 1989 “Recursos de las Aguas Subterráneas del Paraguay”. P 82 – 89.
- NACIONES UNIDAS** 1978 “Investigación y Desarrollo de Agua Subterránea en el Chaco” Informe Técnico. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Nueva York. P 93.
- NACIONES UNIDAS** 1988 “Perforaciones Profundas y Someras del Norte del Chaco Paraguayo” Informe Técnico. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo-Proyecto PAR/88/009 55 P.
- PASIG, R.** 1998 “Estudio Hidrogeológico del Chaco Tarijeño de Bolivia” Boletín del Servicio Nacional de Geología y Minería (SERGEOMIN) N° 15, Año 1998.97 P
- PELÁEZ GARCÍA, A.** “Investigación de Pozos Profundos en la Región Occidental y su Correlación Estratigráfica con Fines Hidrogeológicos” Comisión Acueducto.
- PROYECTO SISTEMA HIDROGEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA DEL PARAGUAY** (1:1.000.000)”. Compañía de Pesquisa de Recursos Minerais CPPM-Brasil. P. 27.
- PROYECTO SISTEMA AMBIENTAL DEL CHACO.** 1998 “Inventario, Evaluación y Recomendaciones para la Protección de los Espacios Naturales en la Región Occidental” Ministerio de Agricultura y Ganadería (M.A.G.)/Instituto de Geociencias y Recursos Naturales (BGR) Asunción.
- SALLAM, R.** 1987 “Estudio Hidrogeológico para la Sub-área Programa 4C y Área de Influencia del Proyecto de Colonización Teniente Primero Alfredo Strossner”. Comisión Nacional de Desarrollo Regional Integrado del Chaco Paraguayo/Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo. Informe Técnico. P 71.

- SOSA, H.** 1967 “Water the Problem in the Chaco’s North West Zone”. International Conference Water for Peace. Washington, DC-USA. 8 P.
- TULLSTROM, H.; MENTE.** 1967 “Investigation of Groundwater Resources in Central and Northwester Chaco”. Final Technical Report. Project. PAR/69/516, United Nations. New York-USA. 118 P.
- VERA, G.; PALMIERI, J.** 1971 “Contribución a la Hidrogeología de la Zona Oeste del Chaco Paraguayo” Universidad Nacional de Asunción. ICB Serie D Informes Técnicos N° 16. Asunción Paraguay.
- VON HOYER, M.** 1993 “Hidroquímica del Agua Subterránea en el Área Urbana de Filadelfia (Chaco Boreal/Paraguay)” Informe Técnico N° 3 DRH-BGR 50 P.
- WIENS, F.** “Tectónica y Sedimentación Fanerozoica de la Cuenca del Chaco” Publicación del Departamento de Abastecimiento de Agua para el Chaco. (CNDRICH/MDN). Recursos Naturales. Geología-Hidrológica. N° 1 Filadelfia-Paraguay. P9 – 26.

ANEXOS

A) LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 Delimitación del Sistema Acuífero Yrendá*
- Fig. 2 Área Ocupada por los Acuíferos del Chaco Oeste*
- Fig. 3 Calidad del Agua de los Acuíferos del Chaco Oeste*
- Fig. 4 Áreas Ocupadas por los Acuíferos del Chaco Oeste*
- Fig. 5 Promedio de Temperatura Anual en el Paraguay*
- Fig. 6 Promedio de Lluvia Anual en el Paraguay*
- Fig. 7 Ubicación del Paraguay en la Cuenca del Plata*
- Fig. 8 Regiones Geográficas del Paraguay*
- Fig. 9 Ubicación del Paraguay en el Gran Chaco Sudamericano*
- Fig. 10 Cuencas y Altos Regionales del Paraguay*
- Fig. 11 Principales Redes Hidrográficas del Paraguay*
- Fig. 12 Esquema Hidrogeológico del Chaco Paraguayo*
- Fig. 13 Esquema Hidrogeoquímico del Chaco Paraguayo*
- Fig. 14 Áreas Silvestres Protegidas*

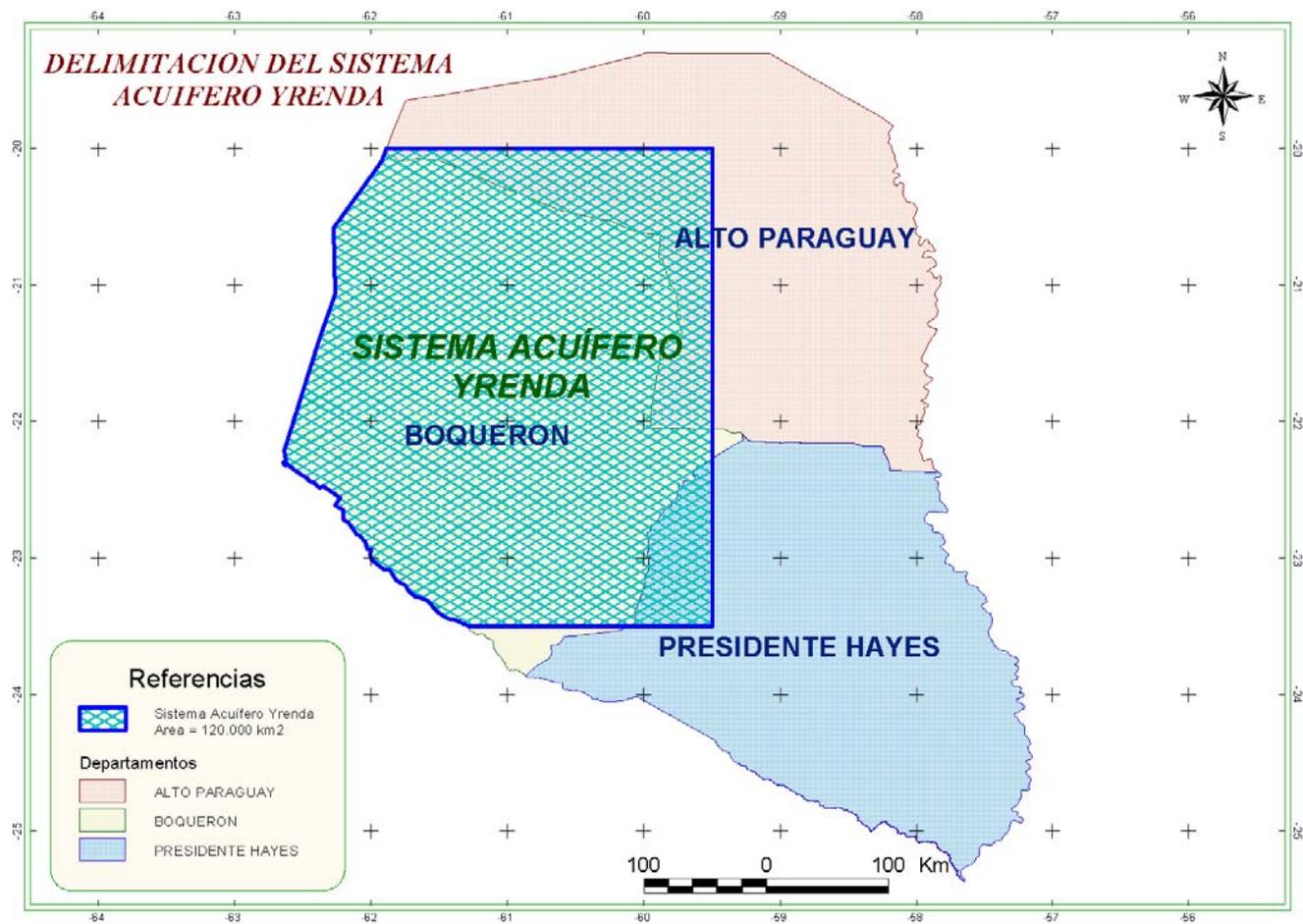


Fig. 1 Delimitación del Sistema Acuífero Yrendá (Generación propia)

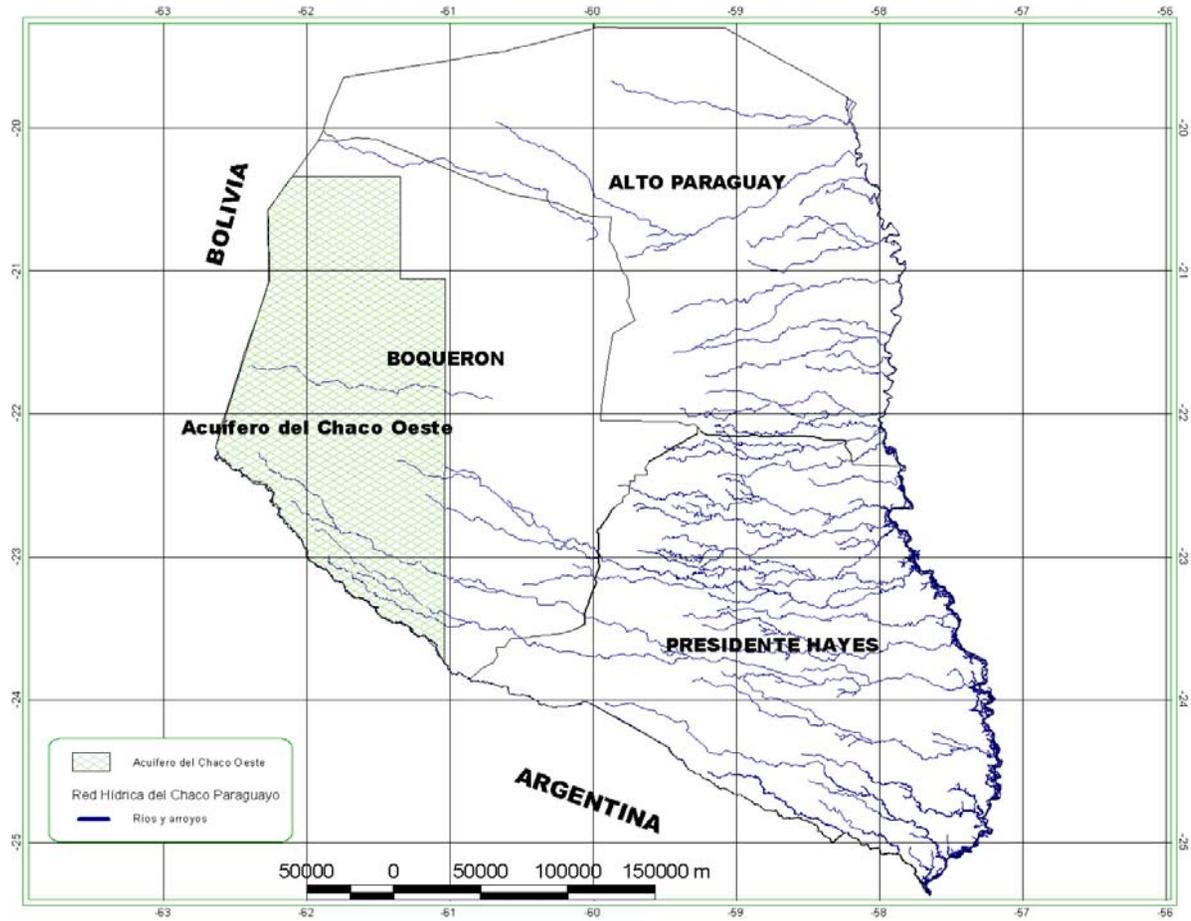


Fig. 2 *Área Ocupada por los Acuíferos del Chaco Oeste (C&G Consultora, p/Comisión Acueducto, 2001, modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)*

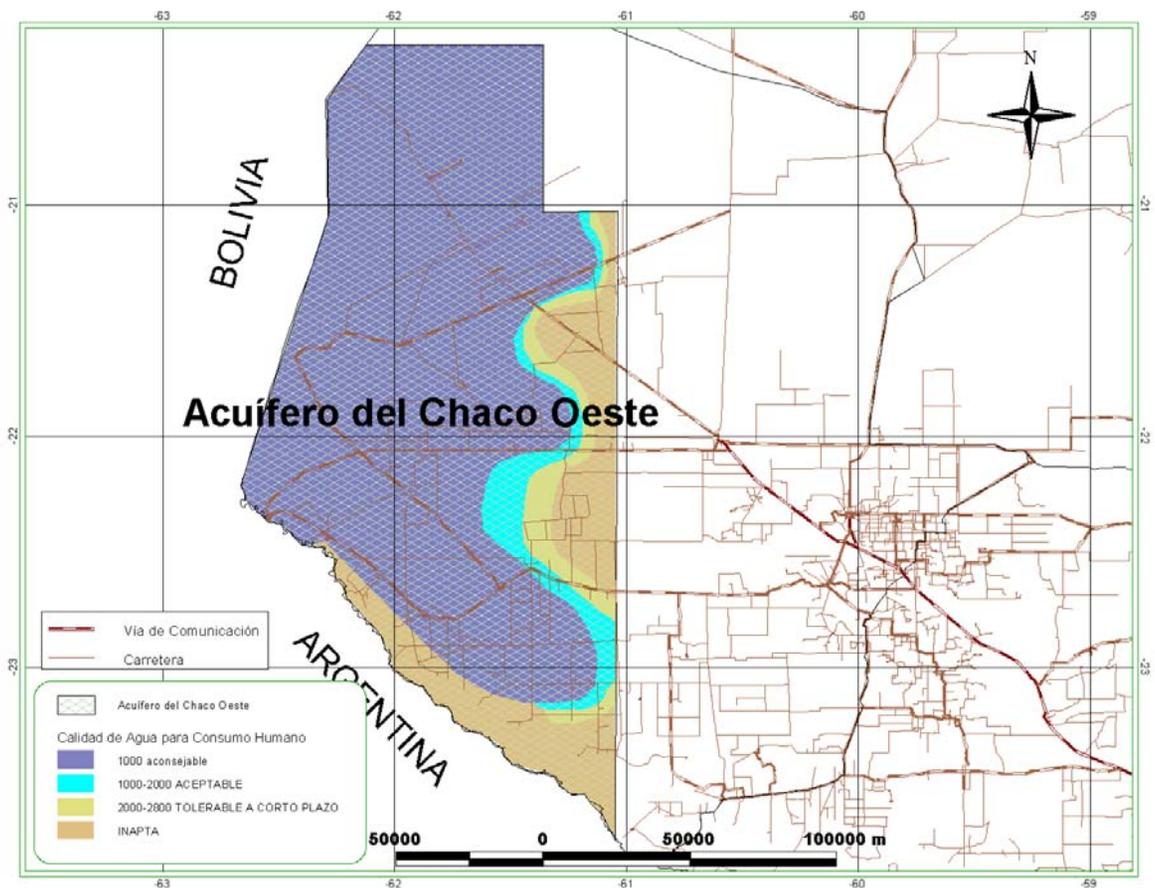


Fig. 3 *Calidad del Agua de los Acuíferos del Chaco Oeste (C&G Consultora, p/Comisión Acueducto, 2001, modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)*

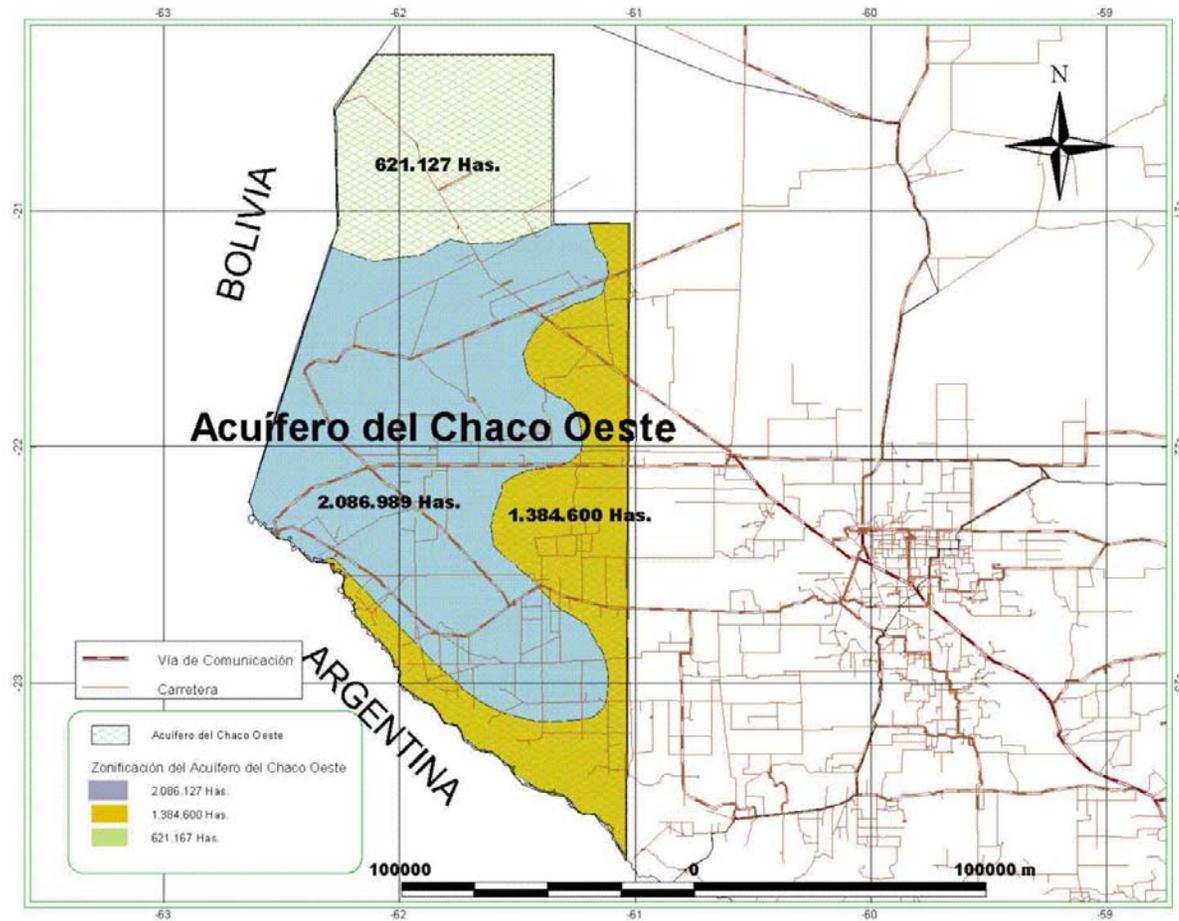


Fig. 4 Áreas Ocupadas por los Acuíferos del Chaco Oeste (C&G Consultora, p/Comisión Acueducto, 2001, modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)

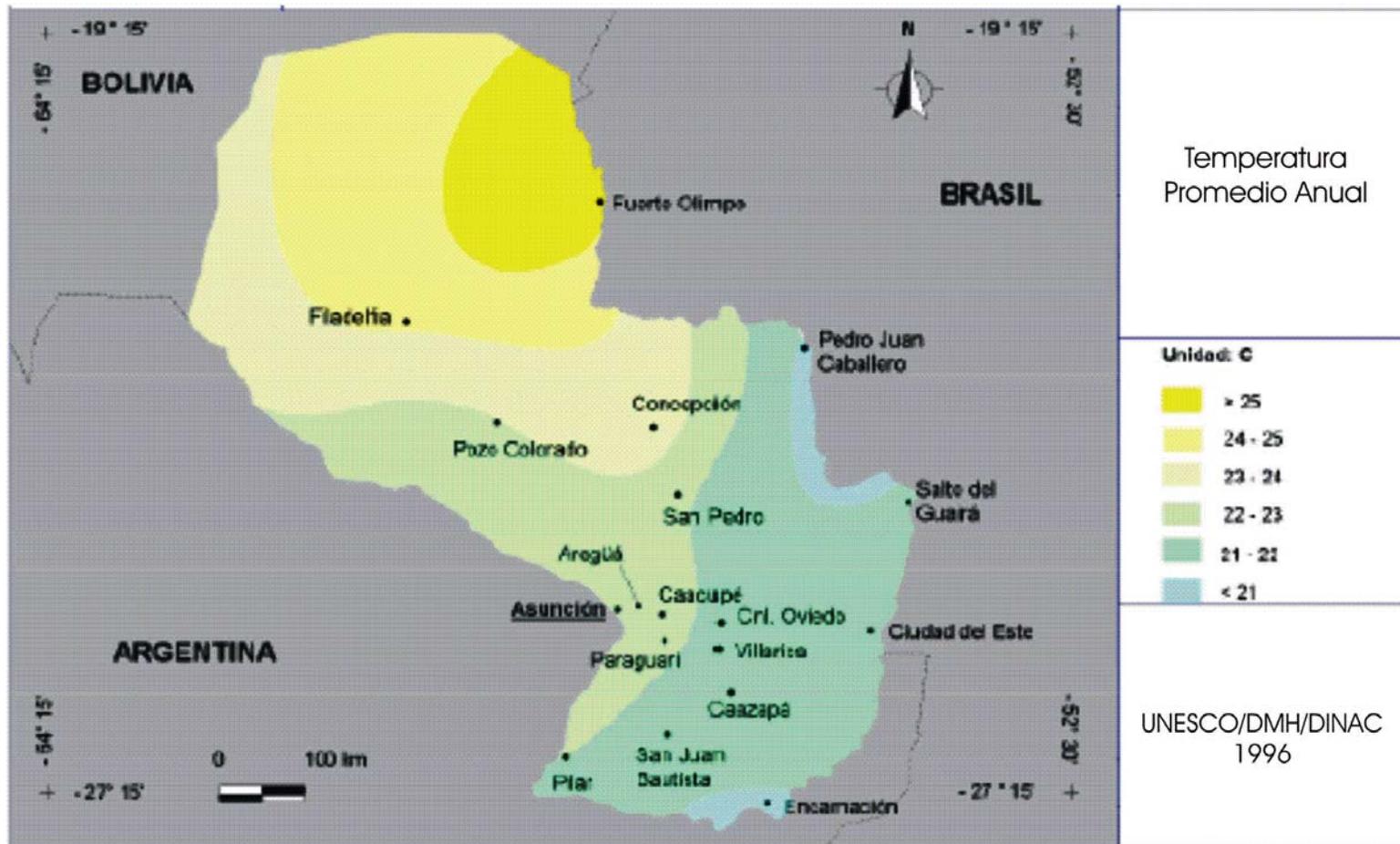


Fig. 5 Promedio de Temperatura Anual en el Paraguay (DBEnvironnement, UNESCO,DMH,DINAC, 1996, modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)

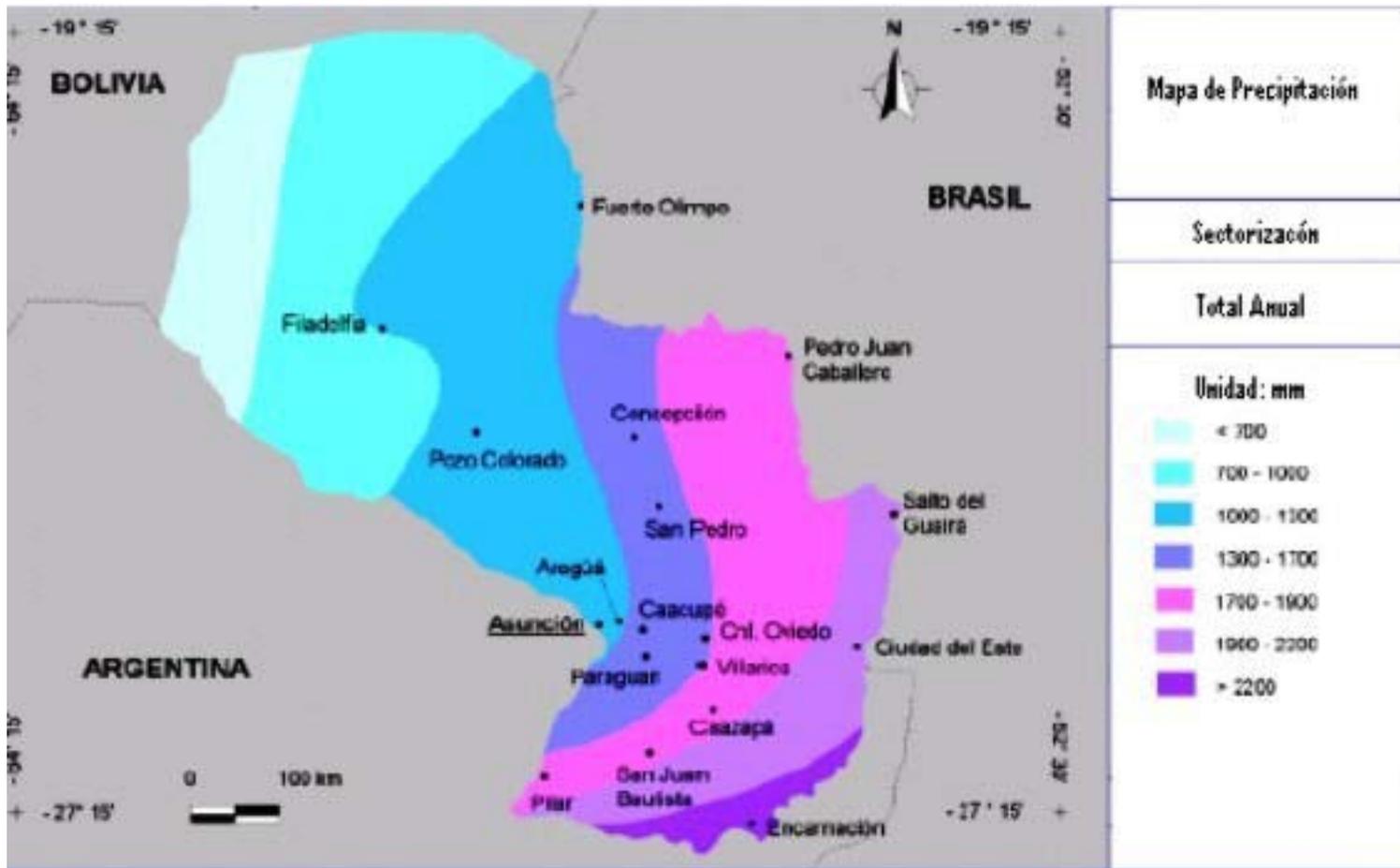


Fig. 6 Promedio de Lluvia Anual en el Paraguay (DBEnvironnement, 1999, modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)



Fig. 7 Ubicación del Paraguay en la Cuenca del Plata (DBEnvironnement, Geografía Ilustrada del Paraguay, 1997, modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)

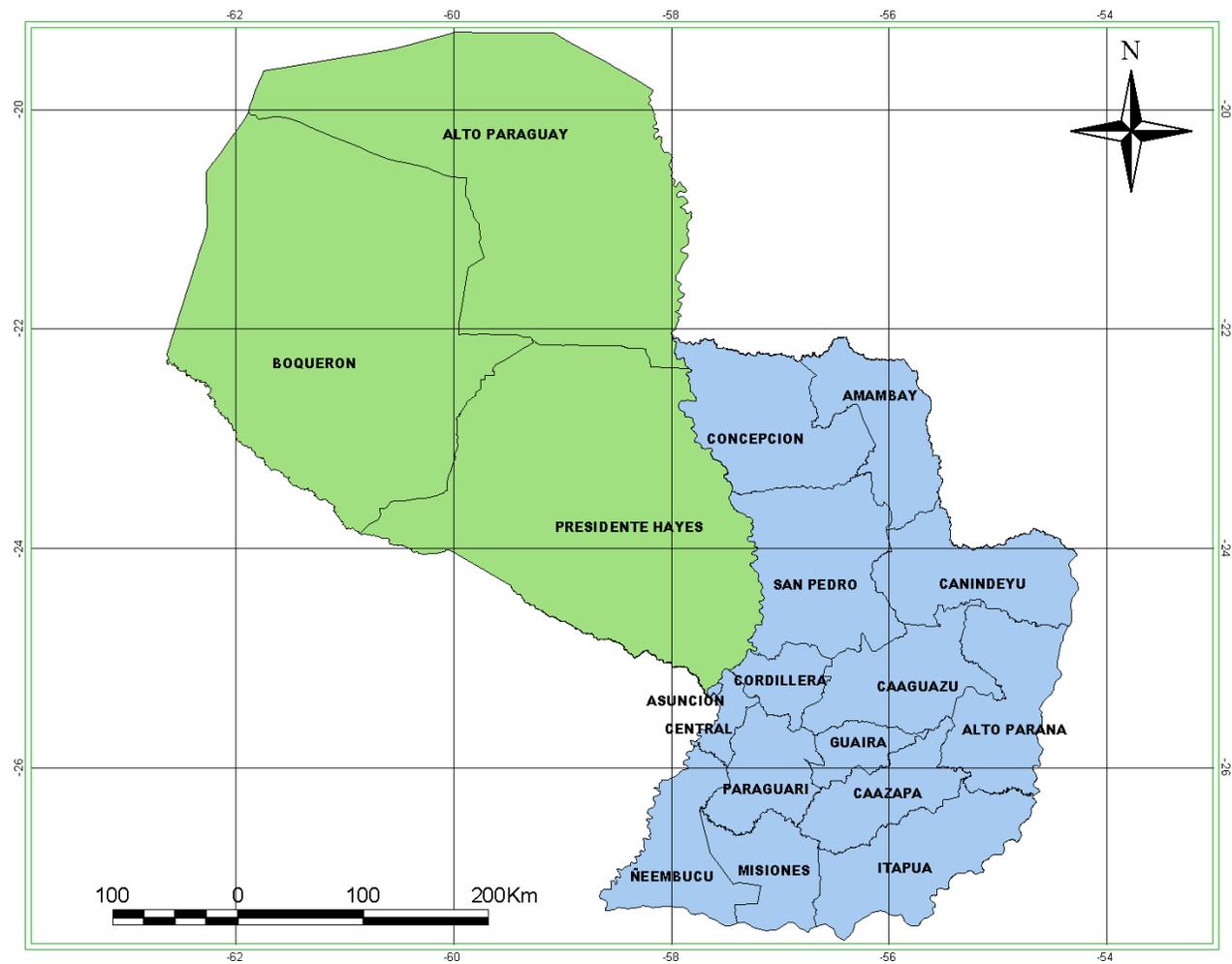


Fig. 8 Regiones Geográficas del Paraguay (generación propia)



Fig. 9 Ubicación del Paraguay en el Gran Chaco Sudamericano (Proyecto Sistema Ambiental Del Chaco, 1998)

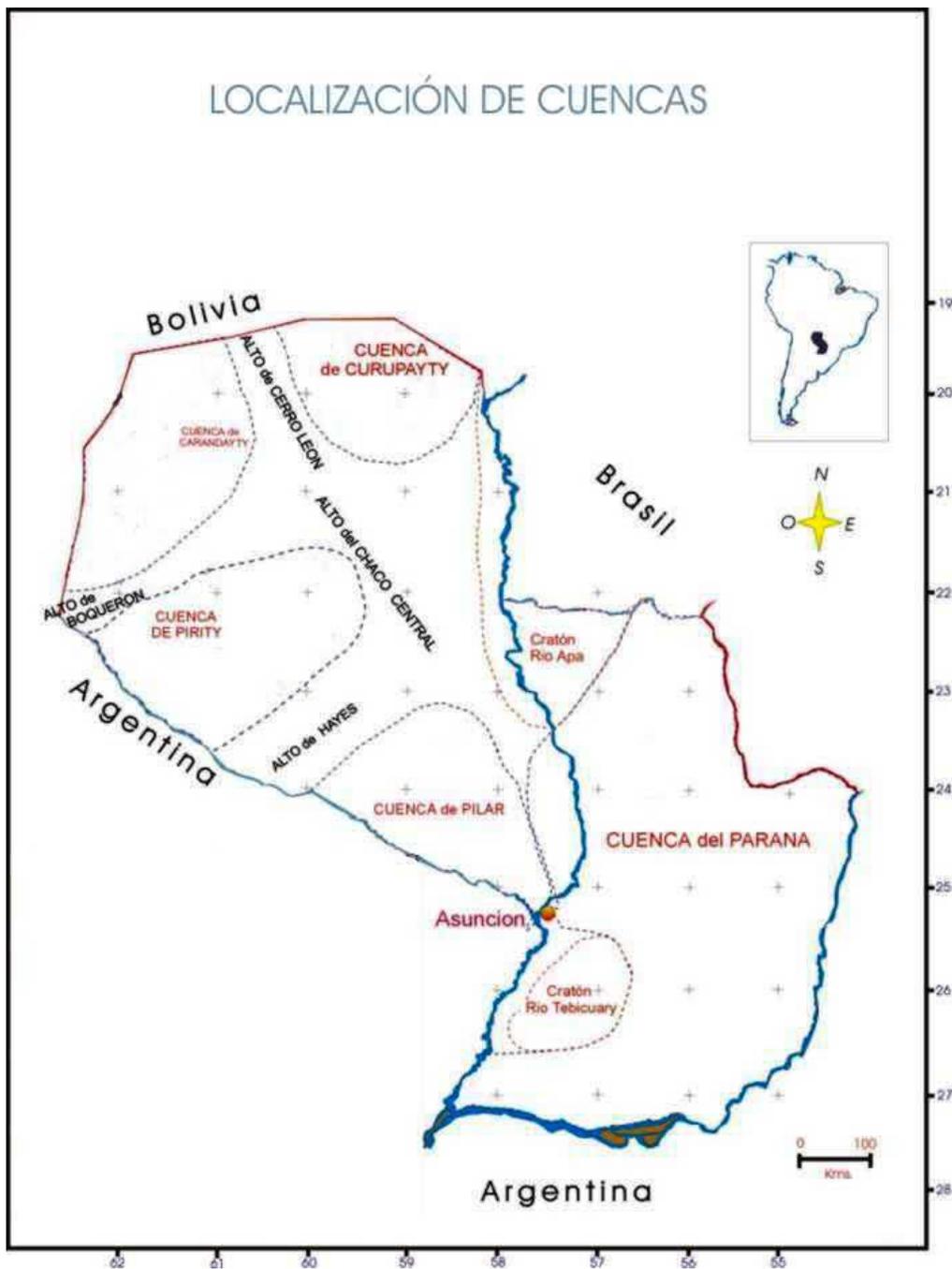


Fig. 10 Cuencas y Altos Regionales del Paraguay (Texto Explicativo Mapa Hidrogeológico del Paraguay, 1986, , modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)

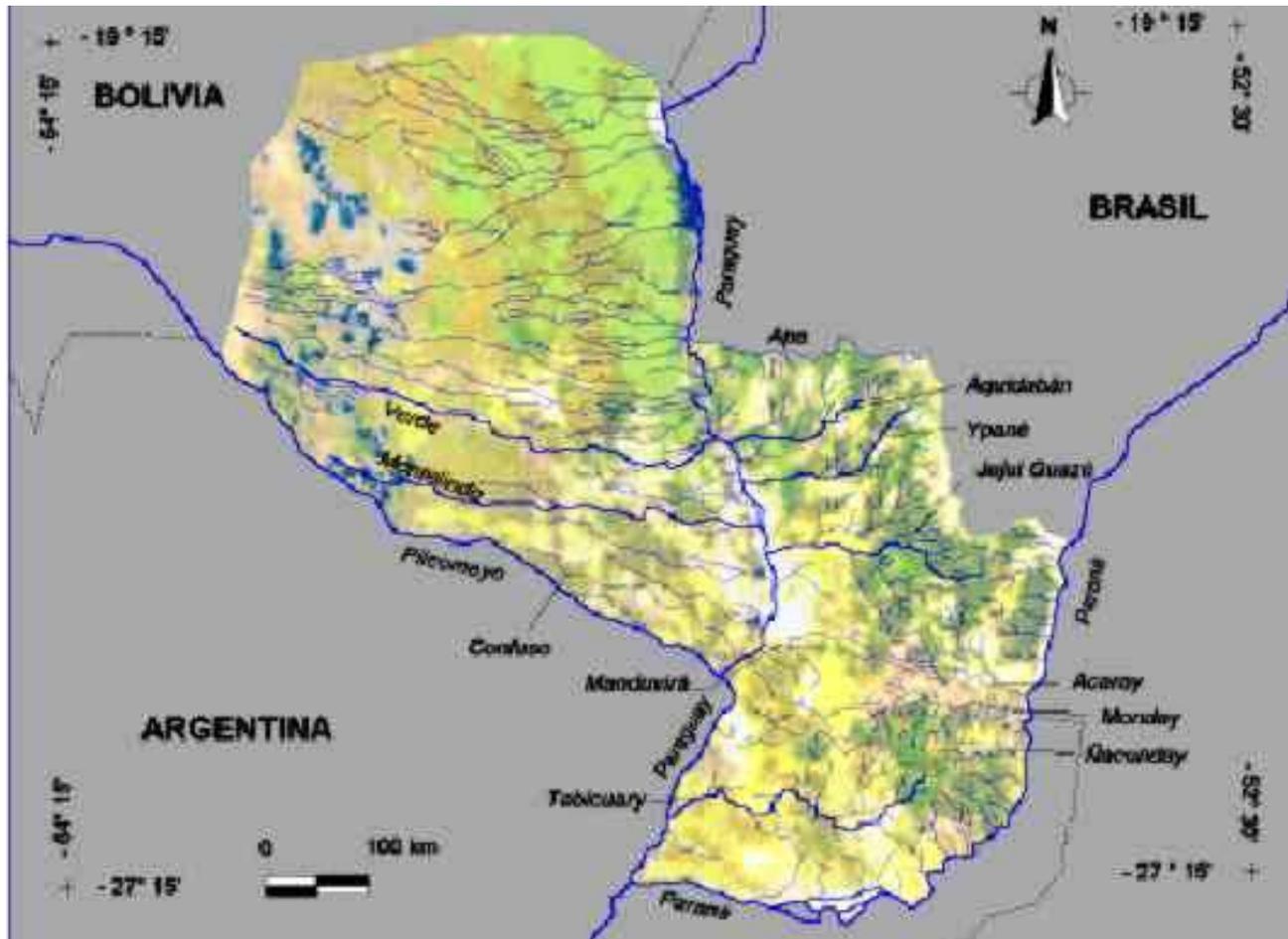


Fig. 11 Principales Redes Hidrográficas del Paraguay (DBEnvironnement, UNESCO,DMH,DINAC, 1992, modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)

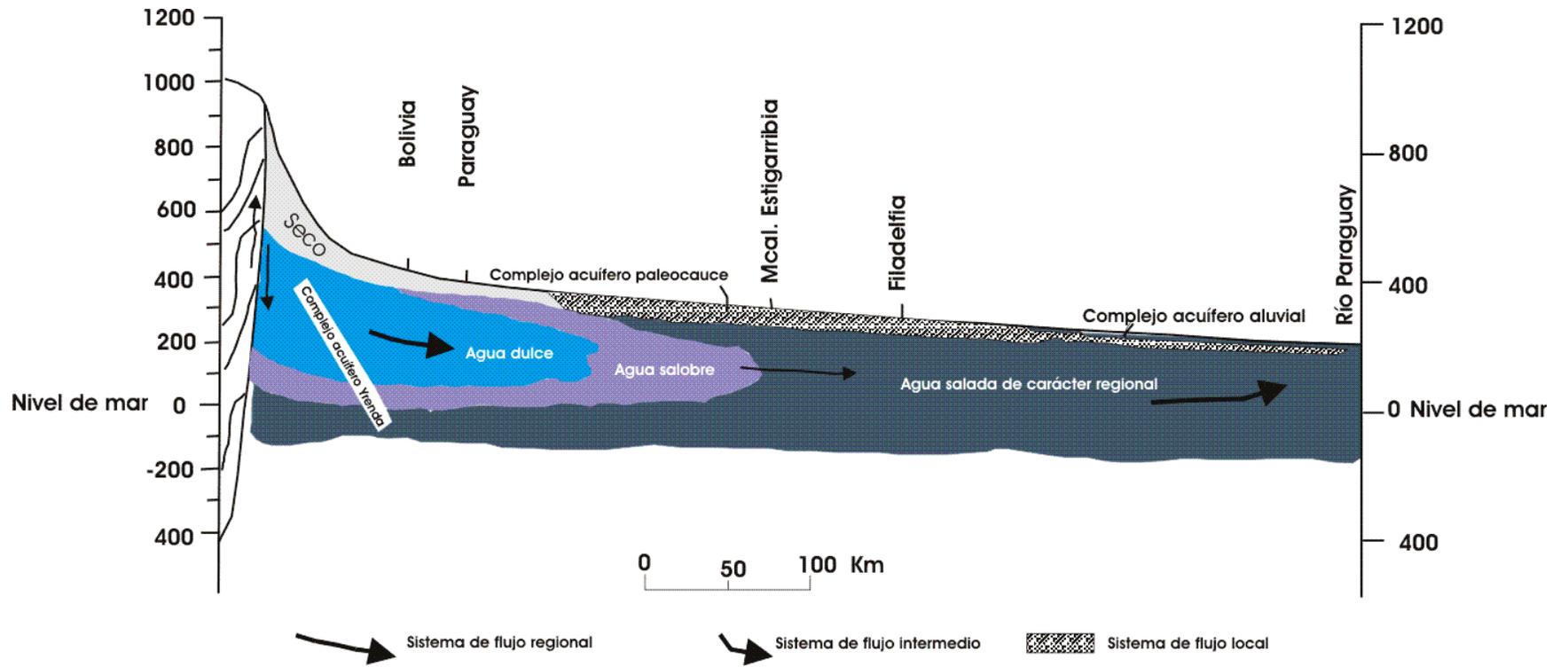


Fig. 12 Esquema Hidrogeológico del Chaco Paraguayo (Memoria del 2^{do} Simposio Sobre Agua Subterránea y Perforaciones de Pozos en el Paraguay, 1995, modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)

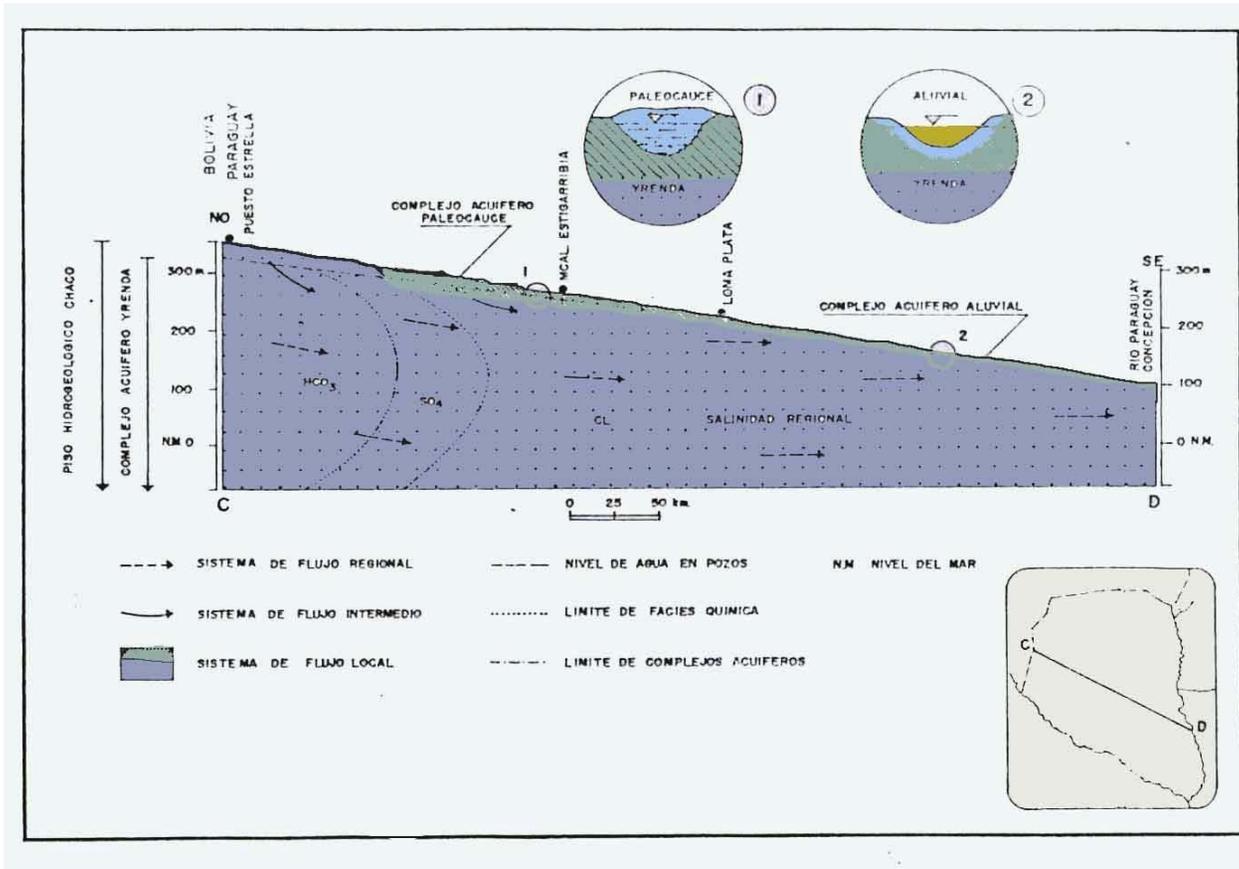


Fig. 13 Esquema Hidrogeoquímico del Chaco Paraguayo (Engelen & Jones, 1986 , modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)

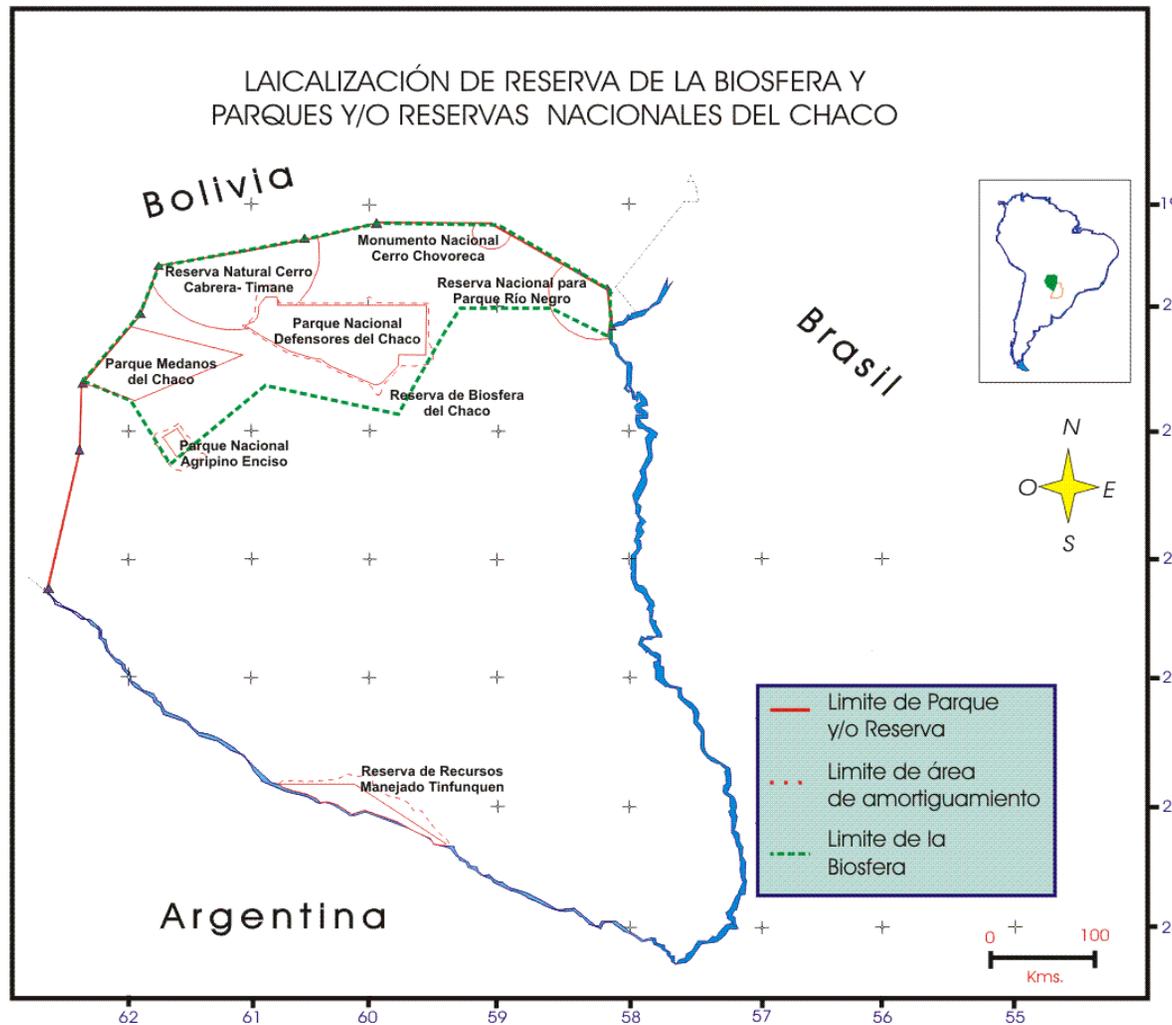


Fig. 14 Áreas Silvestres Protegidas (Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas, modificado por J.L. Ríos Otero, 2004)

B) GLOSARIO DE SIGLAS

ANNP	Administración Nacional de Navegación y Puertos
BGR	Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CMMAH	Centro Multiuso de Monitoreo Ambiental e Hidrológico
CNDRICH	Comisión Nacional de Desarrollo Regional Integrado del Chaco
ERSSAN	Ente Regulador de Servicios Sanitarios
ESSAP (ex CORPOSANA)	Empresa de Servicios Sanitarios del Paraguay
ISARM/AMERICAS	Transboundary Aquifers of The Americas (Acuíferos Transfronterizos de las Américas)
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MDN	Ministerio de Defensa Nacional
MOPC	Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones
MSPBS	Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social
ODSMA	Oficina de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente
OEA	Organización de Estado Americanos
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
SG/OEA	Secretaría General de la Organización de Estados Americanos
SEAM	Secretaría del Ambiente
SENASA	Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental
SIG	Sistema de Información Georeferenciado
UNA	Universidad Nacional de Asunción
UNESCO	Organización de las Naciones Unidad para la Educación, la Ciencias y Cultura

SECCIÓN 2

INTERVENCIONES DEMOSTRATIVAS – AREAS PILOTO

- a) GRAL. E. A. GARAY – LA TRICOLOR, PARAGUAY – BOLIVIA**
- b) PALMAR GRANDE – TARTAGAL, BOLIVIA – ARGENTINA**
- c) TTE. 1° M. CABELLO – CAP. J. PAGÉS, PARAGUAY - ARGENTINA**



ORGANIZACIÓN DE LOS
ESTADOS AMERICANOS



SECRETARIA DEL AMBIENTE

DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y CONSERVACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS



PROGRAMA HIDROLÓGICO
INTERNACIONAL



PROYECTO:
**“PROGRAMA MARCO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA EN RELACIÓN
CON LOS EFECTOS HIDROGEOLÓGICOS DE LA VARIABILIDAD Y
EL CAMBIO CLIMÁTICO”**

COMPONENTE:
“AGUAS SUBTERRÁNEAS”

SUB COMPONENTE
“INTERVENCIONES DEMOSTRATIVAS”

CASO DE ESTUDIO
UNESCO/OEA/ISARM Américas
SISTEMA ACUÍFERO YRENDA-TOBA-TARIJEÑO
PARAGUAY-ARGENTINA-BOLIVIA

AREA PILOTO
GRAL. EUGENIO A. GARAY – LA TRICOLOR
PARAGUAY - BOLIVIA

Lic. Juan Luís Ríos Otero
Ing. Hernán Villena Gutiérrez

Diciembre - 2004

ÍNDICE

1.	UBICACIÓN DEL AREA PILOTO PARAGUAY – BOLIVIA	1
2.	DESCRIPCIÓN DEL AREA DE INTERVENCIÓN	2
2.1	Aspectos socio-económicos	2
2.2	Problemáticas locales	2
3.	JUSTIFICACIONES	3
4.	IMPORTANCIA DE LAS INTERVENCIONES	3
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
6.	BENEFICIOS	5
6.1	Obtener Condiciones de Protección y Preservación de las Zonas más Frágiles del SAYTT	5
6.2	Disponer de Soluciones Apropriadas para un Uso Sostenible y Sustentable de los Recursos Hídricos.....	5
7.	SUB COMPONENTES	5
7.1	GEOLOGÍA GENERAL	5
7.1.1	Actividades	6
7.1.2	Productos	6
7.2	HIDROGEOLOGÍA GENERAL	7
7.2.1	Actividades	7
7.2.2	Productos	8
7.3	HIDROMETEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	9
7.3.1	Actividades	9
7.3.2	Productos	9
7.4	VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN	10
7.4.1	Actividades	10
7.4.2	Productos	11
7.5	RECARGA ARTIFICIAL Y CAPTACIONES	11
7.5.1	Actividades.....	12
7.5.2	Productos.....	12
7.6	MONITOREO Y CONTROL	12
7.6.1	Actividades.....	13
7.6.2	Productos.....	14
7.7	S.I.T. (SISTEMAS INFORMATIVOS TERRITORIALES)	14
7.7.1	Actividades	14
7.7.2	Productos	14
7.8	COMUNICACION SOCIAL/EDUCACION AMBIENTAL/ANALISIS DE LAS NORMATIVAS	14
7.8.1	Actividades	15
7.8.2	Productos	15
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

9.	CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO	17
	Cronograma de Actividades y Costos por Intervención	17
	Presupuesto Estimativo por Categoría de Gasto	20
	Glosario de Siglas	21



INTERVENCIONES DEMOSTRATIVAS N° 1

INTERVENCIONES PARA LA OPTIMIZACIÓN Y PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS, MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE LA RECARGA INDUCIDA, MEJORES OBRAS DE CAPTACIÓN/ALMACENAMIENTO Y PROPUESTAS PARA LA MITIGACIÓN DEL RIESGO A LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS, EN ZONAS DE RECARGA Y CAPTACIÓN

GRAL. E. A. GARAY-LA TRICOLOR

PARAGUAY – BOLIVIA

1. UBICACION DEL AREA PILOTO

El área piloto fue propuesta por los representantes de Paraguay y Bolivia. La parte paraguaya se encuentra en el Departamento de Boquerón, limitando al Norte con la localidad de Gral. E. A. Garay al Sur con la localidad de Infante Rivarola, al Este con el meridiano 62° y al Oeste con la frontera paraguayo-boliviana.

La porción boliviana abarca al Norte: el sector Norte y Sur de los Departamentos de Tarija y Chuquisaca respectivamente, al Sur se extiende hasta la localidad de Ibibobo, al Este limita con la frontera paraguayo-boliviana y hacia el Oeste con la serranía del Aguaragüe.

La extensión determinada es de 5.950 Km.² aproximadamente, distribuidos de la siguiente manera: en el sector boliviano 4.200 Km.² (70,6%) y en el sector paraguayo 1.750 Km.² (29,4%).

Área Piloto Gral. E. A. Garay-La Tricolor	
PARAGUAY	BOLIVIA

62° 16' 09"	20° 34' 37"	62° 15' 19"	21° 00' 00"
62° 09' 28"	20° 24' 57"	62° 15' 19"	21° 01' 00"
62° 09' 28"	21° 31' 00"	62° 24' 24"	21° 31' 10"
62° 24' 50"	21° 31' 00"	63° 00' 00"	21° 00' 00"
62° 15' 36"	21° 37' 19"	63° 00' 00"	21° 31' 10"
62° 15' 44"	21° 00' 00"		

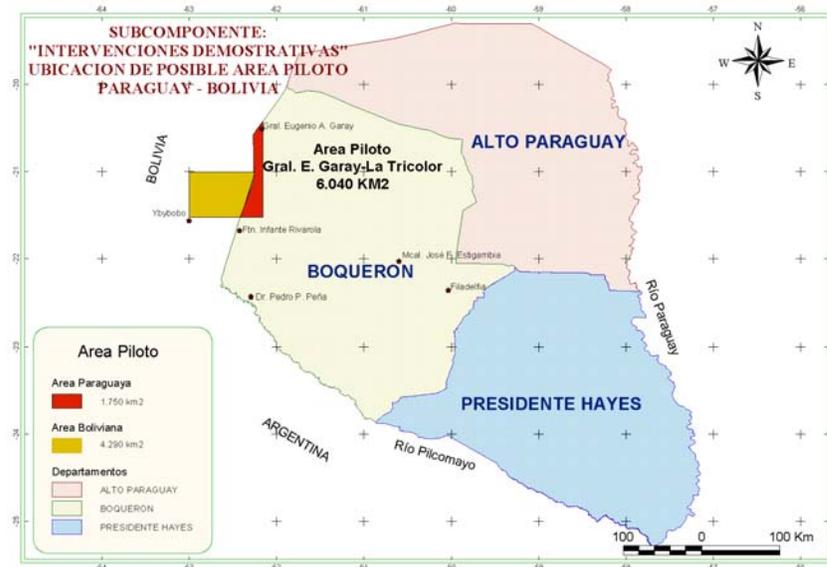


Fig. 1 Ubicación del área de estudio Gral. E. A. Garay-La Tricolor

2. DESCRIPCION DEL AREA DE INTERVENCION

El área interesa, en su conjunto, el sector de recarga, enclavado en territorio boliviano, y una zona rica de acuíferos de agua dulce, que se ubican en territorio paraguayo. El espesor de los horizontes productivos es desconocido y por ende la reserva calculada de esta zona son meramente estimativos; la zona de recarga está caracterizada por cauces antiguos o paleocauces, y por geformas modernas modeladas por los conos aluviales de los principales ríos de la región.

2.1 Aspectos socio-económicos

Solamente el Chaco central paraguayo tiene una demanda de cerca de 5.000 m³ por día (1.825.000 m³/año), incluyendo consumo doméstico, industrial, comercial y público, no incluye el uso agropecuario ni de riego.

Según Godoy, 1990 la demanda anual por ganado en el Chaco paraguayo es de aproximadamente 18.25 m³/año.

2.2 Problemáticas locales

En general los pobladores de la región se abastecen de agua subterránea, mediante la explotación de pozos, la calidad y la cantidad de agua de estos pozos difieren de un punto a otro y de una determinada profundidad a otra.

En los últimos tiempos, a causa del aumento de la demanda y de la regresión de los volúmenes captados, se ha extendido el abastecimiento mediante camiones cisterna, lo que hace mas gravoso el costo por m³ de agua y aumenta el riesgo de contaminación hídrica.

Por lo tanto es necesario investigar los acuíferos más profundos, es decir los situados por debajo de los 300 m, con la finalidad de asegurar agua de buena calidad, sin contaminación, con una dotación sostenible, segura y continua, avizorando mejores niveles de vida para los habitantes de la zona y de los sectores más alejados del acuífero de agua dulce.

Todas las poblaciones y centros ganaderos dispersos en la región de estudio y fuera de ella se abastecen prácticamente de agua subterránea, pues la presencia de aguas superficiales en la zona es casi nula. El número de pozos en el área de influencia supera probablemente los 150, se considera que es la región con la mayor cantidad de perforaciones profundas por Km² en todo el Chaco, sobretodo por el lado paraguayo.

Las aguas extraídas varían en su calidad química y también tienen diferentes destinos, dado que su consumo, humano, ganadero o agrícola, depende de la concentración de sales presentes.

3. JUSTIFICACIONES

Las porciones subterráneas de una cuenca pueden estar interconectadas a través de macizos montañosos y es común que existan sistemas de flujo regionales que se extiendan en dos o más cuencas hidrográficas. Sin embargo, no siempre es práctico ni necesario considerar unidades tan extensas y complejas para la administración de las aguas subterráneas; por una parte, en el subsuelo los fenómenos hidrológicos ocurren con gran lentitud, comparados con los fenómenos análogos en superficie; por otra, en los sistemas regionales, los efectos provocados por la recarga o la extracción mediante pozos pueden tardar muchos años en propagarse hasta sitios distantes del mismo sistema.

La región del Chaco boliviano/paraguayo es una de las zonas con menor precipitación pluvial, lo cual incide en la escasez de cursos de agua superficial, siendo necesaria la explotación de los recursos hídricos subterráneos.

La oferta de agua no depende exclusivamente de los procesos naturales, sino que está también en función de las acciones humanas, mejorando estas últimas es posible aumentar dicha oferta a través de la construcción de obras de infraestructuras como, barreras hidráulicas, represas, diafragmas de subcauces, tanques de almacenamiento, creación de condiciones para mejorar la recarga natural de los acuíferos y procesos de reciclado o fitodepuración de las aguas.

4. IMPORTANCIA DE LAS INTERVENCIONES

La temporabilidad señalada de la oferta y la demanda, obligan a estudiar estos factores bajo condiciones extremas y, consiguientemente proyectar y dimensionar intervenciones idóneas y en línea con las exigencias y características del área y de la población.

No se puede pretender el desarrollo de la zona sin antes pensar que el uso de los recursos hídricos subterráneos debe ser planificado y estructurado en forma sustentable teniendo en cuenta la vulnerabilidad y fragilidad del suelo chaqueño.

Concretamente en la zona objeto piloto, por sus características hidrogeológicas, climáticas, geomorfológicas y poblacionales, se ha pensado en unas intervenciones que conllevan:

- a) Recarga inducida obtenida, tras un profundo estudio geo-hidrometeorológico, deprimiendo los acuíferos subyacentes al cauce del río, creando así un espacio disponible para almacenar un volumen importante de agua que, normalmente, se “pierde” por escorrentía superficial y no puede ser recuperado.
- b) Transporte del agua bombeada utilizando un sistema de tuberías o reinyectándola, mediante pozos, por caída natural, en el interior de acuíferos más profundos y/o en áreas con menor potencial hidráulico. De ahí el agua será extraído mediante el uso de pozos, tradicionales o radiales¹, y almacenada en cisternas semi enterrada, pre fabricadas en cemento, de gran capacidad (12-18.000 m³) y bajo costo (alrededor de 300-350 US\$ c/u.)

Para el desarrollo de estas intervenciones es necesario realizar una serie de estudios que serán descritos en el párrafo 7 (Actividades).

5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Determinar la potencialidad del acuífero de agua dulce.
- b) Cuantificar o estimar los volúmenes de recarga y descarga del acuífero y su distribución espacial en el interior del área demostrativa.
- c) Definir el grado de vulnerabilidad de los acuíferos de la zona de recarga.
- d) Establecer criterios de protección de la zona de recarga natural, de las áreas destinadas a la recarga inducida y de aquellas que interesan las obras de captación.
- e) Proponer acciones dirigidas a la mitigación de los eventos extremos, debidos a la alternancia de sequía e inundaciones.
- f) Realizar las obras necesarias para favorecer la recarga inducida, mejorar la recarga natural y optimizar los métodos de extracción y almacenamiento de las aguas subterráneas para demostrar la validez de las intervenciones propuestas.
- g) Exportar las metodologías y los resultados obtenidos a otros sectores, en el contexto de los acuíferos pede-andinos que se encuentran al interior de la Cuenca del Plata.
- h) Capacitar administradores, técnicos y empleados de la función pública en la lectura e interpretación de los mapas temáticos y de los resultados, en el funcionamiento y mantenimiento de las infraestructuras realizadas.

¹ Un pozo radial es una perforación de 5 a 6 m de diámetro interior que cuenta con un protección de concreto reforzado. A la profundidad adecuada se construyen perforaciones horizontales de 8” a 10” de diámetro y hasta 60 m de longitud, perforaciones que se protegen con un tubo ranurado que funciona como cedazo.

- i) Educar la población en todas sus partes –urbana y rural – en una conciencia del agua, dirigida hacia su utilización racional y su protección, incluyendo la forma de conservación para evitar la contaminación en los depósitos y en la fase de transporte.

6. BENEFICIOS

El estudio y realización de las intervenciones operativas y prácticas, en el área elegida, deberá expandir la base de datos, consolidar el conocimiento actual del acuífero y aportar mayores y mejores volúmenes para el suministro total o complementario de agua potable para los pobladores que habitan la región. Además se tendrán planes específicos para:

6.1 Obtener Condiciones de Protección y Preservación de las Zonas más Frágiles del SAYTT.

Para lograr estos beneficios es menester la identificación, caracterización y el mapeo de las áreas potencialmente críticas, sujetas a polución, con énfasis en la zona de influencia del área de recarga, con el propósito de promover el desarrollo económico y social, en forma sostenible.

6.2 Disponer de Soluciones Apropriadas para un Uso Sostenible y Sustentable de los Recursos Hídricos.

El estudio del área piloto proporcionará los instrumentos más idóneos al fin de asegurar el suministro sostenible de agua de buena calidad, incidiendo así en:

- a) La reducción de la tasa de mortalidad del área de influencia, cuyo crecimiento en los últimos tiempos está estrictamente relacionado al consumo de agua contaminada de atajados o tajamares, utilizado indistintamente por humanos y animales.
- b) En el desarrollo socio-económico del área.
- c) En la preservación del medio ambiente.
- d) En la paz social.

7. SUB COMPONENTES

7.1 GEOLOGÍA GENERAL

Se desarrollará una estrecha coordinación entre las partes involucradas, que implicará la evaluación y articulación de la información existente, orientada a la caracterización integral del Sistema Acuífero Local (SAL). En particular modo tendrán que llevarse a cabo reconstrucciones detalladas de las secuencias estratigráficas, de las potencias de las formaciones y de los sistemas de fallas y fracturas.

La caracterización del área demostrativa, bajo el aspecto de esta sub componente, pasa esencialmente por el estudio de: límites, litología, estructuras tectónicas, geomorfología, geofísica y suelos. Hay que tomar en cuenta, como condicionantes, el posible vacío de

informaciones, a veces la baja confiabilidad de datos existentes y, en general, poca cantidad y distribución de los mismos en el espacio y en el tiempo.

La realización de mapas geológicos, geofísicos, geomorfológicos, paleohidrográficos de detalle (escala de 1:100.000 a 1:50.000) y de block diagrams tiene que ser particularmente tratados y precisos, para cumplir fehacientemente con los objetivos prefijados.

Se aconseja el uso y el análisis de imágenes satelitales de precisión y multiespectrales, apoyándose para estos fines al CONAE se pueden obtener óptimos resultados.

Para el aspecto puramente cartográfico es necesario establecer una estrecha relación con el CIC, coordinándose con los expertos que llevan a cabo la informatización cartográfica de la Cuenca del Plata.

7.1.1 Actividades:

- ❖ Recopilación de las Informaciones, Banco de Datos Regional y Fortalecimiento Técnico Institucional.
- ❖ Clasificar los suelos del área, determinando el grado de deterioro, si lo tuviera, ya sea por acciones naturales o antropogénicas.
- ❖ Correlacionar formaciones geológicas del área.
- ❖ Caracterizar la estructura geológica de la región y la geometría de los estratos que contienen al sistema acuífero.
- ❖ Reconstruir e las principales estructuras geológicas sobre la base de las estratigrafías y de las informaciones geo-estructurales.
- ❖ Coordinarse con el CIC para la informatización del los materiales cartográficos.
- ❖ Elaborar, evaluar e interpretar las informaciones geofísicas existentes, integrándolas en las áreas piloto, con otros datos de exploración geoelectrica más profundas.
- ❖ Efectuar perfilados vertical y horizontal para verificar y complementar datos estratigráficos puntuales.
- ❖ Delimitar, mediante prospecciones geoelectricas, electromagnetismo y sondeos, las áreas compartidas por agua dulce - salobre - salada y determinar la profundidad de contacto del Terciario – Cuaternario.

7.1.2 Productos

- ❖ Cortes y block diagrams regionales integrados.
- ❖ Mapas temáticos a escala regional (1:100.000 – 1:50.000).
- ❖ Mapas de suelos.
- ❖ Mapas geológicos y estructurales.
- ❖ Mapas de isopacas del techo y espesor del o de los acuíferos.
- ❖ Mapas de contacto Terciario-Cuaternario.
- ❖ Mapas Paleohidrográficos.
- ❖ Data base a carácter regional asociado a los mapas temáticos.

7.2 HIDROGEOLOGÍA GENERAL

Este sub-componente tiene la importante tarea de averiguar, definir y asegurar las informaciones hidrogeológicas necesarias e indispensable para llevar a cabo la ejecución de las intervenciones de optimización de la recarga inducida y sucesivas tomas de agua disponible.

Hay que precisar que el término "disponibilidad" es de uso común y aparentemente obvio, pero por sí solo puede ser confuso si no se define claramente el contexto en que es aplicado. En efecto, referido al agua se le pueden dar diferentes sentidos: la cantidad total de agua existente (incluyendo la gran reserva subterránea no renovable), la cantidad renovable, la cantidad económicamente accesible, la cantidad de calidad apta para usos específicos y varios más.

Se desarrollará una estrecha coordinación entre los dos Países, que implicará la evaluación y articulación de la información existente, orientada a la caracterización integral del Sistema Acuífero, estructurando e implementando un sistema de información regional.

La reconstrucción hidrogeológica tendrá que permitir la formulación de un modelo conceptual y proporcionar los datos necesarios para la realización de un modelo numérico de flujo subterráneo para las áreas sujetas a la recarga inducida. En la práctica se deben reunir y elaborar las informaciones que sirven para definir las características hidrogeológicas del sistema, en toda el área demostrativa y, en particular, en las microcuencas elegidas para las intervenciones de recarga y captación, las relaciones entre las aguas superficiales y las subterráneas, los mecanismos naturales de la recarga y las características cuali-cuantitativas de los recursos.

Además, en este sub-componente tendrán que realizarse las perforaciones necesarias para averiguar las informaciones pertinentes en las áreas con ausencia de pozos o y/o sin datos históricos.

Por lo tanto el sub-componente, entre sus múltiples incumbencias, tiene el importante compromiso de diseñar estrategias tendientes a alcanzar un desarrollo sostenible, mediante la implementación de planes de manejo que incluyen: manejo de la demanda, cambios de uso, modernización del riego, reutilización del agua y, en su caso, la reducción o el aumento de los volúmenes de agua concesionados.

7.2.1 Actividades

- ❖ Determinar los perfiles estratigráficos e hidrogeológicos y su correlación, así como la zonación geoquímica horizontal y vertical en función de la documentación disponible.
- ❖ Determinar las características morfológicas y dinámicas de la capa freática y su interrelación con las profundas.

- ❖ Confirmar el potencial del acuífero y la posibilidad de acceso a la utilización sustentable de este recurso.
- ❖ Realizar un censo de los puntos de agua actualmente explotados y crear una base de datos asociada.
- ❖ Establecer las relaciones aguas superficiales – aguas subterráneas.
- ❖ Efectuar ensayos de bombeo para determinación de parámetros hidrogeológicos e hidráulicos.
- ❖ Ubicar y perforar los piezómetros que servirán para la determinación de las mediciones piezométricas en áreas sin la presencia de pozos para; la toma de muestras, determinaciones de las características químico-isotópicas de las aguas, realizar pruebas de averiguación de los parámetros hidráulicos y, sucesivamente, como puntos de observación de la red de monitoreo.
- ❖ Efectuar una detallada campaña de mediciones piezométricas, por lo menos una en el periodo de sequía y otra en el de recarga máxima.
- ❖ Tomar muestras de pozos y piezómetros (dos campañas) para análisis químicos, químico-físicos e isotópicos (O^{18}/O^{16} , D, T), para la determinación de la calidad química de las aguas, su clasificación y como auxilio para la identificación de las áreas de recarga y para realización del modelo hidrogeológico.
- ❖ Implementar un Banco de Datos común para los tres países que comparten el acuífero, convirtiéndolo en base de recolección, actualización y mantenimiento de todas las informaciones relativas al agua subterránea de la región.
- ❖ Distinguir entre reserva renovable y reserva geológica.
- ❖ Estimar la recarga del SAYTT.
- ❖ Formular un modelo conceptual y proporcionar los datos necesarios para la realización de un modelo numérico de flujo subterráneo para las áreas sujetas a la recarga inducida.
- ❖ Definir, en función de lo anterior, los lugares más aptos y programar caudales y regímenes de explotación acordes, evitando sobreexplotación, procesos de salinización y contaminación.
- ❖ Diseñar un sistema de monitoreo transfronterizo del acuífero, herramienta esencial para la gestión integrada de los recursos hídricos y del uso del suelo.

7.2.2 Productos

- ❖ Base de datos, con catastro codificado, centralizada a nivel nacional o regional.
- ❖ Mapas piezométricos, con mayor detalle en las áreas transfronterizas, en ambiente GIS.
- ❖ Block Diagrams digitalizados.
- ❖ Realización de mapas de contacto entre los estratos superficiales saturados y los profundos, a una escala adecuada.
- ❖ Realización de un mapa de calidad química de las aguas y un mapa hidroquímico en ambiente GIS.
- ❖ Mapas de los parámetros físicos: T, Q/s, S, K, Conductividad.
- ❖ Mapas de la calidad química de las aguas.

- ❖ Construcción de un modelo conceptual general y uno matemático del funcionamiento hidrogeológico en las áreas destinadas a la recarga inducida y a la restitución/extracción, en función de las variables obtenidas en el estudio.
- ❖ Diseño de sistemas de captación /distribución para aguas de riego o potables.

7.3 HIDROMETEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

La posibilidad de obtener estimaciones numéricas de los campos de precipitación y de aforo de los ríos es indispensable para los cálculos de los volúmenes disponibles, dimensionando los bombeos para el abatimiento de los niveles piezométricos por debajo de los cauces de los ríos, favoreciendo en este modo la infiltración de las aguas de escorrentía superficial en el interior del sistema acuífero.

Las variaciones de lluviosidad y temperatura son factores que influyen, en manera significativa, sobre las “precipitaciones eficaces” que van a alimentar directamente los acuíferos, la extensión de la cobertura vegetal, la resalida de la franja capilar y, consecuentemente, sobre la salinización del estrato húmico del suelo y de los mismos acuíferos.

En modo particular una reducción de las lluvias y un aumento de la temperatura media, agravan las condiciones de vulnerabilidad de los recursos hídricos, menos protegidos por una vegetación rala y sufrida y alcanzada por aguas más salobres no aptas al uso potable.

7.3.1 Actividades

- ❖ Establecer la interpretación y análisis de los registros climatológicos e hidrológicos.
- ❖ Analizar y validar los datos meteorológicos existentes.
- ❖ Extrapolar los datos para cubrir áreas sin información.
- ❖ Analizar las curvas de regresión entre grupos de estaciones representativas.
- ❖ Estudiar la red hidrográfica permanente y temporal.
- ❖ Determinación de caudales utilizables y las áreas aptas para formular obras de recarga de acuíferos.
- ❖ Estimación de las máximas avenidas con asignación de un tiempo medio de retorno.
- ❖ Censo y estimación del uso actual de las aguas, superficiales y subterráneas.
- ❖ Evaluar la infiltración en función de los parámetros hidrometeorológicos.
- ❖ Relacionar entre precipitación, evaporación e infiltración.
- ❖ Estimar las aportaciones al Sistema Acuífero procedentes de las aguas superficiales.
- ❖ Evaluación hidrológica e hidrogeológica de los procesos de infiltración, cuantificación de volúmenes, en la zona de recarga.
- ❖ Identificación de lugares aptos para la instalación de captaciones de subcauces. (trincheras, diafragmas, pozos...) y verificar la compatibilidad con las obras ya existentes.
- ❖ Formulación de los criterios para el diseño de las obras de captación.

7.3.2 Productos

- ❖ Modelos de generación de los datos hidrometeoro lógicos e hidrológicos para las áreas sin observaciones directas.
- ❖ Mapas de isoyetas a nivel regional.
- ❖ Balance hídrico del área demostrativa.
- ❖ Balance hídrico de los terrenos no saturadazos.
- ❖ Mapas de los parámetros del balance hídrico.
- ❖ Mapas de las redes de observación hidrometeorológica e hidrogeológica actual y optimizada.
- ❖ Mapa de las relaciones aguas superficiales/aguas subterráneas.
- ❖ Perfiles transversales y longitudinales de los principales ríos, en los tramos elegidos para las obras de recarga/captación.
- ❖ Mapas de las posibles soluciones alternativas, regionales y transnacionales, para la optimización del uso del agua, en diferentes hipótesis de desarrollo sostenible de los Países involucrados.

7.4 VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN

En ninguno de los tres países existen mapas de Vulnerabilidad y de Riesgo a la Contaminación. Tampoco resulta que haya algún tipo de recomendación, a nivel local o regional, para la identificación y el control de potenciales focos de contaminación; tampoco se tiene información de normativas específicas para la construcción y la protección de pozos u otros tipos de abastecimiento de agua para fines potables.

Por lo tanto es muy importante introducir el criterio de precaución en la ordenación de la calidad del agua, prestando especial atención a la máxima reducción posible y prevención de la contaminación mediante el empleo de nuevas tecnologías, el cambio de productos y procesos, la reducción de la contaminación en su origen, el reaprovechamiento, reciclaje, recuperación, tratamiento y eliminación sin riesgo ecológico de los efluentes.

Para esta tarea se aconseja la realización de dos modelos paramétricos de vulnerabilidad intrínseca de las aguas subterráneas a la contaminación, uno del acuífero freático y otro, con metodologías similares, para los acuíferos confinados y/o semi confinados. Ambos tienen que ser confrontables e interpretable mediante matrices cuadradas para dar, como resultado, la Vulnerabilidad Intrínseca del Sistema (VIS) y ser utilizados también en forma separada.

Esta componente servirá también como base para la capacitación del personal técnico de los tres Países en la realización de modelos de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación y en la valoración de las áreas de peligro y de protección de los puntos de captación de aguas subterráneas.

7.4.1 Actividades

- ❖ Análisis de detalle del área mediante imágenes telerelevadas y observaciones de campo.

- ❖ Elegir la cobertura multispectral y multitemporal optimal. Tratar y elaborar de forma específica las imágenes para la realización de mapas temáticos (georeferenciación, ensamblamiento de las imágenes, elaboraciones espectrales en general).
- ❖ Elaborar las imágenes actuales existentes con el fin de determinar la situación actual individuando los puntos frágiles y las zonas más débiles del área de estudio.
- ❖ Realizar un modelo de vulnerabilidad y riesgo en las áreas piloto, utilizando metodologías más apropiadas capaces de individualizar el comportamiento de cada uno de los horizontes acuíferos presentes en un sistema multicapas.
- ❖ Establecer los criterios para fijar los límites de protección en la zona de explotación (pozos) y en las áreas de recarga.
- ❖ Proponer acciones para la reducción de la contaminación difusa en áreas urbanas y rurales, en colaboración con instituciones locales para crear normativas de protección ambiental.
- ❖ Determinar las características de las fuentes puntuales y difusas de contaminación. También se identificarán las estrategias de remediación de situaciones de alto riesgo actual y de prevención de riesgo potencial.
- ❖ Promover medidas encaminadas a mejorar la seguridad e integridad de las zonas de pozos y manantiales para reducir la intrusión de agentes patógenos biológicos y productos químicos peligrosos en los acuíferos.

7.4.2 Productos

- ❖ Mapa de uso del suelo.
- ❖ Mapa de alteración de la vegetación.
- ❖ Mapa morfológico.
- ❖ Mapa de zonas húmedas.
- ❖ Mapa de erosión activa y potencial.
- ❖ Mapa de vulnerabilidad intrínseca por unidades hidrogeológicas.
- ❖ Mapas de vulnerabilidad y riesgo intrínseco en las áreas piloto y en las de recarga y explotación, para el sistema freático y el confinado y/o semi confinado.
- ❖ Delimitación de las áreas de protección de los recursos hídricos (recarga y captación).
- ❖ Redactar un manual técnico y uno de “comportamiento”, para la preservación de la calidad de los recursos hídricos subterráneos en las áreas de alto riesgo.
- ❖ Capacitación de técnicos para la realización de modelos de vulnerabilidad y definición de las áreas de protección de las agua subterráneas.
- ❖ Capacitación para los funcionarios públicos sobre la “lectura” e “interpretación” de los mapas de vulnerabilidad.
- ❖ Divulgación de las advertencias y comportamiento a nivel poblacional.

7.5 RECARGA ARTIFICIAL Y CAPTACIONES

Analizando las características hidrológicas, hidrogeológicas, geomorfológicas y pluviométricas del área en objeto, se cree conveniente el uso de una recarga del segundo

tipo y de sub-alveo deprimiendo, tras un profundo estudio geo-hidrometeorológico, los acuíferos subyacentes al cauce del río, creando así un espacio disponible para almacenar un volumen importante de agua que, normalmente, se “pierde” por escorrentía superficial y no puede ser recuperado.

El agua bombeada puede ser reinyectada, por caída natural, en el interior de acuíferos más profundos y/o en áreas con menor potencial hidráulico y extraído mediante el uso de pozos radiales¹ y almacenada en cisternas semi enterrada, pre fabricadas en cemento, de gran capacidad (12-18.000 m³) y bajo costo (alrededor de 300-350 US\$ c/u, precio en Brasil, diciembre 2004).

En el caso del área demostrativa se hace necesario, por lo tanto, delimitar y estudiar muy bien las microcuencas experimentales para la determinación de los parámetros hidrológicos e hidrogeológicos, revisar y perfeccionar los cálculos de los volúmenes captables de las cuencas, realizar una evaluación de las relaciones hídricas, de distintas coberturas, para la gama de condiciones climáticas y edáficas de las cuencas abastecedoras y receptoras.

7.5.1 Actividades

- ❖ Investigar y aplicar soluciones técnicas apropiadas.
- ❖ En estricta colaboración con las otras sub componentes, dimensionar y realizar las instalaciones correspondientes para las operaciones de recarga inducida, transporte y captación de las aguas.
- ❖ Establecimiento de microcuencas experimentales para evaluación hidrológica.
- ❖ Revisión y perfeccionamiento de las evaluaciones del potencial de captación de las cuencas abastecedoras.
- ❖ Evaluación de las relaciones hídricas de distintas coberturas para la gama de condiciones climáticas y edáficas de las cuencas abastecedoras.
- ❖ Proyecto para la recarga inducida y captación/distribución de las aguas subterráneas.

7.5.2 Productos

- ❖ Realización en las áreas piloto de un modelo predicativo de comportamiento hidrodinámico del acuífero, mediante la aplicación de un código digital convencional (modflow y flowpath).
- ❖ Realización de las obras para la recarga inducida.
- ❖ Realización de las obras para las captaciones y almacenamiento de las aguas.

7.6 MONITOREO Y CONTROL

El monitoreo toma una importancia muy grande en esta etapa del proyecto. Es necesario coordinarse muy bien con los técnicos que llevan adelante los otros sub-componentes

¹ Un pozo radial es una perforación de 5 a 6 m de diámetro interior que cuenta con un protección de concreto reforzado. A la profundidad adecuada se construyen perforaciones horizontales de 8” a 10” de diámetro y hasta 60 m de longitud, perforaciones que se protegen con un tubo ranurado que funciona como cedazo.

para decidir, de común acuerdo, los lugares y las características que deben tener los puntos de observación, sobre todo si se deben perforar piezómetros o pozos “espía” que deben, a su vez, proporcionar informaciones útiles para la reconstrucción hidrogeológica, para la determinación de los parámetros hidráulicos o para la definición de la calidad química de las aguas.

Los puntos a monitorear tendrán que cumplir requisitos básicos como:

- i) Accesibilidad: los pozos tienen que ser fácilmente alcanzables en todo el año.
- ii) Reproducibilidad: los pozos alrededor del punto de monitoreo y las instalaciones anexas no deben influir en la piezometría y en la calidad de la porción de acuífero interesada por el punto de observación.
- iii) Significabilidad: los pozos tienen que representar fielmente las características hidrogeológicas del acuífero y de uno solo

La función principal que tendrán que desarrollar los piezómetro/ pozos de monitoreo es la de controlar, posiblemente de manera continua, las variaciones del nivel freático o piezométrico, dando así una visión exacta de las “pulsaciones” del sistema y permitiendo, después de un cierto tiempo, una determinación suficientemente precisa, del arco de tiempo en el cual se deben empezar a extraer aguas del subsuelo para facilitar las infiltraciones de sub-alveo.

Terminada la operación los mismo puntos de monitoreo servirán para el control de la recarga y para seguir la evolución de la misma, en el tiempo y en el espacio.

El número de puntos de observación va definido, según una parrilla prefijada, en función de las áreas interesadas por la recarga y la extracción, por la distancia que separa ambas, por la topología del acuífero/s considerado/s y por las características hidrodinámicas del sistema.

7.6.1 Actividades

- ❖ Analizar las redes actuales (si existen) para la obtención de datos.
- ❖ Determinar el uso del agua.
- ❖ Valorar y validar los datos existentes.
- ❖ Considerar la posibilidad/conveniencia de recuperar las estaciones de medición (si las hay) que actualmente están dañadas o en desuso.
- ❖ Identificar las áreas y los nudos críticos, para el monitoreo y el control de la calidad/cantidad de los recursos hídricos subterráneos.
- ❖ Establecer de acuerdo con los tres países interesados, los parámetros significativos que tendrían que ser objeto de controles.
- ❖ Elegir un sistema mejor de adquisición y de transmisión de los datos.
- ❖ Diseñar una red de monitoreo y control multiparamétrico, en áreas específicas, sobre la base de criterios comunes con los otros países.

7.6.2 Productos

- ❖ Reactivación de las estaciones actualmente existentes.
- ❖ Equipamiento de los piezómetros realizados para el Sub-componente 7.2.
- ❖ Realización de una base de datos regional, con relativas interconexiones telemáticas, entre los distintos centros de cada país.
- ❖ Conexiones satelitales para el envío de las informaciones (por dos años).

7.7 S.I.T. (SISTEMAS INFORMATIVOS TERRITORIALES)/BASE DE DATOS REGIONAL

En este caso el objeto tiene que ser compartido por más de una Institución y por dos Países, por lo tanto resulta aún más evidente la importancia de contar con una herramienta común, bien articulada y construida con la participación de todas las Entidades y todos los expertos de las naciones involucradas.

7.7.1 Actividades

- ❖ Creación de S.I.T. con todas las informaciones relativas a los datos sobre los Recursos Naturales ya adquiridos, implementados por las informaciones sobre los aspectos antropogénicos, económicos y sociales del área.

7.7.2 Productos

- ❖ Organización de las informaciones territoriales.
- ❖ Síntesis de las informaciones, mediante procedimientos especiales de elaboración.
- ❖ Derivación de nuevos datos cruzando los ya existentes.
- ❖ Selección, en el respeto de los objetivos impuestos por el planificador, de las informaciones consideradas fundamentales.
- ❖ Sistema de puesta a disposición, en forma rápida y eficaz, los resultados obtenidos, en forma gráfica y tabular y de múltiples escenarios.
- ❖ Rápida verificación de la conformidad de planes y proyectos, con respeto a las características principales del territorio.

7.8 COMUNICACION SOCIAL/EDUCACION AMBIENTAL/ANALISIS DE LAS NORMATIVAS

Es oportuno que los gobiernos adopten nuevas estrategias de gestión de los recursos hídricos basadas en mejoras estructurales como, por ejemplo:

- Estrategias: de parciales y fragmentadas a sistemáticas.
- Intervenciones: de curativos a preventivos.
- Inversiones: de incrementales a estratégicas.

En el caso del área demostrativa es auspiables que los tres países involucrados, consiguieran vincular los planes hidráulicos nacionales a la ordenación de las aguas

transfronterizas, creando un **Comité Técnico de Aguas Subterráneas**, dentro del cuales los representantes de todos los sectores de los dos Países participen activamente en la protección, conservación y manejo de las aguas compartidas. Por ultimo, pero no menos importante considerando las características transnacionales y socio demográficas del área, es ausplicable que las decisiones se tomen al nivel más bajo posible.

7.8.1 Actividades

- ❖ Clasificar las diferentes actividades económicas en el área de los intervenciones, y evaluar su potencial actual y futuro, teniendo en cuenta el aprovechamiento sustentable del acuífero.
- ❖ Estimar el grado de deterioro ambiental, actual y futuro, de la región , respecto a las actividades económicas presentes.
- ❖ Analizar las reglamentaciones y los instrumentos legales existentes en la actualidad en los dos países.
- ❖ Establecer comparaciones entre las normativas en vigore en los dos países.
- ❖ Mejorar el funcionamiento de las administraciones públicas en la ordenación de los recursos hídricos, y al mismo tiempo, reconocer plenamente el papel de las autoridades locales.
- ❖ Sentar las bases, en los dos países, para la creación de normativas comunes en los temas del manejo de los acuíferos transfronterizos y facilitar la creación de un sistema de manejo que involucre a los usuarios y a los beneficiarios.
- ❖ Estimular a la población local, especialmente a las mujeres, a los jóvenes, a las poblaciones indígenas y a las comunidades locales, para que participen en la ordenación del agua.

7.8.2 Productos

- ❖ Proponer una diagnosis del escenario futuro de la región.
- ❖ Proponer un plan de acción teniendo como base el aprovechamiento sustentable del acuífero.
- ❖ Realizar un mapa de ordenamiento territorial del área demostrativa.
- ❖ Indicar las pautas necesarias para la creación de normativas transfronterizas sobre la utilización, protección y conservación de los recursos hídricos.
- ❖ Creación de un Comités Técnico de Aguas Subterráneas (COTEAS).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALCAGNO, A. 2000 “Identificación de Áreas para la Ejecución de Programas y Acciones Piloto y Definición de Términos de Referencia. Términos de Referencia del Contrato Por Resultado” (OEA), Año 2000.

FUERTES, A. 2005 “Informe Nacional Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño – Argentina”, Año 2005

- NEWMANN-REDLIN, CH. & VILLENA, H.** (1992): Primeros aspectos sobre la Hidrogeología del Chaco Tarijeño, resultados preliminares de reconocimiento a esta región. - Informe Técnico CABAS N° 1; Cochabamba, Bolivia.
- NEWMANN-REDLIN, CH. & VILLENA, H.** (1993): Aspectos adicionales sobre la geología e hidrogeología del Chaco Tarijeño. - Informe Técnico CABAS N° 16; Cochabamba, Bolivia.
- PASIG, R.** (1998): Estudio Hidrogeológico del Chaco Tarijeño, Bolivia Boletín del Servicio Nacional de Geología y Minería N° 15 1998.
- RÍOS OTERO J.** 2005 “Informe Nacional Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño – Paraguay”, Año 2005
- RISIGA, A.** 2004 “Características y Condiciones de las Aguas que recargan el Sistema Acuífero Guaraní en la República del Paraguay” (Presentación de Proyecto), Año 2004.
- SENASA,** 1999 “Cuarto Proyecto Rural de Suministro de Agua y Saneamiento”, Año 1999.
- VILLENA, H.** 2005 “Informe Nacional Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño – Bolivia”, Año 2005

9. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

SUB-PROYECTO SISTEMA ACUIFERO TRANSFRONTERIZO													
YRENDÁ-TOBA-TARIJEÑO													
PARAGUAY - BOLIVIA													
Sub-Componente "Intervenciones Demostrativas"													
Área Piloto Gral. Eugenio A. Garay - La Tricolor													
Cronograma de Actividades y Costos por Intervención (18 meses/US\$)													
Actividad	Año 1						Año 2						Total
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1) Recopilación de las Informaciones Básicas, Banco de Datos Regional y Fortalecimiento Técnico Institucional (Incorporación al SIG).	52000						6500						84500
2) Análisis y Reconocimiento de los efectos ocasionados por Focos de Polución, Deforestación, Desertificación, etc. y Definiciones de acciones apropiadas							20000						20000
3) Apoyo a Programas de Reforestación y Ejecución de Proyectos de Reforestación							10000						20000
4) Regulación de Caudales, a través de Embalses que favorecen la Infiltración y consecuente Recarga del Acuífero - Implementación de Proyectos de Regulación de Caudales							80000						80000

SUB-PROYECTO SISTEMA ACUIFERO TRANSFRONTERIZO

YRENDÁ-TOBA-TARIJEÑO

PARAGUAY - BOLIVIA

Sub-Componente “Intervenciones Demostrativas”

Área Piloto Gral. Eugenio A. Garay - La Tricolor

Cronograma de Actividades y Costos por Intervención (18 meses/US\$)

Actividad	Año 1						Año 2						Total		
	1		2		3		1		2		3			4	
5) Estudio de Vulnerabilidad y Riesgos a la Contaminación. Aplicación de los Resultados a través de Instituciones. Análisis de Vulnerabilidad y de riegos de la contaminación, Elaboración y desarrollo de propuestas de medidas y acciones de gestión							45000		50000		50000				145000
6) Perforación Profunda de Explotación (2) y Pozos de Observación (2) (400 m de profundidad, Incluye perfilaje)							256000								256000
7) Participación Pública y Educación, Diseño e implementación de acciones de comunicación social y educación ambiental.							13000		13000		13000		13000		52000
8) Análisis del Marco de Gestión, Legal e Institucional	20000														20000

SUB-PROYECTO SISTEMA ACUIFERO TRANSFRONTERIZO

YRENDÁ-TOBA-TARIJEÑO

PARAGUAY - BOLIVIA

Sub-Componente “Intervenciones Demostrativas”

Área Piloto Gral. Eugenio A. Garay - La Tricolor

Cronograma de Actividades y Costos por Intervención (18 meses/US\$)

Actividad	Año 1			Año 2				Total
	1	2		1	2	3	4	
9) Investigaciones Hidrogeológicas (hidroquímica, modelos, hidrología, geofísica, recarga inducida y captaciones)	25000			25000	25000	25000		100000
Informe Final				20000				20000
Coordinación				45000	45000	45000	45000	180000
WorkShop y Reuniones Intersectoriales	25000			15000		25000		65000

Referencia de Actividades	Intensiva	Intermedia	Normal

TOTAL	1042500
--------------	----------------

PRESUPUESTO ESTIMATIVO POR CATEGORÍA DE GASTO

CATEGORIA		ID Costo (US\$)
Honorarios	Senior	248.250
	Junior	50.250
	Técnico	30.750
	Auxiliar	26.250
Viajes		45.925
Bienes	Fungibles	60.750
	No Fungibles	75.000
Servicios	Laboratorio	64.500
	Terceros	184.825
	Pozos y Piezómetros	256.000
Total		1.042.500
CONTRAPARTE (25%)		260.625

GLOSARIO DE SIGLAS

ADT	Análisis Diagnóstico Transfronterizo
COTEAS	Comité Técnico de Aguas Subterráneas
DGPCRH	Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos
ID	Intervenciones Demostrativas
ISARM/AMERICAS	Transboundary Aquifers of The Americas (Acuíferos Transfronterizos de las Américas)
MSPBS	Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social
OEA	Organización de Estado Americanos
SAL	Sistema Acuífero Local
SATYTT	Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá Toba Tarijeño
SAYTT	Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño
SEAM	Secretaría del Ambiente
SENASA	Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental
SERGEOMIN	Servicio Geológico Minero
SIT	Sistemas Informativos Territoriales
SG/OEA	Secretaría General de la Organización de Estados Americanos
GIS	Sistema de Información Georeferenciado
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencias y Cultura
VIS	Vulnerabilidad Intrínseca del Sistema



ORGANIZACIÓN DE LOS
ESTADOS AMERICANOS



SECRETARIA DEL AMBIENTE

DIRECCION GENERAL DE PROTECCION Y CONSERVACION DE LOS RECURSOS HIDRICOS



PROGRAMA HIDROLÓGICO
INTERNACIONAL



PROYECTO:

**“PROGRAMA MARCO PARA LA GESTIÓN SOSTENIBLE DE LOS
RECURSOS HÍDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA EN RELACIÓN
CON LOS EFECTOS HIDROGEOLÓGICOS DE LA VARIABILIDAD Y
EL CAMBIO CLIMÁTICO”**

COMPONENTE:

“AGUAS SUBTERRÁNEAS”

SUB COMPONENTE

“INTERVENCIONES DEMOSTRATIVAS”

CASO DE ESTUDIO

**UNESCO/OEA/ISARM Américas
SISTEMA ACUÍFERO YRENDA-TOBA-TARIJEÑO
PARAGUAY-ARGENTINA-BOLIVIA**

AREA PILOTO

**TTE. 1° M. CABELLO – CAP. J. PAGÉS
PARAGUAY - ARGENTINA**

Lic. Juan Luís Ríos Otero

Ing. Alfredo Fuertes

Diciembre - 2004

ÍNDICE

1.	UBICACIÓN DEL AREA PILOTO PARAGUAY – ARGENTINA	1
2.	DESCRIPCIÓN DEL AREA DE INTERVENCIÓN.....	2
2.1	Aspectos socio-económicos	3
2.2	Problemáticas locales	3
3.	JUSTIFICACIONES	4
4.	IMPORTANCIA DE LAS INTERVENCIONES	4
5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
6.	BENEFICIOS	5
6.1	Obtener Condiciones de Protección y Preservación de las Zonas más Frágiles del SAYTT	5
6.2	Disponer de Soluciones Apropriadas para un Uso Sostenible y Sustentable de los Recursos Hídricos.....	5
7.	SUB COMPONENTES	5
7.1	GEOLOGÍA GENERAL	5
7.1.1	Actividades	6
7.1.2	Productos	6
7.2	HIDROGEOLOGÍA GENERAL	7
7.2.1	Actividades	7
7.2.2	Productos	8
7.3	HIDROMETEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL	9
7.3.1	Actividades	9
7.3.2	Productos	9
7.4	VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN	10
7.4.1	Actividades	10
7.4.2	Productos	11
7.5	MONITOREO Y CONTROL.....	11
7.5.1	Actividades.....	12
7.5.2	Productos.....	12
7.6	S.I.T. (SISTEMAS INFORMATIVOS TERRITORIALES.....	12
7.6.1	Actividades	12
7.6.2	Productos	12
7.7	COMUNICACION SOCIAL/EDUCACION AMBIENTAL/ANALISIS DE LAS NORMATIVAS	13
7.7.1	Actividades	13
7.7.2	Productos	13
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14

9.	CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO	15
	Cronograma de Actividades y Costos por Intervención	15
	Presupuesto Estimativo por Categoría de Gasto	18
	Glosario de Siglas	19



INTERVENCIONES DEMOSTRATIVAS N° 3

INVESTIGACIÓN PARA LA CONFIRMACIÓN DE ACUÍFEROS PROFUNDOS DE AGUA DULCE EN EL ÁREA TRANSFRONTERIZA DE TTE. 1° M. CABELLO – CAP. J. PAGÉS (PARAGUAY Y ARGENTINA) Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO OPTIMO DE LOS RECUSOS HÍDRICOS

TTE. 1° M. CABELLO – CAP. J. PAGÉS PARAGUAY - ARGENTINA

3. UBICACION DEL AREA PILOTO

El área piloto fue propuesta por los representantes de Paraguay y Argentina. Dicha área se encuentra ubicada al Este de la Provincia de Salta y Nor-Oeste de la Provincia de Formosa en la República Argentina y al Sur-Este del Departamento de Boquerón en la República del Paraguay. La extensión consensuada por los dos países para realizar las investigaciones es un total de 3.500 Km.², distribuidas en partes iguales a ambos lados de la frontera. Fig. 1.

El área de referencia se extiende a ambas márgenes del río Pilcomayo, límite entre los dos países, que comprende las localidades de Fortín Tte. 1° M. Cabello en territorio paraguayo y de Capitán Pagés en la Argentina. El área se encuentra delimitada por las siguientes coordenadas:

Área Piloto Tte. Cabello- Cap. J. Pagés	
PARAGUAY	ARGENTINA

60°51'41"	22°38'51"	62°38'55"	23°49'15"
61°26'39"	23°25'19"	61°26'39"	23°25'19"
61°33'15"	23°20'00"	61°33'15"	23°20'00"
60°55'49"	22°30'09"	62°33'36"	23°54'31"

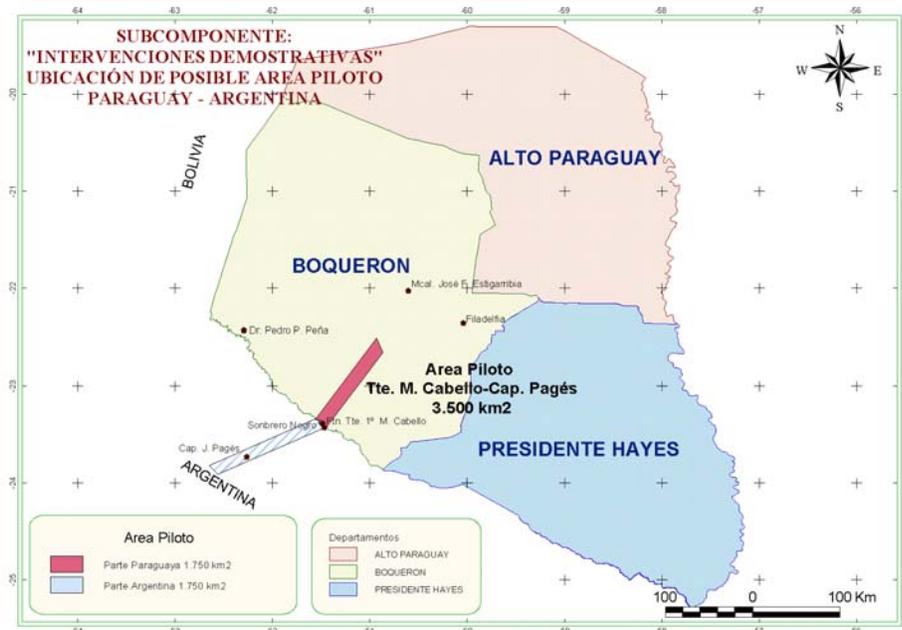


Fig. 1 Ubicación del área piloto Tte.1° M. Cabello – Cap. J. Pagés

4. DESCRIPCION DEL AREA DE INTERVENCION

En Paraguay, salvo suaves ondulaciones, su relieve está caracterizado por un planicie con pendiente regional muy suave hacia el este. Es afectada principalmente por un clima semi árido con temperaturas medias de 24 °C y precipitaciones de 500 a 600 ml/año.

Este segmento del área piloto representa el inicio de una franja de interfase agua dulce-salobre-salada con una dirección Norte-Sur. Las isolíneas de contenido en residuo seco a 110 °C de los acuíferos entre 150 a 250 m de profundidad que engloba la franja de interfase, registran entre 1.000 y 3.000 mg/lit en residuo seco. Datos de pozos en la proximidad de la franja de interfase agua dulce-salobre-salada presentan dos secciones verticales, una superior hasta los 160 – 175 m de profundidad con predominio de agua dulce a salada y otra presentándose por debajo de los 195 – 230 m con acuíferos de agua dulce. Litológicamente los acuíferos están constituidos por arena fina en la mayoría de los casos.

En el año 2004, se perforó en Capitán Pagés un pozo exploratorio hasta los 400 metros de profundidad, el cual detectó un reservorio de agua potable desde los 325 metros hasta los 385 metros. Este intervalo acuífero en sedimentitas terciarias de 60 metros de espesor, con nivel estático en los 15 metros bajo boca pozo brindó en la prueba de ensayo un caudal de 20 m³/h, con una conductividad de 800 µs/cm (Fig. 2).

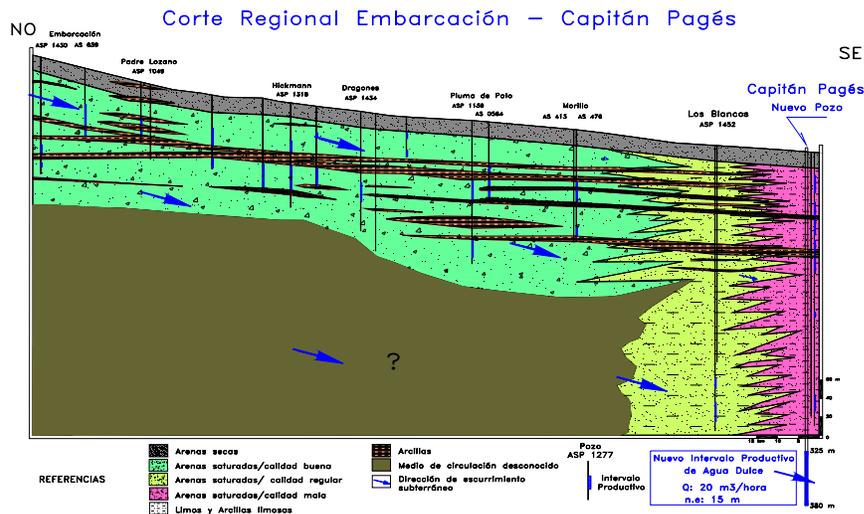


Fig. 2 Corte geológico regional

4.1 Aspectos socio-económicos

La actividad económica principal es la ganadería en el área piloto. En el área de influencia, los núcleos humanos lo constituyen algunas etnias indígenas y peones de estancias

El abastecimiento de agua en la zona es realizado aprovechando los pozos freáticos no profundos de rendimiento restringido, su importancia radica, en la mayoría de los casos, en la provisión agua dulce para satisfacer las necesidades básicas. En relación a la concentración de sales, el destino puede ser encausado hacia el uso humano, ganadero o riego. Solamente el Chaco Central tiene una demanda de cerca de 5.000 m³ por día, incluyendo consumo doméstico, industrial, comercial y público, no incluye el uso agropecuario ni de riego. Según Godoy, 1990 la demanda anual por ganado en el Chaco es de aproximadamente 18.25 m³ /año.

4.2 Problemáticas locales

Una de las áreas con mayor problema de abastecimiento de agua en la zona del Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño se ubica en el Noreste de la provincia de Salta y Noroeste de la provincia de Formosa en Argentina. En el área entre Los Blancos y Capitán Pagés (Salta) se habían perforado oficialmente 11 perforaciones que habían constatado la presencia de agua salobre y salada hasta profundidades de 300 metros. El abastecimiento de estas localidades al igual que las que continúan por la ruta nacional 81 en la provincia de Formosa, lo hacen por medio de camiones-cisternas.

Aprovechando los conocimientos adquiridos de la perforación Pagés, actualmente se está encarando la perforación de nuevos pozos en la franja entre los Ríos Pilcomayo y Bermejo.

Ante la problemática similar en el Departamento de Boquerón en Paraguay, el objetivo principal de esta área piloto es constatar la continuidad del reservorio de agua dulce en la República de Paraguay.

3. JUSTIFICACIONES

No siempre es práctico ni necesario considerar unidades extensas y complejas para la administración de las aguas subterráneas: por una parte, en el subsuelo los fenómenos hidrológicos ocurren con gran lentitud, comparados con los fenómenos análogos en superficie; por otra, en los sistemas regionales, los efectos provocados por la recarga o la extracción mediante pozos pueden tardar muchos años en propagarse hasta sitios distantes del mismo sistema.

La preservación del medio ambiente y las acciones para buscar un equilibrio a las variaciones provocadas por los cambios climáticos, son ya de por sí argumentos que se sustentan por sí solos.

En estas áreas el agua no es solo el líquido elemento indispensable para sobrevivir, es también el “combustible” necesario para producir trabajo y sustento a la población residente, sea a través de las actividades agropecuarias como de la pequeña y mediana industria.

4. IMPORTANCIA DE LAS INTERVENCIONES

No se puede pretender el desarrollo de la zona sin antes pensar que el uso de los recursos hídricos subterráneos debe ser planificado y estructurado en forma sustentable teniendo en cuenta la vulnerabilidad y fragilidad del suelo chaqueño.

La zona en objeto, por sus características hidrogeológicas, climáticas, geomorfológicas y socio-económicas, reúne todas aquellas características, necesarias y suficientes, para llevar a cabo unas intervenciones reguladoras y optimizadoras de los recursos hídricos que servirán como modelo y ejemplo exportable hacia otras localidades regionales.

Para el desarrollo de estas intervenciones es necesario realizar una serie de estudios que serán descritos en el párrafo 7 (Actividades).

5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- j) Determinar la potencialidad del acuífero de agua dulce.
- k) Proponer acciones dirigidas a la mitigación de los eventos extremos, debidos a la alternancia de sequía e inundaciones.
- l) Exportar las metodologías y los resultados obtenidos a otros sectores, en el contexto de los acuíferos pedo-andinos que se encuentran al interior de la Cuenca del Plata.

- m) Capacitar administradores, técnicos y empleados de la función pública en la lectura e interpretación de los mapas temáticos y de los resultados, en el funcionamiento y mantenimiento de las infraestructuras realizadas.
- n) Educar la población en todas sus partes –urbana y rural – en una conciencia del agua, dirigida hacia su utilización racional y su protección, incluyendo la forma de conservación para evitar la contaminación en los depósitos y en la fase de transporte.

6. BENEFICIOS

Comprender el comportamiento de los acuíferos de agua dulce para plantear un uso racional y sostenible orientado a satisfacer las necesidades de las zonas más pobladas del Chaco paraguayo y Noreste del Chaco argentino. Además se tendrán planes específicos para:

6.1 Obtener Condiciones de Protección y Preservación de las Zonas más Frágiles del SAYTT.

Para lograr estos beneficios es menester la identificación, caracterización y el mapeo de las áreas potencialmente críticas, sujetas a polución, con el propósito de promover el desarrollo económico y social, en forma sostenible.

6.2 Disponer de Soluciones Apropriadas para un Uso Sostenible y Sustentable de los Recursos Hídricos.

El estudio del área piloto proporcionará los instrumentos más idóneos al fin de asegurar el suministro sostenible de agua de buena calidad, incidiendo así en:

- e) La reducción de la tasa de mortalidad del área de influencia, cuyo crecimiento en los últimos tiempos está estrictamente relacionado al consumo de agua contaminada de atajados o tajamares, utilizado indistintamente por humanos y animales.
- f) En el desarrollo socio-económico del área.
- g) En la preservación del medio ambiente.
- h) En la paz social.

7. SUB COMPONENTES

7.1 GEOLÓGÍA

Se desarrollará una estrecha coordinación entre las partes involucradas, que implicará la evaluación y articulación de la información existente, orientada a la caracterización integral del Sistema Acuífero Local (SAL). En particular modo tendrán que llevarse a cabo reconstrucciones detalladas de las secuencias estratigráficas, de las potencias de las formaciones y de los sistemas de fallas y fracturas.

La caracterización del área demostrativa, bajo el aspecto de esta sub componente, pasa esencialmente por el estudio de: límites, litología, estructuras tectónicas, geomorfología, geofísica y suelos. Hay que tomar en cuenta, como condicionantes, el posible vacío de informaciones, a veces la baja confiabilidad de datos existentes y, en general, poca cantidad y distribución de los mismos en el espacio y en el tiempo.

La realización de mapas geológicos, geofísicos, geomorfológicos, paleohidrográficos de detalle (escala de 1:100.000 a 1:50.000) y de block diagrams tiene que ser particularmente tratados y precisos, para cumplir fehacientemente con los objetivos prefijados.

Se aconseja el uso y el análisis de imágenes satelitales de precisión y multispectrales, apoyándose para estos fines al CONAE se pueden obtener óptimos resultados.

Para el aspecto puramente cartográfico es necesario establecer una estrecha relación con el CIC, coordinándose con los expertos que llevan a cabo la informatización cartográfica de la Cuenca del Plata.

7.1.1 Actividades:

- ❖ Coordinar con el CIC la informatización de los materiales cartográficos
- ❖ Recopilación de las Informaciones, Banco de Datos Regional y Fortalecimiento Técnico Institucional.
- ❖ Clasificar los suelos del área, determinando el grado de deterioro, si lo tuviera, ya sea por acciones naturales o antropogénicas en la zona piloto.
- ❖ Correlacionar formaciones geológicas del área.
- ❖ Caracterizar la estructura geológica de la región y la geometría de los estratos que contienen al sistema acuífero.
- ❖ Reconstruir las principales estructuras geológicas sobre la base de las estratigrafías y de las informaciones geo-estructurales.
- ❖ Elaborar, evaluar e interpretar las informaciones geofísicas existentes, integrándolas en las áreas piloto, con otros datos de exploración geoelectrica más profundas.
- ❖ Efectuar perfilajes eléctricos verticales en los pozos para verificar y complementar datos estratigráficos puntuales.
- ❖ Delimitar, mediante prospecciones geoelectricas, electromagnetismo y sondeos, las áreas compartidas por agua dulce - salobre - salada y determinar la profundidad de contacto del Terciario – Cuaternario en el área piloto.

7.1.2 Productos

- ❖ Cortes y block diagrams regionales integrados.
- ❖ Mapas temáticos a escala regional (1:100.000 – 1:50.000).
- ❖ Mapas de suelos.
- ❖ Mapas geológicos y estructurales.
- ❖ Mapas de isopacas del techo y espesor del o de los acuíferos.

- ❖ Mapas de contacto Terciario-Cuaternario.
- ❖ Mapas Paleohidrográficos.
- ❖ Data base a carácter regional asociado a los mapas temáticos.

7.3 HIDROGEOLOGÍA GENERAL

Hay que precisar que el término "disponibilidad" es de uso común y aparentemente obvio, pero por sí solo puede ser confuso si no se define claramente el contexto en que es aplicado. En efecto, referido al agua se le pueden dar diferentes sentidos: la cantidad total de agua existente (incluyendo la gran reserva subterránea no renovable), la cantidad renovable, la cantidad económicamente accesible, la cantidad de calidad apta para usos específicos y varios más.

Se desarrollará una estrecha coordinación entre los dos países, que implicará la evaluación y articulación de la información existente, orientada a la caracterización integral del Sistema Acuífero, estructurando e implementando un sistema de información regional.

La reconstrucción hidrogeológica tendrá que permitir la formulación de un modelo conceptual y proporcionar los datos necesarios para la realización de un modelo numérico de flujo subterráneo. En la práctica se deben reunir y elaborar las informaciones que sirven para definir las características hidrogeológicas del sistema, en toda el área demostrativa, las relaciones entre las aguas superficiales y las subterráneas, los mecanismos naturales de la recarga y las características cuali-cuantitativas de los recursos.

Además, en este sub-componente tendrán que realizarse las perforaciones necesarias para averiguar las informaciones pertinentes en las áreas con ausencia de pozos o y/o sin datos históricos.

Por lo tanto el sub-componente, entre sus múltiples incumbencias, tiene el importante compromiso de diseñar estrategias tendientes a alcanzar un desarrollo sostenible, mediante la implementación de planes de manejo que incluyen: manejo de la demanda, cambios de uso, modernización del riego, reutilización del agua y, en su caso, la reducción o el aumento de los volúmenes de agua concesionados.

7.2.1 Actividades

- ❖ Determinar los perfiles estratigráficos e hidrogeológicos y su correlación, así como la zonación geoquímica horizontal y vertical en función de la documentación disponible.
- ❖ Determinar las características morfológicas y dinámicas de la capa freática y su interrelación con las profundas.
- ❖ Confirmar el potencial del acuífero y la posibilidad de acceso a la utilización sustentable de este recurso.
- ❖ Realizar un censo de los puntos de agua actualmente explotados y crear una base de datos asociada.

- ❖ Establecer las relaciones aguas superficiales – aguas subterráneas en el área piloto.
- ❖ Efectuar ensayos de bombeo para determinación de parámetros hidrogeológicos e hidráulicos en los pozos a construirse en el área piloto.
- ❖ Ubicar y perforar los piezómetros que servirán para la determinación de las mediciones piezométricas en áreas sin la presencia de pozos para; la toma de muestras, determinaciones de las características químico-isotópicas de las aguas, realizar pruebas de averiguación de los parámetros hidráulicos y, sucesivamente, como puntos de observación de la red de monitoreo.
- ❖ Efectuar una detallada campaña de mediciones piezométricas, por lo menos una en el periodo de sequía y otra en el de recarga máxima.
- ❖ Tomar muestras de pozos y piezómetros (dos campañas) para análisis químicos, químico-físicos e isotópicos (O^{18}/O^{16} , D, T), para la determinación de la calidad química de las aguas, su clasificación y realización del modelo hidrogeológico del área piloto.
- ❖ Implementar un Banco de Datos común para los tres países que comparten el acuífero, convirtiéndolo en base de recolección, actualización y mantenimiento de todas las informaciones relativas al agua subterránea de la región.
- ❖ Distinguir entre reserva renovable y reserva geológica.
- ❖ Estimar la recarga del SAYTT.
- ❖ Formular un modelo conceptual y proporcionar los datos necesarios para la realización de un modelo numérico de flujo subterráneo.
- ❖ Definir, en función de lo anterior, los lugares más aptos y programar caudales y regímenes de explotación acordes, evitando sobreexplotación, procesos de salinización y contaminación.
- ❖ Diseñar un sistema de monitoreo transfronterizo del acuífero, herramienta esencial para la gestión integrada de los recursos hídricos y del uso del suelo.

7.2.2 Productos

- ❖ Base de datos, con catastro codificado, centralizada a nivel nacional o regional.
- ❖ Mapas piezométricos, con mayor detalle en las áreas transfronterizas, en ambiente GIS.
- ❖ Block Diagrams digitalizados.
- ❖ Realización de mapas de contacto entre los estratos superficiales saturados y los profundos, a una escala adecuada.
- ❖ Realización de un mapa de calidad química de las aguas y un mapa hidroquímico en ambiente GIS.
- ❖ Mapas de los parámetros físicos: T, Q/s, S, K, Conductividad.
- ❖ Mapas de la calidad química de las aguas.
- ❖ Construcción de un modelo conceptual general y uno matemático del funcionamiento hidrogeológico en función de las variables obtenidas en el estudio del área piloto.
- ❖ Diseño de sistemas de captación /distribución para aguas de riego o potables.

7.3 HIDROMETEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA SUPERFICIAL

Las variaciones de lluviosidad y temperatura son factores que influyen, en manera significativa, sobre las “precipitaciones eficaces” que van a alimentar directamente los acuíferos, la extensión de la cobertura vegetal, la resalida de la franja capilar y, consecuentemente, sobre la salinización del estrato húmico del suelo y de los mismos acuíferos.

En modo particular una reducción de las lluvias y un aumento de la temperatura media, agravan las condiciones de vulnerabilidad de los recursos hídricos, menos protegidos por una vegetación rala y sufrida y alcanzada por aguas más salobres no aptas al uso potable.

7.3.1 Actividades

- ❖ Establecer la interpretación y análisis de los registros climatológicos e hidrológicos.
- ❖ Analizar y validar los datos meteorológicos existentes.
- ❖ Extrapolar los datos para cubrir áreas sin información.
- ❖ Analizar las curvas de regresión entre grupos de estaciones representativas.
- ❖ Estudiar la red hidrográfica permanente y temporal.
- ❖ Estimación de las máximas avenidas con asignación de un tiempo medio de retorno.
- ❖ Censo y estimación del uso actual de las aguas, superficiales y subterráneas.
- ❖ Evaluar la infiltración en función de los parámetros hidrometeorológicos.
- ❖ Relacionar precipitación, evaporación e infiltración.
- ❖ Estimar las aportaciones al Sistema Acuífero procedentes de las aguas superficiales.
- ❖ Formulación de los criterios para el diseño de las obras de captación en el área piloto con la finalidad de extrapolar a otras zonas.

7.3.2 Productos

- ❖ Modelos de generación de los datos hidrometeorológicos e hidrológicos para las áreas sin observaciones directas.
- ❖ Mapas de isoyetas a nivel regional.
- ❖ Balance hídrico del área demostrativa.
- ❖ Balance hídrico de los terrenos no saturados.
- ❖ Mapas de los parámetros del balance hídrico.
- ❖ Mapas de las redes de observación hidrometeorológica e hidrogeológica actual y optimizada.
- ❖ Mapa de las relaciones aguas superficiales/aguas subterráneas.
- ❖ Mapas de las posibles soluciones alternativas, regionales y transnacionales, para la optimización del uso del agua, en diferentes hipótesis de desarrollo sostenible de los países involucrados.

7.9 VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN

En ninguno de los tres países existen mapas de Vulnerabilidad y de Riesgo a la Contaminación. No se conoce que haya algún tipo de recomendación, a nivel local o regional, para la identificación y el control de potenciales focos de contaminación; no se tiene información de normativas específicas para la construcción y la protección de pozos u otros tipos de abastecimiento de agua para fines potables.

Por lo tanto es muy importante introducir el criterio de precaución en el ordenamiento de la calidad del agua, prestando especial atención a la máxima reducción posible y prevención de la contaminación mediante el empleo de nuevas tecnologías, el cambio de productos y procesos, la reducción de la contaminación en su origen, el reaprovechamiento, reciclaje, recuperación, tratamiento y eliminación sin riesgo ecológico de los efluentes.

Para esta tarea se aconseja la realización de dos modelos paramétricos de vulnerabilidad intrínseca de las aguas subterráneas a la contaminación, uno del acuífero freático y otro, con metodologías similares, para los acuíferos confinados y/o semi confinados. Ambos tienen que ser confrontables e interceptables mediante matrices cuadradas para dar, como resultado, la Vulnerabilidad Intrínseca del Sistema (VIS) y ser utilizados también en forma separada.

Esta componente servirá también como base para la capacitación del personal técnico de los tres países en la realización de modelos de vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación y en la valoración de las áreas de peligro y de protección de los puntos de captación de aguas subterráneas.

7.4.1 Actividades

- ❖ Análisis de detalle del área mediante imágenes telerelevadas y observaciones de campo.
- ❖ Elegir la cobertura multiespectral y multitemporal optima. Tratar y elaborar de forma específica las imágenes para la realización de mapas temáticos (georeferenciación, ensamblado de las imágenes, elaboraciones espectrales en general).
- ❖ Elaborar las imágenes actuales existentes con el fin de determinar la situación actual individualizando los puntos frágiles y las zonas más débiles del área de estudio.
- ❖ Realizar un modelo de vulnerabilidad y riesgo en el área piloto, utilizando metodologías más apropiadas capaces de individualizar el comportamiento de cada uno de los horizontes acuíferos presentes en un sistema multicapas.
- ❖ Establecer los criterios para fijar los límites de protección en la zona de explotación (pozos).
- ❖ Proponer acciones para la reducción de la contaminación difusa en áreas urbanas y rurales, en colaboración con instituciones locales para crear normativas de protección ambiental.

- ❖ Determinar las características de las fuentes puntuales y difusas de contaminación. También se identificarán las estrategias de remediación de situaciones de alto riesgo actual y de prevención de riesgo potencial.
- ❖ Promover medidas encaminadas a mejorar la seguridad e integridad de las zonas de pozos y manantiales para reducir la intrusión de agentes patógenos biológicos y productos químicos peligrosos en los acuíferos.

7.4.2 Productos

- ❖ Mapa de uso del suelo.
- ❖ Mapa de alteración de la vegetación.
- ❖ Mapa morfológico.
- ❖ Mapa de zonas húmedas.
- ❖ Mapa de erosión activa y potencial.
- ❖ Mapa de vulnerabilidad intrínseca por unidades hidrogeológicas.
- ❖ Mapas de vulnerabilidad y riesgo intrínseco en el área piloto para el sistema freático y el confinado y/o semi confinado.
- ❖ Delimitación de las áreas de protección de los recursos hídricos (recarga y captación).
- ❖ Redactar un manual técnico y uno de “comportamiento”, para la preservación de la calidad de los recursos hídricos subterráneos en las áreas de alto riesgo.
- ❖ Capacitación de técnicos para la realización de modelos de vulnerabilidad y definición de las áreas de protección de las aguas subterráneas.
- ❖ Capacitación para los funcionarios públicos sobre la “lectura” e “interpretación” de los mapas de vulnerabilidad.
- ❖ Divulgación de las advertencias y comportamiento a nivel poblacional.

7.10 MONITOREO Y CONTROL

El monitoreo toma una importancia muy grande en esta etapa del proyecto. Es necesario coordinarse muy bien con los técnicos que llevan adelante los otros sub-componentes para decidir, de común acuerdo, los lugares y las características que deben tener los puntos de observación, sobre todo si se deben perforar piezómetros o pozos “espía” que deben, a su vez, proporcionar informaciones útiles para la reconstrucción hidrogeológica, para la determinación de los parámetros hidráulicos o para la definición de la calidad química de las aguas.

Los puntos a monitorear tendrán que cumplir requisitos básicos como:

- i) Accesibilidad: los pozos tienen que ser fácilmente alcanzables en todo el año.
- ii) Reproducibilidad: los pozos alrededor del punto de monitoreo y las instalaciones anexas no deben influir en la piezometría y en la calidad de la porción de acuífero interesada por el punto de observación.
- iii) Significabilidad: los pozos tienen que representar fielmente las características hidrogeológicas del acuífero y de uno solo.

La función principal que tendrán que desarrollar los piezómetro/pozos de monitoreo es la de controlar, posiblemente de manera continua, las variaciones del nivel freático o piezométrico, dando así una visión exacta de las “pulsaciones” del sistema.

7.5.1 Actividades

- ❖ Analizar las redes actuales (si existen) para la obtención de datos.
- ❖ Determinar el uso del agua.
- ❖ Valorar y validar los datos existentes.
- ❖ Considerar la posibilidad/conveniencia de recuperar las estaciones de medición (si las hay) que actualmente están dañadas o en desuso.
- ❖ Identificar las áreas y los nudos críticos, para el monitoreo y el control de la calidad/cantidad de los recursos hídricos subterráneos.
- ❖ Establecer de acuerdo con los tres países interesados, los parámetros significativos que tendrían que ser objeto de controles.
- ❖ Elegir un sistema mejor de adquisición y de transmisión de los datos.
- ❖ Diseñar una red de monitoreo y control multiparamétrico, en áreas específicas, sobre la base de criterios comunes con los otros países.

7.5.2 Productos

- ❖ Reactivación de las estaciones actualmente existentes.
- ❖ Equipamiento de los piezómetros realizados para el Sub-componente 7.2.
- ❖ Realización de una base de datos regional, con relativas interconexiones telemáticas, entre los distintos centros de cada país.
- ❖ Conexiones satelitales para el envío de las informaciones (por dos años).

7.11S.I.T. (SISTEMAS INFORMATIVOS TERRITORIALES)/BASE DE DATOS REGIONAL

En este caso el objeto tiene que ser compartido por más de una Institución y por dos países, por lo tanto resulta aún más evidente la importancia de contar con una herramienta común, bien articulada y construida con la participación de todas las Entidades y todos los expertos de las naciones involucradas.

7.6.1 Actividades

- ❖ Creación de S.I.T. con todas las informaciones relativas a los datos sobre los Recursos Naturales ya adquiridos, implementados por las informaciones sobre los aspectos antropogénicos, económicos y sociales del área.

7.6.2 Productos

- ❖ Organización de las informaciones territoriales.
- ❖ Síntesis de las informaciones, mediante procedimientos especiales de elaboración.
- ❖ Derivación de nuevos datos cruzando de los ya existentes.

- ❖ Selección, en el respeto de los objetivos impuestos por el planificador, de las informaciones consideradas fundamentales.
- ❖ Sistema de puesta a disposición, en forma rápida y eficaz, los resultados obtenidos, en forma gráfica y tabular y de múltiples escenarios.
- ❖ Rápida verificación de la conformidad de planes y proyectos, con respeto a las características principales del territorio.

7.12 COMUNICACION SOCIAL/EDUCACION AMBIENTAL/ANALISIS DE LAS NORMATIVAS

Es oportuno que los gobiernos adopten nuevas estrategias de gestión de los recursos hídricos basadas en mejoras estructurales como, por ejemplo:

- Estrategias: de parciales y fragmentadas a sistemáticas.
- Intervenciones: de curativos a preventivos.
- Inversiones: de incrementales a estratégicas.

En el caso del área demostrativa es ausplicable que los tres países involucrados, consiguieran vincular los planes hidráulicos nacionales a la ordenación de las aguas transfronterizas, creando un **Comité Técnico de Aguas Subterráneas**, dentro del cuales los representantes de todos los sectores de los dos países participen activamente en la protección, conservación y manejo de las aguas compartidas.

7.7.1 Actividades

- ❖ Clasificar las diferentes actividades económicas en el área de las intervenciones, y evaluar su potencial actual y futuro, teniendo en cuenta el aprovechamiento sustentable del acuífero.
- ❖ Estimar el grado de deterioro ambiental, actual y futuro, de la región, respecto a las actividades económicas presentes en el área piloto.
- ❖ Analizar las reglamentaciones y los instrumentos legales existentes en la actualidad en los dos países.
- ❖ Establecer comparaciones entre las normativas en vigor en los dos países.
- ❖ Mejorar el funcionamiento de las administraciones públicas en el ordenamiento de los recursos hídricos, y al mismo tiempo, reconocer plenamente el papel de las autoridades locales.
- ❖ Sentar las bases, en los dos países, para la creación de normativas comunes en los temas del manejo de los acuíferos transfronterizos y facilitar la creación de un sistema de manejo que involucre a los usuarios y a los beneficiarios.
- ❖ Estimular a la población local, especialmente a las mujeres, a los jóvenes, a las poblaciones indígenas y a las comunidades locales, para que participen en el ordenamiento del agua.

7.7.2 Productos

- ❖ Proponer una diagnosis del escenario futuro de la región.

- ❖ Proponer un plan de acción teniendo como base el aprovechamiento sustentable del acuífero.
- ❖ Realizar un mapa de ordenamiento territorial del área demostrativa.
- ❖ Indicar las pautas necesarias para la creación de normativas transfronterizas sobre la utilización, protección y conservación de los recursos hídricos.
- ❖ Creación de un Comités Técnico de Aguas Subterráneas (COTEAS).

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CALCAGNO, A. 2000 “Identificación de Áreas para la Ejecución de Programas y Acciones Piloto y Definición de Términos de Referencia. Términos de Referencia del Contrato Por Resultado” (OEA), Año 2000.

FUERTES, A. 2005 “Informe Nacional Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño – Argentina”, Año 2005

RÍOS OTERO J. 2005 “Informe Nacional Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño – Paraguay”, Año 2005

RISIGA, A. 2004 “Características y Condiciones de las Aguas que recargan el Sistema Acuífero Guaraní en la República del Paraguay” (Presentación de Proyecto), Año 2004.

SENASA, 1999 “Cuarto Proyecto Rural de Suministro de Agua y Saneamiento”, Año 1999.

VILLENA, H. 2005 “Informe Nacional Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño – Bolivia”, Año 2005

9. CRONOGRAMA Y PRESUPUESTO

SUB-PROYECTO SISTEMA ACUIFERO TRANSFRONTERIZO													
YRENDÁ-TOBA-TARIJEÑO													
PARAGUAY - ARGENTINA													
Sub-Componente "Intervenciones Demostrativas"													
Área Piloto Tte. 1° M. Cabello – Cap. J. Pagés													
Cronograma de Actividades y Costos por Intervención (18 meses/US\$)													
Actividad	Año 1						Año 2						Total
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
1) Recopilación de las Informaciones Básicas, Banco de Datos Regional y Fortalecimiento Técnico Institucional (Incorporación al SIG).	52000						6500						84500
2) Análisis y Reconocimiento de los efectos ocasionados por Focos de Polución, Deforestación, Desertificación, etc. y Definiciones de acciones apropiadas							20000						20000
3) Apoyo a Programas de Remediación Ambiental (Reforestación y Ejecución de Proyectos de Reforestación)							10000						20000
4) Implementación de Proyectos de Regulación de Caudales							80000						80000

SUB-PROYECTO SISTEMA ACUIFERO TRANSFRONTERIZO

YRENDÁ-TOBA-TARIJEÑO

PARAGUAY - ARGENTINA

Sub-Componente “Intervenciones Demostrativas”

Área Piloto Tte. 1° M. Cabello – Cap. J. Pagés

Cronograma de Actividades y Costos por Intervención (18 meses/US\$)

Actividad	Año 1						Año 2						Total		
	1		2		3		1		2		3			4	
5) Estudio de Vulnerabilidad y Riesgos a la Contaminación. Aplicación de los Resultados a través de Instituciones. Análisis de Vulnerabilidad y de riegos de la contaminación, Elaboración y desarrollo de propuestas de medidas y acciones de gestión							45000		50000		50000				145000
6) Perforación Profunda de Explotación (2) y Pozos de Observación (2) (400 m de profundidad, Incluye perfilaje)							256000								256000
7) Participación Pública y Educación, Diseño e implementación de acciones de comunicación social y educación ambiental.							13000		13000		13000		13000		52000
8) Análisis del Marco de Gestión, Legal e Institucional	20000														20000

SUB-PROYECTO SISTEMA ACUIFERO TRANSFRONTERIZO
YRENDÁ-TOBA-TARIJEÑO
PARAGUAY - ARGENTINA

Sub-Componente “Intervenciones Demostrativas”

Área Piloto Tte. 1° M. Cabello – Cap. J. Pagés

Cronograma de Actividades y Costos por Intervención (18 meses/US\$)

Actividad	Año 1			Año 2				Total	
	1	2		1	2	3	4		
9) Investigaciones Hidrogeológicas (hidroquímica, modelos, hidrología, hidrometeorología, geofísica)	75000			25000	25000	25000		150000	
Informe Final								20000	20000
Coordinación				45000	45000	45000	45000	180000	
WorkShop y Reuniones Intersectoriales	25000				15000				65000

Referencia de Actividades	Intensiva	Intermedia	Normal

TOTAL	1092500
--------------	----------------

PRESUPUESTO ESTIMATIVO POR CATEGORÍA DE GASTO

CATEGORIA		ID Costo (US\$)
Honorarios	Senior	248.250
	Junior	50.250
	Técnico	30.750
	Auxiliar	26.250
Viajes		45.925
Bienes	Fungibles	60.750
	No Fungibles	75.000
Servicios	Laboratorio	64.500
	Terceros	234.825
	Pozos y Piezómetros	256.000
Total		1.092.500
CONTRAPARTE (25%)		273.125

GLOSARIO DE SIGLAS

ADT	Análisis Diagnóstico Transfronterizo
COTEAS	Comité Técnico de Aguas Subterráneas
DGPCRH	Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos
ID	Intervenciones Demostrativas
ISARM/AMERICAS	Transboundary Aquifers of The Americas (Acuíferos Transfronterizos de las Américas)
MSPBS	Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social
OEA	Organización de Estado Americanos
SAL	Sistema Acuífero Local
SATYTT	Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá Toba Tarijeño
SAYTT	Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño
SEAM	Secretaría del Ambiente
SENASA	Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental
SERGEOMIN	Servicio Geológico Minero
SIT	Sistemas Informativos Territoriales
SG/OEA	Secretaría General de la Organización de Estados Americanos
GIS	Sistema de Información Georeferenciado
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencias y Cultura
VIS	Vulnerabilidad Intrínseca del Sistema