



ORGANIZACIÓN DE LOS  
ESTADOS AMERICANOS



PROGRAMA ESTRATEGICO  
DE ACCION - COBINABE



**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/AMERICAS**  
**SISTEMA ACUÍFERO YRENDA-TOBA-TARIJEÑO**  
**PARAGUAY-ARGENTINA-BOLIVIA**

**AREA: ARGENTINA**



**Alfredo Fuertes**  
Diciembre 2004

## PROLOGO

El Proyecto denominado “**PROGRAMA MARCO PARA LA GESTION SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HIDRICOS DE LA CUENCA DEL PLATA EN RELACION CON LOS EFECTOS HIDROLOGICOS DE LA VARIABILIDAD Y EL CAMBIO CLIMATICO**” se encuentra en preparación dentro del Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata (**CICPlata**).

Entre los días 9 y 11 de octubre de 2002 se realizó en la ciudad de Salta - Argentina, el 1er Taller Hidrogeológico del Sistema Acuífero Toba (**SAT**), con la participación de profesionales de las provincias de Chaco, Formosa, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero y Salta, que brindaron sus conocimientos de las distintas problemáticas hidrogeológicas. Las principales conclusiones arribadas son incorporadas a este documento. Se destaca como idea principal incorporar en una próxima reunión a investigadores de Bolivia y Paraguay, dado que el SAT no terminaba en los límites fronterizos y que debía ser integrado a una unidad mayor.

Entre los días 16 y 17 de agosto de 2004, se llevó a cabo en la ciudad de Tarija – Bolivia 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 principal objetivo de este Taller fue definir un plan de trabajo para la preparación de los Términos de Referencia para los Casos – Piloto, ISARM/Américas, Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño (**SAYTT**) del componente: Aguas Subterráneas. Habiendo sido este Sistema Acuífero Transfronterizo seleccionado anteriormente por el Programa UNESCO/ISARM/OEA, como caso de estudio prioritario para la instrumentación de posibles proyectos.

La fase de preparación del componente: Agua Subterránea, basado en el Sistema Acuífero Yrendá – Toba – Tarijeño, será desarrollada mediante fondos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente de Italia, que ofreció un cofinanciamiento para el desarrollo de las diferentes actividades que concluirá con la elaboración de los Términos de Referencia para los Casos – Piloto ISARM/Américas.

Ha bien de desarrollar las tareas expresadas en el ámbito del territorio argentino se conformó el **Protocolo Adicional N° 2** entre la **Comisión Binacional para el Desarrollo de la Alta Cuenca del Río Bermejo y Río Grande de Tarija** y la **Universidad Nacional de Salta** en el cual esta última designa al **INASLA** como unidad ejecutora del presente Proyecto.

## INDICE

<b>1. OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>3</b>
<b>3. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ARGENTINA</b>	<b>4</b>
3.1 Ubicación en la Cuenca del Plata	4
3.2 Sistema de Gobierno	4
3.3 Población	4
3.4 Idioma	5
3.5 Economía	5
<b>4. ASPECTOS GENERALES DEL CHACO ARGENTINO</b>	<b>7</b>
4.1 Generalidades	7
4.2 Clima	7
4.3 Suelo	7
4.4 Fauna	8
4.5 Flora	8
4.6 Humedales	9
4.7 Impacto sobre el medio ambiente	9
4.8 Ecosistemas que dependen de las aguas subterráneas	10
4.9 Áreas protegidas	10
<b>5. SISTEMA ACUÍFERO TOBA</b>	<b>13</b>
5.1 Área del Sistema Acuífero Toba	13
5.2 Límites del SAT	13
5.3 Geomorfología	13
5.4 Geología	14
5.4.1 Estratigrafía	14
5.4.2 Estructura	16
5.5 Hidrogeología	17
5.5.1 Tipología de acuíferos	17
5.5.2 Profundidad y geometría de los acuíferos	21
5.5.3 Calidad de las aguas subterráneas	21
5.5.4 Relación entre el agua dulce y el agua salada en el SAT	22
5.5.5 Áreas de recarga	22
5.5.6 Influencia de los cursos de agua en la recarga del sistema	23
5.5.7 Áreas de descarga	23
5.5.8 Pozos perforados en el área del Sistema	23
5.5.9 Datos hidráulicos de los Acuíferos	24
5.5.10 Relación del Agua Subterránea y los Cambios Climáticos	24
<b>6. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL</b>	<b>25</b>
6.1 Población que se abastece de agua potable de aguas subterráneas	25
6.2 Producto Bruto Interno (PBI)	25
6.3 Organismos Oficiales relacionados a los Recursos Hídricos	26
6.4 Centros de investigación en el área del Sistema Acuífero Toba	27
6.5 Leyes que rigen el uso y gestión de los Recursos Hídricos Subterráneos	27
<b>7. CONCLUSIONES</b>	<b>31</b>
<b>8. RECOMENDACIONES</b>	<b>32</b>
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>33</b>
<b>10. ANEXOS</b>	<b>36</b>

## **1. OBJETIVOS**

Garantizar una Gestión Sustentable de los Recursos Hídricos del Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá Toba Tarijeño, involucrando a los usuarios y a los beneficiarios del agua del Sistema, para un mejor manejo de los riesgos asociados a este recurso.

Coordinar con el equipo técnico integrado por representantes de los tres países involucrados, para diseñar y elaborar los Términos de Referencia para los Casos–Piloto, identificados en el Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño.

## **2. METODOLOGÍA**

Inicialmente se procedió a la tarea de recopilación de información: hidrogeológica, cartográfica, geológica, hidrográfica, suelos, vegetación, infraestructuras y de perforación de pozos, relacionadas al ámbito del Sistema Acuífero Toba. Estos documentos fueron evaluados e integrados con la finalidad de elaborar un informe del área argentina del Sistema Yrendá Toba Tarijeño (SAYTT).

Posteriormente se realizó un viaje de reconocimiento por el área del SAYTT, comenzando por Argentina, bordeando el límite oeste (área de recarga), observando los faldeos orientales de las Sierras Subandinas como así también el ingreso al Sistema de los grandes ríos Juramento y Bermejo. Luego se ingresó a Bolivia (Yacuiba) observando la continuidad de la serranía de Aguaragüe, zonas de pie de monte (área de recarga) hasta la ciudad de Villamontes.

Desde Villamontes, recorriendo un camino paralelo al río Pilcomayo, y luego de observar las últimas estribaciones terciarias, se ingresó al Chaco Boliviano observando las principales geoformas hasta el límite con Paraguay. Se ingresa a este país por Infante Rivarola, recorriendo toda la llanura chaqueña paraguaya y parte del acuífero del Chaco Oeste. Pasando la localidad de Filadelfia se observó el acuífero freático en superficie, evidenciándose la zona de descarga del acuífero libre del Sistema. Asunción, fue punto final del recorrido.

En el Taller de Trabajo desarrollado en la ciudad de Asunción sobre el SAYTT, junto a representantes de OEA y especialistas internacionales se logró un punto de acuerdo para el desarrollo de los informes de los respectivos países intervinientes.

### 3. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA ARGENTINA

#### 3.1. UBICACIÓN EN LA CUENCA DEL PLATA



La República Argentina limita al norte con Bolivia, Paraguay y Brasil, al este con Brasil, Uruguay y el Océano Atlántico, al sur con Chile y el Océano Atlántico y al Oeste con Chile. Posee un territorio de 3.761.274 km<sup>2</sup> que se extiende a lo largo de aproximadamente 3.800 Km. en la dirección norte - sur y de aproximadamente 1.423 Km. en la orientación oeste - este.

El área de influencia de la región chaqueña en la Argentina abarca las provincias de Formosa, Chaco, Santa Fe, Santiago del Estero, Tucumán, Salta, Jujuy, Catamarca, La Rioja y Córdoba. La región presenta gran diversidad de ambientes, con extensas llanuras, grandes ríos que la atraviesan, sabanas secas e inundables, esteros, bañados, salitral y una gran extensión y diversidad de bosques. Debido a esto, se desprende la existencia de una alta diversidad de especies animales y vegetales que conforman un área clave en término de conservación de la biodiversidad. (*CICPlata.org*)

#### 3.2. SISTEMA DE GOBIERNO

Según lo dispone la Constitución Nacional, en vigor desde 1853, el sistema de Gobierno es republicano, representativo y federal. La Constitución de la República Argentina, con sus respectivas reformas -1860, 1866, 1898, 1949, 1957 y 1994- reconoce la división de poderes, y establece un Poder Ejecutivo encabezado por el Presidente de la Nación, un Congreso Nacional compuesto por una Cámara de Senadores (72 miembros) y otra de Diputados (254 miembros), y un Poder Judicial conformado por la Corte Suprema, Cámaras de Apelaciones y Juzgados de Primera Instancia. Las provincias gozan de autonomía y eligen a sus propias autoridades. El Gobernador ostenta la representación máxima en el ámbito de su provincia. (*Ministerio de Relaciones Internacionales, República Argentina*).

#### 3.3. POBLACIÓN

Argentina es un país de poca densidad demográfica, de 36.223.947 habitantes (censo 2001), principalmente ubicados en los centros urbanos. A diferencia de la mayoría de los países latinoamericanos, el 95 % de su población es de raza blanca, con un 85% de descendientes de europeos (principalmente de italianos y españoles). Argentina tiene relativamente pocos mestizos (personas de origen mixto europeo e indígena), llegando a sólo el 4,5 %; y la población indígena pura (mapuches, collas, tobas, maticos, chiriguano, etc.) sólo representa el 0,5 %.

Alrededor de la mitad de la población reside en la Capital Federal y Gran Buenos Aires. La población urbana es mayoritaria abarcando el 88 % mientras que la rural ocupa el 22%.

Indicadores demográficos	
<b>Población</b> (miles, 2000)	36.955
<b>Crecimiento de población</b> (% anual)	1,1
<b>Esperanza de vida al nacer</b> (años)	74,75
<b>Grado de urbanización</b> (%)	85
<b>Analfabetismo</b> (% de la población)	3,8
<b>Pobreza</b> (% de la población por debajo de la línea de pobreza)	36,0
<b>Desempleo</b> (% de la población activa)	14,0

En el marco del Sistema Acuífero Toba, se nombran las provincias intervinientes, su población y su densidad poblacional por km<sup>2</sup>.

Provincias	Población al 30 jun. 1998	Densidad Poblacional (hab. Por km <sup>2</sup> )
<b>Total del país</b>	<b>36.124.931</b>	<b>13</b>
Chaco	929.878	9,3
Formosa	480.979	6,7
Jujuy	584.267	11,0
Salta	1.022.846	6,6
Santiago del Estero	715.891	5,3
Tucumán	1.262.936	56,1

### 3.4. IDIOMAS

El español es el idioma oficial y lo habla la totalidad de los argentinos. En algunas zonas se habla lenguas propias de las minorías indígenas.

### 3.5. ECONOMÍA

La Argentina posee recursos naturales que le otorgan una gran riqueza agrícola y ganadera, gran potencial para la minería, autoabastecimiento en materia energética (petróleo y gas) y una importante capacidad industrial para Latinoamérica.

En cuanto a la agricultura, nuestro país posee 22,5 millones de hectáreas cultivadas, que en el año 2001 han producido 62 millones de toneladas de cereales y oleaginosas. Sus principales cultivos son la soja, el trigo, el maíz y la caña de azúcar. (*Ministerio de Economía, R.A.*)

La actividad ganadera da origen a la industria cárnica, lechera y textil. La Argentina posee 48,7 millones de cabezas de ganado vacuno y 13,5 de ganado ovino (al año 2000).

Con respecto a la industria, se distribuye entre los siguientes rubros: Alimentos, Bebidas y Tabaco con un 32,2 %, Textiles, caucho, cuero y otros con un 25,9 %, Química con un 14,1 %, Refinación de Petróleo con un 10,1 %, Maquinaria con un 6,5 %, Equipos de Transporte con un 5,7 %, y Siderurgia con un 5,2 %.

En la Región Chaqueña, la mayor actividad económica es la agrícola-ganadera, con una expansión sostenida de sus fronteras.

## **4. ASPECTOS GENERALES DEL CHACO ARGENTINO**

### **4.1. GENERALIDADES**

La Región Chaqueña es un área que reúne características únicas y tiene una vasta extensión geográfica. Presenta una gran diversidad de ambientes que están íntimamente relacionados con el recurso hídrico subterráneo. La cuantificación del volumen y calidad del Sistema Acuífero Toba, brindará la oportunidad de planificar las tareas necesarias para un uso sustentable del agua subterránea.

### **4.2. CLIMA**

El clima de la región Chaqueña es variado, predominando el de tipo continental, con lluvias moderadas a escasas, estivales en la zona occidental, y más abundantes en la zona oriental (Cabrera, 1976), se debe destacar la importancia que tiene el estudio del Gran Chaco, por ser una de las pocas regiones del mundo, donde entre la zona tropical y la templada, no hay un desierto de por medio. Toda la región chaqueña se ubica dentro del cinturón subtropical, con temperaturas que decrecen de norte a sur. Aunque esencialmente cálida (la temperatura media anual varía entre 19° C y 24° C, con máximas de hasta 49° C), puede ser alcanzada por frentes fríos que producen heladas en todo su territorio. (*Áreas Protegidas. org*)

El Chaco se ubica dentro de una región que va desde un clima semi-árido a semi-húmedo, resultante de un gradiente de precipitaciones que va desde unos 450 mm anuales en el suroeste a 1.200 mm anuales en el Este. El régimen de lluvias es fuertemente estacional, con más del 80% de las precipitaciones concentradas en el verano (octubre a abril). Esto implica la existencia de una estación seca bien definida, que tiene una duración de dos meses en el este y hasta siete en el oeste. Predominan dos gradientes básicos: uno norte-sur para la temperatura y otro este-oeste para la lluvia.

### **4.3. SUELO**

El Gran Chaco es una extensa llanura que ocupa la mayor parte de una cubeta sedimentaria, que a rasgos generales, abarca desde el cratón de Brasilia al este, las Sierras Subandinas y pampeanas al oeste, la llanura pampeana al sur y la amazonía al norte. En ella predominan los sedimentos de origen fluvial y eólico. En general, la textura aumenta de este a oeste debido a los sedimentos aportados por los ríos que provienen de las regiones montañosas que limitan al Chaco en el oeste.

Esta cubeta fue paulatinamente rellenada con sedimentos cuaternarios de tipo fluviales, lacustres y loessicos. El espesor de la cobertura sedimentaria presenta variaciones que reflejan la existencia en el subsuelo de grandes depresiones y hondonadas, separadas entre sí por altos o dorsales. Esta estructura subterránea se refleja marcadamente en la organización del paisaje de superficie, afectando a las sub-regiones, sistema hidrográfico, escurrimientos sub-superficial y subterráneos, complejo ambiental y vegetación. El material originario, modificado por el clima, la erosión, deposición y las condiciones de drenaje,

produce suelos que varían entre los de drenaje dificultoso (que favorecen la presencia de humedales) y suelos de gran aptitud agrícola.

#### 4.4. FAUNA

A lo largo del vasto territorio de la región chaqueña encontramos mamíferos, como por ejemplo: quirópteros o murciélagos, gatos onza, pecarí de collar o chanco moro, guazuncho mediano o birá Pitá, zorro de monte, comadreja, zorrino, coatí, oso hormiguero o yurumí, oso melero o caguaré, lobito de monte o gato eira, quirquincho o tatú bolita, mapache u osito lavador, roedores como la rata de campo, la laucha, el cuis (aperea), lobito de campo, etc.

Respecto a los reptiles y batracios, podemos citar a: víboras de distinto tipo como la coral, la yarará, la yarará de la cruz, la yarará falsa, la curiyú, la culebra verde, etc.; iguana o teyú o tegú, sapo común, escuerzo, lagartija, etc. Entre las aves encontramos: perdiz, palomas, tero, cuervo, halcón, gavilán, caracolero, picaflor, loro, cotorra, lechuza, chimango, búho o ñacurutú, urraca, jilguero, chingolo, churrinche, charata o faisán americano, cardenal, tuyuyú o tuyango, gallareta, calandria, gallito de agua, Cabureí, carancho, tordo, hornero, pico blanco, espátula rosada, jabirú, zorzal, caraó, boyero, frutero. (*Folklore Norte*)

Por último cabe agregar que en toda la región existe una gran diversidad de insectos y arácnidos. Entre ellos se hallan los gorgojos, taladrillos, cucarachas, chinches, pulgas, moscas bravas (transmisoras del mal de las caderas), mosquito anofeles (portador del plasmodio, que provoca la enfermedad de paludismo) y la vinchuca (transmisora del mal de Chagas-Mazza).

#### 4.5. FLORA

La vegetación es la denominada “montes fuertes”, es decir bosques con una importante presencia de especies taníferas, estrato arbustivo y sotobosque denso de bromeliáceas. Las especies arbóreas más conspicuas son, el quebracho colorado chaqueño (*Schinopsis balansae*), el palo piedra (*Diplokeleba floribunda*), el urunday (*Astronium balansae*), el guayacán (*Caesalpinia paraguariensis*), el quebracho blanco (*Aspidosperma quebracho blanco*), algarrobo (*Prosopis* sp.), etc. (*Red Animal.org*)

Con respecto a la vegetación, la Región Chaqueña Subhúmeda es la que posee mayor volumen de vegetación dentro del Dominio Chaqueño, su vegetación es polimorfa: bosques xerófilos, caducifolios, estepas arbustivas, palmares, sabanas, praderas, estepas, pajonales, etc. Los montes están integrados, en buena medida, por especies que se caracterizan por un crecimiento lento, por poseer maderas duras y semiduras y por su contenido en taninos. Esta misma característica ha sido la que originó la histórica y actual depredación sobre maderas de mayor valor económico.

#### **4.6. HUMEDALES**

El Chaco posee una gran abundancia y diversidad de humedales. Según Dugan (1992), se encuentran en la región al menos los siguientes tipos:

- 1) Lagunas permanentes
- 2) Lagunas temporarias
- 3) Ambientes continentales hiperhalinos
- 4) Bañados
- 5) Ríos y arroyos de llanura (permanentes o temporarios)
- 6) Canales artificiales de drenaje
- 7) Embalses artificiales

La complejidad hidrológica determina la creación de una gran número de humedales (lagunas, esteros, bañados, etc.), lo que se hace evidente por ejemplo, en el área de influencia del río Teuco-Bermejo, el cual presenta un relieve muy dinámico, con depósitos de arenas y limos que forman los potentes albardones que bordean su curso meandriforme.

Las crecidas de los ríos Paraná (predominantemente estivales y otoñales) y Paraguay (predominantemente invernales) tienen gran influencia en los sistemas fluviales correspondientes a los ríos transchaqueños de origen andino (Pilcomayo, Bermejo, Salado) y los pequeños sistemas fluviales nacidos en la parte oriental más húmeda del propio Chaco.

En la zona central, estos cuerpos de agua merman paulatinamente hasta desaparecer del todo en la zona occidental. Aquí sólo se encuentran los cauces activos del río Teuco y del menos caudaloso Bermejito, cuyas fuentes se hallan también más al oeste.

En la región occidental se incrementan nuevamente los humedales, debido al aumento de cursos de agua con nacientes en las montañas de los sistemas orográficos andino, subandino y pampeano situados al Oeste del Chaco. (*Wetlands*)

#### **4.7. IMPACTO SOBRE EL MEDIO AMBIENTE**

En todo el Chaco se observa un proceso generalizado y de creciente desertificación, resultado de la sobreexplotación de los recursos naturales, y más específicamente de la deforestación y sobrepastoreo, caza y pesca excesiva, expansión de la agricultura en tierras marginales, erosión generalizada y salinificación de suelos por mal uso de la irrigación.

A continuación se detallan los factores de degradación más relevantes en el Chaco, todos los cuales muestran una tendencia de crecimiento acelerado.

- Deforestación y erosión masiva de las cuencas de drenaje
- Re – estructuración de los ríos
- Desertificación
- Contaminación
- Uso no sustentable de los recursos hídricos
- Administración fragmentada de los recursos hídricos regionales

#### 4.8. ECOSISTEMAS QUE DEPENDEN DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Comprende bosques espinosos subtropicales y sábanas húmedas. Ocupa un cuarto del territorio continental argentino en el sector centro-norte, con una dilatada planicie de suelos sedimentarios.

Botánicamente el Chaco está definido por la presencia del quebracho colorado, y aunque en su mayor extensión está cubierto por bosques de madera dura, constituye un mosaico heterogéneo de distintos ambientes. En los campos bajos de la región oriental, se extienden sabanas de altos pastizales, palmares, esteros y bañados que alternan con isletas de “ monte fuerte ” en los sitios más altos. En el seco Chaco Central los bosques son casi continuos y hacia el oeste trepan por sobre las faldas de las sierras pampeanas, conformando el llamado Chaco Serrano.

#### 4.9. AREAS PROTEGIDAS

A continuación se menciona de la ecoregión Chaco las superficies protegidas con jurisdicción.

Ecoregión	Superficie (Has)	Superficie protegida con Jurisdicción Federal (Has)	Superficie protegida con Jurisdicción Federal (%)	Superficie protegida Total (legalmente declarada) (Has)	Superficie protegida Total (legalmente declarada) (%)	Superficie protegida con algún grado de implementación (Has)	Superficie protegida con algún grado de implementación (%)*
<b>Chaco (Húmedo, Seco y Serrano)</b>	65.404.000	211.210	0,32	3.354.369	5,13	1.136.549	1,74

#### PARQUE NACIONAL CAMPO DE LOS ALISOS

Se ubica en el rincón suroeste del Sistema Acuífero Toba, en un área de Aporte a la recarga.

Fue creado en 1995 para proteger a un sector representativo de la selva y bosque montano y del bioma alto andino. Se encuentra en el Departamento de Chichigasta, en la Provincia de Tucumán y ocupa una superficie aproximada de 10.000 hectáreas. La cadena del Aconquija, prolongación austral de las Cumbres Calchaquíes, constituye el primer escalón montañoso al oeste de la extensa llanura chaco pampeana. Este Parque Nacional se encuentra sobre la ladera oriental de los Cerros Nevados del Aconquija, cuyas cumbres limitan con la Provincia de Catamarca, entre los ríos Las Pavas al norte y Jaya al sur. Se extiende desde los 847 a los 5.200 metros sobre el nivel del mar, siendo su altura más destacada el Cerro de la Bolsa. Dominan el laurel y el nogal, seguidos por el horco molle, el tala de selva, el tabaquillo y el cochucho. A partir de los 1.000 metros la caña brava forma parte del denso sotobosque. El bosque montano aparece a partir de los 1.500 metros de altura con pino del cerro, aliso del cerro, nogal, sauco



y mancay. En el estrato herbáceo es muy común el helecho doradilla macho, y el junco, que forma matas húmedas.

Los bosquitos de queñoa se encuentran por arriba de los 2.000 metros en manchones aislados sobre el pastizal o pradera montana con siringa, cortadera y chaguares sobre las rocas. Éstos últimos cubren con mayor densidad las paredes rocosas a partir de los 3.000 metros, donde son acompañados por yaretas, yaretillas y lupinos a mayores alturas.

Aquí viven aves como la quiula puneña y también la monterita serrana. Entre los roedores se encuentran el pericote grande, la rata andina y una especie de oculto o tuco-tuco. Otros mamíferos comunes son el guanaco, el "sacha mono" o coatí y el puma.

### **RESERVA NATURAL DE FORMOSA**

Esta Reserva Natural se creó en el año 1968 para proteger una muestra del Chaco Occidental. Tiene una superficie de 10.000 hectáreas. Se halla situada en el oeste de la Provincia de Formosa, entre las localidades de Yacaré y La Florencia, sobre la margen norte del río Teuco. El límite con la Provincia de Salta está a 60 Km. y la localidad más cercana es Ingeniero Juárez, a 65 Km. hacia el noroeste.



Esta área natural tiene una diversidad florística muy importante. Se destacan en los albardones a orillas del río Teuco o Bermejo y el Teuquito un monte denso con especies como el palo amarillo, el algarrobo blanco, la mora, el palo bolilla y el zapallo caspi. Una apreciable superficie de la reserva, en el bajo interfluvial, tiene la única muestra protegida en el sistema de Parques Nacionales con bosques de palo santo. Este árbol posee una madera muy apreciable por su dureza, tonalidad verdosa y bello vetado, habiendo sido drásticamente talado en toda su acotada distribución. Aquí vive en formaciones donde es dominante, con un sotobosque ralo con abundancia de cactáceas de gran porte como el ucle y el cardón.

La fauna es particularmente notable en esta reserva, se deben mencionar mamíferos como el oso hormiguero grande o bandera, una especie en peligro de extinción a nivel internacional, y el guazuncho o corzuela parda. Por su parte, las aves tienen representantes destacables como el loro hablador, las charatas y el carpinterito de los cardones, todos relativamente comunes. La herpetofauna también es variada, contándose con la presencia del "camaleón", una lagartija arborícola de lentos movimientos y coloración mimética, el yacaré ñato y varias ranas, por ejemplo la popularmente conocida como "llorona" dado el lastimero canto que realiza. En los madrejones son frecuentes el carpincho y una rica avifauna compuesta por chajaes, patos y garzas.

### **PARQUE NACIONAL COPO**

Se encuentra ubicado en el extremo noreste de la provincia de Santiago del Estero, departamento Copo, en el corazón del Chaco argentino. Tiene una superficie de 114.250 hectáreas. El lugar fue declarado Reserva Natural Provincial en 1968 y a partir de 1993 constituye el Parque Provincial Copo. Sin embargo, dado sus valores naturales merece

incorporarse al sistema de parques nacionales de la República Argentina.

El árbol característico de los montes de Copo es el quebracho colorado santiagueño, la especie emblemática de la ecoregión chaqueña. También encontramos en la zona un elenco completo de la fauna del Chaco. Es uno de los pocos sitios del país donde conviven especies amenazadas de extinción como el yaguareté o tigre, el oso hormiguero grande, el tatú carreta (el mayor armadillo del mundo) y el chanco quimilero, un raro pecarí descubierto para la ciencia hace pocas décadas. Entre las aves, podemos mencionar al loro hablador, que encuentra aquí un refugio seguro para nidificar.

#### **ÁREA DE RESERVA HIDROGEOLÓGICA DEL RIO DULCE**

La Municipalidad de Santiago de l Estero el 17 de marzo de 1998, sancionó la Ordenanza N° 2996/98 que crea un “*Área de Reserva Hidrogeológica*” en la **zona de recarga del abanico Aluvial del río Dulce**. En esta área se prohíbe la eliminación de todo deshecho cloacal y también el relleno sanitario de desechos sólidos que puedan solucionar el acuífero. Esta área de reserva de elevada permeabilidad, contribuirá a proteger grandes espesores saturados de agua dulce de la denominada por *A. Martín en 1994* como “*cuña gravosa*”.

## 5. SISTEMA ACUÍFERO TOBA

### 5.1. ÁREA DEL SISTEMA

El **Sistema Acuífero Toba (SAT)** abarca en la República Argentina una superficie aproximada de 210.000 km<sup>2</sup>, correspondiendo a una cuarta parte de la Provincia Geológica Chaco-Pampeana y a un 7,7% de la superficie continental del territorio nacional. Incluye a las provincias de Salta, Jujuy, Tucumán, Formosa, Chaco y Santiago del Estero.

### 5.2. LÍMITES DEL SISTEMA

Sus límites han sido trazados en base diferentes criterios. Se puede expresar que a medida que se avanza desde la zona de recarga hacia el área de descarga aumentan las incertidumbres de delimitación.

El **límite oeste** –zona de recarga- se ubica –en parte- en la divisoria de aguas que conforman los últimos afloramientos orientales de las Sierras Subandinas, con las interrupciones que generan los grandes cursos de agua que la surcan como: río Pilcomayo, río Bermejo, río Juramento y río Dulce. Particularmente en la Sierra de Aguaragüe, este límite superficial también coincide con el borde de una cuenca hidrogeológica.

El **límite sur** se sitúa en el borde noreste de los afloramientos de Sierras Pampeanas (Sierras de Sumampa y Ambargasta) y es coincidente con el escurrimiento del río Dulce. La dirección de este flujo superficial y probablemente también el subterráneo, se separa de los aportes de agua que se direccionan hacia las Salinas de Ambargasta y Salinas Grandes.

Dado que el SAYTT continúa hacia el norte en los países de Bolivia y Paraguay, el **límite norte**, lo constituyen los límites internacionales.

El **límite este**, si bien debería contemplarse hasta la confluencia de los grandes ríos en los colectores principales Paraguay-Paraná, el SAT ha sido acotado hasta el área de fluencia –zona de descarga- del acuífero libre del sistema. Este arrumbamiento de fluencias que también está delineado en la República del Paraguay (Ej. Esteros de Patiño) pueden ser la respuesta de la reducción de la potencia del reservorio motivado por los altos estructurales como el Arco de Charata (continuidad hacia el norte de la Sierra de Ambargasta) y el Arco Chaco-Formosa (*Ortiz A. et al, 1982*) que se continúa en Paraguay con el Alto de Hayes. (**Figura 1**).

A modo de propuesta, se incluye también los límites del reservorio del Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño (**Figura 4**)

### 5.3. GEOMORFOLOGÍA

La Llanura Chaqueña se caracteriza por un relieve uniforme conformando una extensa planicie, donde la morfogénesis fluvial fue y es la responsable de la evolución y modificación del paisaje.

El modelo actual responde a un diseño de neto carácter fluvial donde los cursos mas importantes: Pilcomayo, Bermejo y Juramento fueron los responsables de la formación de extensos conos, hoy en parte abandonados, y con claras evidencias de desplazamientos o migraciones hasta llegar a las posiciones actuales.

Sin lugar a dudas la dimensión que alcanzaron estos conos en el pasado solo puede explicarse por condiciones climáticas más húmedas, donde los cursos dispusieron mayores caudales permitiendo una morfogénesis mucho más intensa. Por esto, es posible encontrar geoformas de erosión y acumulación, tales como: albardones longitudinales, cauces abandonados, etc., los cuales en forma paulatina son modificados por la morfogénesis actual y en menor grado por la actividad antrópica

En el caso de los ríos Pilcomayo y Bermejo se destaca el proceso de aluvionamiento con un aumento sistemático de altura que presentan sus cauces, por un abandono de carga sedimentaria.

La actividad antrópica, con el tiempo va adquiriendo mayor evidencia, es así que los desmontes sin control, eliminado la cubierta vegetal protectora del relieve, concentra el escurrimiento, el que actúa con mayor intensidad y eficiencia dando lugar a pérdida de suelos y formación de cárcavas con graves consecuencias.

En síntesis el relieve actual de la llanura donde se desarrolla el Sistema Acuífero Toba, se debe en gran parte a la herencia dejada por una actividad fluvial muy intensa, modificada y generando nuevas geoformas por un escurrimiento actual moderado, sumado a una actividad antrópica creciente y sin control.

## **5.4. GEOLOGIA**

La Llanura Chaco Pampeana, coincide con una parte poco móvil de la corteza terrestre (*Russo et al., 1979*), de tendencia negativa, donde en el pasado geológico se depositaron espesas series sedimentarias, marinas y continentales. El espesor de esta cubierta sedimentaria no se mantuvo uniforme y presenta numerosas variaciones que reflejan, en la mayoría de los casos, la existencia en el subsuelo de grandes depresiones, separadas por altos o dorsales (*Russo et al., 1979*).

La prospección geofísica en la región chaco-pampeana ha contribuido a determinar grandes unidades estructurales en el subsuelo. Las imágenes satelitales han facilitado la interpretación superficial a escala regional. La relación entre la estructuración geológica profunda y la expresión superficial de los principales ríos que la atraviesan, contribuyen a dar una explicación del movimiento regional del agua en el subsuelo del SAT.

### **5.4.1. Estratigrafía**

La secuencia estratigráfica del reservorio del SAT está representada principalmente por sedimentos modernos con un espesor que generalmente disminuye desde la zona de aporte (oeste) hacia el este. Estos se asientan sobre sedimentitas terciarias, que en algunas zonas

configuran anticlinales y sinclinales muy suaves. A continuación se describe sintéticamente la secuencia sedimentaria generalizada en edad decreciente, tomado como piso de la secuencia de la **Formación Chaco Superior**.

### **Terciario**

El nivel de conocimiento que se tiene de la región para las secuencias que suprayacen a la Formación Tranquitas es aún hoy deficiente. Por esta razón se mantiene el nombre de **Formación Chaco** (*Russo et al., 1979*) para toda la secuencia sedimentaria que se asienta en el Chaco Salteño, en forma concordante, sobre la Formación Tranquitas. Estos potentes depósitos fueron subdivididos por *Zunino, (1944)*, según su contenido tobáceo, en Terciario Subandino Inferior y Superior. Luego ese concepto fue modificado por *Russo (1952)* en Inferior, Medio y Superior, sobre la base del contenido tobáceo y de la presencia o ausencia de conglomerados constituidos por clastos Paleozoicos.

Si bien la subdivisión del Terciario Subandino es posible en los afloramientos de las Sierras Subandinas, en el ámbito del subsuelo del Chaco Salteño, se ha dificultado la identificación de estas tres secuencias tal como originalmente fueron definidas, debido a la monotonía de la secuencia, la ausencia de las capas conglomerádicas y la disminución en la potencia de los mantos tobáceos.

### ***Formación Chaco Superior***

Compuesto por una monótona secuencia de areniscas y limolitas arenosas pardo claro y arcillitas pardo oscuras con algunas intercalaciones de conglomerados gruesos. El espesor de la secuencia puede alcanzar los 3.500 metros y en su base existen tobas blancas. La acumulación sedimentaria que conforma el Terciario Subandino Superior incluye a la Megasecuencia Jujeña (*Vergani y Starck, 1989*), que a su vez está dividida en las Secuencias I y II. La edad de esta unidad está comprendida entre los 5,7 y 0,25 Ma.

### **Cuaternario**

#### **Holoceno - Reciente**

Dispuestos en forma discordante sobre los depósitos del Terciario, se encuentran secuencias de origen poligénico. Están compuestas preferentemente por arenas varicolores, castañas, blanquecinas, rojizas y grisáceas, de grano muy fino hasta muy grueso y pobremente seleccionadas, limos color castaño claro a gris claro y bancos de arcillas, color rojizo y castaño claro con presencia de venillas y pequeños cristales de yeso (*García R. F. 1998*).

Una característica común de estos depósitos es su heterogeneidad litológica y su errática distribución y extensión de tal forma que es común que se produzcan fuertes variaciones faciales. Los acúñamientos y la disposición lenticular de los cuerpos sedimentarios dificultan la correlación aún en distancias muy cortas.

En la región del Chaco Boreal Salteño, y luego de integrar datos de sísmica de refracción, información proveniente de perforaciones y geofísica, los depósitos cuaternarios tendrían un

espesor variable entre 20 y 200 metros. Están representados por una secuencia heterométrica de gravas, arenas, limos y arcillas, de color predominantemente rojizo y pardo rojizo. Estas facies se distribuyen al pie del sistema serrano y se extienden por todo el ámbito de la planicie chaqueña, asentándose en discordancia sobre las sedimentitas terciarias infrayacentes.

La secuencia descrita tiene suprayaciendo los grandes abanicos aluviales de los ríos Pilcomayo, Bermejo, Juramento y Dulce, que constituyen los principales reservorios y están representados por sedimentos arenosos y gravas que conforman paleocauces, dentro de una geoforma mayor. Los espesores tienen en término medio entre 50 y 100 metros.

#### **5.4.2. Estructura**

La falta de afloramientos impide precisar mediante los métodos geológicos de superficie, las características estructurales en el subsuelo de la Llanura Chaqueña. Los estudios geofísicos y las perforaciones en búsqueda de hidrocarburos permiten interpretar (a grandes rasgos) que existe una sección inferior sin reflexiones (desde el punto de vista sísmico) que corresponde a metamorfitas y plutonitas del basamento; hacia arriba continúa una zona compuesta por rocas paleozoicas, suavemente plegadas y con bancos levemente inclinados, cortados por fallas de alto ángulo y rechazos significativos. La sucesión culmina con una secuencia cretácico-terciaria donde no se observan mayores perturbaciones tectónicas, con estratos que presentan inclinación hacia los depocentros (*Russo et al., 1979*). Por último prospecciones geoelectricas y perforaciones de pozos de agua han determinado una secuencia de sedimentos cuaternarios cuya potencia varía entre los 20 y 200 metros.

El rumbo de las dislocaciones se ajusta, preferentemente, a dos direcciones que forman un sistema conjugado. Una con componente nor noreste – sur suroeste y la otra este - oeste. Ambas, combinadas con el plegamiento, dan lugar a los altos estructurales que se interponen entre las cubetas.

Del análisis de algunas líneas sísmicas, preferentemente aquellas orientadas oeste-este, se advierte que el tren estructural que conforman las Sierras Subandinas continúa en el subsuelo, en estructuras anticlinales y sinclinales cada vez más atenuadas a medida que se avanza hacia el este.

Desde el punto de vista hidrogeológico, estas estructuras al afectar a las secuencias terciarias, donde se presume que existen importantes reservorios, pueden condicionar la presencia y direcciones de flujo del agua subterránea en ciertos sectores de la región Chaco-Pampeana (*García R.F. 1998*). A modo de ejemplo de la situación antes planteada, se puede observar un plano isocrónico elaborado para el primer horizonte reflectivo de las sedimentitas terciarias (Vitulli y García, 1996), en donde la reconstrucción muestra la presencia de un alto estructural a la latitud de la localidad de Dragones, que fue identificado ya por *Fuertes et al., 1987*, denominado Umbral de Dragones y que se interpreta, en este trabajo, como la expresión más superficial del Umbral de Los Gallos (*Salfity et al., 1993*).

Otra observación que se desprende del análisis de algunas líneas sísmicas, es que los sistemas de grandes fallas que afectan a las secuencias pre-terciarias, no lo hacen en la misma magnitud hacia las secuencias suprayacentes. Esta situación permite inferir que la presencia y

continuidad del recurso hídrico subterráneo en muchos sectores de la región Chaco-Pampeana, debe estar más condicionado por las variaciones de facies, que por la presencia de fracturas. (*García R. F. 1998*).

En síntesis, en el subsuelo del SAT existen algunas estructuras que condicionan la presencia de reservorios de agua, que modelan las isopiezas y líneas de flujo y en algunos casos dan respuesta a la calidad química del reservorio. (En anexo se adjuntan la **Figura 2**: Corte Esquemático N° 1 Sierra de Aguaragüe – Alto Chaco–Formoseño y la **Figura 3**: Corte Esquemático N° 2 Sierra de Santa Bárbara – Arco de Charata)

## **5.5. HIDROGEOLOGIA**

### **5.5.1. Tipología de acuíferos**

En términos generales se puede expresar que los grandes ríos que surcan la planicie chaqueña (Pilcomayo, Bermejo, Juramento, Dulce, etc.) brindan geofomas en las cuales se desarrollan un sistema de acuíferos que desde el oeste a este pasan de libres a confinados. Su potencia es variable y puede llegar a 200 metros.

Los cursos menores como Itiyuro, Yacuy, Río Dorado-del Valle etc. desarrollan abanicos arealmente menores que pueden tener espesores de hasta 120 metros (Arroyo Yacuy) con una tipología similar.

Por debajo de estas geofomas modernas, los sedimentos terciarios poseen intervalos productores de agua dulce y de agua salada, cuya relación aún no está aclarada. En el límite interprovincial Salta/Formosa existe un acuífero de agua dulce de los 325 a los 385 metros de profundidad, debajo de una secuencia de intervalos de agua salada.

En términos generales se puede expresar que las configuraciones de las líneas isopiezas y las direcciones de las líneas de flujo, indican una fuerte influencia de los grandes cursos fluviales sobre los reservorios subterráneos someros y una independencia del escurrimiento subterráneo profundo del escurrimiento superficial.

Dado la extensión del SAT, a continuación se hace una síntesis de las características hidrogeológicas más importantes. Las denominaciones: *Regiones Hídricas, Complejos Acuíferos, Ambientes Hidrogeológicos, Provincias Hidrogeológicas* deberán tener una unificación de nomenclatura e integración en el Sistema Acuífero Toba.

### **Región del Chaco Boreal Salteño**

García R. F, 1998, ha diferenciado seis Complejos Acuíferos en explotación, que fueron denominados: Complejo Acuífero Tobantirenda, Complejo Acuífero Pilcomayo, Complejo Acuífero Tonono - El Chirete, Complejo Acuífero Bermejo, Complejo Acuífero Lomas de Olmedo y Complejo Acuífero Terciario Subandino. Los cinco primeros tienen íntima relación con los escurrimientos superficiales.

A modo de ejemplo se dan las características más importantes del Complejo Acuífero Bermejo y Complejo Acuífero Terciario Subandino.

**Complejo Acuífero Bermejo.** Sus límites son: al norte el Complejo Tonono – El Chirete; al sur el Complejo Lomas de Olmedo y los derrames terminales de la zona de influencia de los ríos Dorado y Del Valle; al oeste con el sistema subandino y al este con el límite de la provincia de Formosa. Ocupa una superficie de aproximadamente 21.540 km<sup>2</sup>.

Estratigráficamente está conformado por una cobertura cuaternaria de arenas, limos, gravas y arcillas con potencia variable entre 190 y 30 metros, disminuyendo de espesor de oeste a este. Infrayaciendo se encuentran secuencias monótonas de areniscas y limoarcilitas rojizas pertenecientes a la Formación Chaco. Las líneas isopiezas indican una dirección de flujo hacia el sudeste y otra nor-noreste en el sector más austral. Se advierte el fuerte comportamiento influente del río Bermejo en casi todo su recorrido. El valor promedio de la transmisividad es de 120 m<sup>2</sup>/día; la permeabilidad media es de 2 m/día y el coeficiente de almacenamiento tentativo, de 0,007. (*García R. F., 1998*)

La reserva de agua subterránea de buena a aceptable calidad física y química es de 9,0468.10<sup>10</sup>m<sup>3</sup>, la tasa de renovación es de 0,0000322 y el período de renovación es de 30.982 años. El agua explotada presenta una zonificación compleja en cuanto a calidad, encontrándose valores menores a 1.000 µS/cm y superiores a 20.000 µS/cm. (*García R. F., 1998*)

**Complejo Acuífero Terciario Subandino** tiene extensión regional y se considera que se desarrolla enteramente en secuencias sedimentarias pertenecientes a la Formación Chaco Superior y presenta fuertes variaciones en sus características hidrogeológicas.

A escala regional, esta unidad se encuentra conformada por un sistema de acuíferos confinados y semiconfinados localizados a profundidades muy variables. Regionalmente, las isopiezas muestran que el flujo de los niveles puestos en producción tiene una componente noroeste – sudeste y oeste – este. La transmisividad media es de 70 m<sup>2</sup>/día, la permeabilidad promedio alcanza los 1,75 m/día y el coeficiente de almacenamiento tentativo varía entre 0,0005 a 0,000006.

La reserva de agua de buena a aceptable calidad es de 4,45.10<sup>10</sup>m<sup>3</sup>, la tasa de renovación es de 0,000036 y el período de renovación alcanza los 27.385 años. Existe una gran variación en los valores de conductividad eléctrica. Hidroquímicamente se advierte la presencia de tres grupos de agua: uno bicarbonatado sódico; otro sulfatado sódico y el tercero clorurado sódico (*García R.F., 1998*).

### **Región Chaco Austral Salteño**

Siguiendo la clasificación utilizada por García, R. F., 1998, se encuentran el **Complejo Acuífero Dorado-del Valle**, que se caracteriza porque la dirección del flujo subterráneo tienen una componente principal hacia el noreste y **Complejo Acuífero Juramento**. Este último, cuando ingresa a la región chaqueña, tiene una dirección suroeste-noreste controlada por la fractura regional y afloramientos del Cerro Colorado. Luego después de producir un inflexión de aproximadamente 120°, ingresa a la provincia de Santiago del Estero con una dirección

preferencial al sureste. De acuerdo a lo expresado por Soler, R. 1989, conforma un abanico aluvial donde se ubican importantes reservorios de agua dulce. Esta región no tiene estudios regionales que puedan ser integrados hacia el norte.

### **Región Norte de Santiago del Estero y Este de Tucumán**

*Martín A., 1997*, realiza una Carta Hidrogeológica de la Provincia de Santiago del Estero en la que determina **17 ambientes hidrogeológicos**, los cuales están determinados en base al estudio sistemático de una red de perforaciones profundas. También ha elaborado un mapa de isopiezas, con direcciones de flujo preferencialmente hacia el sureste y sur-sureste.

De los ambientes hidrogeológicos determinados, que en su mayoría corresponden -en una primera aproximación- al Sistema Acuífero Toba, se mencionaran sintéticamente de norte a sur los más representativos.

El ambiente del ***Borde medio y distal del abanico aluvial del Río Salado***, es una continuación del abanico aluvial del río Juramento-Salado en la provincia de Salta y penetra en la planicie semiárida santiagueña. Un perfil paralelo a la Ruta Nacional N°16 presenta un decrecimiento transicional de la textura. Las facies proximales, cercanas a su ápice en la localidad de J. V. González formadas por gravas y sábulos predominantes que se correlacionan con las facies de arena gruesa someras en la localidad de Taco Pozo (área recarga) pasan a arenas muy finas, limos y niveles calcáreos en la parte distal (localidad de Los Tigres) (*A. Martín, 1997*).

Asociado a este ambiente están los ***Paleocauces del río Salado***, en parte abandonados, con vestigios de paleollanuras de inundación, reactivadas por precipitaciones. Estas importantes geoformas, de las que se abastecen de agua potable a asentamientos humanos, por medio de pozos a balde, están compuestas por arenas finas (permeabilidad  $>4,3$  m/d), contrastando con la fracción pelítica de la paleollanura de tan solo una permeabilidad de 0,008 m/d. (*A. Martín, 1997*).

El ambiente ***Abanico aluvial del Río Dulce*** es sin dudas uno de los reservorios de agua dulce más importantes de la provincia de Santiago del Estero. Su ápice se ubica en el labio bajo de la fractura directa de Huyamampa, conformando un abanico excéntrico con un radio que supera los 150 Km. Existen pozos que brindan caudales de 235 m<sup>3</sup>/hora, con un caudal específico de 22 m<sup>3</sup>/h/m. (*A. Martín, 1997*).

Un ambiente interesante de observar es el ***Borde distal del abanico Aluvial de las Sierras Subandinas*** donde existe un **área de surgencia**. Esta área abarca parte de las provincias de Tucumán y Santiago del Estero, don existen pozos de hasta 300 metros de profundidad y sus caudales superan los 200 m<sup>3</sup>/hora, con aguas aptas para todo consumo. Esta área de elongación norte-sur también está presente a la latitud de Las Lajitas en la provincia de Salta.

Las Termas de Río Hondo, pertenece a un área de **elevada surgencia** con mas de 4000 pozos perforados, donde algunos alcanzan profundidades cercanas a los 300 metros y caudales de mas de 200 m<sup>3</sup>/hora, con aguas aptas para todo uso. En Isaac Yacu un pozo con fines petroleros entre 300 y 650 metros de profundidad, detectó un conjunto de acuíferos surgentes de

elevada presión (24 metros de columna de agua) *A. Marín, 1997*. Estos reservorios hidrotermales fueron estudiados por *A. Marín et al., 1998*, quienes dilucidaron el comportamiento energético de estos fluidos calientes ascendentes que se mezclan con percolaciones frías descendentes en un medio de convección forzada en acuíferos del Plioceno Superior.

El límite sur del Sistema Acuífero YTT, lo constituye el ambiente *Los Sedimentos de Talud* de los afloramientos graníticos de las sierras de Sumampa y Ambargasta. Por último hacia el este se identifica el ambiente de *Facies Calcáreo-limosas*, constituida por una monótona secuencia de arcillas, calcáreos (tosca), limolitas y arenas muy finas, de gran extensión (67% de la superficie de la provincia de Santiago del Estero), caracterizada por la presencia de un acuífero freático formado por una diversidad de calidades químicas (aguas “dulces”, “saladas” y “amargas”) (*A. Martín, 1997*).

En el este de la provincia de Tucumán existe de acuerdo a Tineo *et al., 1993*, la *Cuenca del río Salí-Dulce* que comprende el área cubierta por la llanura tucumana, desde la zona pedemontana de los bordes del macizo central hacia el este, hasta el límite con la provincia de Santiago del Estero. Su límite norte, estaría marcado por el Espolón de Tacanas y el sur, por la provincia de Catamarca. Cubre de esta forma la zona de máximas precipitaciones y de mayor desarrollo de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, conformando *una de las cuencas artesianas más importantes del país*.

### **Región Oeste de las Provincias de Chaco y Formosa**

El Estudio Hidrogeológico Pico del Chaco de *R. Vargas, 1977* es un trabajo de carácter regional y de síntesis, que tiende a cuantificar en cantidad y calidad los recursos hídricos subterráneos, con el propósito de realizar un proyecto de expansión de la frontera agropecuaria de la provincia del Chaco. Realiza correlaciones de pozos, determina áreas de recargas, y menciona posibles reservas hídricas del sistema, dentro del objetivo principal de lograr un equilibrio entre la oferta del recurso y la demanda del proyecto.

*Angeleri J. L. 1999*, describe los acuíferos existentes en el oeste de Chaco y Formosa y los correlaciona con los situados al este de la provincia de Salta y noroeste de la provincia de Santiago del Estero. Expresa sin embargo, que deben efectuarse estudios de carácter regional a nivel de cuencas hidrogeológicas.

Este autor, también concuerda en dar un límite norte a los derrames característicos de la Región Chaqueña que pertenecen a la Cuenca del Plata, hasta los derrames del río Parapetí que tiene drenaje hacia los bañados de Izozog.

A nivel superficial, el oeste de las provincias de Chaco y Formosa se caracteriza por la continuidad de los abanicos aluviales de los ríos Pilcomayo, Bermejo y Juramento representados por sus sectores distales.

La expresión topográfica y morfológica actual, corresponde a un modelado fluvial dominante, combinado con episodios de predominio eólico y tectónicos subordinados, con

modificaciones producto de las variaciones climáticas ocurridas desde fines del terciario. (*Angeleri, J. L. 1999*).

En el subsuelo se puede expresar de acuerdo a Angeleri, J. L., que existen tres niveles acuíferos de orden regional:

1. Un *primer nivel acuífero* hasta aproximadamente unos 30 m de profundidad, normalmente freático, en general salado, en arenas saturadas o parcialmente saturadas. En ocasiones las arenas se encuentran secas. Puede contener lentes de aguas dulces.
2. El *segundo nivel acuífero* es semiconfinado o libre, normalmente salado aunque contiene también niveles de agua dulce y se lo encuentra hasta los 80 m aproximadamente.
3. Por debajo existe un *tercer nivel de acuíferos*, con posible extensión regional, **con agua de buena calidad**. Perforaciones profundas a más de 300 han detectado niveles de agua con salinidades muy bajas (0,5 mg/l).

### **5.5.2. Profundidad y geometría del Sistema Acuífero Toba**

Tomando la sumatoria de sedimentos cuaternarios y sedimentitas terciarias se puede expresar que la geometría del reservorio en un corte vertical, conforma un *gigante trapezoide de base plegada*, con un lado mayor al oeste –en el área de recarga- de aproximadamente 4.000 metros de sedimentos y un lado menor (al este) de 300 metros en el área de descarga sobre la alineación estructural Charata - Chaco-Formoseño. La distancia de percolación entre la recarga y la descarga parcial del sistema -por sedimentos de variada permeabilidad- tiene en promedio 250 kilómetros.

### **5.5.3. Calidad de las aguas subterráneas**

Existe una gran *heterogeneidad* en la calidad físico-química de las aguas del Sistema. No hay toma de muestras selectivas por intervalos de producción, lo que implica desconocer el comportamiento en profundidad en la mayoría de las perforaciones. A continuación se dan algunas características hidroquímicas por regiones.

El *Complejo Acuífero Pilcomayo* presenta dos tipos fundamentales de agua: bicarbonatada clásica a sódica relacionadas a cuerpos de agua superficiales (madrejones, cauces abandonados, lagunas, etc., y sulfatada clásica a sódica indicativas de un mayor tiempo de permanencia. (*R. García, 1998*).

En el sector medio del *Abanico Aluvial del Río Salado* son bicarbonatadas sódicas y fuertemente alcalinas. En otras áreas sobre el borde del abanico aluvial son sulfatadas sódicas. En el borde distal del abanico en la zona de Monte Quemado) existen valores de As de hasta 1 mg/litro. Las facies calcáreo-limosas en la localidad de Bajo La Delia tienen 0,6 mg/l de As.

#### **5.5.4 Relación entre el agua subterránea dulce y salada en el Sistema Acuífero Toba**

Generalmente los acuíferos someros son de agua dulce a excepción de los situados cercanos a afloramientos que están conformados por sedimentitas terciarias muy mineralizadas (entre otros, el acuífero libre en el Complejo Lomas de Olmedo).

Si bien en profundidad se puede expresar que a medida que aumentan los tiempos de percolación las aguas se mineralizan, en el borde oriental de la provincia de Salta existe agua potable en sedimentitas terciarias a 325 metros de profundidad, por debajo de acuíferos salados. Es probable que la percolación tenga el mismo tiempo de permanencia en toda la secuencia, y la explicación debe centrarse en los aspectos litológicos.

La sedimentitas terciarias están inclinadas y existe un ligero truncamiento de su secuencia contra la discordancia donde se apoyan los sedimentos modernos. En una dirección oeste-este, pozos perforados a igual profundidad con un distanciamiento de 1 a 2 Km., no necesariamente producen de intervalos que se puedan correlacionados horizontalmente.

#### **5.5.5. Áreas de recarga**

. Si bien no existe una cuantificación, ni dataciones de agua que puedan aseverar con precisión los movimientos del agua en las zonas de recarga; las observaciones de campo, correlaciones de pozo y la calidad química de las aguas, permiten expresar que existen varias áreas identificadas por donde se recarga el Sistema Acuífero Toba. A continuación se expresan algunas de ellas.

##### ***Zonas de aporte a la recarga***

El aporte principal a la recarga de los reservorios subterráneos es **alóctona**, proveniente de la recepción de la precipitación de áreas intermontanas ubicadas al oeste de llanura chaqueña. Estas zonas cumplen un rol fundamental y constituyen las cuencas hidrológicas de cabecera de los principales ríos, que se sitúan fuera de los límites del Sistema, pero que los volúmenes infiltrados llegan a la superficie hidrostática y luego percolan e ingresan al SAT a través de los subálveos de los ríos Pilcomayo, Bermejo, Juramento, Dulce, etc.

##### ***Áreas de recarga en el pie de monte subandino***

Los flancos orientales de las sierra de Aguara Güe, de la sierra de Santa Bárbara, etc., constituyen una extensa área de recarga que alimenta a los sedimentos modernos de pie de monte y a las sedimentitas terciarias. Los sedimentos cuaternarios conforman un acuífero libre cuya superficie hidrostática se asemeja a la topografía con pendiente menor. Los volúmenes que recargan las sedimentitas terciarias, conforman un flujo que se direcciona condicionado por la estratigrafía y la estructura.

### ***Recarga en los paleocauces***

La gran extensión de sedimentos de gravas y arenas de alta permeabilidad situados cercanos a la superficie que constituyen los paleocauces insertados generalmente en las llanuras de inundación son recargas locales con fuerte componente vertical y **autóctonas** del Sistema.

#### **5.5.6. Influencia de los grandes ríos en la recarga al sistema**

Los volúmenes del escurrimiento superficial de los grandes ríos, y los que percolan por sus subálveos, posteriormente, se mueven lateralmente hacia los sedimentos cuaternarios que conforman la llanura chaqueña y verticalmente hacia niveles permeables de las sedimentitas terciarias. Esta es una de las principales recarga en el ámbito del SAT y se produce a lo largo y ancho de todos los cursos.

#### **5.5.7. Áreas de descarga**

La descarga final del SAT lo constituye los colectores principales de la Cuenca del Plata río Paraguay y río Paraná, El arrumbamiento de fluencias suroeste-noreste por encima de los altos estructurales Charata (continuidad hacia el norte de la Sierra de Ambargasta) y Chaco-Formoseño genera una descarga del acuífero libre y parcial del Sistema.

#### **5.5.8. Pozos perforados en el área del sistema**

No se tiene una sumatoria de los pozos perforados en el Sistema Acuífero Toba. A continuación se expresan algunas cifras orientativas. En el Chaco Boreal Salteño se han censado 447 pozos, pero en la región el número debe superar los 500. (**R. García, 1998**) En el Chaco Austral Salteño se estima que existen 750 perforaciones.

En la región de Termas de Río Hondo se han perforado aproximadamente 4.000 pozos.

En la tabla siguiente se brinda información de algunos pozos perforados en el Complejo Acuífero Bermejo y el Complejo Acuífero Terciario.

Nombre	Ubicación	Departamento	Y	X	Prof. total mb.b.p	N.Estático Combinado mb.b.p	N.Dinámico Combinado mb.b.p	Caudal Combinado m <sup>3</sup> /h	Caudal Específico m <sup>3</sup> /h/m
AS 0022	Capitán Pagés	Rivadavia B.N.	4563.70	7381.30	288.8	21	s/d	3.9	0.433
AS 0067	Embarcación - AGAS	San Martín	4387.62	7433.69	104.5	13.7	15.7	45.9	9.18
AS 0289	La Quena	San Martín			25	10.5	25	2	0.33
AS 0297	Esc. El Totral	Rivadavia B.S.	4498.80	7353.60	200	8	12	10	2.5
AS 0343	Esc. 382 Finca San Miguel	Rivadavia B.S.	4485.40	7351.50	203	9	12	50	16.6

Nombre	Ubicación Complejo Acuífero Terciario	Departamento	Y	X	Prof. total m.b.b.p	N.Estático Combinado m.b.b.p	N.Dinámico Combinado m.b.b.p	Caudal Combinado m <sup>3</sup> /h	Caudal Específico m <sup>3</sup> /h/m
AS 0540	Misión Yacuy - Yacuy	San Martín	4420.61	7526.63	175	32.3	45.41	52.6	4
AS 0573	El Rosado	Rivadavia B.N.	4503.08	7554.76	199.2	15.9	19.59	23.3	6.3
AS 0576	Esc. 318 El Mulato	Rivadavia B.N.	4562.80	7479.80	217	24	s/d	s/d	s/d
AS 0580	Esc. 893 El Gritao	Rivadavia B.N.	4527.00	7357.70	176.2	15.15	25.15	1	0.1
ASP 1385E	YPF. St-Ag-5 - Jollín	San Martín	4476.03	7554.56	244	s/d	s/d	3.5	s/d
ASP 1385F	YPF. St-Ag-6 - Jollín	San Martín	4476.00	7554.53	170.5	s/d	s/d	s/d	s/d
ASP 1386	Alto de la Sierra (YPF)	Rivadavia B.N.	4551.22	7486.80	195	s/d	s/d	7	s/d
ASP 1398	Municipalidad Rivadavia	Rivadavia B.S.	4511.50	7326.50	236	2.82	39.65	150	4.07
ASP 1450	Capitán Pagés	Rivadavia B.N.	4563.80	7381.3	300	17.04	20.47	11	3.2
ASP 1452	Los Blancos	Rivadavia B.N.	4541.50	7389.90	311	17.03	81.65	14.4	2.231

### 5.5.9. Datos Hidráulicos del Sistema

Para el *Chaco Boreal Salteño* se pueden dar algunos valores hidráulicos, pero debe expresarse que son muy pocos los pozos con ensayos de bombeo confiables. El *Complejo Acuífero Bermejo* de acuerdo a R. García 1998, entre las localidades de Hickman y Los Blancos (110 Km.) tiene un gradiente de 0,00047, una permeabilidad promedio de 2 m/día, una transmisividad aproximada de 120 m<sup>2</sup>/día y un valor de coeficiente de almacenamiento de 0,007. El *Complejo Acuífero Terciario* tiene un gradiente aproximado de 0,00053, una permeabilidad promedio de 1,75 m/día, su  $\alpha$  y un coeficiente de almacenamiento aproximado de 0,0005. (R. García, 1998).

En el *Abanico Aluvial del río Dulce*, la “cuña gravosa” tiene un entorno de permeabilidad de 8 a 86 m/día y una transmisividad de 200 a 1.400 m<sup>2</sup>/día. En la depresión central de los *paleocauces del río Salado*, conformados por gravas y arenas de aproximadamente 10 metros de espesor, la K determinada fue superior a los 43 m/día, en cambio la paleollanura de inundación que los bordea, representada por limos y arcillas su permeabilidad es menor a 0,008 m/día. (A. Martín, 1997).

### 5.5.10. Relación entre el Agua Subterránea y los Cambios Climáticos

La dimensión que alcanzaron los abanicos aluviales de los ríos Pilcomayo, Bermejo y Juramento en el pasado geológico, solo puede explicarse por *condiciones climáticas más húmedas*, donde los cursos dispusieron mayores caudales permitiendo una morfogénesis mucho más intensa. Actualmente, el abandono de parte de estas geformas (cauces abandonados) caracteriza condiciones climáticas de mayor aridez.

## 6. MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL

### 6.1 POBLACIÓN QUE SE ABASTECE DE AGUA POTABLE DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Si bien no se dispone del número de habitantes que se abastecen del recurso hídrico subterráneo, el cuadro siguiente muestra el porcentaje de viviendas que poseen agua de red.

Viviendas que disponen de agua corriente de red.  
Total del país por provincia. Años 1960 - 1991.

Provincia	1991	1980	1960
	en porcentaje		
Jujuy	86,0	70,8	56,30
Tucumán	83,4	66,7	52,0
Salta	83,2	70,7	57,4
Chaco	61,6	33,9	16,8
Formosa	59,1	37,5	21,8
Santiago del Estero	57,9	39,5	26,5

### 6.2. PRODUCTO BRUTO INTERNO

#### *Estimaciones provisionarias del PIB para el segundo trimestre de 2004*

La estimación provisionaria del **PIB** en el segundo trimestre de 2004 muestra una variación positiva del **7,0%** con relación al mismo período del año anterior (**Cuadro 1**).

En particular, **los sectores productores de bienes** tuvieron durante el segundo trimestre de 2004 un incremento del **6,9%**, determinado principalmente por el aumento del **13,2%** en el nivel de actividad de la industria manufacturera y del **32,4%** en la construcción.

**Los sectores productores de servicios** registraron un aumento interanual del **5,2%**, especialmente influido por el crecimiento del **11,8%** del comercio y del **10,1%** del sector transporte, almacenamiento y comunicaciones.

**Producto Interno Bruto Variación Porcentual**

Periodo	Respecto al trimestre anterior (Desestacionalizado)	Respecto a igual trimestre Del año anterior	Acumulado del año respecto al acumulado de igual período del año anterior
<b>2003</b>			
I	3,0	5,4	5,4
II	2,2	7,7	6,7
III	3,4	10,2	7,8
IV	3,0	11,7	8,8
<b>2004</b>			
I	1,5	11,3	11,3
II	0,5	7,0	9,0

Actividad económica	2004
Nominal (en MM de \$)	465.7
Nominal (en MM de US\$)	158.5
Var % PBI (a/a)	8.2
Per capita (US\$ x habitante)	4273

### **6.3. ORGANISMOS E INSTITUCIONES OFICIALES RELACIONADOS A LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS**

#### ***Organismos Gubernamentales***

- Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios. Secretaría de Obras Públicas. Subsecretaría de Recursos Hídricos - [www.obraspublicas.gov.ar/hidricos](http://www.obraspublicas.gov.ar/hidricos)
- Instituto Argentino de Recursos Hídricos - <http://www.iarh.org.ar>
- Comité Intergubernamental Coordinador de los Países de la Cuenca del Plata (CIC) - <http://www.cicplata.org/>
- Comisión Regional del Río Bermejo (COREBE) - <http://www.corebe.org.ar/>
- Comisión Administradora del Río de la Plata (CARP) - <http://www.comisionriodelaplata.org/>

#### **Entes Reguladores**

- Ente Nacional de Obras Hídricas de Saneamiento (ENOHSA) - <http://www.enohsa.gov.ar/>
- Ente Tripartito de Obras y Servicios Sanitarios (ETOSS) - <http://www.etoss.org.ar/>

#### **Comités Científicos e Institutos de Investigación**

- Centro Regional de Aguas Subterráneas (CRAS) - <http://www.ina.gov.ar/internas>
- Comité Permanente de los Congresos Nacionales del Agua - <http://www.congresosdelagua.org/>
- Instituto Argentino de Recursos Hídricos (IARH) - <http://www.iarh.org.ar/>
- Instituto Nacional del Agua (INA) - <http://www.ina.gov.ar>

#### **Provinciales**

##### **Chaco**

Organismo: Administración Provincial del Agua - Marcelo T. de Alvear 32  
Ciudad: Resistencia - Argentina - CP: H3500ACB  
Teléfono: 03722-430942-448040 int. 8040 - Fax 03722-430942  
Email: <mailto:hugorohrmann@ecomchaco.com> - <http://www.ecomchaco.gov.ar/apa/>

##### **Formosa**

Organismo: Dirección de Recursos Hídricos - Santa Fe 1216 y Fotingan  
Ciudad: Formosa - Argentina - CP: P3600MXB  
Teléfono: 03717-433626 - Fax 03717-426407

##### **Jujuy**

Organismo: Dirección Provincial de Medio Ambiente y Recursos Naturales de Jujuy – Avda Belgrano 245  
Ciudad: San Salvador – Argentina CP: 4600  
Teléfono: 0388 4249533/34  
Email: [recursosnaturalesjujuy@latinmail.com.ar](mailto:recursosnaturalesjujuy@latinmail.com.ar); [mig@imagine.com.ar](mailto:mig@imagine.com.ar)  
Organismo: Dirección Provincial de Recursos Hídricos – Argañaraz 363  
Ciudad: San Salvador – Argentina – CP: 4600  
Teléfono: 0388 4221435/36/37  
Email: [hidricosjujuy@arnet.com.ar](mailto:hidricosjujuy@arnet.com.ar)

##### **Salta**

Organismo: Agencia de Recursos Hídricos - Mitre 1017  
Ciudad: Salta - Argentina - CP: A4400EIA  
Teléfono: 0387-4316707 / 4210307 / 4312770 - Fax 0387-4310699  
Email: [agenciarh@copaipa.org.ar](mailto:agenciarh@copaipa.org.ar)

Organismo: Ente Regional de Servicios Públicos - Ameghino 299  
Ciudad: Salta - Argentina  
Teléfono: 0387-4214579 - Fax 0387-4213021  
Email: [wcaramella@enresp.org.ar](mailto:wcaramella@enresp.org.ar)

#### **Santiago del Estero**

Organismo: Administración Provincial de Recursos Hídricos - Belgrano (N) N°924  
Ciudad: Santiago del Estero - Argentina - CP: G4200AAW  
Teléfono: 0385-4215021 /4222357 - Fax 0385-4215021  
Email: <mailto:pbailon@unse.edu.ar>, [subsec\\_opublicas@arnet.com.ar](mailto:subsec_opublicas@arnet.com.ar)

#### **Tucumán**

Organismo: Dirección de Recursos Hídricos - Haití 197  
Ciudad: San Miguel de Tucumán - Argentina - CP: T4000GBC  
Teléfono: 0381-4280079/3370  
Email: [irrigacion@tucbbs.com.ar](mailto:irrigacion@tucbbs.com.ar) - <http://www.irrigaciontuc.com.ar/>  
Organismo: Subsecretaría de Recursos Hídricos, Energéticos, Minería y Política Ambiental - Bolívar 1095  
Ciudad: San Miguel de Tucumán - Argentina - CP: T4000ARU  
Teléfono: 0381-42277805 - Fax 0381-42277805  
Email: [curahd@tucbbs.com.ar](mailto:curahd@tucbbs.com.ar)

## **6.4 CENTROS DE INVESTIGACIÓN RELACIONADOS AL SAT**

En el ámbito del **Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño** se encuentran los siguientes centros de investigación:

**INASLA** (Instituto de Aguas Subterráneas para Latinoamérica) creado en 1991 con el apoyo de la Universidad de Tuebingen (Alemania) Dr. Dieter K. Balke. El grupo de trabajo que comprende el instituto realiza estudios hidrogeológicos desde 1980. Depende de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Salta ([www.unsa.edu.ar/inasla](http://www.unsa.edu.ar/inasla)).

Cátedra de Hidrogeología de la Universidad Nacional de Tucumán (Dr. Alfredo Tineo), donde se realiza investigación en referencia a los recursos hídricos subterráneos desde 1975. Existen tesis de grado y doctorales que se han desarrollado en el área del SAYTT.

**IRH** (Instituto de Recursos Hídricos), Facultades de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Santiago del Estero. Con un amplio campo en investigación.

## **6.5 LEYES QUE RIGEN EL USO Y GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS**

### ***Nacionales***

OBRAS PÚBLICAS - Ley 13.064  
INFRAESTRUCTURA HIDRICA - Decreto N° 1381/2001

## ***Provinciales***

### **Chaco**

*Estado de Situación del Sistema de Observación Meteorológica e Hidrológica de la República Argentina.*

*Subsecretaría de Gestión de los Recursos Hídricos. Autores: Graciela Guidi y Hernán Pérez Boian Buenos Aires. 1997.*

- a) Constitución provincial de 1994.
- b) Ley N° 3230 Código de Aguas de la Provincia del Chaco. Abril 1992
- c) Ley de ministerios 2903, modificada por ley 4146, 4232 y 4270. Decreto 526/91.
- d) Ley 3230 modificada por ley 4255, Código de Aguas y su decreto reglamentario 173/90.
- e) Decreto 174/90. Aprueba el reglamento orgánico del Instituto Provincial de Agua del Chaco (I.P.A.CH.).
- f) Decreto 847/92, aprueba el reglamento de las condiciones físico - químicas a que deben ajustarse las descargas de líquidos residuales, industriales y/o cloacales, las aguas para riego de cultivos, los derrames a cursos y aguas lacustre, las aguas que se infiltran a través de suelos permeables hacia los acuíferos subterráneos.
- g) Ley 4302. Ambiente y recursos naturales, normas para su protección. Residuos peligrosos. Tratamiento.
- h) Actas, convenios y declaraciones específicas.

### **Formosa**

*Estado de Situación del Sistema de Observación Meteorológica e Hidrológica de la República Argentina.*

*Subsecretaría de Gestión de los Recursos Hídricos. Autores: Graciela Guidi y Hernán Pérez Boian Buenos Aires. 1997.*

- a) Constitución provincial de 1991.
- b) Ley 398, Código de aguas y su decreto reglamentario 202.
- c) Ley 305, modificada por ley 506 de caza y pesca y su decreto reglamentario 1584, modificado por decreto 1551.
- d) Ley 1060 sobre política ecológica y ambiental.
- e) Ley 1135 sobre residuos peligrosos; adhesión de la provincia a la ley nacional 24.051 y al decreto reglamentario 831/93.
- f) Decreto 2633/88 de adhesión de la provincia a la ley 23.615 (Consejo Federal de Agua Potable y Saneamiento).
- g) Ley 831 de creación de la Administración General de Obras Sanitarias.
- h) Ley 1171, creación del Ente Regulador de Obras y Servicios Públicos como ente autárquico.

### **Jujuy**

- a) Ley 5114 Complementaria del Código de Aguas
- b) Ley 4401 Creación Administración General del Uso del Agua de Jujuy
- c) Ley 4090 de Administración de Recursos Hídricos y Régimen de Servicios de Agua, Saneamiento y Energía
- d) Ley 4396 Modificatoria del Código de Agua – Ley 161 – 1950
- e) Ley 4405 Creación Consejo Federal de Agua Potable y Saneamiento.

### **Salta**

*Entre algunas de las leyes de aguas que regulan el uso y gestión de los recursos hídricos se pueden mencionar las siguientes:*

a) Ley N° 7071 Código de Aguas de la Provincia de Salta. Boletín Oficial del 11 de enero de 1999. Su reglamentación fue sancionada en febrero del 2004.

Compendio de las Leyes de Agua de la Provincia de Jujuy

\*Art. 75 de la Constitución Provincial

\*Ley 165/50 Código de Aguas

\*Ley 4090/84 Administración de los Recursos Hídricos

\*Ley 4396/88 Modificatoria del Código de Agua

También es importante mencionar las siguientes leyes en referencia a la protección del Medio Ambiente y Áreas Protegidas que en algunas áreas están relacionadas con la preservación de los recursos hídricos (áreas de recarga):

b) Ley N° 7070 Protección del Medio Ambiente. Sancionada el 21 de diciembre de 1999.

c) Ley N° 7107 Sistema Provincial de Áreas Protegidas de Salta. Decreto Provincial N° 2901 del 31 de octubre de 2000.

### **Santiago del Estero**

*Estado de Situación del Sistema de Observación Meteorológica e Hidrológica de la República Argentina.*

*Subsecretaría de Gestión de los Recursos Hídricos. Autores: Graciela Guidi y Hernán Pérez Boian Buenos Aires. 1997.*

a. Constitución provincial de 1986.

b. Ley de ministerios 6001, modificada por ley 6038 y 6129.

c. Ley 4869 modificada por ley 4507 aprobatoria del Código de Aguas.

d. Ley 4745 modificada por ley 5584 de la Administración Provincial de Recursos Hídricos.

e. Ley 4420 de prohibición de la venta de agua con destino a consumo.

f. Ley 5787 de ambiente y recursos naturales.

g. Ley 4802 modificada por ley 5573 sobre protección de los recursos renovables, normas de caza y pesca.

h. Ley 6078 de residuos peligrosos, adhesión de la provincia a la ley nacional 24.051 y a su decreto reglamentario 831/93.

### **Tucumán**

a) Ley 731 Riego

b) Ley 1238 Contaminación de aguas surgentes y semisurgentes

c) Ley 1406 Provisión de agua a la ganadería en los campos de dominio privado

d) Ley 5192 Prohíbe descarga de cachaza en cursos de agua

e) Ley 5814 Adhesión a la Ley Nacional N° 21.172 de fluración y defluoración de las aguas de abastecimiento público

f) Ley 5846 Adhesión de la provincia de Tucumán a la Comisión Nacional de la Cuenca del Plata

g) Ley 6529 Marco regulatorio de la concesión de Servicio de Agua Potable y Efluentes Cloacales

h) Ley 7141 Creación de la Dirección Provincial del Agua

i) Decreto 4631 Creación del Sistema de Recursos Hídricos de la Provincia

- j) Decreto 660/03 (SESAP) Creación de la Comisión Permanente de Verificación de Calidad de Agua
- k) Resolución 174/3 – (S.O.) Misiones y Funciones de la Dirección Provincial del Agua
- l) Resolución 251/CPS Fiscalización Sanitaria de Efluentes
- m) Resolución 103/02 – DI Registro General de Perforaciones

## 7. CONCLUSIONES

- El clima de la Región Chaqueña es predominantemente continental, con precipitaciones estacionales concentradas en el verano de 450 mm al oeste a 1.200 mm al este. La temperatura media anual varía entre 19° C y 24° C, con máximas de hasta 49° C.
- En la República Argentina el **Sistema Acuífero Toba** es el conjunto de componentes físicos y geométricos que rigen la existencia y el comportamiento de los reservorios acuíferos que se extienden desde el pie de monte subandino **hacia** la llanura chaqueña.
- El límite este del Sistema se ha establecido en el **umbral estructural** que conforman los altos de Charata y Chaco-Formoseño que generan el área de descarga del acuífero libre del Sistema.
- Es un Sistema **multicapa** con un acuífero libre al que infrayacen un número no determinado de acuíferos semiconfinados a confinados.
- El aporte principal a la recarga de los reservorios subterráneos es **alóctona**, proveniente de las cuencas hidrológicas del área montañosa ubicadas al oeste de llanura chaqueña.
- Existe una gran **heterogeneidad** en la calidad físico-química y en la productividad de los diferentes reservorios acuíferos que componen el Sistema
- En algunos sectores se realizan **explotaciones intensivas**, no controladas eficientemente por los estados provinciales, que han generado descensos importantes en los niveles piezométricos.
- Existe riesgo de **salinización** de acuíferos de agua dulce, debido a deficiencias constructivas de las perforaciones.
- La falta de control en la explotación del agua subterránea, puede llevar a **pérdidas irreparables** en la calidad y disponibilidad del agua subterránea.
- Debido a las características climáticas del área y a la escasez de recursos hídricos superficiales, **el agua subterránea en el Sistema Acuífero Toba adquiere un interés estratégico en el desarrollo socioeconómico de la región**

## 8. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios integrales e interdisciplinarios a bien de comprender el comportamiento integral del **Sistema Acuífero Toba**, para que luego, con la misma finalidad integrarlo con las investigaciones realizadas en Bolivia y Paraguay en el ámbito regional del **Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño**.
- Comprender que los estudios se deben realizar desde los que generan una idea de la **geometría del reservorio del sistema**: estratigrafía, litología, estructuras, correlación de hidrouniidades, etc., para luego estudiar la **relación medio-fluido**: zona de recarga, conducción, zona de descarga, hidrodinámica, hidrogeoquímica, parámetros hidrogeológicos, etc.
- Reelaborar toda la información sísmica en el ámbito del SAT, hasta una profundidad estimada de 1000 metros. Densificar estudios de prospección geoelectrica en áreas sin información.
- Incrementar los conocimientos en las **áreas de recarga del Sistema** por ser zonas estratégicas (precipitación, balances, infiltración efectiva, polución antrópica, etc).
- Incorporar estudios isotópicos para determinar edades del recurso hídrico subterráneo.
- **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 del Sistema (áreas de recarga, zonas de paleocauces, etc.).
- Realizar **ensayos selectivos de acuíferos**, luego de haberse efectuado las correlaciones de hidrouniidades, a bien de tener parámetros hidrológicos de cada intervalo de producción.
- Ejecutar pozos pilotos con muy buen control geológico, con perfiles geofísicos y ensayos selectivos en las áreas piloto que puedan ser tomados como patrones en prospecciones geofísicas de superficie.
- Delimitar **interfases de agua dulce-agua salada**, asociando los aspectos litológicos y tiempos de tránsito a bien de identificar los orígenes
- Avanzar a partir del modelo conceptual en **modelaciones matemáticas** que sirvan para predecir situaciones en los próximos años.
- Lograr la instrumentación de un **Plan Maestro de Aguas** en el ámbito del todo el Sistema, que tiendan a la utilización racional con un manejo adecuado y conservación del recurso hídrico subterráneo.
- Definir las Autoridades de Aplicación y Control y Conservación del Recurso Hídrico Integral.

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**ANGELERI J. L.**, 2002. Estudio de Aprovechamiento de Acuíferos en el oeste de la Región Chaqueña Argentina.

**AREAS PROTEGIDAS** [www.areas-protectidas.org](http://www.areas-protectidas.org).

**BAUDINO, G. A.**, 1989. Caracterización Hidrogeológica de la Cuenca Itiyuro - Caraparí. Universidad Nacional de Salta. Facultad de Ciencias Naturales. Tesis Profesional. Inédito.

**BIANCHI, A. R.**, 1981. Las Precipitaciones en el Noroeste Argentino. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Regional Agropecuaria Salta. Secretaría de Estado de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Buenos Aires.

**BIANCHI, A. R. y C. E. YAÑEZ**, 1992. Las Precipitaciones en el Noroeste Argentino. Segunda Edición. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Estación Experimental Regional Agropecuaria Salta. Secretaría de Estado de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, Salta.

**BRANDAN, E.M., M. BROD, V. BERCHEÑI y R. SOLER**, 1993. Proyecto de Sistematización de Información Hidrogeológica de pozos de agua subterránea y Cartografía en el Dpto. Rivadavia Banda Norte. Provincia de Salta. Convenio Consejo Federal de Inversiones - Gobierno de la Provincia de Salta - Dirección General de Obras Sanitarias - Universidad Nacional de Salta. Informe Final. Inédito.

**BRANDAN, E.M., A. OCARANZA, F. MOYA RUIZ y V. BERCHEÑI**, 1994. Proyecto Sistematización de Información Hidrogeológica de Pozos de Agua y Cartografía del Departamento Rivadavia (Salta). Convenio de Cooperación Mutua Facultad de Ciencias Naturales - Dirección General de Obras Sanitarias. Informe Final. Inédito.

**BRANDAN, E.M., J.I. FERRETI, A. OCARANZA, V. BERCHEÑI, G. BERCHEÑI y B. HEIT**, 1996 a. Proyecto Sistematización de Información Hidrogeológica de Pozos de Agua y Cartografía del Dpto. San Martín (Salta). Convenio de Cooperación mutua Facultad de Ciencias Naturales - Dirección General de Obras Sanitarias. Tomo I: Pozos de la DGOS (AS). Informe Final. Inédito.

**BRANDAN, E.M., J.I. FERRETI, A. OCARANZA, V. BERCHEÑI, G. BERCHEÑI y B. HEIT**, 1996 b. Proyecto Sistematización de Información Hidrogeológica de Pozos de Agua y Cartografía del Dpto. San Martín (Salta). Convenio de Cooperación mutua Facultad de Ciencias Naturales - Dirección General de Obras Sanitarias. Tomo II: Pozos Privados, I. Químico y Mapas. Informe Final. Inédito.

**COMITÉ INTERGUBERNAMENTAL DE LA CUENCA DEL PLATA.** [www.cicplata.org](http://www.cicplata.org)

**FOLKLORE NORTE**, [www.folklore norte.com.ar/biología.htm](http://www.folklore norte.com.ar/biología.htm)

**FUERTES, A., R. F. GARCIA, G. BAUDINO y F. MOYA RUIZ.** 1987. Proyecto CUHINOA. Caracterización de las Cuencas y Regiones Hídricas del Noroeste Argentino. Primera Parte. Provincias de Salta y Jujuy. SECYT - CIUNSa. Universidad Nacional de Salta. Cátedra de Hidrogeología. Inédito.

**FUERTES, A., G. BAUDINO, F. MOYA RUIZ y R. GARCIA.** 1987. Observaciones Hidrogeológicas y Prospección Geoelectrica en la localidad de Coronel Cornejo. Universidad Nacional de Salta - Cátedra de Hidrogeología - Proyecto CUHINOA - Dirección General de Obras Sanitarias. Inédito.

**FUERTES, A., R.F. GARCIA, F. MOYA RUIZ, G. BAUDINO y G. MARQUEZ.** 1987. Estudio Hidrogeológico en los Lotes Fiscales 1 y 515 (Vinalito) Departamento Santa Bárbara. Provincia de Jujuy.

Convenio Provincia de Salta - Provincia de Jujuy. Cátedra de Hidrogeología Universidad Nacional de Salta - Proyecto CUHINOA - Secretaría de Asuntos Agrarios de Salta. Inédito.

**FUERTE, A., R. F. GARCIA, G. BAUDINO, F. MOYA RUIZ, O. RIONDA y G. LOPEZ VAZQUES.** 1989. Neotectónica y circulación hídrica subterránea en Hipólito Irigoyen, Dpto. Orán, Salta, Argentina. Segunda Conferencia Latinoamericana de Hidrogeología Urbana. Buenos Aires Argentina.

**FUERTE, A.** 1993. Estudio de Fuentes de Provisión de Agua. Cuenca Pilcomayo. Localidades de Santa Victoria Este, Pozo El Tigre, Chañares Altos, Misión La Paz - Km. 1, La China, Las Vertientes, Aguas Verdes, Amberes, Campo Largo y San Miguel. Programa APAPC (Agua Potable a Pequeñas Comunidades) Consejo Federal de Inversiones - Gobierno de la Provincia de Salta. Inédito.

**FUERTE, A., R. GARCIA, F. MOYA RUIZ y G. BAUDINO,** 1994 a. Captación Subsuperficial en el Río Capiazuti. Estudio de Prefactibilidad. Campo Durán - Departamento San Martín. Salta. República Argentina. Inédito

**FUERTE, A., F. MOYA RUIZ, G. BAUDINO y R. GARCIA,** 1994 b. Captación Subsuperficial en el Río Caraparí. Estudio de Prefactibilidad. Campo Durán - Departamento San Martín. Salta. República Argentina. Inédito.

**FUERTE, A., R. GARCIA, F. MOYA RUIZ y G. BAUDINO,** 1994 c. Estudio Hidrogeológico para la Ubicación de un Pozo. Zona: Capiazuti y Tobantirenda. Campo Durán. Departamento San Martín. Salta. República Argentina.

**FUERTE, A., R. GARCIA, F. MOYA RUIZ y G. BAUDINO,** 1996. Captación Subsuperficial en el Río Capiazuti. Estudio y Proyecto de Obra, Salta, Argentina. XII Congreso Geológico de Bolivia - Tarija, Bolivia: 1175-1185.

**FUERTE, A. y R. F. GARCIA.** 1996. Hidrogeología del Chaco Salteño. Seminario: Nachhaltige Entwicklung Des Gran Chaco - Chancen Für Eine Neue Art Der Zusammenarbeit. Desarrollo Sostenible Del Gran Chaco - Chances Para Una Nueva Forma De Cooperación. Evangelischen Akademie Bad Boll. Bad Boll, República Federal de Alemania.

**GARCIA, R.F.** 1993. Programa APAPC Salta. Abastecimiento de Agua Potable a Pequeñas Comunidades. Zona Norte (Corralito, Misión Wichí, El Arenal - Yerba Buena, Madrejones- San Antonio - Misión Caraparí). Consejo Federal de Inversiones. Gobierno de la Provincia de Salta. Inédito.

**GARCIA, R.F.** 1993. Programa APAPC - Salta. Agua Potable a Pequeñas Comunidades. Zona Norte. Estudio de Fuentes de Provisión de Agua: La Estrella, Martínez del Tineo, Yuchán, Campo Las Piedras y Quebrada Guandacarenda. Consejo Federal de Inversiones. Gobierno de la Provincia de Salta. Inédito.

**GARCIA, R.F.** 1998. Hidrogeología del Chaco Boreal Salteño – Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Inédito.

**GH ARGENTINA,** 1987 a. Proyecto La Quena - Morillo. Prospección Geoeléctrica y Estudio Geotécnico. Tomos I, II y III. Departamentos San Martín y Rivadavia. Provincia de Salta. República Argentina.

**GH ARGENTINA,** 1987 b. Proyecto La Quena - Morillo. Evaluación de los Antecedentes Hidrogeológicos. Departamentos San Martín y Rivadavia. Provincia de Salta. República Argentina

**MARTÍN A.** 1999. Hidrogeología de la Provincia de Santiago del Estero. Universidad Nacional de Tucumán.

**MINISTERIO DE ECONOMÍA, R. A.** [www.mecon.gov.ar](http://www.mecon.gov.ar)

**MINISTERIO DE RELACIONES INTERNACIONALES, R. A.** [www.mrecic.gov.ar](http://www.mrecic.gov.ar).

**ORTIZ, A. y J. A. SALFITY.** 1982. Estructuración Geológica Profunda y Expresión Superficial. Ejemplos Argentinos. Quinto Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires.

**RED ANIMAL,** [www.redanimal.org](http://www.redanimal.org)

**TINEO, A.** 2002. Conferencia sobre los Recursos Hídricos Subterráneos de la Provincia de Tucumán. Salta (Inédito)

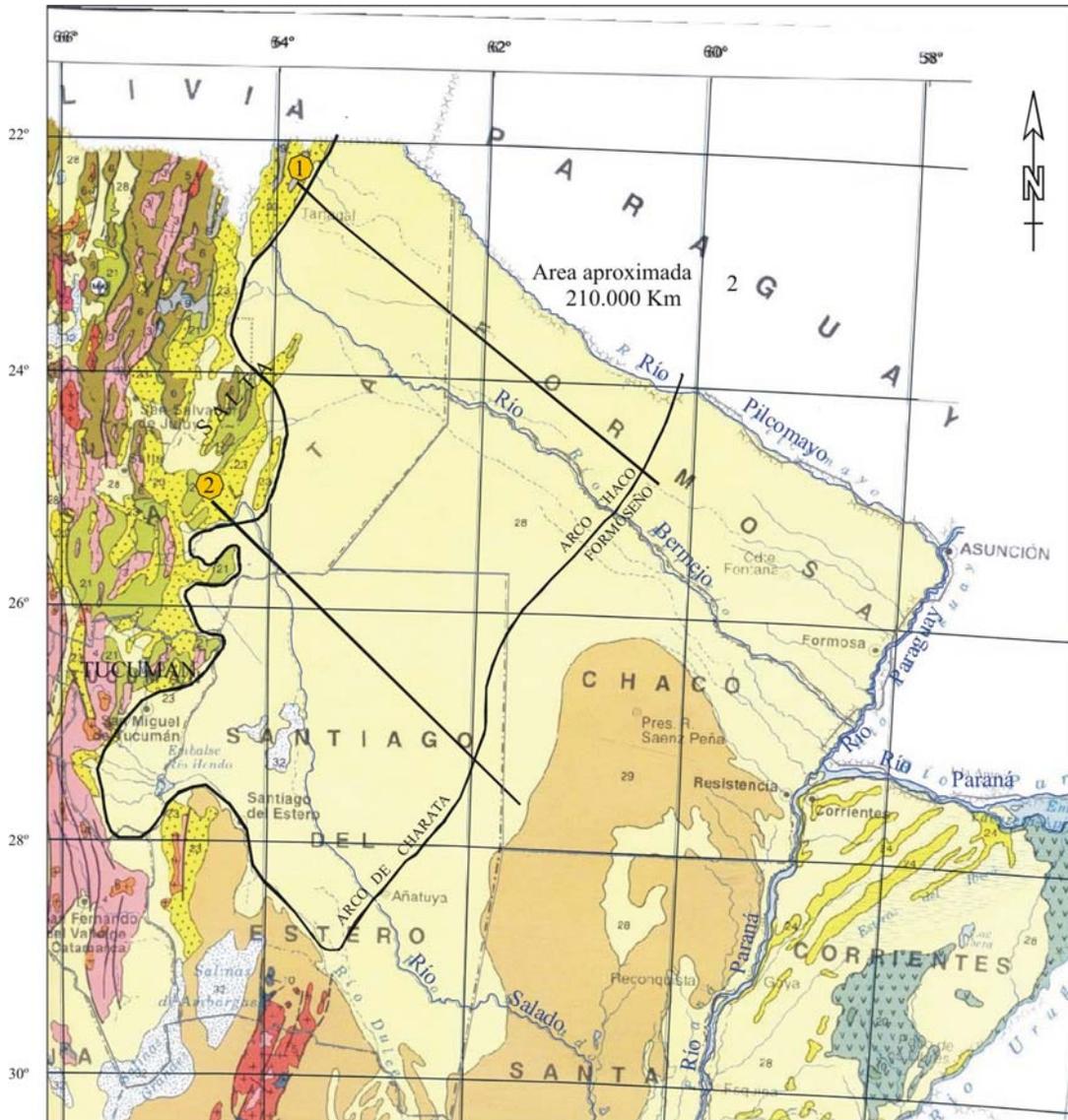
**TINEO, A., et al,** 2000. Hidrogeología de Tucumán. Cátedra de Hidrogeología, Fac. de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo. Universidad Nacional de Tucumán

**VARGAS, R.** 1977. Soluciones al Problema de Agua en la Expansión de la Frontera Agropecuaria de la Provincia del Chaco. Resistencia.

**WETLANDS,** [www.wetlands.org/inventory &/saa/intro/capitulo1-19.htm](http://www.wetlands.org/inventory&/saa/intro/capitulo1-19.htm).

## 7. ANEXOS

- *Figura 1: Mapa de Ubicación del Sistema Acuífero Toba*
- *Figura 2: Corte Esquemático N° 1: Sierra de Aguaragüe – Arco Chaco-Formoseño*
- *Figura 3: Corte Esquemático N° 2: Sierra de Santa Bárbara – Arco de Charata*
- *Figura 4: Límites del Reservorio del Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño*



- Referencias**
-  Area del reservorio del SAYTT
  -  Limite provincial
  -  Río principal
  -  Cortes Esquemáticos

**Sistema Acuífero  
Yrendá-Toba-Tarijeño  
(SAYTT)**

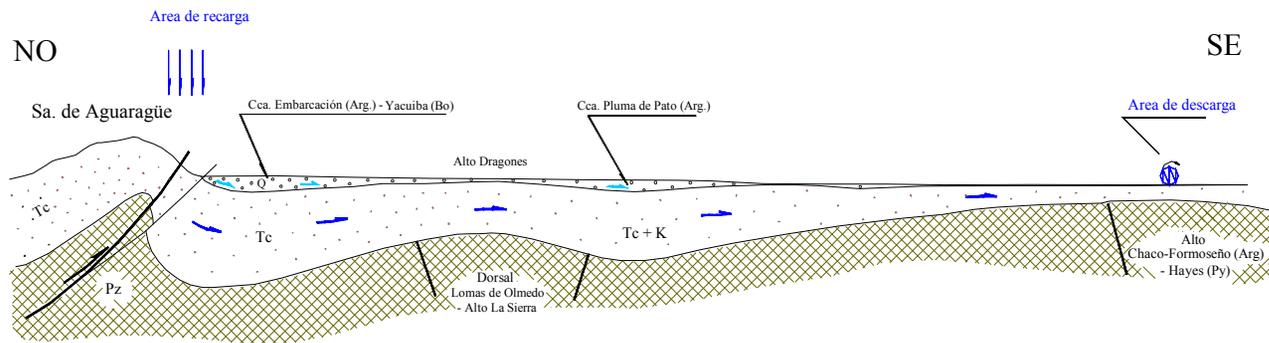
---

*Límites del SAYTT*

*Figura 1*

*Diciembre, 2004*

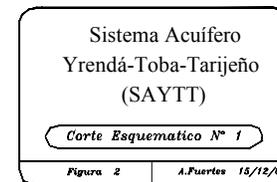
## Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño Marco Geológico-Estructural



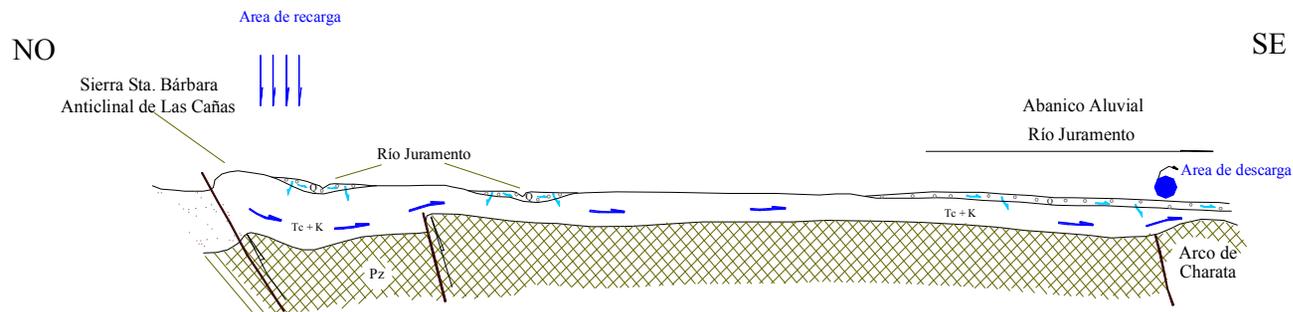
**Corte Esquemático N° 1**  
Sa. de Aguarague - Alto Chaco Formoseño

**Referencias**

- |   |                         |   |                         |   |                      |
|---|-------------------------|---|-------------------------|---|----------------------|
|  | Sedimentos Cuaternarios |  | Sedimentitas Cretácicas |  | Circulación Local    |
|  | Sedimentitas Terciarias |  | Basamento Paleozoico    |  | Circulación Regional |



## Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño Marco Geológico-Estructural



Corte Esquemático N° 2  
Sa. de Santa Bárbara - Arco de Charata

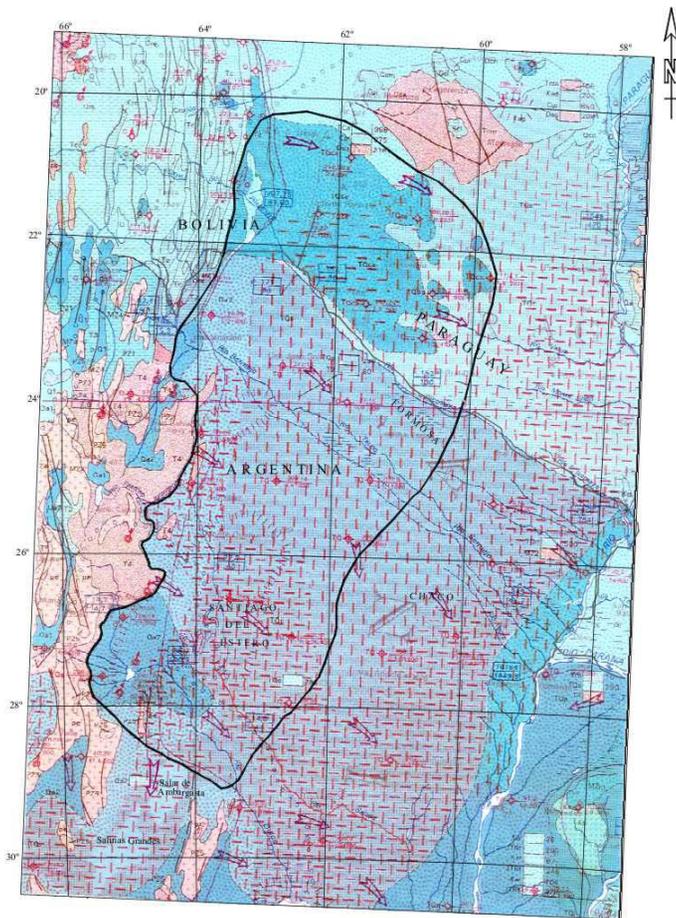
### Referencias

	Sedimentos Cuaternarios		Sedimentitas Cretácicas		Circulación Local
	Sedimentitas Terciarias		Basamento Paleozoico		Circulación Regional

Sistema Acuífero  
Yrendá-Toba-Tarijeño  
(SAYTT)

*Corte Esquemático N° 2*

Figura 3     A.Puentes 16/12/04



## Referencias



## Referencias Geológicas

Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 Indiferenciado  
 Qa1, Qa2 Aluvial  
 Qcn Chaco Norte  
 TQ Terciario - Cuaternario  
 T Terciario  
 TQi Indiferenciados  
 TQc Chaco  
 T1, T2, T3, T4, T5, T6 Indiferenciados  
 Tc Sedimentos continentales  
 Tem Chaco Madrejón  
 TQca Chaco Alto  
 Tem Chaco Madrejón

MZ Mesozoico  
 MZ1, MZ2, MZ3, MZ4 Indiferenciado  
 KT Cretácico - Terciario  
 Kad Agua dulce  
 Krc Roca calcárea  
 Krs Roca sedimentaria  
 C Carbonífero  
 Crs Rocas sedimentarias  
 Cpi Palmar de las Islas  
 SelCerro León  
 D Devónico  
 Drs Roca sedimentaria  
 Dsa San Alfredo  
 O Ordovícico  
 Ors Rocas sedimentarias  
 PZ1, PZ2, PZ3, PZ4 Paleozoico indiferenciado  
 PE Precámbrico

**Sistema Acuífero  
 Yrendá-Toba-Tarjeño  
 (SAYTT)**

*Límites del SAYTT*

Figura 1      Diciembre, 2004

Fuente: Mapa Hidrogeológico de América del Sur