



OAS-GEF-UNEP-UNESCO-Ministero dell'Ambiente Italiano

PROYECTO:

**“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”.**

COMPONENTE: “AGUAS SUBTERRÁNEAS”

**Caso de estudio UNESCO/OEA ISARM América “Yrenda-Toba-Tarijeño”
PARAGUAY-ARGENTINA-BOLIVIA**

Informe final del Dr. Roberto Spandre

CONTRATO N° 68548.

Enero 2005

PREMISA

Los días 16 y 17 de agosto de 2004 en la ciudad de Tarija se llevo 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 Americas 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 Caso Piloto ISARM/Américas “Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá-Toba-Tarijeño”, del Componente sobre Aguas Subterráneas del Programa Marco para la Gestión Sostenible de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Plata. Este sistema Acuífero transfronterizo había sido anteriormente seleccionado por el Programa UNESCO/OEA ISARM Americas (Acuíferos Transfronterizos de las Americas) como caso de estudio prioritario para la implementación de posibles proyectos.

La preparación de esta Componente, incluyendo su enfoque en el Acuífero Yrenda-Tobo-Tarijeno ubicado en el Gran Chaco Americano, va a ser principalmente desarrollada a través de fondos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente de Italia, que ofreció un co-financiamiento para la fase de preparación del Proyecto La Plata sobre el tema de los recursos hídricos subterráneos y de su función en la mitigacion de los impactos del cambio climático.

INTRODUCCIÓN

AGENDA 21 – Sección II - 18.35

“El agua dulce es un recurso indivisible.

El aprovechamiento a largo plazo de los recursos mundiales de agua dulce requiere una ordenación global y un reconocimiento de la interrelación de los elementos relacionados con el agua dulce y su calidad”

Los acuíferos traspasan las fronteras nacionales y puede suceder que tengan que ser compartidos por dos o más países, como en el caso algunos ríos. No obstante, a diferencia de lo que sucede con estos últimos, los conocimientos que se poseen sobre los acuíferos transfronterizos compartidos son muy escasos.

En efecto, son muy considerables las inversiones y los estudios científicos que se requieren para localizar y cartografiar los límites de un acuífero, antes de empezar a evaluar con precisión la cantidad y la calidad del agua que contiene. Además, los factores políticos pueden complicar esta tarea científica. Los Gobiernos suelen ser reacios a admitir que otros países comparten los acuíferos de los que dependen sus abastecimientos en agua potable y de regadío. El creciente cúmulo de reglamentos y convenciones de derecho internacional referentes a los ríos no se aplica a los acuíferos.

Este vacío jurídico genera desacuerdos y tensiones considerables y ya se pronostica que, en un futuro no muy lejano, vamos a presenciar una "carrera al bombeo de agua", en la que muchos países van a tratar a toda costa de extraer la mayor cantidad de agua posible, por miedo a que vecinos más poderosos se hagan con la hegemonía de los acuíferos transfronterizos, gracias a sumayor potencial técnico y económico.

Estas reservas subterráneas constituyen, por consiguiente, puntos de fricción y fuentes de conflicto latentes, sobre todo en las regiones áridas donde es previsible que se intensifique en el futuro la lucha encarnizada por los recursos de agua, a causa del aumento de la población y de las posibles repercusiones del cambio climático que agudizarán la penuria de agua. Actualmente los indicadores disponibles muestran una situación de gran preocupación. Para disminuir esta crisis, son necesarios cambios radicales en las prácticas y actitudes relativas a la gestión y manejo de los recursos hídricos, incluyendo creatividad y el desarrollo de una nueva cultura hídrica, no solamente entre los usuarios.

Por lo tanto es menester que los formadores de opinión y aquellos que formulan las agendas políticas de los gobiernos de los países y de los foros internacionales, empiezen desde ahora su tarea para la promulgación de leyes y normativas dirigidas hacia la conservación sustentable de los recursos hídricos subterráneos.

Ya todos tienen bien claro que el suministro de agua potable y el saneamiento ambiental son vitales para la protección del ambiente, el mejoramiento de la salud y la mitigación de la pobreza

ÍNDICE

PARTE PRIMERA

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	El ámbito geográfico: el Gran Chaco.....	1
1.2	Reseña histórica-antropológica-etnográfica de la zona de estudio	3
2.	EL CLIMA DEL CHACO	4
2.1	Características Generales.....	4
3.	GEOLOGÍA	4
4.	LOS RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRANEOS	5
4.1	Hidrogeología General.....	5
4.2	El SAYTT.....	6
4.3	Calidad de las aguas.....	8
5.	SITUACIÓN HÍDRICA ACTUAL	8
5.1	Principales formas de abastecimiento de agua.....	9

PARTE SEGUNDA

1.	JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	10
2.	OBJETIVOS	10
2.1	Objetivos Generales.....	10
2.2	Objetivos Especificos.....	11
3.	MODALIDADES SUGERIDAS Y COMUNICACIÓN	12
4.	BENEFICIOS LOCALES Y GLOBALES	13
5.	RESULTADOS ESPERADOS	13
6.	SOSTENIBILIDAD	14

PARTE TERCERA

	PREMISA	15
1.	SITUACIÓN ACTUAL Y CONGRUIDAD DE LAS ACCIONES	16
2.	SUBCOMPONENTES del ADT	17
2.1	Sub componente 1 – <i>Geología Regional</i>	17
2.2	Sub componente 2 – <i>Hidrogeología Regional</i>	17
2.3	Sub componente 3 – <i>Hidrometeorología e Hidrología Superficial e Influencia del Cambio Climático Sobre Los Recursos Hídricos</i>	18
2.4	Sub componente 4 – <i>Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación</i>	19
2.5	Sub componente 5 – <i>S.I.T. (Sistemas Informativos Territoriales) y Banco de Datos Regional</i> ..	20
2.6	Sub componente 6 – <i>Monitoreo y Control Hidrológico e Hidrogeológico</i>	20
2.7	Sub componente 7 – <i>Comunicación Social/Educación Ambiental/Análisis de las Normativas</i>	21
	TABLA: Sub componente 1	23
	TABLA: Sub componente 2	24
	TABLA: Sub componente 3	24
	TABLA: Sub componente 4.....	25

TABLA: Sub componente 5	25
TABLA: Sub componente 6	26
TABLA: Sub componente 7.....	26

PARTE CUARTA

	PREMISA	27
1.	OBJETIVOS	28
2.	JUSTIFICACIÓN	28
3.	BENEFICIOS	29
4.	LAS AREAS PILOTO	30
	INTERVENCIÓN DEMOSTRATIVA N°1	31
1.	UBICACIÓN DEL ÁREA PILOTO	31
2.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN	32
2.1	Aspectos socio-económicos	32
2.2	Problematicas locales	32
3.	JUSTIFICACIONES	33
4.	IMPORTANCIA DE LAS INTERVENCIONES	33
5.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	34
6.	BENEFICIOS	34
7.	COMPONENTES	35
7.1	Componente 1 – <i>Caracterización geológica del Sistema Acuífero Local (SAT)</i>	35
7.1.1	Actividades	36
7.1.2	Productos	36
7.2	Componente 2 – <i>Hidrogeología</i>	36
7.2.1	Actividades	37
7.2.2	Productos	38
7.3	Componente 3 – <i>Hidrometeorología e Hidrología Superficial</i>	38
7.3.1	Actividades	39
7.3.2	Productos	39
7.4	Componente 4 – <i>Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación</i>	40
7.4.1	Actividades	40
7.4.2	Productos	41
7.5	Componente 5 – <i>Monitoreo y Control Hidrológico e Hidrogeológico</i>	41
7.5.1	Actividades	41
7.5.2	Productos	42
7.6	Sub componente 6 – <i>S.I.T. (Sistemas Informativos Territoriales) y Banco de Datos Regional</i>	42
7.6.1	Actividades	42
7.6.2	Productos	42
7.7	Sub componente 8 – <i>Comunicación Social/Educación Ambiental/Análisis de las Normativas</i>	43
7.7.1	Actividades	43
7.7.2	Productos	43
	INTERVENCIÓN DEMOSTRATIVA N°2	44
1.	UBICACIÓN DEL ÁREA PILOTO	44
2.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN	45
2.1	Aspectos socio-económicos	45
2.2	Problematicas locales	46
3.	JUSTIFICACIONES	46
4.	IMPORTANCIA DE LAS INTERVENCIONES	47
5.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	47
6.	BENEFICIOS	47

7.	COMPONENTES	48
7.1	Gomponente 1 – <i>Caracterización geológica del Sistema Acuífero Local (SAT)</i>	48
7.1.1	Actividades	49
7.1.2	Productos	49
7.2	Componente 2 – <i>Hidrogeología</i>	49
7.2.1	Actividades	50
7.2.2	Productos	51
7.3	Componente 3 – <i>Hidrometeorología e Hidrología Superficial</i>	51
7.3.1	Actividades	51
7.3.2	Productos	52
7.4	Componente 4 – <i>Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación</i>	52
7.4.1	Actividades	53
7.4.2	Productos	53
7.5	Componente 5 – <i>Monitoreo y Control Hidrológico e Hidrogeológico</i>	54
7.5.1	Actividades	54
7.5.2	Productos	55
7.6	Sub componente 6 – <i>S.I.T. (Sistemas Informativos Territoriales) y Banco de Datos Regional</i>	55
7.6.1	Actividades	55
7.6.2	Productos	55
7.7	Sub componente 7 – <i>Comunicación Social/Educación Ambiental/Análisis de las Normativas</i>	55
7.7.1	Actividades	56
7.7.2	Productos	56
	INTERVENCIÓN DEMOSTRATIVA N°3	57
1.	UBICACIÓN DEL ÁREA PILOTO	57
2.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN	58
2.1	Aspectos socio-económicos	58
2.2	Problematicas locales	59
3.	JUSTIFICACIONES	60
4.	IMPORTANCIA DE LAS INTERVENCIONES	60
5.	OBJETIVOS ESPECIFICOS	60
6.	BENEFICIOS	61
7.	COMPONENTES	61
7.1	Gomponente 1 – <i>Caracterización geológica del Sistema Acuífero Local (SAT)</i>	61
7.1.1	Actividades	61
7.1.2	Productos	62
7.2	Componente 2 – <i>Hidrogeología</i>	62
7.2.1	Actividades	63
7.2.2	Productos	63
7.3	Componente 3 – <i>Hidrometeorología e Hidrología Superficial</i>	64
7.3.1	Actividades	64
7.3.2	Productos	64
7.4	Componente 4 – <i>Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación</i>	65
7.4.1	Actividades	65
7.4.2	Productos	66
7.5	Componente 5 – <i>Monitoreo y Control Hidrológico e Hidrogeológico</i>	66
7.5.1	Actividades	66
7.5.2	Productos	66
7.6	Componente 6 – <i>S.I.T. (Sistemas Informativos Territoriales) y Banco de Datos Regional</i>	67
7.6.1	Actividades	67
7.6.2	Productos	67
7.7	Componente 7 – <i>Comunicación Social/Educación Ambiental/Análisis de las Normativas</i>	67
7.7.1	Actividades	68
7.7.2	Productos	68

PARTE PRIMERA

LA REGIÓN CHAQUEÑA

*El agua es la fuerza que te temple,
en el agua te encuentras y te renuevas
(E. Montale)*

1 - INTRODUCCIÓN

1.1 EL ÁMBITO GEOGRÁFICO: EL GRAN CHACO

El Gran Chaco es una extensa llanura boscosa que abarca parte de Argentina, Bolivia y Paraguay, extendiéndose aproximadamente hasta los ríos Otuquis y Parapiti en el norte, el río Salado al Sur, el eje Paraguay - Paraná al este, y los faldeos cordilleranos al oeste. Se trata de una gran cuenca sedimentaria asentada entre el bloque levantado del Macizo de Brasilia y la zona cordillerana. El basamento cristalino está asentado a considerable profundidad, cubierto por un grueso manto de sedimentos provenientes de los relieves circundantes. El área chaqueña, a la que el bosque confiere unidad, es, además, una región de gran horizontalidad, pues la paulatina elevación desde la ribera fluvial hacia el oeste es escasa, manteniendo el terreno una leve orientación de NO a SE, apenas perceptible por la dirección de los cursos de agua. Esa característica de horizontalidad es la causa fundamental de la formación de esteros y bañados.

Los movimientos que originaron la cordillera de los Andes repercutieron en esta planicie, reactivando antiguas fallas y originando otras como la ocupada por los ríos Paraná - Paraguay. Las áreas de descenso originaron cuencas de relieve chato y escasa pendiente,

mientras que los bloques levantados se manifestaron en forma convexa, como el situado en el centro de la planicie, llamado arco Cordobés Oriental - Charata que remata en Formosa en la dorsal San Hilario.



La región chaqueña, ubicada en la zona tropical y subtropical, se caracteriza por su clima cálido y una irregular distribución de las precipitaciones. Las lluvias en general decrecen de este a oeste; la porción oriental húmeda, con precipitaciones regulares y constantes de hasta 1.200 mm, anuales, registra temperaturas elevadas en verano y suaves en invierno. Se la encuadra dentro de la variedad climática: subtropical sin estación seca. La porción occidental con precipitaciones escasas y predominantemente estivales que alcanzan a menos de 600 mm anuales es considerada del tipo: subtropical con estación seca.

En la llanura chaqueña los suelos pueden ser agrupados en dos grandes áreas: oriental y occidental. En la primera, con lluvias abundantes, predominan los suelos arenosos y

arcillosos, en donde los albardones y terrazas altas bien drenadas constituyen zonas fértiles; mientras que las zonas anegadas de esteros y lagunas sólo son aptas para la ganadería. En la zona occidental seca predominan los suelos calcáreos. La hidrografía se caracteriza por sistemas autóctonos y alóctonos, por la formación de esteros, bañados y lagunas, y por numerosos cauces secos en áreas sin drenaje. La región presenta una franja oriental con exceso de agua, originada por lluvias locales, que alimentan a los arroyos tributarios de los ríos Paraná y Paraguay. Además, presenta una zona occidental de sistema alóctono, alimentado por lluvias orográficas. Por último existe una zona central donde hay déficit de agua, la que se pierde por evaporación e infiltración. En este ambiente, los ríos más importantes son el Paraná, el Paraguay, el Bermejo, el Pilcomayo y el Salado.

Los ríos chaqueños han sido un elemento vital para la instalación de las tolderías de las numerosas tribus que poblaron la región, como también la vía de penetración de las naves hispánicas hacia el corazón del continente. Asimismo, de sus riberas partieron los colonos europeos que se internaron en el Chaco desde las últimas décadas del Siglo X IX. Por otra parte, los fortines se asentaron cerca de los ríos, en un intento por ampliar la frontera interior.

La llanura chaqueña, desde el punto de vista fitogeográfico, constituye el "Parque Chaqueño", pero por influencias del clima, la hidrografía y el suelo, la formación vegetal que lo cubre presenta diferencias; distinguiéndose una zona oriental o húmeda, una central de transición y una occidental seca, pero manteniendo el bosque como rasgo dominante de su paisaje. En la zona oriental el quebracho colorado chaqueño es su mejor representante; árbol esbelto y de alto contenido de tanino, alentó por muchos años la explotación indiscriminada de los bosques ribereños del frente Paraná - Paraguay. Allí se instalaron los primeros obrajes en el siglo pasado, hasta dar lugar más adelante a la radicación de centros industriales.

Acompañando las márgenes de los ríos crecen especies de mayor exigencia hídrica, como el iapacho negro, el viraró, el vimbo colorado, el yibirápita y otras de menor valor comercial, como el sauce criollo, el aliso de río, el laurel negro, etc.

En las tierras altas y permeables, aparecen ejemplares bien desarrollados de guayacán, quebracho blanco, espina corona, iapacho rosado, guayaibí, etc. Como estas tierras son también aptas para la agricultura, constituyen la zona más rica y más intensamente explotada, llegándose prácticamente a la eliminación de grandes extensiones de sus bosques. A medida que se avanza hacia el oeste, se asiste a un empobrecimiento de la masa forestal y a la aparición de otras especies, como el quebracho blanco, el quebracho colorado santiagueño, itín, algarrobo blanco y negro, palo santo, guayacán, mistol, chañar, tala, yuchán (palo borracho), etc.

En el Chaco Occidental se destaca un paisaje boscoso xerófilo, caracterizado por su espesura, con arbustos bajos y espinosos, conocido como "el impenetrable" y entre cuyas especies aparecen trepadoras, tintóreas y medicinales, que aún no han sido muy explotadas.

Esta vegetación va desapareciendo hacia el sur con el empobrecimiento de los suelos, proliferando los cactus, chañares y breas en las proximidades del suelo santiagueño.

La fauna de la región chaqueña se caracteriza por su gran riqueza y variedad, en muchos casos en vías de extinción. Entre los numerosos especímenes que habitan en los bosques y los montes se destacan: puma, zorro (aguará-guazú y aguará-mini), mono (carayá), coatí, hurón, zorrino, lobito de río, gato onza, gato montés, yagüareté, oso hormiguero, oso melero, tatú mulita, tatú carreta, corzuela, jabalí, comadreja, pecarí, tapir o gran bestia, carpincho, cuis, etc. No menos rica y variada por su abundancia y belleza es la fauna avícola: cardenal, tordo, distintas variedades de palomas, loro, perdiz, tero, garza blanca y rosada,

chajá, charata, diversas variedades de patos, ñandú, canastita, martín pescador, pájaro carpintero, hornero y otros.

1.2 RESEÑA HISTÓRICA-ANTROPOLÓGICA-ETNOGRÁFICA DEL GRAN CHACO

La palabra *gualamba* –según algunos investigadores- significa "*lugar de muchas aguas*", en referencia a los muchos ríos que hay en la región. La palabra **Chaco** tiene a su vez origen en el termino "chacu" –palabra quechua- que se entiende como "*centro de cacería*", considerando el término cacería comunitaria en determinada época del año.

El territorio comprendido entre el Pongo (Perico) y la desembocadura del río San Lorenzo en el Bermejo, en tiempos de la conquista fue denominado **Chaco Gualamba**. En todos los protocolos de la fundación del Fuerte, el general Ledesma se autotituló "ciudadano del Chaco Gualamba y llanos de Manso". Es decir de casi todo el territorio del chaco central y parte del boreal. De haber sobrevivido la ciudad por él fundada, Santiago de Gualdálcazar, hoy sería una de las ciudades más importantes de toda el área.

Desde los inicios del auge de la exploración de América Meridional, la región del Gran Chaco se convirtió en una atracción y curiosidad en los viajeros, despertando el interés de propios y extraños. Antes de la fundación de la ciudad de Nuestra Señora de la Asunción, en el año 1537, por Don Juan de Salazar y Espinoza y González de Mendoza, el Comendador Irala había explorado la región del Gran Chaco con un grupo de compañeros y un guía del lugar, hasta llegar al lago salado septentrional y atravesar la frontera actual con Bolivia, cerca de la localidad de Gral. Eugenio A. Garay (o del fortín Tte. Gabino Mendoza), cercano al valle del río Parapiti y la faja andina.

Aproximadamente 13 años después el Capitán Ayolas recorría la región con un exiguo ejército en un trayecto paralelo a la anterior pero un poco más septentrional, en dirección a las faldas de Cerro León (cerranías aisladas dentro de un paisaje semiárido) y hasta el río que formaba posteriormente la laguna Trinidad. Al mismo tiempo que Ayolas exploraba el Parapiti en busca de minerales preciosos, poseía un deseo insaciable de descubrir.

En ambos casos no se ha consolidado esta vía natural de atravesar el Chaco debido a que no han retornado de sus travesías, pero se verifica la importancia estratégica por haber sido los primeros en recorrer la Región del Chaco Central y Occidental trasladando su carga cultural y económica de un punto a otro del continente.

Posteriormente, los Jesuitas instalaron una misión en el cuadrilátero del territorio señalado entre el fortín Cnel. Bogado, Fortín Madrejón, Fortín Tte. Martinez y Fortín Torres. Actualmente queda poco testimonio de ese pasado, ya que todo el esfuerzo de esa hospitalaria tierra ha sido cubierto por el viento.

Desde el punto de vista geomorfológico es muy importante señalar que las áreas de posicionamiento de los primeros exploradores y de las reducciones Jesuíticas corresponden a una faja de la alta llanura en el paleocauce del Parapiti, al norte y al sur del Pilcomayo, a lo largo de una dirección de flujo potencial de agua subterránea de agua dulce.

Nuevas investigaciones registradas en las décadas de los 80 y 90 dieron como resultados algunos datos morfoestructurales e hidrogeológicos que indican el potencial sedimentario de la Fm. Chaco, (Terciario - Cuaternario T/Q) comprendiendo los cauces paleoaluviales con características de buena calidad y cantidad de agua subterránea.

2. EL CLIMA DEL CHACO

2.1 Características Generales

El ecosistema del Chaco, comprende tres grandes unidades fisiográficas que tienen características particulares respecto a los aspectos climáticos, poblacionales y socioeconómicos:

- Subandino
- Pie de monte
- Llanura chaqueña

El subandino es una unidad que consiste en la sucesión irregular de serranías, colinas y valles, con una altura que va desde los 800 hasta los 2.000 msnm. El pie de monte es una zona de transición de las últimas estribaciones del subandino hacia la llanura chaqueña. Las características físico-climáticas tienen estrecha relación con los contrafuertes del subandino.

La llanura chaqueña tiene una topografía casi plana, interrumpida por la presencia de dunas estabilizadas por la vegetación y por zonas depresivas, conocidas como bañados. En esta porción del Chaco las alturas son escasas, suaves y de poca entidad.

El Chaco se caracteriza por ser seco y caluroso en el período de verano entre noviembre y marzo, los meses de junio y julio se presentan como los más fríos del año.

La llanura Chaqueña, por su régimen hídrico, puede clasificarse como semiárida, es una zona tropical con temperaturas anuales promedio de 26 ° C y máximas hasta 45 ° C. El clima es cálido y árido a subhúmedo con una precipitación media anual de 400 mm en el sector más oriental hasta 900 mm próximo al pie de la serranía del Aguara Güe. La época seca dura de 7 a 9 meses con algunas lloviznas invernales. Durante el invierno se presentan frentes fríos o surazos con temperaturas, en algunos casos, menores a 0 °C.

El Chaco tiene su economía basada fundamentalmente en el sector agropecuario, siendo la ganadería significa el rubro más importante, tanto por el número de unidades de producción que la practican, como también por el tamaño de los hatos y por el valor generado, especialmente en la zona de llanura. Los rebaños generalmente son mixtos con vacunos, caprinos, ovinos y caballar. Los principales factores que afectan a la ganadería en la Llanura Chaqueña son la sequía prolongada y pronunciada escasez de agua en general.

Alrededor del 80 % de la población rural del chaco no tiene acceso al agua potable, la mayoría de las comunidades rurales no tienen sistema de alcantarillado, los desechos domésticos son evacuados mediante cámaras sépticas, norias y pozos ciegos.

En el subandino y pie de monte, los servicios de agua potable y alcantarillado son insuficientes. En el área rural, el abastecimiento de agua potable es más restringido. La mayor parte de las comunidades se proveen de agua de vertientes, norias, aljibes y quebradas, en otros casos de los atajados los cuales son llenados en la temporada de lluvias, con alto riesgo de contaminación.

3. GEOLOGIA

El Chaco es parte de la gran Cuenca Sedimentaria del Continente de Sur América que está separado del Escudo Brasileño en el norte por la zona de cizallamiento Ichilo –Mamore,

de rumbo NW-SE. Esta zona es un complejo de fallas transversales que se extiende desde la Cordillera de Los Andes de Bolivia hasta la elevación del río Apa en el Brasil, formándose varios pliegues que posteriormente fueron rellenados por los productos de elevación andina (ocurridos en el Terciario).

Estos productos de erosión fueron transportados por los ríos y depositados en la gran llanura chaqueña donde se seleccionaron por el viento y el agua al transportarlos.

Morfoestructuralmente existen dos zonas bien definidas, al oeste de las sierras subandinas formadas por rocas paleozoicas, mesozoicas y del terciario y al este la llanura chaqueña constituida por formaciones de edades del terciario y cuaternario.

La presencia de fallas en la zona no es notoria debido a la cubierta cuaternaria y la vegetación, que hace difícil su identificación en el campo. Geológicamente, se presenta un cuadro evolutivo dentro del aspecto estratigráfico que incluye rocas paleozoicas (Devónico-Carboníferas), mesozoicas (Triásico-Cretácicas) y cenozoicas (Terciario-Cuaternarias).

4 - LOS RECURSOS HIDRICOS SUBTERRANEOS

4.1 Hidrogeología General

Las características hidrogeológicas en el área de estudio, se pueden establecer como elementos comunes y similares, tanto en lo referente a los aspectos geológicos como hidrogeológicos.

El sistema está constituido, principalmente, por acuíferos libres poco profundos y por cuerpos hídricos confinados y semiconfinados profundos, estos últimos representan los reservorios más importantes del Chaco, ya que almacenan grandes volúmenes de agua de buena calidad, que pueden ser aprovechadas económicamente.

Se presentan en varios niveles y a diferentes profundidades, constituyendo sistemas multicapas, que a escala regional forman un grande sistema hidrogeológico que se extiende por casi todo el Chaco. Desde el punto de vista de las posibilidades receptoras como almacenadoras y transmisoras de aguas subterráneas, indudablemente las rocas con mas posibilidades son las formaciones terciarias y cuaternarias.

Por lo tanto tenemos, en forma esquemática desde luego, tres niveles de acuíferos principales, desde lo mas profundo hacia la superficie:

1. Los acuíferos relativos a los sedimentos paleozoicos, los cuales por sus características, profundidad y permeabilidad relativa baja, no serían económicamente explotables.
2. Por encima de los anteriores se encuentran los sedimentos terciarios, que alojan otros acuíferos y que, por su espesor, extensión lateral y permeabilidad relativa, tienen mejores posibilidades de captación.
3. Finalmente, el acuífero superior, correspondiente a sedimentos cuaternarios, depositados en fondos de valles, sectores más abiertos de deposición tranquila y conformados por sedimentos no consolidados, con permeabilidad relativa de media a elevada, que son los que tienen más aptitud para su aprovechamiento, pero también el índice más alto de vulnerabilidad.

4.1 EL SAYTT

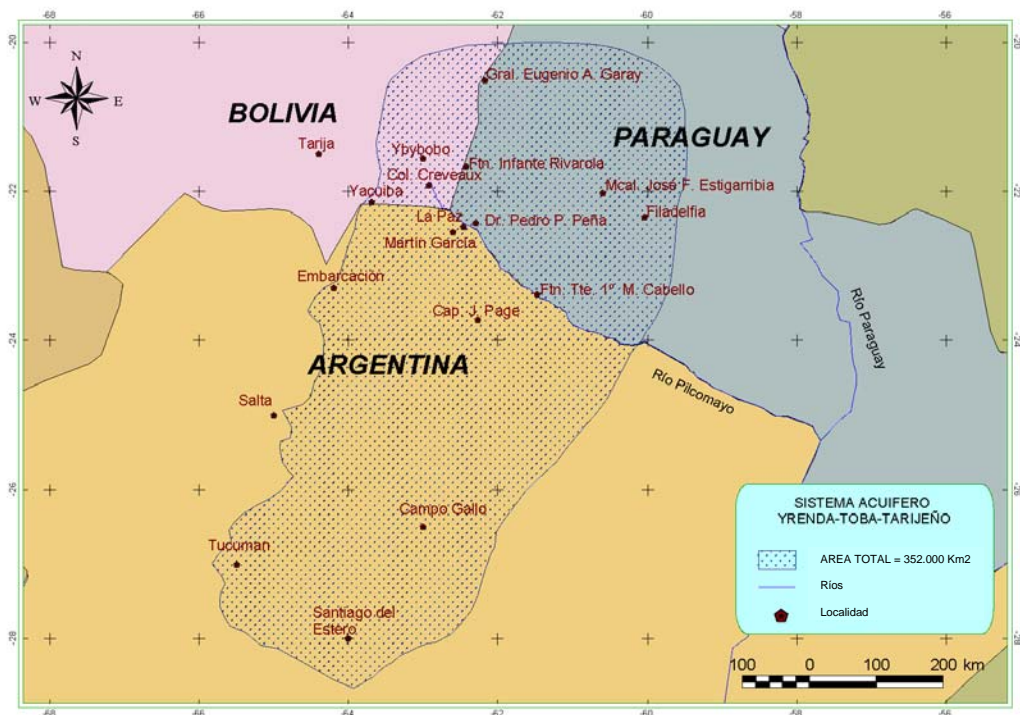
Los límites del Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño (figura 1), así como se establecieron en el Taller de Asunción los días 30/11-03 12 del 2004, quedan fijados en:

- **Límite Norte:** línea imaginaria que se ubica aproximadamente a los 20° 00' de latitud sur, al sur del río Parapetí.
- **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.
- **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.
- **Límite Este** (zona de descarga): si bien debería contemplarse hasta la confluencia de los grandes ríos en los colectores principales Paraguay-Paraná, el SAT ha sido acotado hasta el del acuífero libre del sistema (aprox. a los 59° 30' 00" de longitud oeste).

Que conlleva una superficie de 352.000 km², repartida en los tres países en la manera que indica la Tabla a continuación:

	ARGENTINA	BOLIVIA	PARAGUAY	TOTAL CHACO
Población	929.878	233.509	138.760	1.302.147
Superficie km²	200.000	32.000	120.000	352.000

Superficie y población en el área de estudio de la región chaqueña



Limites del Sistema Acuífero Yrendá Toba Tarijeño (Fig. 1)

El Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá Toba-Tarijeño, dentro del Gran Chaco Sudamericano, se extiende de Este a Oeste desde las sierras del Aguaragüé (Bolivia Argentina) hasta el río Paraguay y de Norte a Sur desde el río Parapeti (Bolivia) al borde noreste de los afloramientos de las Sierras Pampeanas (Argentina).

La dominación Terciaria (areniscas de grano fino a medio, conglomerado, limo y arcilla rojiza y con la presencia esporádica de material calcáreo) – Cuaternaria (materiales aluviales y coluviales procedentes del Subandino y las serranías Terciarias) encuentra a los acuíferos del Chaco Sudamericano en su máxima expresión como reservorios de agua de buena calidad físico-química. Su medio físico incluye acuíferos libres, confinados y semiconfinados.

Una característica de todo el Sistema es la ocurrencia de acuíferos en varios niveles y a profundidades diferentes, formando un Sistema multicapa con acuíferos interconectados e ínterdigitados, que a escala regional se encasillan como pertenecientes a un solo Sistema Hidrogeológico.

El modelo dominante en la sección más superficial de los estratos responde a un diseño de origen mayormente fluvial, posee vestigios de acciones de los cursos de los ríos importantes como el Pilcomayo, Bermejo y Juramento, los cuales fueron los responsables de la formación de extensos conos, en gran parte abandonados pero con claras evidencias de desplazamientos o migraciones hasta llegar a su posición actual.

Estas geoformas contienen paquetes sedimentarios con agua dulce, generalmente se encuentran libres o semiconfinados aunque algunas veces tienen confinamiento local. El espesor de estos estratos son variables, encontrándose en la Argentina promedios de 50 a 100 m en Bolivia de 70 a 80 m y en Paraguay entre 10 y 50 m., la reducción de la potencia de estos estratos se verifica de Oeste a Este.

La recarga a éstos acuíferos se produce a través del agua de los ríos principales y también por infiltración local del agua meteórica, que se acumula en grandes cantidades en las depresiones. En términos generales se puede decir 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.

La potencia de los sedimentos cuaternarios, sobre la Llanura Chaqueña, sufre grandes variaciones de un sector a otro, mientras que en ciertas áreas del pie de monte el espesor es de 10 a 20 m, en el sector Norte de la Llanura puede alcanzar los 70 - 80 m de espesor

Por debajo de estas geoformas modernas se encuentran los sedimentos terciarios, con un espesor considerable que puede alcanzar los 500 m.. En la Llanura chaqueña estos tipos de sedimentos son los principales reservorios de agua subterránea y poseen un complejo sistema de interconexiones entre acuíferos confinados y semiconfinados conteniendo aguas dulces y salobres, cuya relación necesita ser estudiado en detalle

Es común la presencia de acuíferos de agua dulce infrayaciendo a acuíferos de agua salada dentro del SAYTT.

La recarga de los acuíferos profundos se desarrolla por infiltración de aguas de lluvia, en una franja de 20 Kms., en las estribaciones de las sierras del Aguaragüé en territorio argentino y boliviano. En el límite interprovincial Salta/Formosa, en la República Argentina, existe un acuífero de agua dulce que se ubica entre los 325 y los 385 metros de profundidad, debajo de una secuencia de intervalos de agua salada.

Estas grandes variaciones de espesor de los acuíferos presentes en las principales formaciones, hacen sí que el SAYTT, en su conjunto, sea un sistema hidrogeológico muy

complejo, lo que justifica la falta de conocimientos más exhaustivos y de informaciones sobre la fluodinámica general.

El comportamiento hidroquímico de los acuíferos es muy variable, tanto horizontalmente como verticalmente; entre los factores condicionantes se destacan la velocidad del flujo, el tiempo de contacto con los materiales y la distancia recorrida por el agua.

4.3 Calidad de las aguas

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 el factor limitante muchas veces no es la cantidad sino la calidad.

5. SITUACIÓN HÍDRICA ACTUAL

En general en el Chaco el agua es un elemento frágil y esto se debe, en parte, a que dicho recurso es escaso o insuficiente en casi todo el territorio.

Esta área, por su extensión, tiene zonas afectadas por los azotes de las sequías, de los granizos, de las inundaciones y por otras manifestaciones climáticas, que en muchos casos son impredecibles y amplificadas por fenómenos como lo del Niño. El hecho que la economía rural depende fundamentalmente del agua, hace necesaria la aplicación de estrategias de manejo de este recurso.

Los últimos censos de población y vivienda ha mostrado que miles de personas siguen sin acceso al agua potable y/o no tienen servicios sanitarios adecuados. Alrededor del 80% de la población rural del Chaco no tiene acceso al agua potable, la mayoría de las comunidades rurales no tienen sistema de alcantarillado, los desechos domésticos son evacuados mediante cámaras sépticas, noria y pozos ciegos.

De todos estos grupos de comunidades, el grupo indígena del Chaco es el más afectado. 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 como la más elevada del área.

El abastecimiento de agua, altamente vulnerable; y estrechamente relacionado al volumen y frecuencia de las lluvias, 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

Existen todavía serias deficiencias en la distribución, el uso y el manejo racional de agua de riego y de agua potable, y sólo recientemente este grave problema se está estudiando en detalle dado que, según los expertos, en algunos casos puede significar una "bomba de tiempo".

En el Chaco, como en otros países andinos, se observa una creciente competencia por el uso múltiple del agua. Las demandas para uso agrícola, doméstico e industrial ya no están geográficamente tan separadas como antes. Estas demandas sectoriales incrementan y se trasladan cada vez más, lo que ocasiona nuevos conflictos de diferente índole por el agua.

5.1 Principales formas de abastecimiento de agua

En el Chaco, la falta de agua en cantidad y calidad, motiva a explotar los recursos hídricos subterráneos, como una de las formas más seguras de contar con agua de buena calidad, esta explotación adquiere una gran importancia, debido a la creciente demanda de agua, tanto para el sector doméstico, industrial o agropecuario.

En la región del acuífero en general existen tres formas de abastecimiento de agua, tanto para el sector domestico como el agropecuario:

- i) Mediante la explotación del agua subterránea, a través de la perforación de pozos de agua.
- ii) Con camiones cisterna que, en épocas de sequía, y con gasto a cargo de la administración pública, transportan el agua superficial, de las diferentes quebradas existentes en la zona de recarga, hasta los lugares más alejados de los centros poblados, donde los rigores de la sequía son más acentuados.
- iii) Otra forma de abastecimiento de agua, es la construcción de reservorios que reciben el agua de lluvia en la época de verano, para ser utilizada durante el resto del año, en general esta es la forma más común de abastecimiento, pero que depende de las condiciones climáticas de la región.

PARTE II

EL SISTEMA ACUÍFERO YRENDÀ - TOBA - TARIJEÑO (SAYTT)

*La unica defensa contra el mundo
es la de conocerlo muy bién*
(Locke)

1. – JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La explotación de las aguas subterráneas en el Chaco esta tomando un rumbo siempre más caótico; por un lado la demanda hídrica se hace cada vez más urgente y los periodos de sequía, con los relativos intereventos de emergencia, son siempre más frecuentes y se recurre a la perforación de nuevos pozos haciendo más caso a la “urgencia hídrica” que al sentido lógico de una explotación controlada y sostenible.

Los indicios de buena calidad y cantidad de agua subterránea en varios puntos de la región Noroeste y Noreste del Chaco, avalados también por las perforaciones de unos pozos y por numerosos informes técnicos, nos hace pensar que existe la posibilidad de encontrar, por debajo de los horizontes actualmente explotados, una reserva potencial de agua dulce capaz de abastecer a una gran extensión del Chaco.

Justo en esta potencialidad hídrica podría estar, inverosiblemente, el mayor peligro para los recursos, de aquí la urgente necesidad de intervenir rápidamente en la política y en la forma de explotación de las aguas subterráneas de la región chaqueña.

El agua en el Chaco toma un valor añadido que la hace mucho más valiosa del mismo petróleo, el afán de sobreexplotación de los acuíferos unido, quizás, a una visión de ganancias económicas muy rápidas, podría conducir el sistema a un estrés irreversible y causar un colapso total.

2 - OBJETIVOS

2.1 Objetivos Generales

El objetivo principal del sub-proyecto es asistir a los tres países en establecer las bases técnicas, legales e institucionales para la gestión sustentable del Sistema Acuífero Transfronterizo Yrendá Toba Tarijeño (SAYTT) 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 al ser replicado en el mas amplio contexto de los acuíferos pede-andinos que se encuentran al interior de la Cuenca del Plata.

Con el fin de lograr este objetivo, los tres países, basandose en un **Análisis Diagnóstico Transfronterizo**, definiran un Programa de Acciones Estrategicas (PAE) que podrá ser integrado en aquel más general de la Cuenca del Plata. Para poder definir un PAE coherente con las problemáticas del SAYT habrá que llevar a cabo actividades para:

✓ Confirmar el potencial del acuífero y la posibilidad de acceso, **por ambos lados de las fronteras**, a la utilización sustentable de este recurso, esencial para el desarrollo económico y social del Chaco Central y Norte, constituyendose en una alternativa de abastecimiento válida para la región.

✓ Sentar las bases, **en los tres países**, para la **creación de unas normativas comunes en los temas del manejo de los acuíferos transfronterizos**, en particular del SAYTT, y facilitar la creación de un **sistema de manejo transfronterizo**, involucrando a los usuarios y a los beneficiarios.

✓ Estudiar y comprender las modalides y las consecuencias, actuales y futuras, del cambio climático en la región chaqueña, como parte del mas amplio contexto de la Cuenca del Plata. **Implementar un Banco de Datos comun 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 gestion integrada de los recursos hidricos y del uso del suelo.

✓ Fortalecer la capacidad tecnica e institucional de los entes involucrados en el sub-proyecto y diseminar las informaciones a todos los niveles.

2.2 Objetivos Específicos

- a) Definir las características del SAYTT bajo el aspecto hidrodinámico, con vista a la determinación exacta de las zonas de recarga y descarga, las direcciones y velocidades de flujo así como su vulnerabilidad, los riesgos de contaminación y la sobre explotación;
- b) Establecer las relaciones del SAYTT con los ecosistemas de humedales, en particular determinar los intercambios hídricos mutuos, así como las condiciones técnicas de manejo integrado requeridas para asegurar la sostenibilidad futura de los sistemas;
- c) Diseñar, calibrar y aplicar un modelo predictivo de comportamiento hidrodinámico del acuífero, **sobre todo en las zonas de recarga y de frontera entre los tres Países**, mediante la aplicación de un código digital convencional (modflow y flowpath);
- d) Relevamiento hidrogeoquímico del SAYTT;
- e) Evaluar las aplicaciones posibles de los recursos hídricos del SAYTT;
- f) Definir el marco jurídico relacionado con la utilización de los acuíferos en los países participantes evaluando las modificaciones necesarias para asegurar la utilización sostenible del SAYTT ;
- g) Divulgar a nivel público la información obtenida/generada, para hacer partícipe la población de la importancia del recurso hídrico y de la necesidad de su preservación y uso sostenible.

3 - MODALIDADES SUGERIDAS Y COMUNICACIÓN

Una de las metas principales del proyecto es la formulación de un modelo conceptual, incluyendo todas las características significativas del acuífero, tanto desde el punto de vista hidrodinámico como hidrogeoquímico. Este trabajo tendrá que llevarse a cabo a través de estudios¹ geomorfológicos y geológicos detallados de las zonas de afloramiento y estudios estructurales en las zonas de confinamiento.

El área así delimitada también tiene que ser bien definida desde el punto de vista hidrológico, hidrogeológico e hidrogeoquímico para definir en forma correcta el sistema, bajo el aspecto de conexiones hídricas y de calidad de las aguas.

Se evaluará la vulnerabilidad general del SAYTT, mediante modelos específicos a grande escala, que definan y reúnan las distintas unidades hidrogeológicas. Se realizarán estudios específicos de detalle, para la determinación de la vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, en las áreas piloto.

Se efectuará un inventario general de los pozos profundos, relevando las principales características técnicas, geológicas y ubicación exacta de los mismos. En base a dicho inventario se seleccionará un número idóneo y representativo de pozos, para constituir una red de observación que permitirá un monitoreo regular de los acuíferos.

Como resultado de estos estudios se construirá un modelo conceptual del SAYTT y se definirán las interconexiones de este con los agro-ecosistemas de la región. El modelo servirá como base para la formulación de las pautas generales para el manejo de los recursos hídricos, punto de partida para la elaboración de políticas y toma de decisiones.

Ya a partir del primer año del proyecto, tendrá que realizarse una primera evaluación de las posibles aplicaciones del recurso hídrico del SAYTT. En particular se tendrá que considerar su utilización potencial para el abastecimiento de agua potable para la población y para el sector agrícola-ganadero.

Al mismo tiempo se realizará un estudio sobre las normativas nacionales, provinciales o departamentales que tienen aplicación en el tema de gestión de aguas y, más específicamente, en el campo de manejo de recursos subterráneos.

Dicha análisis se desarrollará en los tres países por separado, a lo que se agregarán estudios sobre el marco jurídico regional aplicables a esta temática. Como corolario de estas actividades se llevará a cabo un taller regional para discutir y proponer, conservar o modificar aspectos de las legislaciones y reglamentaciones vigentes, así como de su aplicación y actividades de control.

Es muy importante que la población residente esté informada en cada momento y tome conciencia del proyecto y de sus finalidades, por eso los resultados que se irán obteniendo a lo largo del proyecto serán difundidos a la población en general a través de múltiples canales.

En primer lugar se realizarán actividades de extensión en las instituciones educativas de la región. En segundo lugar, se utilizarán los medios de comunicación de masas, tales como radio y televisión. Finalmente, se publicarán folletos, afiches y libros donde se proporcionará información actualizada sobre los temas que son objeto del proyecto.

¹ Muy importante es definir, en la mejor manera, las características geo-hidrologicas y hidrogeoquímicas de los acuíferos en las áreas próximas a las fronteras de los tres Países

4 - BENEFICIOS LOCALES Y GLOBALES

El control y la protección de los recursos y del ambiente natural es un objetivo presente, desde hace tiempo, en las políticas de casi todos los países. En los últimos años se ha visto como una gestión planificada de los recursos hídricos y del medioambiente no solo viene a crear un entorno más agradable y provechoso para la población, sino también tiene la capacidad de generar, en el mundo laboral, nuevas figuras profesionales y técnicas, acercándose a las necesidades de los ciudadanos, creando nuevos puestos de trabajo, garantizando a estos una mayor y más especializada ocupación.

Las consecuencias producidas por una contaminación de los recursos hídricos, superficiales o subterráneos, representa sin duda un daño irreversible que no se limita al solo patrimonio ambiental, hecho ya muy grave de por sí, también provocaría serios efectos negativos, sea socio-económicos que políticos, en aquellas áreas donde la convivencia entre desarrollo y bienestar social ya es, de por sí, precaria e inestable.

Resulta imprescindible llevar a cabo una política de protección y de gestión mirada, que permita una explotación racional de los recursos naturales (agua, suelo y biodiversidad), sin crear colapsos en el sistema, ni tampoco daños de tipo irreversible.

Por lo tanto la "intersección" entre la explotación controlada, las nuevas tecnologías a bajo costo con impacto ambiental nulo y los métodos tradicionales de protección ambiental, a través de la "integración" del hombre en el tejido socio-económico-político, hará posible un proceso racional de gestión-explotación-protección de los recursos naturales.

El proyecto tiene, entre sus tareas, la de favorecer la aplicación de técnicas apropiadas para el manejo de los recursos hídricos subterráneos, uniendo el mundo científico-técnico y el político-administrativo de los tres Países, para hacer frente, de común acuerdo, al problema.

El manejo integrado de los recursos hídricos es un desafío que, tarde o temprano, tenía que ser encarado conjuntamente por parte de la comunidad científica y la administración pública.

En definitiva se verán beneficiados por el proyecto:

- ❖ La sociedad civil.
- ❖ Los planificadores y las instancias tomadoras de decisiones.
- ❖ Los residentes.
- ❖ El medio ambiente.
- ❖ La economía.
- ❖ Los organismos públicos involucrados en el tema de los recursos hídricos subterráneos.
- ❖ Los profesionales que desarrollan sus tareas en el campo de las aguas subterráneas.
- ❖ Los inversionistas, interesados en el desarrollo socioeconómico de la región.
- ❖ Las Universidades y los investigadores.

5 - RESULTADOS ESPERADOS

- ❖ Aumento de la calidad de vida en función de la mejor calidad de las aguas idropotables.
- ❖ Desarrollo de actividades emprenditoriales en función de la mayor disponibilidad de agua.
- ❖ Incremento de la productividad agropecuaria.
- ❖ Aumento de la ocupación laboral.

- ❖ Desminuir y/o dar un vuelco a los flujo migratorio hacia las capitales.
- ❖ Elaboracion de un sistema informativo de gestion territorial (SIT).
- ❖ Optimización de los recursos hídricos, sobre todo por lo que refiere a la recarga artificial de los acuíferos y a la demanda de agua para los periodos de sequía.
- ❖ Elaboracion de un modelo integrado de gestion conjunta de agua y suelo, recursos fundamentales a la base de un desarrollo sostenible.

6 - SOSTENIBILIDAD

Los estudios que se van a desarrollar proporcionaran las alternativas técnicas más sustentables y convenientes. Como ya se ha dicho el objetivo fundamental de los estudios es la de proponer de la mejor solución para un abastecimiento sostenible de agua potable a los habitantes de la región.

En la elección de las alternativas tendran que ser considerados también otros usos de los recursos hídricos, lo que permitirá conseguir un desarrollo más homogéneo de la región.

Una alternativa valida es aquella que posibilita solucionar el problema de manera completa e integrada y debe basarse en conceptos de comprobada eficiencia técnica.

Será considerada también como una de las posibilidades, la mejora u optimización de los sistemas actualmente en uso para el suministro de agua potable (aljibes, tajamares, pozos, etc.), sujetos a los resultados obtenidos por las investigaciones correspondientes.

Muy importante es el ahorro para las administraciones públicas de los gastos que actualmente estan realizando para abastecer mediante camiones cisterna, durante muchos meses, la poblacion y el ganado. La busqueda de nuevos suministros hidricos – dulces y salobres – permitirá también un ahorro en los gastos de sal sodica que actualmente se utiliza para los aportes salinos a los animales.

Por ultimo, pero no de menor importancia, tenemos que considerar que en esta region el agua es el agente que consigue tranquilizar a las personas o, si falta, ponerlas en un estado de agitacion social muy fuerte, creando no pocos problemas a las autoridades.

Asegurar un suministro constante de agua, durante todo el año, será un paso más para garantizar la paz social y un mejor bienestar económico de la Región.

PARTE III

COMPONENTE ANALISIS DIAGNOSTICO TRANSFRONTERIZO (ADT) Y SUB COMPONENTES

PREMISA

Por definición, los proyectos transfronterizos tienen que establecer vínculos entre zonas que han sido segmentadas artificialmente por los límites internacionales

Los proyectos que engloban dos o más naciones que se asoman en la misma región, tienen que tener todos una visión de conjunto, compuesta por una serie de principios, cuatro de los principales guardan una estrecha relación entre sí, y son:

- ❖ La protección de los recursos naturales
- ❖ El desarrollo regional de las zonas que abarcan los límites internacionales, a través de una mejora de la calidad de vida;
- ❖ La reversión de la degradación ecológica y la ejecución de programas de planificación y ordenación territorial, en sintonía con las variaciones climáticas y el riesgo ambiental;
- ❖ El combate contra la pobreza en las zonas cuyo desarrollo se halla retrasado.

Mediante el establecimiento de programas de desarrollo sustentable y de manejo conjunto de los recursos naturales, para esas regiones fronterizas, se aspira a contribuir al desarrollo integral de los países y a profundizar su integración económica.

El Análisis Diagnostico Transfronterizo, que sigue a continuación, se injerta en la filosofía y en los principios de los proyectos transfronterizos y transnacionales, y es la base fundamental para la preparación del Plan de Accion Estrategico (PAE), que será redactado de común acuerdo entre los tres Países.

Es importante crear y fortalecer una "visión" común para el desarrollo sostenible de la Región Chaqueña, sin perder de vista que esta misma pertenece a otra Cuenca, la del Plata, con la cuál debe compartir informaciones y sugerencias aplicativas para la mejora de los recursos naturales y poblacionales. Y es en esta óptica, que los recursos hídricos juegan un papel determinante para el conseguimiento de una integración regional, firme y estable, entre los países que la componen.

Entre los días 30 de noviembre y 2 de diciembre del 2004, tuvo lugar en Asunción (Paraguay) un Taller Tecnico en la Secretaria de la Dirección General de Protección y Conservación de los Recursos Hídricos de la SEAM, para la preparación de la propuesta sobre el sub-proyecto relativo al SAYTT, con la participación de los especialistas de los tres Países y un grupos de expertos invitado a proposito. Durante el Taller se definieron las problemática principales y las oportunidades del SAYTT y se diseñó esquemáticamente la Componente “**Análisis Diagnostico Transfronterizo (ADT)**” del sub-proyecto, individuando una serie de actividades dirigidas hacia el conocimiento, protección y manejo sostenible de los recursos hídricos, considerados en su conjunto (superficiales, subterráneos y atmosféricos) y con una visión ecosistémica, en relación con los bienes y servicios que prestan a la naturaleza y a las sociedades.

Con estas pautas y sobre la base de la recopilación de las informaciones y del análisis diagnóstico transfronterizo preliminar, realizados por los especialistas nacionales, Srs Juan Ríos Otero, Alfredo Fuertes, Hernán Villena, y del supervisor de la fase de preparación Sr. Ronald Pasig, se pudieron individuar los problemas más importantes que afectan el sistema acuífero, se delinearon las oportunidades que ofrece el mismo, y se formuló en detalle una serie de actividades, relativas al Análisis Diagnóstico Transfronterizo, que tienen que ser realizadas durante la implementación del sub-proyecto.

1 – SITUACIÓN ACTUAL Y CONGRUIDAD DE LAS ACCIONES

El recurso hídrico, es de vital importancia para el crecimiento sostenible de la región la cuál, además, carece de una regulación específica, lo que permite el uso irrestricto e insostenible de los recursos

Un alto porcentaje de la población del Chaco no tiene un acceso continuo al agua potable, llegando hasta al 80% en las comunidades rurales, donde el abastecimiento de agua es más restringido. La mayor parte de estas comunidades se provee de agua de vertientes, norias, aljibes y quebradas, en otros casos de los atajados los cuales son llenados solo en la temporada de lluvias, con alto riesgo de contaminación..

Las frecuentes sequías han demostrado en un solo rubro, el alto costo que representa el transporte y la distribución de agua. Solo en el Departamento de Boquerón (Paraguay), para asistencia a las comunidades indígenas, entre agosto de 1999 y marzo de 2000, se han transportado 17 millones de litros de agua que, según el Proyecto Acueducto Río Paraguay-Chaco Central (2001), representa un costo entre 3 y 4 dólares americanos por m³.

Otro aspecto muy importante es que en todo el Chaco ya se está generalizando, cada vez con mayor velocidad e incremento, un proceso 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.

Si por un lado la deforestación, en gran escala, destruye los espacios de vida de los indígenas nómadas, aumenta la erosión y reduce la diversidad de fauna y flora, por el otro la quema siguiente contamina la atmósfera y los aerosoles liberados traen, como consecuencia, enfermedades del sistema respiratorio e incrementan los procesos de cambio climático.

Por último, pero no menos importante, son las acciones antrópicas en las áreas de recarga, donde la cobertura vegetal está siendo removida para convertir estas zonas al regadío.

Todo esto ocasiona serios problemas, en la retención del agua de lluvia, activando procesos erosivos que inciden en la reducción de la recarga de los acuíferos, debido a que el agua se escurre y se evapora, y aumentando el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas por la utilización de fertilizantes y agroquímicos en las tierras de cultivo.

Resulta por lo tanto evidente la importancia de una intervención rápida que debe, en primer lugar, recopilar, validar y homogenizar todas las informaciones presentes en los tres Países que comparten la región chaqueña, sobre todo en mérito a la situación geohidrológica, hidrometeorológica, socio-económica, cultural y política.

La elaboración de los datos recopilados, así como de los nuevos, debe llevarse a cabo mediante una estrecha colaboración entre los técnicos de los tres Países y debe tener sus fundamentos en unas metodologías simples y claras, generadas de común acuerdo, y que

permitan obtener resultados y productos que no tengan barreras políticas, geográficas, ni científicas.

Este tipo de enfoque ha permitido la determinación de la realización de las Actividades, lógicas y consecuenciales, establecidas conjuntamente en el taller de Asunción, cuyas características y definiciones se describen a continuación y vienen resumidas en las Tablas de las Sub Componentes, para el estudio del SAYTT.

En las Tablas figura una síntesis, por Actividades y Productos, lo que permite identificar las interdependencias, sinergias y congruidad que existen entre las sub componentes, las actividades y los productos generados.

El paso sucesivo y fundamental es la realización de intervenciones demostrativas, en escenarios de la misma área, pero con problemáticas diferentes [PARTE IV de este informe], que tienen como objeto:

- ❖ confirmar la voluntad de llevar a cabo acciones conjuntas a nivel transnacional,
- ❖ demostrar la importancia de las mismas para mejorar la calidad de vida de las poblaciones residentes y
- ❖ garantizar mayor seguridad en la calidad y cantidad de los recursos hídricos subterráneos futuros.

2 - SUB COMPONENTES del ADT

2.1 - Sub componente 1 – Geología Regional

(Estratigrafía, Geofísica, Geología, Geomorfología, Suelos, Tectónica, Topografía)

Se desarrollará una estrecha coordinación entre las partes involucradas, que implicará la evaluación y articulación de la información existente, dentro del marco del Componente: “Análisis Diagnóstico Transfronterizo”, orientadas a la caracterización integral del SAYTT, estructurando e implementando un sistema de información regional.

Los grandes subtemas de caracterización del SAYTT pasan esencialmente por: límites, litología, estructuras tectónicas, geomorfología, geofísica y suelos, y teniendo como condicionantes actuales, grandes lagunas en su conocimiento, a veces baja confiabilidad de datos existentes y, en general, poca cantidad y distribución de los mismos en el espacio y en el tiempo.

Todas estas informaciones tendrán que ser mapeadas a la escala normalmente utilizada por el CIC en su tarea de informatización cartográfica.

En las áreas de intervenciones demostrativas el Sistema Acuífero Local (SAL) tendrá, además, que ser objeto de unas reconstrucciones detalladas de las secuencias estratigráficas, de las potencias de las formaciones y de los sistemas de fallas y fracturas que serán elaboradas y presentadas en mapas temáticos a escala más detallada (1:100.000 – 1:50.000), para cumplir en los mejores de los modos con los objetivos específicos prefijados

2.2 - Sub Componente 2 – Hidrogeología Regional

(Fluodinámica, Hidrogeología, Hidrogeoquímica, Modelos)

Esta sub componente tiene la importante tarea de averiguar, definir y asegurar las informaciones hidrogeológicas necesarias e indispensable para tener un cuadro exacto del funcionamiento y de la disponibilidad hídrica del SAYTT. Además las informaciones aquí

recopiladas y elaboradas, servirán también para llevar a cabo la ejecución de de las intervenciones demostrativas en las áreas piloto.

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.

La reconstrucción hidrogeológica tendrá que permitir la formulación de un modelo conceptual del SAYTT y proporcionar los datos necesarios para la realización, en puntos específicos de las áreas demostrativas - en las microcuencas elegidas para los interventos de recarga y captación-, de un modelo numerico de flujo subterráneo indispensable para la realización de este tipo de obras.

Actualmente no existe una clasificación ni análisis de consistencia de las informaciones y menos una base de datos centralizada a nivel nacional o regional. Los datos relativos al SAYTT no siempre son confiables y se encuentran dispersos en las distintas instituciones públicas y empresas particulares.

Solamente alguna que otra información está configurada e implementada en el SIG. No existen modelos hidrogeológicos de algun tipo del SAYTT, en ninguno de los tres Países.

Dentro de la región del Sistema Acuífero hay unas 50 pozos de exploración petrolífera. Los datos de estas perforaciones podrán ser de auxilio para la reconstrucción estratigráfica e hidrogeológica del SAYTT en las áreas sin información estratigráfica profunda.

Por lo tanto la sub componente 2, entre sus múltiples incumbencias, tiene el importante deber de proporcionar las informaciones para diseñar unas estrategias, tendentes a alcanzar un desarrollo sostenible, mediante la implementación de planes de gestión que incluyen: la demanda hídrica, cambios de uso de la misma, modernización del riego, reuso del agua y, en su caso, la reducción o el aumento de los volúmenes de agua concesionados.

2.3 - Sub Componente 3 – Hidrometeorología, Hidrología Superficial e Influencia del Cambio Climático sobre los Recursos Hídricos

(Estadística, Hidrogeología, Hidrología, Meteorología, Teledetección)

Es ampliamente conocido que las lluvias constituyen el principal factor de control de la dinámica de los procesos hidrológicos, por consiguiente su correcta medición en el tiempo y en el espacio constituye un aspecto de fundamental importancia para la realización de pronósticos de crecientes confiables y seguros, y para los estudios de las relaciones hidrodinámicas entre aguas superficiales y subterráneas.

La posibilidad de disponer de estimaciones numéricas de los campos de precipitación y de aforo de los ríos sobre amplias áreas ha generado fuertes cambios en las metodologías y en las herramientas tradicionalmente usadas para el análisis de los sistemas hidrológicos superficiales

Las variaciones de lluviosidad y temperatura 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, consiguientemente, sobre la salinización del estrato húmico del suelo e de los mismo acuíferos.

Además el análisis de las imágenes radar ERS-SAR, normalmente utilizadas por el CONAE, permiten perfectamente la identificación de las oscilaciones espaciales y temporales de las áreas a elevado índice de salinidad; asociando este aspecto a las variaciones pluviométricas y térmicas registradas en las series históricas y a los datos extrapolados estadísticamente, se consiguen informaciones preciosas sobre los efectos de las variaciones climáticas en el área.

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 alcanzadas por aguas más salobres no aptas al uso potable.

La recopilación y el tratamiento de los datos existentes, la integración de estos con nuevas observaciones y la realización de un data base y de una cartografía temática a nivel transnacional, no solo servirá como instrumento esencial para desarrollar en proyecto propuesto, sino también será una herramienta importante para el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO para América Latina (ORCYT).

2.4 Sub Componente 4 – Vulnerabilidad y Riesgo de Contaminación

(Hidrogeología, GIS, Teledetección)

La *vulnerabilidad intrínseca* de un acuífero es la que depende, esencialmente, de sus características geo-hidrogeológicas y de sus propiedades hidráulicas, mucho más importante e interesante es la *vulnerabilidad inducida*, o sea la que está en función de los factores antrópicos y tiene un vínculo directo con la presencia de contaminantes y al movimiento de estos en el sistema.

Por lo tanto y en definitiva, el concepto útil para la planificación territorial es lo que procede de la intersección de las dos definiciones anteriormente mencionadas y que van a crear la llamada “*vulnerabilidad integrada*”, que está estrictamente ligada a la presencia, a la posición topográfica e hidrogeológica y a la tipología de los centros de peligro.

Las variaciones climáticas tienen un fuerte impacto sobre la cantidad y la calidad de los recursos hídricos subterráneos.

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 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 esta razón es muy importante realizar un mapa de la vulnerabilidad de las áreas demostrativas transfronterizas de los tres Países

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.

2.5 Sub Componente 5 – S.I.T. (Sistemas Informativos Territoriales) y Banco de Datos Regional

Los Sistemas Informativos Territoriales representan hoy en día una de las más interesantes conquistas tecnológicas para la gestión del territorio, dado que permiten, mediante determinados programas, de crear una correspondencia biunívoca entre conjuntos de objetos (áreas naturales, cuencas hidrográficas, centros de peligro, núcleos urbanos, relieves, etc.) ubicados en el territorio según sus coordenadas y archivos de datos y las informaciones cuantitativas o cualitativas que les conciernen.

Los S.I.T. son un potente medio de análisis y manejo de datos espaciales y son muy utilizados en el monitoreo ambiental, en el análisis del censo de población, en la realización de mapas de riesgo y en muchas otras aplicaciones. Ya es muy nota la importancia de un S.I.T. como soporte a todo el proceso de planificación territorial ya que garantiza una mayor velocidad en la toma de decisiones y al mismo tiempo ofrece la posibilidad de examinar, en manera más fácil y rápida, un elevado número de situaciones territoriales distintas.

Todas las Instituciones que desarrollan actividades gubernamentales y de planificación territorial, por la complejidad de los problemas que muchas veces se encuentran, necesitan recopilar una cantidad muy elevada de informaciones que, en la mayoría de los casos, proceden de varias fuentes, por lo tanto la homogenización de los datos geográficos es el único camino utilizable para llegar a obtener un intercambio ágil de los datos, manteniendo un alto nivel cualitativo del *data base* territorial.

La utilización del SIT contribuirá fuertemente al análisis y a la búsqueda de soluciones innovadoras para la planificación territorial y podrá integrarse perfectamente con la labor de informatización geográfica que el CIC está ya llevando a cabo.

2.6 Sub Componente 6 – Monitoreo y Control Hidrológico e Hidrogeológico

La sub Componente tendrá que desarrollarse, desde el comienzo de las actividades, en estrecha colaboración con la sub Componentes 2, 3 y 4. Esta parte del Proyecto contempla el procesamiento de los datos existentes (sub componentes 2,3 y 4), el análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales, integración con los mapas de vulnerabilidad y riesgo, elección de los parámetros a monitorear con los relativos procedimientos de toma, conservación y análisis que deben ser idénticos para los tres países.

Importante es lograr la construcción de una red conjunta transnacional de observación y monitoreo, utilizando y/o recuperando (si las hay) las instalaciones ya existentes, y creando un network con puntos de acceso para acceder a las informaciones, en cada uno de los tres Países.

Para mayor seguridad en la continuidad de las informaciones producidas por los puntos de monitoreo, es aconsejable la utilización de un sistema de teletransmisión de datos, más que el empleo de un operador para bajar directamente las informaciones registradas por los instrumentos.

Los resultados servirán para localizar los puntos para la ubicación la red de monitoreo y control, en las áreas piloto y en el área total, con las condiciones que estos deben satisfacer las siguientes condiciones básicas:

- i) Accesibilidad: los pozos tienen que ser fácilmente alcanzables en todo el año.

- ii) Reproducibilidad: los pozos y las instalaciones anexas, no deben influir en la calidad de las aguas a muestrear.
- iii) Significabilidad: los pozos tienen que representar fielmente las características hidrogeológicas del acuífero y de uno solo

2.7 Sub Componente 7 – Comunicación Social/Educación Ambiental/Análisis de las Normativas en vigor

Esta sub componente se interesa de la Participación Pública, la Educación y la Comunicación, por su importante papel en relación con el objetivo final, tendrá que empezar ya en la primera etapa del Proyecto.

Un análisis superficial de la estructura poblacional del Chaco, reporta una falta de coordinación, cooperación y sinergia entre las actividades promovidas por las instituciones públicas y privadas y cada uno de estos entre sí. No existen por lo general normativas precisas y concretas que regulen, en manera amplia y coordinada, la planificación territorial.

Solamente se han detectado algunos artículos de diferentes leyes y decretos que, de alguna u otra manera, tienen ingerencia en la regulación del sector.

En base a los conocimientos adquiridos, a la luz de la situación actual y de cara al inmediato futuro, resulta conveniente sugerir la creación de normas directivas, dirigidas a la protección de los recursos hídricos y al uso del suelo, mediante aportes técnicos en el proceso de elaboración de proyectos de leyes, decretos y reglamentos y otras manifestaciones a nivel gubernamental y del sector privado en general.

Particularmente importante es llegar a la creación de “**normativas comportamentales conjuntas**” para el manejo y la preservación de los recursos subterráneos. Estas normativas tienen que ser formuladas e institucionalizadas de común acuerdo, entre los tres Países, y deben interesar, sobre todo, las áreas fronterizas.

Por un lado tenemos los recursos hídricos en continuo decremento, por el otro la falta de una verdadera y general toma de conciencia del problema, por parte de las poblaciones que siguen considerando el agua como un simple “producto²”, más que un bien destinado a agotarse. Todo esto hace sí que los gobiernos tengan que garantizar la propiedad fundamental del agua: sustentar la vida.

Hay que decir que el cumplimiento de estos requisitos elementales no está limitado solamente por la disponibilidad de agua en sí, cuanto a una escasa política de manejo de los recursos hídricos, a una inversión insuficiente o no siempre bien dirigida a la solución de las problemáticas propias de determinadas áreas, al escaso mantenimiento de las estructuras existentes y a la ausencia de un monitoreo en línea con los interventos.

Sería por lo tanto oportuno que los gobiernos adoptaran nuevas estrategias de gestión de los recursos hídricos³ basadas en mejoras estructurales como, por ejemplo:

- **Estrategias**: de parciales y fragmentadas a sistemáticas.

² El término producto es aquí utilizado en el verdadero sentido de la palabra: algo que se puede obtener tras el pago de dinero, como la comida, la ropa de vestir, los vehículos... etc..

³ “...governments must take the lead...” se lee en el informe sobre el Día Mundial del Agua, que tuvo lugar en Roma el 29 de marzo de 1999.

- **Interventos**: de curativos a preventivos.
- **Inversiones**: de incrementales a estratégicas.

Un primer paso hacia adelante, podría ser la creación de un **Comité Técnico Transnacional**, constituido por expertos y funcionarios de los tres Países; este Comité podría encargarse de examinar, evaluar las peticiones de intervenciones y explotación de las aguas en los sectores tranfronterizos en un radio prudencial en el interior de los territorios de los tres Países y proponer políticas y planes de explotación de común acuerdo.

**SISTEMA ACUIFERO
YRENDA – TOBA –TARIJEÑO**

COMPONENTE: “Análisis Diagnostico Transfronterizo (ADT)”

<i>SUB COMPONENTE 1 - GEOLOGÍA REGIONAL</i>	
ACTIVIDADES	PRODUCTOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Desarrollar una estrecha coordinación entre las partes involucradas que implica la evaluación y articulación de la información existente, dentro del marco del Sub Componente “ANÁLISIS DIAGNOSTICO TRANSFRONTERIZO” (ADT) orientadas a la caracterización integral del acuífero, estructurando e implementando un sistema de información regional. ➤ Integrar toda la información disponible, sobre las características de la Geología Regional, Suelos, Estratigrafía, Geología Estructural de las Formaciones en el área del SAYTT, complementando con datos actualizados y el resultante de los estudios de antecedentes disponibles.. ➤ 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 a nivel regional 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, integrandolas en las areas piloto, con otros datos de exploración geoelectrica más profundas. ➤ ²Efectuar perfilados vertical y horizontal para verificar y complementar datos estratigráficos puntuales. ➤ Delimitar, mediante prospecciones geoelectricas, electromagnetismo y piezometros, las áreas compartidas por agua dulce - salobre - salada y determinar la profundidad de contacto del Terciario – Cuaternario. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mapa topográfico de base, unificado para los tres países, en sector del acuífero ➤ Cortes y block diagrams regionales integrados ➤ Mapas temáticos a escala regional (1:250.000 – 1:500.000) <ul style="list-style-type: none"> ➤ Mapas de suelos ➤ Mapas geologicos y estructurales ➤ Mapas de isopacas del techo y espesor del o de los acuíferos ➤ Mapas Paleohidrográficos ➤ Mapas de contacto Terciario-Cuaternario ➤ Data base a caracter regional asociado a los mapas tematicos

SUB COMPONENTE 2 - HIDROGEOLOGÍA REGIONAL	
ACTIVIDADES	PRODUCTOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ubicar y perforar los piezómetros que sirvan para la determinación de las piezometrias, de las características hidrogeoquímicas de las aguas, para realizar pruebas de averiguación de los parámetros hidráulicos y, sucesivamente, como puntos de observación de la red de monitoreo ➤ Integrar toda la información disponible sobre las características hidrogeológicas e hidroquímicas de los acuíferos del área de estudio y complementando hacia el Sur y el Este del área del Sistema Acuífero Toba. ➤ Validar y elaborar los datos existentes ➤ Estimación del balance hidrogeológico ➤ Estimar la recarga del SAYTT ➤ Distinguir entre reserva renovable y reserva geológica ➤ 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, de las condiciones paleoclimáticas y para realización del modelo hidrogeológico. ➤ Efectuar ensayos de bombeo para determinación de parámetros hidrogeológicos/hidráulicos. ➤ Determinar las características morfológicas y dinámicas de la capa freática y su interrelación con las profundas. ➤ Realizar un censo de los puntos de agua actualmente explotados y crear de una base de datos asociada. ➤ Establecer, por lo menos en las áreas piloto, las relaciones aguas superficiales – aguas subterráneas 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Realización de una base de datos centralizada a nivel nacional o regional. ➤ Realizar un mapa hidrogeológico regional del SAYTT ➤ Realizar mapas piezométricos, con particular énfasis en las áreas transfronterizas, en ambiente GIS ➤ Realización de un mapa, en ambiente GIS, de transmisividad del SAYTT a nivel regional y de detalle para las áreas de recarga y de frontera entre países. ➤ Realización de un modelo conceptual regional del SAYTT ➤ Realización en las áreas piloto de un modelo predictivo de comportamiento hidrodinámico del acuífero, mediante la aplicación de un código digital convencional (modflow y flowpath); ➤ Representación mediante Block Diagrams digitalizados ➤ Realizar perfiles de correlación hidrogeológica W-O y N.S ➤ Realización de mapas de contacto entre los estratos superficiales saturados y los profundos, a una escala adecuada ➤ Realización de un mapa regional de calidad química de las aguas y un mapa hidroquímico en ambiente GIS ➤ Cálculo de las portadas seguras y de las reservas subterráneas

SUB COMPONENTE 3 - HIDROMETEOROLOGÍA, HIDROLOGÍA SUPERFICIAL e INFLUENCIA DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS RECURSOS HÍDRICOS	
ACTIVIDADES	PRODUCTOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elaborar un Balance Hídrico. ➤ Establecer la interpretación y análisis de los registros climatológicos e hidrológicos. ➤ Analizar y validar de 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 temporaria. ➤ Identificar unas secciones hidrográficas para la medición de datos de aforos y sucesiva correlación de estos con los datos pluviométricos, tiempos de corrvación, etc., actualmente existentes ➤ Evaluar la infiltración en función de los parámetros hidrometeorológicos. ➤ Relacionar entre sí precipitación, evaporación e infiltración. ➤ Estimar las aportaciones al Sistema Acuífero procedentes de las aguas superficiales. ➤ Estimación de la recarga subterránea derivante de las variaciones de precipitación y temperatura, en un determinado periodo de tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mapas de isoietas a nivel regional. ➤ Mapas de las oscilaciones de las áreas salobres ➤ Mapas de infiltración ➤ Mapas de valores de lluviosidad eficaz que alimentan los acuíferos. ➤

SUB COMPONENTE 4 - VULNERABILIDAD, RIESGO DE CONTAMINACIÓN

ACTIVIDADES	PRODUCTOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elegir la cobertura multiespectral 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 fragiles y las zonas más debiles del área de estudio. ➤ Realizar un modelo de vulnerabilidad integrada por grandes unidades hidrogeológicas, como base indicativa para la identificación de las áreas más problemáticas ➤ Realizar un modelo de vulnerabilidad y riesgo en las áreas piloto, utilizando las metodologías más apropiadas en grado 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. ➤ Mediante la aplicación de las metodologías, determinar las características de las fuentes puntuales y dispersas de contaminación que se identifiquen efectuando una zonificación del área de estudio en términos de vulnerabilidad natural y/o por acciones antropogénica. También se identificarán las estrategias de remediación de situaciones de alto riesgo actual y de prevención de riesgo potencial. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 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 suelos salados, deducida por la interpretación de imagenes espaciales y relevos de campo ➤ Mapa de vulnerabilidad intrínseca por unidades hidrogeológicas ➤ Mapas de vulnerabilidad y riesgo intrínseco en las áreas piloto y en las de recarga y explotación ➤ Redactar un manual técnico y uno de “comportamiento”, para la preservación de la calidad de los recursos hídricos subterráneos en las areas de alto riesgo. ➤ Capacitación para los tecnicos sobre la “lectura” e “interpretación” de los mapas de vulnerabilidad ➤ Divulgación de las advertencias y comportamiento a nivel poblacional

SUB COMPONENTE 5 - S.I.T. (Sistemas Informativos Territoriales)/Base de Datos Regional

ACTIVIDADES	PRODUCTOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 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. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Organización de las informaciones territoriales ➤ Sintetisis de las informaciones, mediante proceduras especiales de elaboración, ➤ Derivar nuevos datos cruzando los ya existentes; ➤ Seleccionar, en el respeto de los objetivos impuestos por el planificador, las informaciones consideradas fundamentales; ➤ Ofrecer en forma rápida y eficaz los resultados obtenidos, en forma gráfica y tabular, de multiples escenarios; ➤ Verificar rapidamente la conformidad de planes y proyectos, con respeto a las características principales del territorio;

SUB COMPONENTE 6 – Monitoreo y Contról Hidrológico e Hidrogeológico	
ACTIVIDADES	PRODUCTOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Analizar las redes actualmente existentes 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 que actualmente están dañadas o en desuso. ➤ Identificar las áreas y los nudos críticos, para el monitoreo y el contról 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 multiparametrico, en áreas específicas, sobre la base de criterios comunes con los otros países. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reactivación de las estaciones actualmente existentes ➤ Equipamiento de los piezómetros realizados para la sub Subcomponente 2 ➤ Realización de un data base regional, con relativas interconexiones telematicas, entre los distintos centros de cada país ➤ Conexiones satelitales para el envío de las informaciones (por dos años)

SUB COMPONENTE 7 – Comunicación Social/Educación Ambiental/Análisis de las normativas en vigor	
ACTIVIDADES	PRODUCTOS
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Elaboración socio-económica de los datos existentes y su actualización, también mediante entrevistas sociológicas en las capas significativas de la población. ➤ Elaborar un diagnostico de la situación y de las características socio-económico-culturales del área en el interior del SAYTT. ➤ Clasificar las diferentes actividades económicas de la región interna al SAYTT, 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 tres Países. ➤ Establecer comparaciones entre las normativas en vigore en los tres Países 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Proponer una diagnosis del escenario futuro de la región. ➤ Construir una proyección de desarrollo de 20 años del área del Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT). ➤ Proponer un plan de acción teniendo como base el aprovechamiento sustentable del acuífero. ➤ Realizar um mapa de ordenamiento territorial del área del Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño (SAYTT). ➤ Indicar las pautas necesarias para la creación de normativas regionales sobre la utilización, protección y conservación de los recursos hídricos del SAYTT

PARTE IV

“Protección de la recarga del sistema acuifero, de la calidad del agua y de los ecosistemas relacionados. Identificación de las opciones para la mitigación de los riesgos asociados con los cambios climáticos globales en áreas piloto

INTERVENCIONES DEMOSTRATIVAS

*Aprender y no meditar es vano.
Reflexionar sin el estudio es peligroso
(Confucio)*

PREMISA

Como ya se había anticipado en el párrafo 1 de la sección anterior, un aspecto fundamental para que unos estudios tengan su recaída práctica y visible es la necesidad de realizar una serie de intervenciones demostrativas, en escenarios distintos y con problemáticas diferentes, recordando a continuación que, además de los objetivos que se puedan fijar para cada una de las intervenciones, no hay que olvidar que en cada una de ellas lo importante es:

- ❖ confirmar la voluntad de llevar a cabo acciones conjuntas a nivel transnacional,
- ❖ demostrar la importancia de las mismas para mejorar la calidad de vida de las poblaciones residentes y
- ❖ garantizar mayor seguridad en la calidad y cantidad de los recursos hídricos subterráneos futuros.
- ❖ Realizar intervenciones que no necesiten de altos costos o tecnologías complejas y delicadas para su funcionamiento y mantenimiento posterior.
- ❖ Sean reproducibles y exportables hacia zonas con características y problemáticas similares

En esta sección se van a describir tres propuestas de **Intervenciones Demostrativas (ID)** en áreas a caballo entre dos Países.

1 – OBJETIVOS GENERALES

Garantizar una Gestión Sustentable de los Recursos Hídricos Transnacionales, tomando cada área demostrativa como ejemplo de aplicación de metodologías aplicables y reproducibles en otros lugares del SAYTT.

Las actividades e intervenciones realizativas que tendrán que desarrollarse en el área demostrativa tienen que mejorar la calidad y la cantidad de los recursos hídricos subterráneos, garantizando la sostenibilidad de las explotaciones, asegurando y manteniendo la continuidad de las reservas hidrogeológicas y la calidad de las mismas.

Para lograr el mayor éxito, será necesario e indispensable recurrir a técnicas simples, pero al mismo tiempo eficaces y involucrar a los usuarios y a los beneficiarios del agua del acuífero, para obtener un mejor manejo de los recursos y alcanzar una toma de conciencia general de los riesgos asociados con los cambios globales.

Por lo tanto los objetivos primarios, que tendrán que ser alcanzados en las áreas demostrativas, son:

- ❖ Conocimiento de la potencialidad del acuífero de agua dulce de la zona.
- ❖ Protección de las zonas de recarga del acuífero, natural e inducida.
- ❖ Acciones para mitigar los eventos extremos debidos a la alternancia de sequía e inundaciones
- ❖ Optimización de los recursos hídricos, aumentando la producción de forma planificada.
- ❖ Proponer las bases para la creación de un marco jurídico, transnacional e regulatorio global, del agua como bien público, jurídicamente protegido y que concilie tanto el interés general como el privado.

La acción conjunta y coordinada de los tres países permitirá asegurar la protección de los recursos en las áreas más vulnerables, sobre todo en las de recarga, preservar la calidad del agua, protegiendo en este modo la salud pública y los ecosistemas que dependen de las aguas subterráneas.

El mejor conocimiento de funcionamiento del Sistema, permitirá también la identificación de las opciones óptimas, para la mitigación de los riesgos asociados con los cambios climáticos, sea a nivel local que en lo más general de la Cuenca del Plata.

Además, el estudio/aplicación que se va a llevar a cabo en las áreas demostrativas, servirá como ejemplo a ser replicado en el más amplio contexto de los acuíferos pedo-andinos que se encuentran al interior de la Cuenca del Plata.

2.- 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 extienden 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.

Lo anterior permite fraccionar el problema, considerando porciones de acuífero como unidades de gestión relativamente independientes, considerando su probable interconexión con las adyacentes y el contexto hidrológico de la cuenca.

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

En general los pobladores de la región se abastecen de agua subterránea, mediante la explotación de pozos de profundidad media y medio baja, los cuales tienen diferente calidad y cantidad. Además es largamente extendido el uso de la distribución hídrica mediante camiones cisternas, hecho que antes se verificaba solo en los periodos de sequía, mientras que en los últimos años ha aumentado mucho, sea por las variaciones pluviométricas y térmicas, debido al cambio climático, sea por el aumento de la demanda para uso ganadero.

La recogida y concentración de las aguas en atajados, aljibes y pequeñas represas, es causa de serias contaminaciones que provocan graves problemas para la salud tanto de las personas como de los animales.

Por todo esto se hace necesario investigar los acuíferos más profundos, por debajo de los 300 m. de profundidad, para buscar agua de mayor calidad, mejorando así la calidad de vida de los pobladores de la región, mediante el suministro de agua, sin riesgo de contaminación y con una disponibilidad hídrica más segura y continua.

3.- BENEFICIOS

El estudio y la realización de interventos operativos y prácticos en las áreas elegidas 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:

- a. La planificación del uso del agua para una utilización sustentable
- b. La protección del medio ambiente en el área de recarga, con el propósito de promover el desarrollo sostenible, regular el desarrollo económico y social
- c. Disminuir los problemas de salud de los pobladores de la zona, debidos a la escasez y a la mala calidad de las aguas, sobre todo de aquella utilizada por el consumo de agua de “atajados” contaminada, a la cual tienen acceso indistintamente los humanos como los animales.
- d. El reequilibrio entre las variaciones climáticas, naturales o inducidas, y la explotación racional de los recursos hídricos subterráneos
- e. La realización de **Planes de Gestión de Recursos Hídricos (PGRH)** a nivel regional, con evaluaciones periódicas, que deberán tener presente las proyecciones de las necesidades y la identificación de la anomalía detectada en el balance entre oferta y demanda que permitan efectuar previsiones que sean la base de líneas de acción concretas.
- f. La creación de una “*cultura del agua*” que permita una participación responsable de la sociedad en su conjunto, en la toma de decisiones con respecto al uso y manejo del recurso creando en consecuencia las condiciones de “buena vecindad” con las poblaciones de los Países adyacentes.
- g. La preservación de las zonas más frágiles del sistema, sobre todo las de recarga

h. Reducir al máximo los costos de abastecimiento de agua, en las épocas de sequía.

4. LAS AREAS PILOTO

La descripción detallada de cada área de intervención, de los objetivos específicos que se quieren alcanzar y de las tipologías de las intervenciones a llevar a cabo, será objeto de la Sección Segunda de esta misma Parte IV.

Según la toponimia los nombres de las tres áreas son:

1.1 Gral. E. A. GARAY – LA TRICOLOR

(Paraguay – Bolivia)

1.2 PALMAR GRANDE – TARTAGAL

(Bolivia-Argentina)

1.3 TTE. 1º M. CABELLO - CAPITAN PAGÉS

(Paraguay – Argentina)



INTERVENCIÓN DEMOSTRATIVA N° 1

Intervenciones para la optimización y la protección de los recursos hídricos subterráneos, mediante la utilización de la recarga inducida, mejoras en las obras de captación/almacenamiento y propuestas para la mitigación del riesgo de contaminación de los acuíferos
Gral. E. A. Garay-La Tricolor
(Bolivia – Paraguay)

1. UBICACION DEL AREA PILOTO

El área piloto fue propuesto por los especialistas de Paraguay y Bolivia. La parte paraguaya se encuentra en 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

Longitud

Latitud

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"		

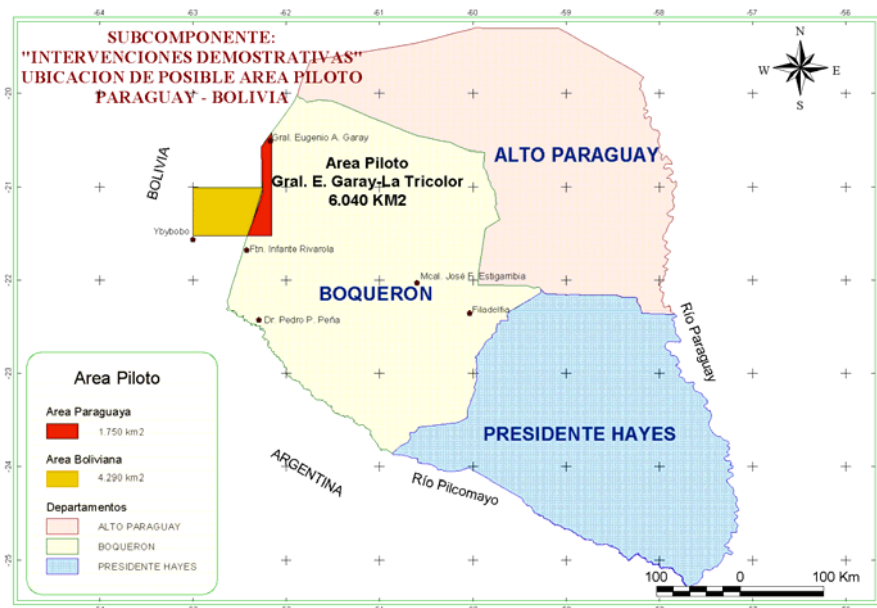


Fig. 1 Ubicación del área de estudio Gral. E. A. Garay-La Tricolor

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 esta caracterizada por cauces antiguos o paleocauces, y por geoformas modernas modeladas por los conos aluviales de los principales ríos de la región.

2.1 Aspectos socio-económicos

Solamente el Chaco central tiene una demanda de cerca de 5.000 m^3 por día ($\sim 1850 \text{ Mm}^3/\text{año}$), incluyendo consumo domestico, industrial, comercial y público, no incluye el uso agropecuario ni de riego.

Según Godoy, 1990 la demanda anual por cabeza de ganado en el Chaco paraguayo es de aproximadamente $18.25 \text{ m}^3/\text{año}$.

2.2 Problematicas 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 ultimos tiempos, a causa del aumento de la demanda y de la regresión de los volumen captados, se ha extendido el abastecimiento mediante camiones cisterna, lo que hace mas gravoso el costo por m^3 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, si 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 extienden 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 esta en función también 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 en objeto, 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 o un sistema de tuberías o reinyectándola, mediante pozos y sin bombeo, 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 enterradas, pre fabricadas en cemento, de gran capacidad (12-18.000 mc) y bajo costo (alrededor de 300-350 USD c.u.)

Para lograr todo esto es necesario realizar toda una serie de estudios que serán descritos en el párrafo 6 (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 pedo-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.
- 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 la realización de intervenciones operativas y prácticas, en el área elegida, deberá expandir la base de datos, consolidar el conocimiento actual del acuífero y aportar

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

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:

- Obtener condiciones de Protección y Preservación de las Zonas más Frágiles del SAYTT.
- Disponer de soluciones apropiadas para un uso sostenible y sustentable de los recursos hídricos.
- Reducir la tasa de mortalidad del área de influencia, cuyo crecimiento en los últimos tiempos está estrictamente conexas al consumo de agua contaminada de atajados o tajamares, utilizado indistintamente por humanos y animales.
- Favorecer el desarrollo socioeconómico del área
- Preservar el medio ambiente
- Tener más garantías de paz social.
- Crear una “**conciencia del agua**” por ambos lados de la frontera
- Crear un **Comité Técnico Integrado (CoTI)**, constituido por especialistas y administradores de ambos Países.

7. COMPONENTES

7.1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL SISTEMA ACUÍFERO LOCAL (SAL)

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 cuidadosa y precisa, para cumplir en los mejores de los modos 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.

Por último, pero no menos importante, las informaciones recopiladas y las obtenidas *ex novo*, aportarán los conocimientos suficientes para ayudarnos a comprender mejor 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

Una vez terminada la tarea de recopilación y elaboración de las informaciones existentes, se completarán las series y los datos faltantes a través de investigaciones, invasivas y no, del subsuelo, prospecciones geoelectricas (SEV), logs y sondeo explorativos (pozos y/o piezómetros)

7.1.1 Actividades

- a) Coordinarse con el CIC para la informatización de los materiales cartográficos
- b) Reconstruir las principales estructuras geológicas, sobre la base de las estratigrafías y de las informaciones geo-estructurales.
- c) Clasificar los suelos del área, determinando el grado de deterioro, si lo tuviera, ya sea por acciones naturales o antropogénicas.
- d) Efectuar perfilados verticales y horizontales para verificar y complementar datos estratigráficos puntuales.
- e) Determinar y delimitar, mediante metodologías invasivas y no, 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

La reconstrucción hidrogeológica tendrá que permitir la formulación de un modelo conceptual de detalle y proporcionar los datos necesarios para la realización de un modelo numérico de flujo subterráneo, para las microcuencas que serán objeto de las intervenciones.

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 de ahí extraído mediante el uso de pozos radiales¹ y almacenada en cisternas semi enterrada, pre fabricadas en cemento, de gran capacidad (12-18.000 mc) y bajo costo (alrededor de 300-350 USD c.u., precio en Brasil, diciembre 2004).

¹ Un pozo radial (de tipo Fehlmanno Rainey) es una perforación de 5 a 6 metros de diámetro interior que cuenta con un ademe de concreto reforzado. A la profundidad adecuada se realizan perforaciones horizontales de 8 a 10 pulgadas de diámetro y hasta 60 metros de longitud, perforaciones que se protegen con un ademe ranurado que funciona como cedazo

La producción de agua que se obtiene con los pozos radiales es muy elevada (desde luego dependiendo esta de las condiciones hidrogeológicas y de la realización del obra), la cual suple la producción de varios pozos del tipo convencional y vuelve más económica la operación. La ventaja de los pozos radiales se origina en que, al construir los drenes, la extracción de los sedimentos alrededor de los tubos colectores, los convierte en verdaderas galerías filtrantes con un filtro granular de tamaño muy bien graduado y eficaz.

Ello explica la larga vida de este tipo de captaciones sin problemas de colmatación, además de que la velocidad de entrada del agua al dren es muy baja y, en consecuencia, su capacidad de arrastre es prácticamente nula.

7.2.1 Actividades

- a) Determinar los perfiles estratigráficos e hidrogeológicos y su correlación, así como la zonación geoquímica horizontal y vertical en función de la documentación disponible.
- b) Determinar las características morfológicas y dinámicas de la capa freática y su interrelación con las profundas.
- c) Confirmar el potencial del acuífero y la posibilidad de acceso a la utilización sustentable de este recurso.
- d) Realizar un censo de los puntos de agua actualmente explotados y crear de una base de datos asociada
- e) Establecer las relaciones aguas superficiales – aguas subterráneas
- f) Efectuar ensayos de bombeo para determinación de parámetros hidrogeológicos e hidráulicos
- g) Ubicar pozos y piezómetros que sirvan para la determinación de las mediciones y los ensayos en áreas sin informaciones; para la toma de muestras para las determinaciones de las características químico-isotópicas de las aguas; para realizar pruebas de averiguación de los parámetros hidráulicos y, sucesivamente, como puntos de observación de la red de monitoreo.
- h) Efectuar una detallada campaña de mediciones piezométricas, por lo menos una en el periodo de sequía y otra en el de recarga máxima
- i) 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
- j) Implementar un Banco de Datos común para los dos países que comparten el/los acuífero/s, convirtiéndolo en base de recolección, actualización y mantenimiento de todas las informaciones relativas al agua subterránea de la región. Dicho banco de datos tendrá que estar en constante comunicación con el Sistema Operativo Regional de recogidas de informaciones y, por lo tanto, será un “proveedor” de informaciones para el *data base* regional
- k) Distinguir entre reserva renovable y reserva geológica
- l) Estimar la recarga del SAYTT
- m) 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
- n) Definir, en función de lo anterior, los lugares más aptos y programar caudales y regímenes de explotación acordes, evitando sobre explotación, procesos de salinización y contaminación

- o) Diseñar un sistema de monitoreo transfronterizo del acuífero, herramienta esencial para la gestión integrada de los recursos hídricos y del uso del suelo
- p) Investigar y aplicar soluciones técnicas apropiadas
- q) 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.
- r) Establecimiento de microcuencas experimentales para evaluación hidrológica.
- s) Revisión y perfeccionamiento de las evaluaciones del potencial de captación de las cuencas abastecedoras
- t) Evaluación de las relaciones hídricas de distintas coberturas para la gama de condiciones climáticas y edáficas de las cuencas abastecedoras
- u) Proyecto para la recarga inducida y captación/distribución de las aguas subterráneas

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 (1:50.000)
- ❖ Mapas (1:50.000) de los parámetros físicos: T, Q/s, S, K, Conductibilidad
- ❖ Mapas de la calidad química de las aguas (1:50.000)
- ❖ Construcción de un modelo conceptual general y uno matemático del funcionamiento hidrogeológico en las áreas destinadas a la recarga inducida y a las restitución/extracción, en función de las variables obtenidas en el estudio
- ❖ Diseño de sistemas de captación /distribución para aguas de riego o potables
- ❖ Realización en las áreas piloto de un modelo predictivo 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

7.3 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 e de los mismo 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 alcanzadas por aguas más salobres no aptas al uso potable.

7.3.1 Actividades

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

7.3.2 Productos

- ❖ Modelos de generación de los datos hidrometeorológicos e hidrológicos para las áreas sin observaciones directas
- ❖ Mapas de isoietas a nivel regional.
- ❖ Balance hídrico del área demostrativa
- ❖ Balance hídrico de los terrenos no saturados,
- ❖ Mapas de los parametros 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 ipotesis de desarrollo sostenible de los Países involucrados

7.4 VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN

En ninguno de los dos 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. Ambos tienen que ser confrontables e intersecables mediante matrices cuadradas para dar, como resultado, la vulnerabilidad intrínseca del sistema (VIS) y ser utilizados también en forma separada.

7.4.1 Actividades

- a) Análisis de detalle del área mediante imágenes telerelevadas y observaciones de campo.
- b) Elegir la cobertura multispectral y multitemporal óptima. Tratar y elaborar de forma específica las imágenes para la realización de mapas temáticos (georeferenciación, ensamblamiento de las imágenes, elaboraciones espectrales en general)
- c) 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.
- d) Realizar un modelo de vulnerabilidad y riesgo en las áreas piloto, utilizando metodología más apropiada capaces de individualizar el comportamiento de cada uno de los horizontes acuíferos presentes en un sistema multicapas.
- e) Establecer los criterios para fijar los límites de protección en la zona de explotación (pozos) y en las áreas de recarga.
- f) 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.
- g) 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.
- h) 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.
- i) Proponer acciones apropiadas de mitigación o reparación ambiental relativa a la acción de la deforestación.

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 las áreas desertificadas, por efecto naturales o antropicos, a escala. 1:100.000 – 1:50.000
- ❖ 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
- ❖ 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

7.5 MONITOREO Y CONTRÓL HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

Es necesario conseguir una óptima integración y colaboración con los técnicos de ambos Países y con los grupos 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 en la fase de ubicación de piezómetros o pozos “espía”.

La función principal que tendrán que desarrollar los piezómetros/ 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 periodo, una determinación suficientemente precisa, del arco de tiempo en el cual se deben empezar a extraer aguas del subsuelo para facilitar las infiltraciones en el subalveo.

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 tipología del acuífero/s considerado/s y por las características hidrodinámicas del sistema.

7.5.1 Actividades

- a) Analizar las redes actual (si existe) para la obtención de datos
- b) Determinar el uso del agua

- c) Valorar y validar los datos existentes
- d) Considerar la posibilidad/conveniencia de recuperar las estaciones de medición (si las hay) que actualmente están dañadas o en desuso.
- e) Identificar las áreas y los nudos críticos, para el monitoreo y el control de la calidad/cantidad de los recursos hídricos subterráneos.
- f) Establecer de acuerdo con los tres países interesados, los parámetros significativos que tendrían que ser objeto de controles.
- g) Elegir el sistema mejor de adquisición y de transmisión de los datos.
- h) Diseñar una red de monitoreo y control multiparametrico, 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 la sub Subcomponente 2
- ❖ Realización de un data base regional, con relativas interconexiones telematicas, entre los distintos centros de cada país
- ❖ Conexiones satelitales para el envío de las informaciones (por dos años)

7.6 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.

7.6.1 Actividades

- a) 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 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;

7.7 COMUNICACION SOCIAL/EDUCACION AMBIENTAL/ANALISIS DE LAS NORMATIVAS

En el caso del área demostrativa es ausplicable que los dos Países involucrados, consiguieran vincular los planes hidráulicos nacionales a la ordenación de las aguas transfronterizas, creando un **Comités 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 demograficas del área, es ausplicable que las decisiones se tomen al nivel más bajo posibl.

7.7.1 Actividades

- a) Clasificar las diferentes actividades económicas en el area de los interventos, y evaluar su potencial actual y futuro, teniendo en cuenta el aprovechamiento sustentable del acuífero.
- b) Estimar el grado de deterioro ambiental, actual y futuro, de la región , respecto a las actividades económicas presentes.
- c) Analizar las reglamentaciones y los instrumentos legales existentes en la actualidad en los dos Países.
- d) Establecer comparaciones entre las normativas en vigore en los dos Países
- e) 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
- f) 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.
- g) 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

7.7.2 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)



INTERVENCIÓN DEMOSTRATIVA N° 2

“Protección de la recarga del sistema acuífero, de la calidad del agua y de los ecosistemas relacionados. Identificación de las opciones para la mitigación de los riesgos asociados con los cambios climáticos globales en el Área Piloto Palmar Grande – Tartagal (Bolivia-Argentina)”

1. UBICACION DEL AREA PILOTO

El área piloto fue acordada entre los consultores técnicos de Bolivia y Argentina. La zona en objeto se ubica al sur del río Pilcomayo y al norte del río Bermejo y comprende un ramal de poblaciones desde El Palmar -(Departamento Tarija - Bolivia) hasta Tartagal (Departamento San Martín - Argentina). Con una población estimada de 140.000 personas (60.000 en el sector boliviano y 80.000 en el área argentina.

El área que abarca es de 3.440 Km² correspondiendo 2.040 Km² (59,3%) al sector boliviano y 1.400 Km² (40,7%), al sector argentino. Las coordenadas son las siguientes:

Área Piloto Palmar Grande-Tartagal

BOLIVIA

ARGENTINA

Longitud

Latitud

Longitud

Latitud

63° 15' 00''	21° 31' 20''
63° 43' 00''	21° 31' 20''

63° 54' 00''	22° 36' 00''
63° 36' 00''	22° 36' 00''

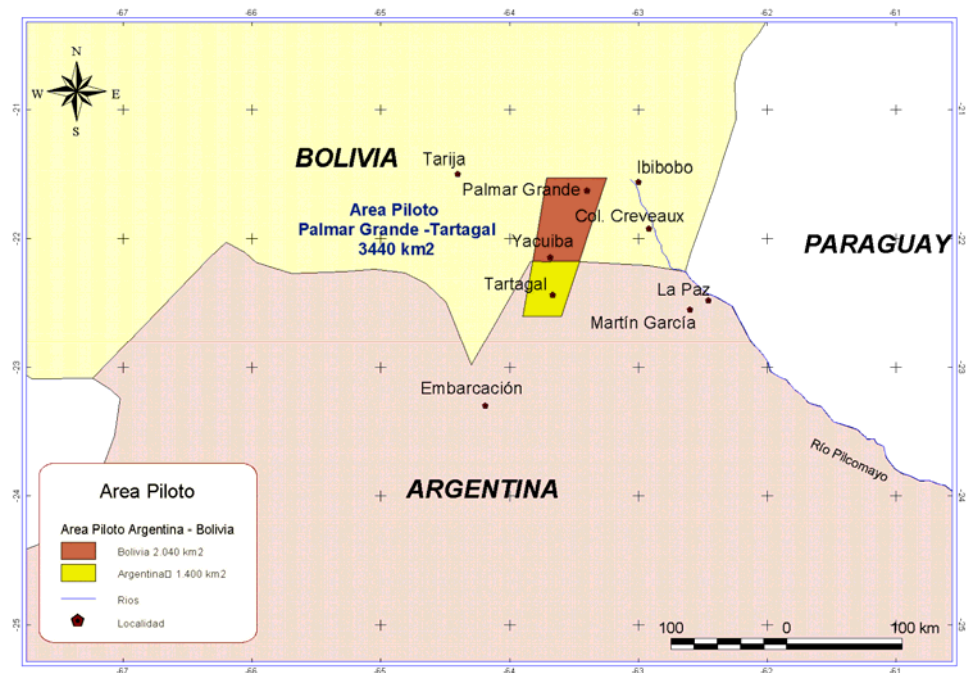


Fig. 1 Ubicación del área de estudio Palmar Grande - Tartagal

2. DESCRIPCION DEL AREA DE INTERVENCION

El área interesa, en su conjunto, el sector de recarga del pie de monte subandino Boliviano-Argentino, ubicado al sur del río Pilcomayo y al norte del río Bermejo.

Esta porción del Chaco se caracteriza por la escasez de precipitaciones y por la fuerte demanda hídrica, sobre todo por el lado argentino. Los abastecimientos se realizan actualmente principalmente por medios de pozos (generalmente mal construidos) o por pequeñas represas de aguas superficiales, muchas veces casi del todo colmatadas por la gran cantidad de sedimentos acarreados por las aguas.

Esta abundancia de sedimentos pone de manifiesto no solo la alta erosionabilidad de las formaciones presentes, sino también la disminución gradual, pero continua, de la cobertura vegetal por la acción antropica del hombre que, de forma continua y sistemática, está realizando labores de deforestación, para disponer de mayores espacios para la producción agropecuaria, que es uno de los principales sostenes de la economía de la región

2.1 Aspectos socio-económicos

En la zona de piedemonte boliviana es importante conocer la oferta- demanda, de agua superficial, para su utilización en el riego de grandes extensiones de terrenos, porque es el área que abastece de alimentos a los pobladores de la región, mediante el cultivo de diferentes productos.

En la Argentina el ramal de poblaciones desde Gral. Mosconi hasta Pocitos (frontera con Bolivia) es una de las zonas con mayor índice de desocupación del País. El cierre de la ex-

empresa estatal de hidrocarburos Y.P.F., sin el reemplazo lógico para los pobladores de otras fuentes de trabajo, ha generado en el área una gran demanda laboral.

Todo proyecto gubernamental, agropecuario, industrial, etc., que tienda revertir esta afligente desocupación, necesariamente implica una nueva demanda de agua.

2.2 Problemáticas locales

Por lo general casi toda el área pasa, cada año, largos periodos “**de emergencia hídrica**” en los cuales hay que realizar medidas urgentes, la mayoría de las veces sin el tiempo útil para desarrollar un estudio mínimo de los efectos y consecuencias de la abertura de los nuevos pozos, todo con la mirada y la necesidad puesta a aliviar la crisis hídrica y evitar problemas de orden público.

Otro aspecto importante es la preservación los recursos hídricos superficiales a la contaminación por hidrocarburos en la zona de recarga, como ha ocurrido en la quebrada Los Monos, en el Subandino Sur y que esta ubicada cerca de la ciudad de Villamontes (Bolivia), la cual se abastece de agua de la zona de recarga del SAYTT.

En enero de 1999 instituciones locales alertaron que uno de los pozos (Nro. 8) del área se encontraba descontrolado y que de forma continua filtraba petróleo y gas causando la extinción de toda forma de vida en una superficie de 10.000 m² alrededor de pozo afectado y en una longitud de 18 km a lo largo de la quebrada Los Monos hasta desembocar en el río Pilcomayo. Según un informe de la Auditoría Ambiental de la empresa Chaco S.A. se impactó un volumen de suelo de aproximadamente 4.000 m³ alrededor y bajo el pozo debido al petróleo infiltrado, además se detectó la existencia de fugas en los pozos Nro. 6 y Nro. 7.

Si bien la actividad petrolera en Argentina ha disminuido en las Sierras Subandinas, los yacimientos tienen aún locaciones para explorar y habría que delimitar y proteger las principales áreas de recarga del sistema.

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

Además los problemas de desorden públicos que se han registrado en los últimos tiempos, sobre todo en la parte Argentina, sugieren urgentes intervenciones para paliar este gravísimo problema. 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 través de las actividades agropecuarias como de la pequeña y mediana industria.

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 un desarrollo sostenible de la zona sin antes pensar que un uso planificado de los recursos hídricos, subterráneos y superficiales, debe ser estructurado en forma sustentable, teniendo en cuenta la vulnerabilidad y la 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 sirvan como modelo y ejemplo exportable hacia otras localidades regionales y no.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

El objetivo específico del Sub-proyecto es asistir a la acción conjunta y coordinada de los dos países que permita 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.

Los propósitos a alcanzar son:

- A. Conocer los volúmenes de la recarga en el área transnacional.
- B. Determinar de la potencialidad de agua dulce del sistema en ambos Países.
- C. Lograr un manejo integrado binacional de los recursos hídricos
- D. Proteger la zona de recarga
- E. Evitar la contaminación de los acuíferos de efluentes salinos y vertidos de hidrocarburos
- F. Establecer acciones conjuntas para mitigar los eventos extremos debido a la alternancia de sequía e inundaciones.
- G. Determinar las regiones más aptas para una explotación racional del abastecimiento a las comunidades.

Los logros alcanzados servirán como ejemplo para ser replicados en el más amplio contexto de los acuíferos pedo-andinos que se encuentran en el interior de la Cuenca del Plata.

6. BENEFICIOS

El estudio y la realización de interventos operativos y prácticos, 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 logrará los siguientes beneficios:

- Planificar del uso del agua para una utilización sustentable y duradera en ambos Países
- Disminuir de la mortalidad de los pobladores de la zona, por el consumo de agua contaminada, de “atajados” o “madrejones” a la cual tienen acceso indistintamente los humanos como los animales.
- Disminuir de los costos de aprovisionamiento de agua, en las épocas de sequía.
- Preservar el ecosistema del Chaco en la zona de recarga.
- Disminuir la erosión de los suelos tanto en la zona de recarga como también en la llanura chaqueña.
- Preservación de las zonas más frágiles del sistema
- Protección del medio ambiente en el área de recarga, con el propósito de promover el desarrollo sostenible, regular el desarrollo económico y social.
- Crear una “**conciencia del agua**” por ambos lados de la frontera
- Crear un **Comitè Técnico Integrado (CoTI)**, constituido por especialistas y administradores de ambos Países.
- Tener más garantías de paz social

7. COMPONENTES

7.1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL SISTEMA ACUÍFERO LOCAL (SAL)

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 cuidadosa y precisa, para cumplir en los mejores de los modos 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 Actividaes

- a) Coordinarse con el CIC para la informatización de los materiales cartográficos
- b) Reconstruir e las principales estructuras geológicas sobre la base de las estratigrafías y de las informaciones geo-estructurales.
- c) Clasificar los suelos del área, determinando el grado de deterioro, si lo tuviera, ya sea por acciones naturales o antropogénicas.
- d) Efectuar perfilados verticales y horizontales para verificar y complementar datos estratigráficos puntuales.
- e) Reconstruir e las principales estructuras geológicas sobre la base de las estratigrafías y de las informaciones geo-estructurales.
- f) Coordinarse con el CIC para la informatización de los materiales cartográficos.
- g) Elaborar, evaluar e interpretar las informaciones geofísicas existentes, integrandolas en las areas piloto, con otros datos de exploración geoelectrica más profundas.
- h) Efectuar perfilados vertical y horizontal para verificar y complementar datos estratigráficos puntuales.
- i) 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 caracter regional asociado a los mapas tematicos

7.2 HIDROGEOLOGÍA

La reconstrucción hidrogeológica tendrá que permitir la formulación de un modelo conceptual y proporcionar los datos necesarios para la realización, en las microcuencas elegidas, de los interventos de captación y de protección y mejora de la recarga.

Además tendrán que ubicarse las perforaciones necesarias para averiguar las informaciones necesarias en las áreas con ausencia de pozo y/o sin datos históricos y realizarse las obras hidráulicas propuesta para la puesta a disposición de mayores volúmenes de agua, bajo una explotación segura y controlada.

En esta área, sobre todo en los largos periodos de escasez hídrica superficial, se aconseja el uso de trincheras o galería de drenaje, paralelas al curso del río. Este sistema es muy bueno, pero necesita unas pendientes del cauce de no menos del 1,7%-2,0%. En este modo se conseguiría extraer aguas sin la necesidad del uso de bombas eléctricas, con un elevado ahorro energético. Además se podrían realizar en varios puntos de la franja de piedemonte donde mayor es la demanda para riego y para la población. Las aguas en exceso, mediante un sobrante

en los depósitos de acumulación, se regresan al cauce y de ahí se infiltran en manera autónoma en el subsuelo. Para las zonas de paleocauces o de cauces estacionales, con menor gradiente y con niveles freáticos relativamente profundos, se podrían realizar barreras semipermeables – para garantizar un flujo mínimo vital de subcauce – cuya coronación se quedara un metro o dos por debajo del lecho del río. Este sistema permite una acumulación subterránea por el aumento de nivel debido a la ralentización del flujo y, posteriormente, la extracción de mayores volúmenes de agua.

Uso de pozos radiales en áreas de llanura con acuíferos de no muy elevada profundidad y con permeabilidad de buena a discreta.

7.2.1 Actividades

- a) Determinar los perfiles estratigráficos e hidrogeológicos y su correlación, así como la zonación geoquímica horizontal y vertical en función de la documentación disponible.
- b) Determinar las características morfológicas y dinámicas de la capa freática y su interrelación con las profundas.
- c) Confirmar el potencial del acuífero y la posibilidad de acceso a la utilización sustentable de este recurso.
- d) Realizar un censo de los puntos de agua actualmente explotados y crear de una base de datos asociada
- e) Establecer las relaciones aguas superficiales – aguas subterráneas
- f) Efectuar ensayos de bombeo para determinación de parámetros hidrogeológicos e hidráulicos
- g) Ubicar pozos y piezómetros que sirvan para la determinación de las mediciones y los ensayos en áreas sin informaciones; para la toma de muestras para las determinaciones de las características químico-isotópicas de las aguas; para realizar pruebas de averiguación de los parámetros hidráulicos y, sucesivamente, como puntos de observación de la red de monitoreo.
- h) Efectuar una detallada campaña de mediciones piezométricas, por lo menos una en el periodo de sequía y otra en el de recarga máxima
- i) 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
- j) 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
- k) Distinguir entre reserva renovable y reserva geológica
- l) Estimar la recarga del SAYTT
- m) 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
- n) Definir, en función de lo anterior, los lugares más aptos y programar caudales y regímenes de explotación acordes, evitando sobreexplotación, procesos de salinización, contaminación
- o) Diseñar un sistema de monitoreo transfronterizo del acuífero, herramienta esencial para la gestión integrada de los recursos hídricos y del uso del suelo

- p) Investigar y aplicar soluciones técnicas apropiadas para mejorar los volúmenes de agua extraíbles
- q) Establecimiento de microcuencas experimentales para evaluación hidrológica.
- r) Revisión y perfeccionamiento de las evaluaciones del potencial de captación de las cuencas abastecedoras
- s) Evaluación de las relaciones hídricas de distintas coberturas para la gama de condiciones climáticas y edáficas de las cuencas abastecedoras

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 (1:50.000)
- ❖ Mapas (1:50.000) de los parámetros físicos: T, Q/s, S, K, Conductividad
- ❖ Mapas de la calidad química de las aguas (1:50.000)
- ❖ Diseño de sistemas de captación /distribución para aguas de riego o potables
- ❖ Realización en las áreas piloto de un modelo predictivo de comportamiento hidrodinámico del acuífero, mediante la aplicación de un código digital convencional (modflow y flowpath);
- ❖ Realización de las obras para las captaciones y almacenamiento de las aguas

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, conseqüentemente, sobre la salinización del estrato hídrico del suelo e de los mismo 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 alcanzadas por aguas más salobres no aptas al uso potable.

7.3.1 Actividades

- a) Establecer la interpretación y análisis de los registros climatológicos e hidrológicos
- b) Analizar y validar de los datos meteorológicos existentes

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

7.3.2 Productos

- ❖ Modelos de generación de los datos hidrometeorológicos e hidrológicos para las áreas sin observaciones directas
- ❖ Mapas de isohietas a nivel regional.
- ❖ Balance hídrico del área demostrativa
- ❖ Balance hídrico de los terrenos insaturados,
- ❖ 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 dos Países involucrados

7.4 VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN

En ninguno de los dos 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. Ambos tienen que ser confrontables e intersecables mediante matrices cuadradas para dar, como resultado, la Vulnerabilidad Intrínseca del Sistema (VIS) y ser utilizados también en forma separada.

7.4.1 Actividades

- a) Recopilación de las informaciones básicas también y reconocimiento de los efectos ocasionados por los diferentes impactos ambientales que están íntimamente relacionados con el recurso hídrico.
- b) Análisis de detalle del área mediante imágenes telerelevadas y observaciones de campo.
- c) Identificación y zonificación de áreas deforestadas, identificar los efectos actuales y potenciales causados por la depredación de la flora.
- d) Elegir la cobertura multispectral y multitemporal óptima. Tratar y elaborar de forma específica las imágenes para la realización de mapas temáticos (georeferenciación, ensamblamiento de las imágenes, elaboraciones espectrales en general)
- e) 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.
- f) Realizar un modelo de vulnerabilidad y riesgo en las áreas piloto, utilizando metodología más apropiada capaces de individualizar el comportamiento de cada uno de los horizontes acuíferos presentes en un sistema multicapas.
- g) Establecer los criterios para fijar los límites de protección en la zona de explotación (pozos) y en las áreas de recarga.
- h) 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.
- i) 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.
- j) 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
- k) Proponer acciones apropiadas de mitigación o reparación ambiental relativa a la acción de la deforestación.
- l) Identificación y zonificación de diferentes áreas desertificadas por efecto naturales o antropogénicas y los efectos actuales y potenciales ejercidos sobre el área de influencia del proyecto piloto

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 a escala 1:100.000 – 1:50.000
- ❖ Mapa de las áreas desertificadas, por efecto naturales o antropicos, a escala. 1:100.000 – 1:50.000
- ❖ 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
- ❖ 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

7.5 MONITOREO Y CONTRÓL HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

La función principal que tendrán que desarrollar los piezómetros/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 intervalo en el cuál se deben empezar a regular la extracción de agua..

Terminada la operación los mismo puntos de monitoreo servirán para el control de la recuperación del acuífero y para seguir la evolución del mismo, 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 dos, por la tipología del acuífero/s considerado/s y por las características hidrodinámicas del sistema.

7.5.1 Actividades

- a) Analizar las redes actual (si existe) para la obtención de datos
- b) Determinar el uso del agua
- c) Valorar y validar los datos existentes
- d) Considerar la posibilidad/conveniencia de recuperar las estaciones de medición (si las hay) que actualmente están dañadas o en desuso.
- e) Identificar las áreas y los nudos críticos, para el monitoreo y el control de la calidad/cantidad de los recursos hídricos subterráneos.
- f) Establecer de acuerdo con los tres países interesados, los parámetros significativos que tendrían que ser objeto de controles.
- g) Elegir un sistema mejor de adquisición y de transmisión de los datos.

- h) Diseñar una red de monitoreo y control multiparametrico, 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 la sub Subcomponente 2
- ❖ Realización de un data base regional, con relativas interconexiones telematicas, entre los distintos centros de cada país
- ❖ Conexiones satelitales para el envío de las informaciones (por dos años)

7.6 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.

7.6.1 Actividades

- a) 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 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 respecto a las características principales del territorio.

7.7 COMUNICACION SOCIAL/EDUCACION AMBIENTAL/ANALISIS DE LAS NORMATIVAS

En el caso del área demostrativa es ausplicable que los dos Países involucrados, consiguieran vincular los planes hidráulicos nacionales a la ordenación de las aguas transfronterizas, creando un **Comités 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 último, 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.

7.7.1 Actividades

- a) Clasificar las diferentes actividades económicas en el área de los interventos, y evaluar su potencial actual y futuro, teniendo en cuenta el aprovechamiento sustentable del acuífero.
- b) Estimar el grado de deterioro ambiental, actual y futuro, de la región, respecto a las actividades económicas presentes.
- c) Analizar las reglamentaciones y los instrumentos legales existentes en la actualidad en los dos Países.
- d) Establecer comparaciones entre las normativas en vigor en los dos Países
- e) 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
- f) 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.
- g) 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

7.7.2 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 Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTEAS)



INTERVENCIÓN DEMOSTRATIVA N° 3

INVESTIGACIÓN PARA LA CONFIRMACIÓN DE ACUÍFEROS PROFUNDOS DE AGUAS DULCES, EN EL ÁREA TRANSFRONTERIZA DE ARGENTINA Y PARAGUAY Y REALIZACIÓN DE OBRAS DE CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

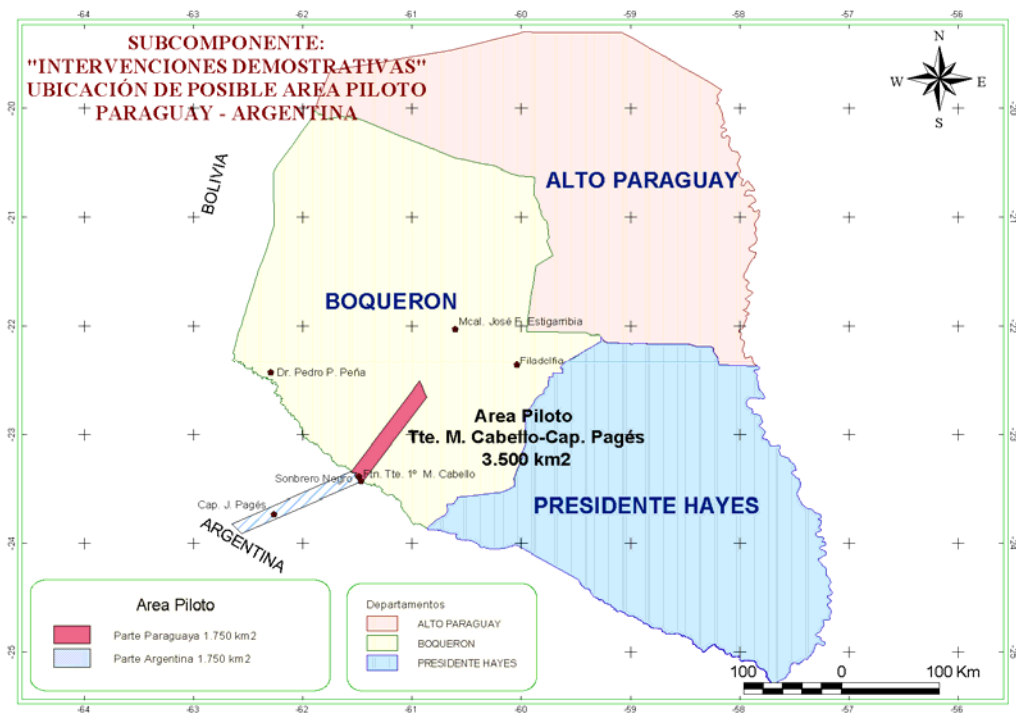
Área de: Tte. M. Cabello - Capitan Pagés
(Paraguay – Argentina)

3. UBICACION DEL AREA PILOTO

El área piloto es el resultado de una propuesta conjunta, hecha por los consultores técnicos 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 es de 3.500 Km.², distribuidas en partes iguales a ambos lados de la frontera. Fig. 1 y esta delimitada por las siguientes coordenadas:

Área Piloto Tte. Cabello- Capitán Pagés		Área Piloto Tte. Cabello- Capitán Pagés	
PARAGUAY		ARGENTINA	
Longitud	Latitud	Longitud	Latitud
60°51'41''	22°38'51''	62°38'54.96''	23°49'15.24''
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°55'48.72''	22°30'9.36''	62°33'36.36''	23°54'30.6''



Ubicación del área piloto Tte. Cabello – Capitán Pagés

4. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN

El área de referencia es una zona de llanura con escasos y poco significativos relieves, se extiende por ambos márgenes del río Pilcomayo y es limítrofe entre los dos países; las localidades más importantes son la del Fortín Tte. 1° M. Cabello en territorio paraguayo y de Capitán Pagés que se ubica entre los ríos Bermejo (al sur) y Pilcomayo (al norte).

Es una de las áreas con mayor problema de abastecimiento de agua en la zona del Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño.

En la zona existen paleocauces, tanto del río Bermejo (con rumbo aprox. noroeste-sureste) como del Pilcomayo (con rumbo más hacia el sur). A medida que nos trasladamos de C. Pagés hacia el límite con Paraguay, pasamos del ámbito de la cuenca Bermejo hacia la cuenca del Pilcomayo, en esta área de intercuenca hay ausencia de paleocauces.

4.1 Aspectos socio-económicos

En el área (por el lado argentino) viven unas 20.000 personas, prevalentemente Chaqueños (criollos) que se dedican a la ganadería, nuevos colonos que llegan desde el sur y se dedican a cultivar lo que queda de la tierra, muchas veces recurriendo a una deforestación incontrolada, para aumentar las superficies cultivables.

Por último están las poblaciones aborígenes locales, generalmente son Tobas, Wichi, Chulupies (estos últimos están cerca a la extinción ya que quedan solo nueve familias) y Tapietes, unas 2.000 personas en total que viven fundamentalmente de la pesca y de la caza silvestre.

2.2 Problemáticas locales

Existen pequeños poblados como Capitán Pagés, Los Blancos, etc que tienen aproximadamente entre 800 y 1000 personas y hay poblados dispersos que se abastecen de unos pozos excavados y madrejones (depresiones con agua sin potabilizar), que se secan en Julio/Agosto. La escasez de agua obliga a desarrollar cultivos de secano, poco rentables y con cosechas variables

El abastecimiento de estas localidades, durante varios meses al año, al igual que las que continúan por la ruta nacional 81 en la provincia de Formosa, se realiza por medio de camiones-cisternas.

El Sistema Acuífero Yrendá-Toba-Tarijeño, sobre todo en la parte paraguaya, cuenta con numerosos pozos, de los cuales una buena parte de ellos corresponde a pozos freáticos no profundos, que están distribuidos por todo el Chaco.

Estos son de rendimiento restringido y su importancia radica, en la mayoría de los casos, en la de proveer agua dulce para satisfacer las necesidades básicas de la población.

Muy grave es la situación sanitaria, sobre todo en la población indígena, en la época del cólera, en el año 1994, hubo un 124 por mil de mortalidad infantil. Hoy, desgraciadamente, no han cambiado mucho las cifras.

Además los problemas de desorden públicos que se han registrado en los últimos tiempos, sobre todo en la parte Argentina, sugieren urgentes intervenciones para paliar este gravísimo problema. 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 través de las actividades agropecuarias como de la pequeña y mediana industria.

3. JUSTIFICACIONES

Por el lado argentino, entre Los Blancos y Capitán Pagés (Salta) se habían realizado 11 perforaciones, que habían constatado la presencia de agua salobre y salada hasta profundidades de 300 metros.

En el año 2004, se perforó en Capitán Pagés un pozo exploratorio que alcanzó los 400 metros de profundidad, el cual detectó un reservorio de agua potable entre los -325 metros y los -385 metros. Este intervalo acuífero, en formaciones sedimentitas terciarias de 60 metros de espesor, tenía su nivel estático a los 15 metros bajo boca pozo y en la prueba de ensayo dió un caudal de 20 m³/h, con una conductividad de 800 µs/cm.

Este descubrimiento ha motivado al Gobierno de la Provincia de Formosa a realizar una prospección geoelectrónica profunda, desde Capitán Pagés hacia el este y hacia el norte, con el objetivo de constatar la continuidad de este reservorio en la provincia.

A la vista de estos resultados, resulta evidente como hay que concentrar los esfuerzos en el Departamento de Boquerón (Paraguay) con el objetivo de constatar la continuidad del reservorio de agua dulce por este lado de la frontera.

Este segmento del área piloto tiene claros indicios de ser 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 inferior por debajo de los 195 – 230 m, con acuíferos de agua dulce.

Litológicamente los acuíferos están constituidos por arenas finas en la mayoría de los casos.

Hasta el momento es desconocido el espesor total saturado de los acuíferos con agua dulce en el Chaco Oeste paraguayo, área que corresponde a la zona objeto de la intervención.

4. IMPORTANCIA DE LAS INTERVENCIONES

Los pozos profundos que determinaron, de alguna u otra forma, el espesor de los estratos de agua dulce, fueron aportados por perforaciones originadas a partir de exploraciones petrolíferas. Aunque produjeron preciosas informaciones puntuales, estas no se pueden extrapolar hacia zonas con escasez de datos.

Esto se debe a que los objetivos de las prospecciones petrolíferas son de género y tamaño distinto a los que se suelen adoptar en los temas de investigación de acuíferos subterráneos, por tanto las observaciones que pueden proveer estas perforaciones, no son de gran utilidad para los fines hidrogeológicos o son poco confiables.

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 y no.

La implementación de específicos estudios de detalle, dará soporte a una política de gestión del uso y calidad del agua subterránea, claramente orientada a la protección y al uso sostenible de los recursos hídricos subterráneos.

5. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Determinar la potencialidad del acuífero de agua dulce por ambos lados de la frontera
- b) Proponer y realizar una obra hidráulica de captación/almacenamiento a demostración de la sostenibilidad hídrico-ambiental de la intervención .
- c) Proponer acciones dirigidas a la mitigación de los eventos extremos, debidos a la alternancia de sequía e inundaciones.
- d) 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.
- e) 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.
- f) 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

- Definir exactamente la geometría y las características hidroquímicas del SAL permitirá obtener valores exactos sobre su potencialidad hidráulica y calidad.
- Ofrecer las mejores soluciones o alternativas para un uso racional y sostenible de las necesidades de las zonas más pobladas del Chaco paraguayo y Noreste del Chaco Argentino
- Favorecer el desarrollo socio-económico del área.
- Contribuir a la preservación del medio ambiente.
- Disponibilidad de agua quiere decir tener mejores condiciones de vida, más posibilidades de trabajo y de susistencia, en otras palabras: más paz social.
- Favorecer el reequilibrio de la biofitocenosis, probablemente alterado por la sobreexplotación de las aguas superficiales captadas.

7. COMPONENTES

7.1 CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA DEL SISTEMA ACUÍFERO LOCAL (SAL)

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 cuidadosa y precisa, 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

- a) Coordinar con el CIC la informatización de los materiales cartográficos
- b) Recopilación de las Informaciones, Banco de Datos Regional y Fortalecimiento Técnico Institucional.
- c) Clasificar los suelos del área, determinando el grado de deterioro, si lo tuviera, ya sea por acciones naturales o antropogénicas.
- d) Correlacionar formaciones geológicas del área.
- e) Caracterizar la estructura geológica de la región y la geometría de los estratos que contienen al sistema acuífero.
- f) Reconstruir las principales estructuras geológicas sobre la base de las estratigrafías y de las informaciones geo-estructurales.

- g) Elaborar, evaluar e interpretar las informaciones geofísicas existentes, integrándolas en las áreas piloto, con otros datos de exploración geoelectrica más profundas.
- h) Efectuar perfilados vertical y horizontal para verificar y complementar datos estratigráficos puntuales.
- i) 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

La reconstrucción hidrogeológica del SAL (Sistema Acuífero Local) 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 esta componente, tendrán que ubicarse y realizarse las perforaciones necesarias para averiguar las informaciones pertinentes en las áreas con ausencia de pozos o y/o sin datos históricos. También será llevado a cabo la ejecución demostrativa de captación/es y distribución almacenamiento óptimo de aguas subterráneas, en un sector elegido a tal fin.

Considerando la morfología y las características del área sería aconsejable, siempre a la vista de los resultados de las investigaciones pertinentes, la realización de:

1) Un campo de pozos cuyas características y posicionamiento serán definidos en su momento, para la explotación de los acuíferos más profundos. Para llegar a definir la disposición de los pozos, se hace necesaria una detallada y profunda campaña de mediciones piezométricas y de un estudio sobre las variaciones químicas y químico-físicas de las aguas, considerando la elevada estimulación hidráulica, con las consiguientes variaciones de flujo local, ejercitada por la concentración de los pozos.

2) Para los acuíferos freáticos, los de subcauce o confinados de modesta profundidad (max 40-60 mts), se aconseja el uso de pozos radiales. Estas obras tienen una larga duración en el tiempo y consiguen volúmenes muy importantes que, en este caso, podrían cubrir las necesidades hídricas de casi toda la población.

7.2.1 Actividades

- a) Determinar los perfiles estratigráficos e hidrogeológicos y su correlación, así como la zonación geoquímica horizontal y vertical en función de la documentación disponible.
- b) Determinar las características morfológicas y dinámicas de la capa freática y su interrelación con las profundas por ambos lados de la frontera.
- c) Confirmar el potencial del acuífero y la posibilidad de acceso a la utilización sustentable de este recurso por ambos lados de la frontera.
- d) Realizar un censo de los puntos de agua de toda el área y crear una base de datos asociada.
- e) Establecer las relaciones aguas superficiales – aguas subterráneas.
- f) Efectuar ensayos de bombeo, en pozos de ambos Países, para la determinación de los parámetros hidrogeológicos e hidráulicos.
- g) 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.
- h) Ubicar y perforar piezómetros que servirán para: la determinación de las mediciones de los niveles en áreas sin la presencia de pozos, la toma de muestras, para las determinaciones de las características químicas y químico-isotópicas de las aguas, realizar pruebas de averiguación de los parámetros hidráulicos y, sucesivamente, como puntos de observación de la red de monitoreo.
- i) Efectuar una detallada campaña de mediciones piezométricas, por lo menos una en el periodo de sequía y otra en el de recarga máxima.
- j) Distinguir entre reserva renovable y reserva geológica.
- k) Estimar la recarga del SAL y su correlación con el SAYTT.
- l) 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.
- m) Diseñar un sistema de monitoreo transfronterizo del acuífero, herramienta esencial para la gestión integrada de los recursos hídricos y del uso del suelo.
- n) Implementar un Banco de Datos común para los dos países que comparten el acuífero, convirtiéndolo en base de recolección, actualización y mantenimiento de todas las informaciones relativas al agua subterránea de la región.

7.2.2 Productos

- ❖ Base de datos, con catastro codificado, centralizada a nivel nacional o regional.
- ❖ Mapas piezométricos (1:50.000), 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 (1:50.000).
- ❖ Mapas de los parámetros físicos: T, Q/s, S, K, Conductividad 1:50.000.
- ❖ Mapas (1:50.000) de la calidad química de las aguas.
- ❖ Construcción de un modelo conceptual del SAL.
- ❖ Diseño de sistemas de captación /distribución para aguas de riego o potables.

- ❖ Realizar, en un sitio específicamente elegido, una captación demostrativa de la potencialidad hídrica del acuífero profundo y relativas obras de distribución y almacenamiento.

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

- a) Establecer la interpretación y análisis de los registros climatológicos e hidrológicos.
- b) Analizar y validar los datos meteorológicos existentes.
- c) Extrapolar los datos para cubrir áreas sin información.
- d) Analizar las curvas de regresión entre grupos de estaciones representativas.
- e) Estudiar la red hidrográfica permanente y temporal.
- f) Estimación de las máximas avenidas con asignación de un tiempo medio de retorno.
- g) Censo y estimación del uso actual de las aguas, superficiales y subterráneas.
- h) Evaluar la infiltración en función de los parámetros hidrometeorológicos.
- i) Relacionar precipitación, evaporación e infiltración.
- j) Estimar las aportaciones al Sistema Acuífero procedentes de las aguas superficiales.
- k) 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 del área demostrativa.
- ❖ Balance hídrico del área demostrativa.
- ❖ Balance hídrico de los terrenos no saturadaos.
- ❖ 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, locales y transnacionales, para la optimización del uso del agua, en diferentes hipótesis de desarrollo sostenible para los dos países.

7.4 VULNERABILIDAD Y RIESGO DE CONTAMINACIÓN

En ninguno de los dos 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 interceptable 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

- a) Análisis de detalle del área mediante imágenes telerelevadas y observaciones de campo.
- b) Elegir la cobertura multiespectral y multitemporal optimal. Tratar y elaborar de forma específica las imágenes para la realización de mapas temáticos (georeferenciación, ensamblado de las imágenes, elaboraciones espectrales en general).
- c) 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.
- d) 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.
- e) Establecer los criterios para fijar los límites de protección en la zona de explotación (pozos).
- f) 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.
- g) 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.
- h) 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.

7.5 MONITOREO Y CONTRÓL HIDROLÓGICO E HIDROGEOLÓGICO

Es necesario conseguir una optima integración y colaboración con los técnicos de ambos Países y con los grupos que llevan adelante las otras sub-componentes para decidir, de común acuerdo, los lugares y las características que deben tener los puntos de observación, sobre todo en la fase de ubicación de piezómetros o pozos “espía”.

La función principal que tendrán que desarrollar los piezómetros/ 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 en terminos de cantidad y calidad.

El numero 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 dos, por la tipología del acuífero/s considerado/s y por las características hidrodinámicas del sistema.

7.5.1 Actividades

- a) Analizar las redes actuales (si existen) para la obtención de datos.
- b) Determinar el uso del agua.
- c) Valorar y validar los datos existentes.
- d) Considerar la posibilidad/conveniencia de recuperar las estaciones de medición (si las hay) que actualmente están dañadas o en desuso.
- e) Identificar las áreas y los nudos críticos, para el monitoreo y el control de la calidad/cantidad de los recursos hídricos subterráneos.

- f) Establecer de acuerdo con los tres países interesados, los parámetros significativos que tendrían que ser objeto de controles.
- g) Elegir el sistema mejor de adquisición y de transmisión de los datos.
- h) 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).

7.6 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.

7.6.1 Actividades

- a) 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.

7.7 COMUNICACION SOCIAL/EDUCACION AMBIENTAL/ANALISIS DE LAS NORMATIVAS

En el caso del área demostrativa es auspiables que los dos 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

- a) 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.
- b) Estimar el grado de deterioro ambiental, actual y futuro, de la región, respecto a las actividades económicas presentes.
- c) Analizar las reglamentaciones y los instrumentos legales existentes en la actualidad en los dos países.
- d) Establecer comparaciones entre las normativas en vigor en los dos países.
- e) 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.
- f) 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.
- g) 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 Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTEAS).

Pisa (Italia), 21 de enero de 2005

Roberto Spandre

