



Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní

Fondo Guaraní de la Ciudadanía
2005 - 2007



La ejecución del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní es posible gracias al acuerdo de cooperación alcanzado entre los gobiernos de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, el aporte financiero del Global Environment Facility (GEF) y otros donantes, y la cooperación técnica y financiera del Banco Mundial que es la agencia implementadora de los Fondos GEF y la Secretaría General de la Organización de Estados Americanos (SG/OEA) en su condición de agencia ejecutora regional.

El proyecto Movete por el Ambiente fue realizado en el marco del Proyecto Acuífero Guaraní y con el apoyo económico previsto en el Fondo Guaraní de la Ciudadanía destinado a promover actividades de difusión, educación ambiental y comunicación acerca de la temática de los recursos hídricos, las aguas subterráneas y el Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (PSAG).

Las Instituciones Participantes son:

Iniciativa Latinoamericana
Uruguay 1369, 11200 Montevideo
Tel. 005982 9023186
ambiente@iniciativalatinoamericana.org
www.inlatina.org

Fundación ProTigre y Cuenca del Plata
Tacuarí 158, (C.P. B1648CUD), Buenos Aires
Tel: 47479-8429, 4731-4004
fundacion@protigre.org.ar

www.protigre.org.ar

Liceo n°2, 4 y 6 - Salto,
Escuela N° 26 "José Artigas" – Concordia,
Colegio Nacional Justo José de Urquiza – Concepción del Uruguay

Las instituciones responsables de los siguientes materiales pedagógicos son:

Fundación ProTigre y Cuenca del Plata - Manual de divulgación destinado a docentes

Iniciativa Latinoamericana - Manual de difusión destinado a adolescentes

Los resultados, interpretaciones y conclusiones expresadas en este documento son responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan los puntos de vista de la OEA, otras instituciones cooperantes, ni de los países en él presentados.

Montevideo, octubre 2006

Agradecimientos

Queremos agradecer a los especialistas del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní por su comprensión, aportes técnicos y sugerencias incluidos en este material:

Daniel García, Coordinador Técnico de los Componentes II y V,
Roberto Montes, Coordinador de Comunicación
Alberto Manganelli, Asistente Técnico

A Carlota Sánchez Aizcorbe
Por su entrega y compromiso con el medio ambiente

INDICE

LA IMPORTANCIA DEL AGUA Y SU DISPONIBILIDAD.....	pag. 2
DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL MUNDO	pag. 3
USOS PRINCIPALES DEL AGUA.....	pag. 4
FUENTES DE AGUA.....	pag. 5
Ciclo hidrológico.....	pag. 6
LOS ACUÍFEROS.....	pag. 8
El camino del agua subterránea.....	pag. 10
Clasificación de Acuíferos.....	pag. 11
CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	pag. 15
EL ACUÍFERO GUARANÍ	pag. 18
RESUMEN DEL PROYECTO SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ	pag. 22
LOS VALORES.....	pag. 23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	pag. 24

MANUAL DE APOYO PARA ESTUDIANTES DE SEGUNDO CICLO

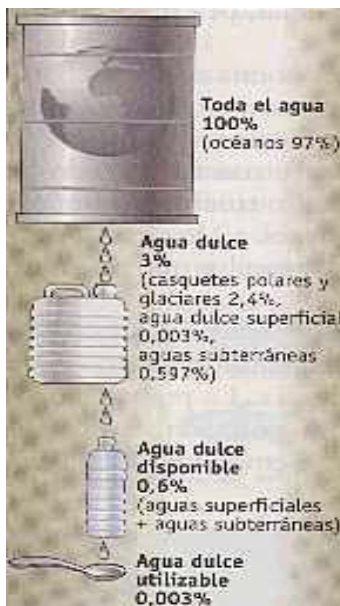
EL SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

LA IMPORTANCIA DEL AGUA Y SU DISPONIBILIDAD

El agua es el elemento vital y determinante de la dinámica de todas las comunidades biológicas y de las sociedades humanas. Históricamente, la presencia de los cuerpos de agua ha permitido el nucleamiento de grupos humanos. La escasez o la abundancia de agua dulce es uno de los factores decisivos de concentración y densidad de población.

Se requiere de grandes obras de infraestructura para llevar el agua a los lugares más distantes y áridos y asegurar así la calidad de vida de sus pobladores. En las últimas décadas, el crecimiento demográfico y el aumento del consumo para los más variados usos de los recursos hídricos, hacen necesario el diseño de políticas integrales de gestión y manejo, de uso y de distribución del agua, que contemplen el acceso en calidad y cantidad a todos los ciudadanos y en particular a los sectores más pobres de la población.

Figura N°1:



El agua es un recurso esencial para el desarrollo de la vida. Cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie de la Tierra (1360 millones de kilómetros cúbicos). Sin embargo, más del 97,4 por ciento del agua total del planeta se encuentra en los océanos y otras masas de agua salada. Por tanto, sólo el 2,6 por ciento del agua del planeta es agua dulce y casi en su totalidad se encuentra en estado sólido confinada en casquetes polares y glaciares, resultando prácticamente inaccesible para el uso humano. Finalmente, sólo resta un 0,6 por ciento disponible, que se encuentra en lagos, ríos y aguas subterráneas.

Si bien cerca del 97 por ciento del agua dulce disponible para el uso de la humanidad se encuentra en el subsuelo - en la forma de agua subterránea - por tratarse de un recurso "invisible", la gran mayoría de las personas no la tienen en consideración cuando hacen referencia al agua. No es de extrañar entonces que, por ejemplo, en la bibliografía sobre medioambiente utilizada en la enseñanza regional, verifiquemos que el agua subterránea ocupa un espacio muy reducido, dándose mucho mayor énfasis a las aguas superficiales.

DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN EL MUNDO

El agua dulce disponible presenta una distribución heterogénea en el mundo, encontrándose extensas regiones áridas y semiáridas. Más de mil millones de personas carecen de acceso al abastecimiento de agua y 2400 millones de un saneamiento adecuado (UNESCO, 2003). De acuerdo a la Comisión Mundial del Agua, el consumo de agua aumentará en un 50 por ciento en los próximos 30 años, y casi la mitad de la población mundial enfrentará una grave escasez antes del 2025 (Banco Mundial, 2003).

América del Sur posee aproximadamente un 26 por ciento de los recursos hídricos mundiales, siendo el continente con mayor oferta hídrica, a pesar de que existen importantes diferencias regionales. En América Latina se estima que 125 millones de personas no tienen acceso a agua potable y 200 millones no cuentan con instalaciones sanitarias adecuadas. La Organización Mundial de la Salud estima que el 80 por ciento de las enfermedades se relacionan con el agua y que la mortalidad infantil se reduciría en forma significativa sólo con la provisión de agua potable a la población (Durán y Lara 1992).

Figura N° 2: Distribución del Agua en la Tierra

TIPO	OCURRENCIA	VOLÚMEN (KM ³)
Agua dulce superficial	Ríos	1.250
	Lagos	125.000
Agua dulce subterránea	Humedad del suelo	67.000
	Hasta 800 metros	4.164.000
	Por debajo de 800 metros	4.164.000
Agua dulce sólida (hielo)	Hieleras y Glaciares	29.200.000
Agua salada	Océanos	1.320.000.000
	Lagos y mares salinos	105.000
Vapor de agua	Atmósfera	12.900
Total		1.360.000.000

Fuente: GUÍA AVANÇADA SOBRE AGUAS SUBTERRÁNEAS (EURICO ZIMBRES UERJ – Facultad de Geología - Río de Janeiro – Brasil)

Obsérvese en el cuadro que de toda el agua que existe en el planeta, solamente el 2,7 es agua dulce, como ya señalamos. También se puede verificar que de toda el agua dulce disponible para uso humano, cerca del 98% está en la forma de agua subterránea.

USOS PRINCIPALES DEL AGUA

A escala mundial, aproximadamente el 70 por ciento del agua dulce disponible se utiliza en agricultura, principalmente en riego. La industria en promedio consume un 22 por ciento, variando entre un 59 en los países industrializados y un 8 por ciento en los países no industrializados. Por último, el consumo doméstico constituye un 8 por ciento (UNESCO, 2003). Por su parte en Uruguay, la actividad agrícola consume el 78 por ciento del agua, de la cual el 70 por ciento se destina al cultivo de arroz.

En segundo lugar, a uso doméstico se destina un 15 por ciento, y la actividad industrial consume el 7 por ciento del agua total (Samtac 2000 en Achkar et al. 2004)

Las modificaciones en la calidad del agua producto de los diferentes usos en actividades humanas, hacen de la misma un recurso finito y agotable. Si bien desde el punto de vista cuantitativo los volúmenes hídricos son constantes a escala global en los diferentes compartimentos de la naturaleza, desde el punto de vista cualitativo su pérdida de calidad reduce los volúmenes utilizables.

El consumo de agua para uso doméstico depende del nivel de acceso, el tipo de distribución y las diversas culturas. Sin embargo, algunas fuentes manejan algunos valores estándar, por ejemplo: una ducha consume de 20 a 25 litros, mientras que un baño de inmersión alrededor de 80. La descarga de una cisterna consume cerca de 14 litros. El regado de un metro cuadrado de jardín requiere de aproximadamente 20 litros, y el lavado de un automóvil puede llegar a los 90 litros.

FUENTES DE AGUA

Una posible clasificación del agua es según su procedencia, en **fuentes superficiales** o **fuentes subterráneas** (Serafini, 2004). Las aguas superficiales son los ríos, lagos, manantiales, entre otros, y son aguas que se encuentran fácilmente disponibles para ser utilizadas. Las aguas subterráneas son aquellas que se acumulan bajo la tierra, almacenadas en los poros que existen en sedimentos como la arena y la grava, y en las fisuras que se encuentran en rocas.

El agua subterránea forma parte del **Ciclo Hidrológico**. Está constituida por agua de lluvia que penetra hasta capas del terreno que son capaces de alojarla y por donde circula. Al volumen de agua de lluvia que ingresa se le denomina recarga.

El agua subterránea, a través de su circulación, alcanza áreas de descarga, que es por donde aflora a la superficie, alimentando ríos, arroyos, lagos, humedales.

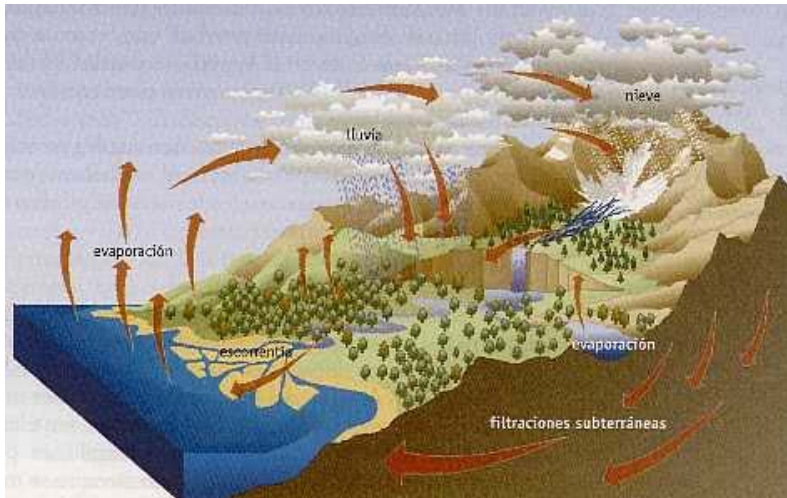
Estas reservas constituyen el 97 por ciento del agua dulce del planeta, excluyendo el agua contenida en los casquetes polares.

Ciclo hidrológico

Se puede admitir que la cantidad total de agua que existe en la Tierra, en sus tres fases: sólida, líquida y gaseosa, se ha mantenido constante desde la aparición de la Humanidad.

El agua de la Tierra - que constituye la hidrosfera - se distribuye en tres reservorios principales: los océanos, los continentes y la atmósfera, entre los cuales existe una constante circulación y cambio de estado del agua. A este proceso se le conoce como *Ciclo del agua* o **Ciclo hidrológico**¹. El movimiento del agua en el ciclo hidrológico es mantenido por la energía radiante del sol y por la fuerza de la gravedad.

Figura 3: Movimiento del agua en el ciclo hidrológico



El ciclo hidrológico constituye una secuencia de fenómenos por medio de los cuales el agua pasa de la superficie terrestre, en estado de vapor, a la atmósfera, y de ella regresa a la superficie terrestre en estado líquida y/o sólida.

Fuente:

<http://www.esi.unav.es/asignaturas>
Ciencias de la tierra y del medio ambiente

El pasaje de agua desde la superficie de la Tierra hacia la atmósfera, en estado de vapor, se debe a la evaporación directa desde océanos, ríos, lagos, suelo, a la transpiración de las plantas y animales, o a la sublimación (paso directo del agua sólida a vapor de agua).

El vapor de agua en la atmósfera es transportado por las corrientes de aire (puede recorrer distancias que sobrepasan los 1000 kilómetros), se condensa dando lugar a la formación de nieblas, nubes y, posteriormente, a precipitación, que cae sobre continentes y océanos.

¹ Un ciclo son secuencia de eventos que se repiten.

La precipitación puede ocurrir en la fase líquida (lluvia) o en la fase sólida (nieve o granizo). La precipitación incluye también el agua que pasa de la atmósfera a la superficie terrestre por condensación² del vapor de agua (rocío) o por congelación del vapor (helada), así como por intercepción de las gotas de agua de las nieblas (nubes que tocan el suelo o el mar).

El agua que precipita en tierra tiene varios destinos:

Una parte es **evaporada o transpirada** por las plantas volviendo de nuevo a la atmósfera, otra parte **escurre** por la superficie del terreno (escorrentía superficial o escurrimiento superficial) que se concentra en surcos y va a originar las líneas de agua. El agua restante se **infiltra**, es decir que penetra en el interior del suelo. Esta agua infiltrada puede profundizarse hasta alcanzar las capas freáticas y acumulándose en forma de aguas subterráneas. Esta división está condicionada por varios factores, unos de orden climático y otros dependientes de las características físicas del lugar donde ocurre la precipitación.

El escurrimiento superficial se presenta siempre que hay precipitación y termina poco después de haber terminado la misma. Por otro lado, el escurrimiento subterráneo, especialmente cuando se da a través de medios porosos, ocurre con gran lentitud y sigue alimentando los cursos de agua mucho después de haber terminado la precipitación que le dio origen.

Así, la precipitación, al encontrar una zona impermeable, origina escurrimiento superficial y el agua puede llegar a acumularse y quedar en la superficie. Si ocurre en un suelo permeable, poco espeso y localizado sobre una formación geológica impermeable, se produce escurrimiento superficial, evaporación del agua que permanece en la superficie y aún evapotranspiración del agua que fue retenida por la cubierta vegetal. En ambos casos, no hay escurrimiento subterráneo; éste, el escurrimiento subterráneo ocurre en el caso de una formación geológica subyacente permeable y espesa.

El ciclo hidrológico es un agente modelador de la corteza terrestre debido a la erosión y al transporte y deposición de sedimentos por vía

² Condensación: proceso consistente en el paso de una sustancia en forma gaseosa a forma líquida. La condensación es un cambio de estado de agregación, o cambio de fase.

hidráulica. Condiciona la cobertura vegetal y de una forma más general, la vida en la Tierra.

El ciclo hidrológico puede ser visto, en una escala planetaria, como un gigantesco sistema de destilación, extendido por todo el Planeta. Por ejemplo, el calentamiento de las regiones tropicales debido a la radiación solar provoca la evaporación continua del agua de los océanos, la cual es transportada bajo forma de vapor de agua por la circulación general de la atmósfera, a otras regiones. Durante la transferencia, parte del vapor de agua se condensa debido al enfriamiento y forma nubes que originan la precipitación. El regreso a las regiones de origen resulta de la acción combinada del escurrimiento proveniente de los ríos y de las corrientes marinas.

LOS ACUÍFEROS

Los acuíferos son formaciones geológicas, grupos de formaciones o partes de una formación, capaces de acumular una significativa cantidad de agua subterránea, la cual puede brotar o se puede extraer para consumo. Se caracterizan por estar saturados de agua y constituidos por materiales altamente porosos (grava, arena, areniscas, calizas) capaces de almacenar agua y transmitirla a través de sus poros interconectados. La circulación del agua en el terreno se da por flujos subterráneos desde poco profundos a muy profundos, entre los poros y fisuras de las rocas. (Glosario Ambiental • Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable • www.medioambiente.gov.ar).

La recarga natural de los acuíferos procede del agua de infiltración o agua superficial de las precipitaciones que se infiltra en el terreno, del agua de ríos y lagos, y en acuíferos litorales, incluso del agua del mar. El agua de los acuíferos transita desde una zona de recarga a una zona de descarga.

El agua de lluvia, puede tener varios destinos luego de alcanzar la superficie de la Tierra. Inicialmente una parte se infiltra, pero cuando el suelo alcanza su punto de saturación, el agua pasa a escurrir sobre la superficie en dirección a los valles o zonas bajas. Dependiendo de la temperatura ambiente, una parte de la lluvia vuelve a la atmósfera en forma de vapor. En zonas o regiones de clima tropical la evaporación es mayor. En regiones frías, o en grandes altitudes, el agua se acumula en la superficie en forma de nieve o hielo, pudiendo quedar allí por mucho

tiempo. De estos procesos, la parcela de agua que se infiltra va a dar origen al agua subterránea.

La tasa de infiltración del agua en el suelo depende de muchos factores, entre ellos:

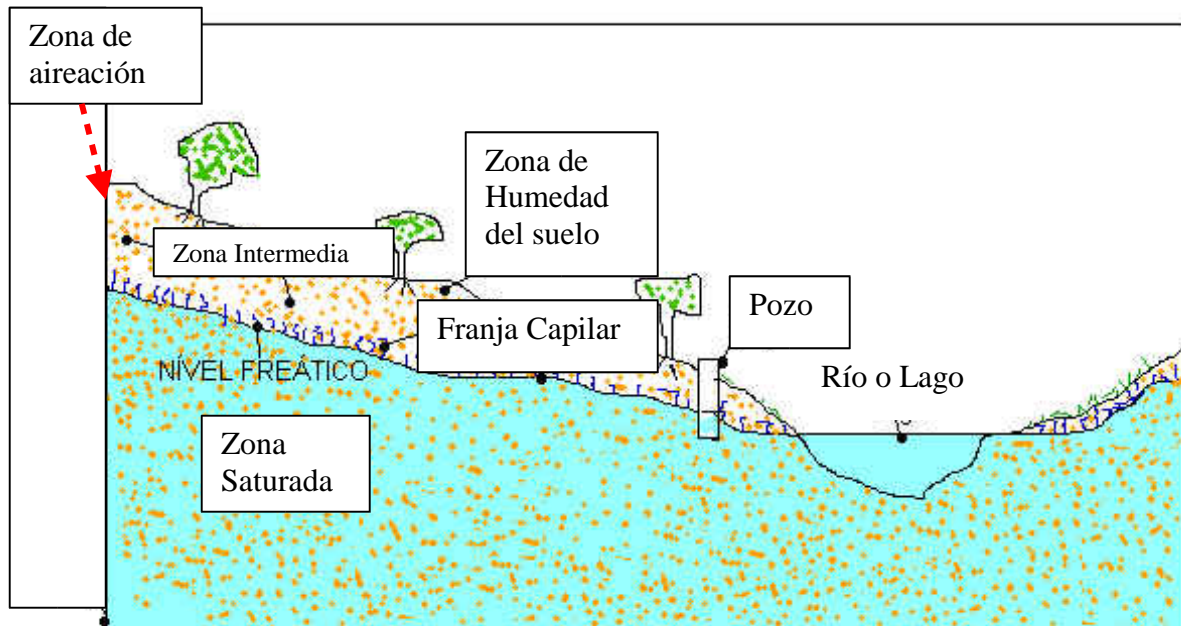
- a) Su porosidad: la presencia de arcillas en el suelo disminuye la porosidad, no permitiendo una gran infiltración.
- b) Cobertura vegetal: ésta controla la capacidad que tiene el suelo de dejar circular hacia su interior o no el agua.
- c) Inclinación o pendiente del terreno: en declividades acentuadas el agua corre o escurre más rápidamente, disminuyendo el tiempo de infiltración.
- d) Tipo de lluvias: lluvias intensas saturan rápidamente el suelo, mientras que lluvias finas y lentas presentan mayor tiempo para infiltrarse.

Algunas regiones del mundo dependen casi exclusivamente de sus reservas de agua subterránea (Serafini, 2004; pag.249) para su abastecimiento de agua potable, por lo que resultan un recurso fundamental para la vida humana (Serafini, 2004,).

El camino del agua subterránea

El agua que se infiltra está sometida a dos fuerzas fundamentales: la gravedad y la fuerza de adhesión de sus moléculas a las superficies de las partículas del suelo (fuerza de capilaridad). Para que exista infiltración hasta la zona saturada es necesario que se den precipitaciones continuas y abundantes capaces de vencer las fuerzas que retienen al agua en las partículas del suelo.

Figura N° 4: Formas en que el agua puede estar en el suelo



Zonas de ocurrencia del agua en un acuífero freático
(modificado de Eurico Zimbres 2002)

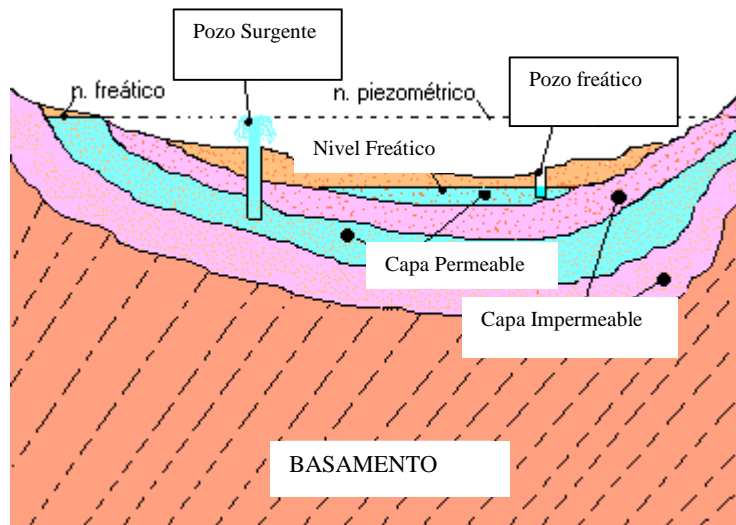
Clasificación de Acuíferos

I. - De acuerdo con el grado de **confinamiento de las aguas** que contienen, los acuíferos pueden clasificarse en cuatro tipos, según la presión (UNESCO, 2005) (Fuente: <http://www.unesco.org.uy>)

- a) Acuíferos libres, freáticos o no confinados
- b) Acuíferos confinados o artesianos
- c) Acuíferos semiconfinados (leaky aquifers)
- d) Acuíferos semilibres

a) Los **acuíferos libres** son aquellos en que el agua subterránea presenta una superficie libre, sujeta a la presión atmosférica, como límite superior de la zona de saturación. Esta superficie libre se conoce como superficie freática y el nivel a que ella se eleva, respecto a otro de referencia, se llama nivel freático. En acuíferos freáticos o libres el nivel de agua varía según la cantidad de lluvia. En épocas con más lluvia el nivel freático sube y en épocas en que llueve poco, el nivel freático baja.

Figura N° 5: Clasificación de Acuíferos



(modificado de Eurico Zimbres 2002)

Zonas de ocurrencia del agua en el suelo de un acuífero freático o libre:

- Zona de aireación: es la parte de suelo que está parcialmente rellena de agua. Suelos muy finos tienden a tener más humedad que los de granos gruesos, pues existe más superficie de granos en donde el agua puede quedar retenida.
- Zona de Saturación: es la región por debajo del nivel freático, donde los poros o fracturas de las rocas están totalmente llenos de agua.

Los acuíferos libres son predominantes en el sureste del Uruguay asociados a la faja costera (Canelones, Maldonado, Rocha), así como los existentes ante la presencia de sedimentos jóvenes, no consolidados. Es el caso de los existentes en la zona litoral de Argentina, parte de la provincia de Buenos Aires y en algunas regiones del Paraguay. Ellos presentan muchos problemas de contaminación, debido a que están casi en superficie y constituidos por sedimentos muy permeables.

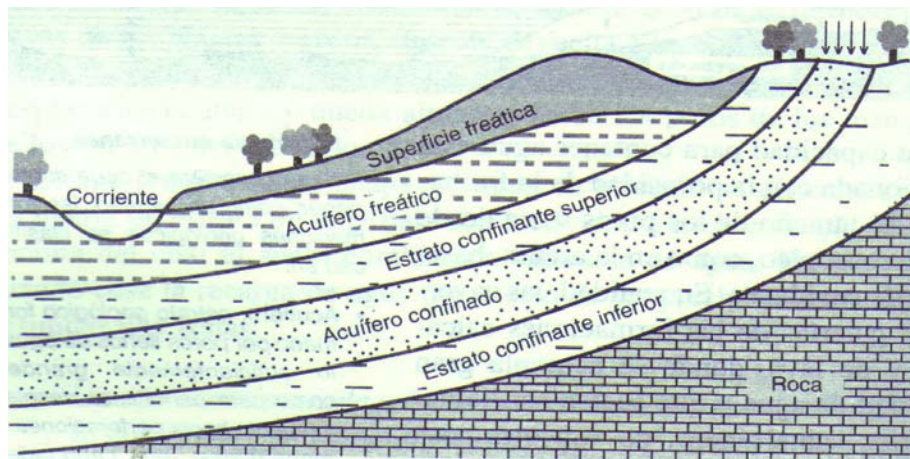
b) Los **acuíferos confinados o artesianos** son formaciones geológicas permeables, saturadas de agua, confinadas entre dos capas impermeables (una inferior y otra superior).

En estos acuíferos, el agua está sometida, en general, a una presión mayor que la atmosférica y al perforar un pozo, el agua se eleva por encima de la parte superior (techo) del acuífero hasta un nivel que se denomina nivel piezométrico³.

c) Los **acuíferos semiconfinados** son acuíferos saturados sometidos a presión, limitados en su parte superior por una capa semipermeable (acuítardo) y en su parte inferior por una capa impermeable (acuicierre o acuífugo).

e) Los **acuíferos semilibres** son aquellos que se caracterizan por tener un límite superior constituido por una capa semipermeable y el límite inferior es una capa impermeable. Los acuíferos semilibres representan una situación intermedia entre un acuífero libre y uno semiconfinado. (UNESCO, 2005).

Figura N° 6: Esquema para acuíferos clasificados según el confinamiento de las aguas



Fuente: Tomado de Serafini 2004

II. - Los acuíferos también pueden ser clasificados según el **material geológico constituyente**, y así tenemos:

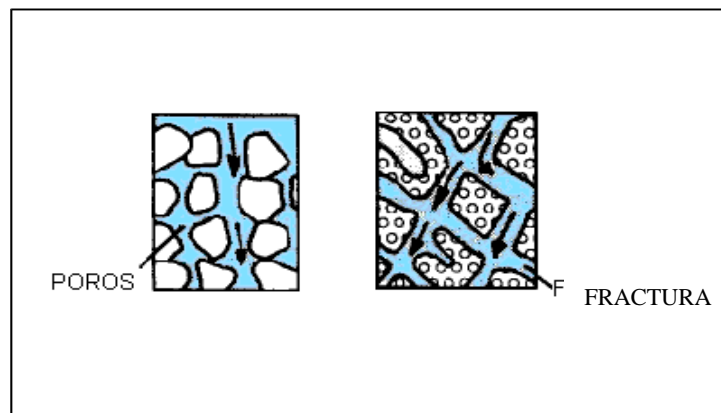
³Es la profundidad a la que se encuentra el nivel del agua en un pozo. Se da por una superficie imaginaria que representa la carga piezométrica en los distintos puntos del acuífero y que se conoce como superficie piezométrica. En algunos casos, esta superficie puede estar por encima del nivel del terreno natural, por lo que un pozo perforado en el lugar fluiría solo, como si fuera un manantial, como por ejemplo los pozos termales de Daymán y Concordia.

- a) Acuíferos porosos
- b) Acuíferos Fracturados o Fisurados
- c) Acuíferos Cársticos

a) **Acuíferos Porosos.** Se dan en rocas sedimentarias, sedimentos, y sectores descompuestos de rocas cristalinas. Constituyen los acuíferos más importantes, por el gran volumen de agua que pueden almacenar. Se dan en cuencas sedimentarias y en las zonas donde se acumularon sedimentos arenosos. Una particularidad de este tipo de acuíferos es su porosidad, casi siempre homogéneamente distribuida, permitiendo que el agua fluya hacia cualquier dirección, en función solamente de los diferenciales de presión hidrostática allí existente. Esta propiedad es conocida como isotropía.

b) **Acuíferos Fracturados o Fisurados.** Este tipo de acuífero se presenta en rocas ígneas o metamórficas. La capacidad de estas rocas de acumular agua está relacionada a la cantidad de fracturas, a sus aberturas y a la intercomunicación que pueda llegar a existir entre ellas. Pozos perforados en estas rocas erogan en términos generales, caudales por debajo de los que producen los acuíferos sedimentarios.

Figura N° 7: Situación de circulación del Agua entre poros y fracturas



Fuente , Tomado de E. Zimbres 2002

c) **Acuíferos Cársticos.** Son los acuíferos formados en rocas carbonáticas. Constituyen un tipo particular de acuíferos fracturados, donde las fracturas, debido a la disolución del carbonato por el agua, alcanzan aberturas muy grandes (cavernas), creando en este caso, verdaderos ríos subterráneos.

CAPTACIÓN DE AGUAS SUBTERRÁNEAS

Toda perforación mediante la cual obtenemos agua de un acuífero es genéricamente, llamada pozo. Existen muchas formas de clasificar a los pozos. Por practicidad usaremos una clasificación basada en la profundidad, ya que la misma determina en forma general el método constructivo, además de ser un factor importante en las consideraciones sobre la contaminación del agua subterránea.

1.- Pozos Rasos:

1a.- Pozos excavados

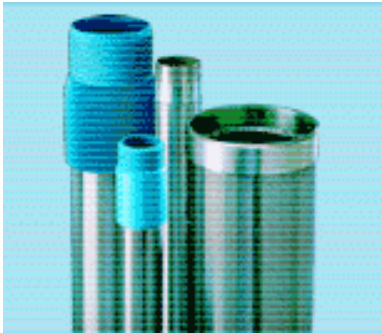


Es la forma de explotación de agua subterránea más antigua.

Son cilíndricos, abiertos manualmente, con el uso de pico y pala. Son los más utilizados por la población rural. Solo pueden ser excavados en materiales blandos, generalmente en sedimentos arenosos. Son conocidos como *pozo brocal*, *cachimba*, *pozo cavado*, etc.

FUENTE www.unesco.org.uy

1b.- Punteros clavados



Un puntero es un tubo perforado, revestido por una malla, con terminación cónica y que es insertada en el terreno, a través de la cual se extrae el agua con una bomba de succión. Es muy popular, de bajo costo y solo funciona en acuíferos rasos y arenosos sueltos.

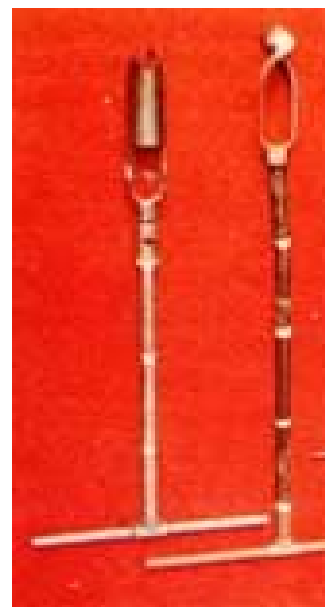


FUENTE: Johnson Screens – USA; www.jhonsonscreens.com

1c.- Pozo a pala americana



El pozo es perforado lentamente con una Pala Americana. Es una herramienta compuesta de una punta cónica a cilíndrica, con aberturas laterales cortantes, enroscado a una barra de hierro terminado en T. Al alcanzar el nivel freático se bajan tubos que funcionan como paredes del pozo. Al alcanzar la zona saturada, se coloca un tubo de fondo ciego, con agujeros laterales que servirán como filtro para el ingreso del agua al pozo.



Fotos del Departamento de Geotécnica-Fac. De Ingeniería, UDELAR.

2 – Pozos Profundos



Los pozos profundos son aquellos que alcanzan profundidades que varían entre 40 y 1000 metros. Las perforaciones se hacen con máquinas.

En estas perforaciones por debajo de los 800 metros de profundidad se puede obtener agua termal. Por ejemplo en la zona del litoral norte de Uruguay y Argentina (Salto-Concordia)

Tomado de Manual de máquinas de perforar Ingersoll Rand.

EL ACUÍFERO GUARANÍ



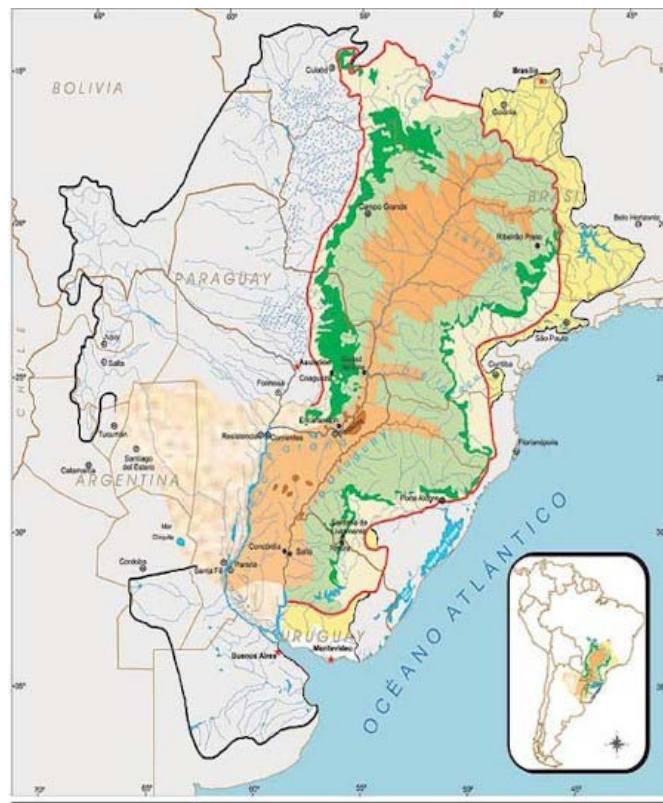
Tablero del juego didáctico elaborado por Iniciativa Latinoamericana, 2005.

La región centro-oeste de América del Sur contiene uno de los reservorios subterráneos transfronterizos más grandes de agua dulce del planeta denominado **Acuífero Guarani**. El mismo se extiende en el subsuelo de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay.

El Acuífero Guarani es un conjunto de rocas arenosas que está por debajo del nivel del terreno que tiene agua en sus poros y fisuras. Estas rocas se depositaron allí entre 245 y 144 millones de años atrás.

Se dice que este acuífero es *transfronterizo* porque se desarrolla por debajo del territorio de cuatro países sudamericanos: en Argentina su extensión es de 225.500 km², en Brasil es 840.000 km², en Paraguay 71.700 km² y en Uruguay 58.500 km² totalizando 1. 195.700 km², al sudeste de América del Sur, entre 12° y 35° de latitud sur y 47° y 65° de longitud oeste.

Figura N° 8: Mapa del Acuífero Guaraní



Mapa esquemático del SAG, elaborado en junio de 2001 por la Unidad de Preparación del Proyecto en Brasil, con el aporte de la comunidad técnica-científica de la región. Fuente: <http://www.sg-guarani.org/>

La denominación Guaraní responde a que su extensión coincide aproximadamente con la Gran Nación Guaraní, población indígena que habitó en la región.

El agua subterránea del Sistema Guaraní se aloja en formaciones geológicas antiguas, correspondientes a los períodos Triásico, Jurásico y

Cretácico Inferior, teniendo esas rocas edades entre los 245 a 144 millones de años. En esa época, en que aún estaban unidas África y Sudamérica, los depósitos comenzaron a desarrollarse en ambientes fluviales y lacustres conociéndose en la literatura geológica como formación Tacuarembó o también Piramboia. Luego, como resultado de un clima más seco, se desarrolló un gran desierto de arenas bien seleccionadas (semejante al actual Sahara) que también abarcó la región que nos ocupa de los 4 países, constituyendo posteriormente el acuífero principal del Sistema dentro de la formación geológica denominada Botucatú o Rivera.

Luego de esta etapa y a través de grandes fracturas profundas, todos los sedimentos anteriores fueron cubiertos por lavas basálticas que acompañaron la separación entre los continentes mencionados. Estos derrames de magma fueron los de mayor extensión mundial comprendiendo un millón de kilómetros cuadrados en los 4 países del actual MERCOSUR. Esta efusión dejó espesores de rocas muy diversos: en Misiones más de 800 metros, en la margen oriental entrerriana superan los 600 metros, mientras que en la región chaco pampeana presenta escasos metros. El máximo espesor conocido de basaltos se registra en Brasil - Estado de San Pablo - con más de 1.900 metros. (tomado <http://www.prodiversitas.bioetica.org/des47.htm>)

En esa enorme zona en la cual está presente el acuífero las rocas más permeables que afloraban comenzaron a llenarse de agua por infiltración desde la superficie. Esta entrada de agua es producto de lluvias, ríos, arroyos o lagos, que por sus lechos permiten su pasaje hacia capas de terreno más profundas, circulando muy lentamente. Esta circulación se da en el orden de pocos metros por día, desde las áreas de afloramiento (áreas de recarga) hacia las de hundimiento y confinamiento (áreas de tránsito y descarga).

El agua que ingresa es denominada "recarga" y se cuantifica mediante un volumen anual. Para todo el Sistema Acuífero Guaraní (SAG) se estima que la recarga es de 166 Km³/año. Las reservas permanentes de agua del Sistema Acuífero Guaraní, es decir, la que se encuentra almacenada en poros y fisuras de la roca son del orden de los 45.000 Km³.

Para este Sistema Acuífero se calcula una reserva enorme, 45.000 km³; gran parte de esas reservas son confinadas a muchos metros. O sea que prácticamente, al igual que en el petróleo, no todas las reservas son aprovechables.

Al acuífero se accede por medio de perforaciones realizadas por máquinas. En general, a medida que se excava en el terreno se va hincando una tubería vertical, hasta penetrar en las capas que contiene el agua a extraer del acuífero. En ese nivel se coloca un filtro que permite el ingreso de agua a la perforación y su extracción.

En algunos lugares (Salto-Concordia) posee presión de surgencia, de manera que una vez realizada una perforación, el agua se eleva naturalmente y en muchos casos emerge sobre el nivel del suelo; las temperaturas producto de las profundidades alcanzadas (por gradiente geotérmico), van desde los 33° C a los 65° C. El volumen total de agua almacenado es inmenso (37.000 kilómetros cúbicos, donde 1 kilómetro cúbico es igual a 1 billón de litros). Sin embargo, el volumen explotable, estimado actualmente como reservas reguladoras o renovables, es de 40 a 80 kilómetros cúbicos por año.

Las características de las perforaciones en el Acuífero Guaraní dependen de la profundidad a la que se encuentra el agua. El diámetro de las perforaciones varía en general entre 15 y 30 cm y su profundidad puede ir desde unos pocos metros, por ejemplo 50 m en la zona aflorante, hasta 1800 metros en la zona confinada. En estas últimas, debido a que la temperatura del agua se va incrementando a medida que se aumenta la profundidad de extracción, se obtiene agua con temperaturas en el orden de los 50°C.

La extracción de agua de un acuífero debe hacerse de forma sostenible para asegurar su preservación: es decir que la cantidad y calidad del recurso debe mantenerse para las generaciones actuales y futuras. En tal sentido, el volumen de agua que se puede extraer es menor a la recarga y debe considerar el mantenimiento de sistemas que dependan del agua subterránea, por ejemplo, ríos y humedales.

Con relación a la preservación de la calidad, se deben tomar las medidas de protección adecuadas para controlar los efectos de las actividades potencialmente contaminantes sobre el acuífero (vertido de residuos sólidos, exceso de agroquímicos, construcción de pozos negros, entre otras).

RESUMEN DEL PROYECTO SISTEMA ACUÍFERO GUARANÍ

El Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní permitirá aumentar el conocimiento acerca del recurso y proponer un marco técnico, legal e institucional para su gestión coordinada entre Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, apuntando a su preservación.

El objetivo de largo plazo del proceso iniciado a través del Proyecto propuesto es lograr la gestión y uso sostenible del Sistema Acuífero Guaraní (SAG). El propósito del Proyecto consiste en apoyar a los cuatro países en la elaboración e implementación conjunta de un marco común para manejar y preservar el SAG para las generaciones actuales y futuras.

Está estructurado en siete componentes:

- Expansión y consolidación de la base actual del conocimiento científico y técnico acerca del SAG;
- Desarrollo e instrumentación conjunta de un marco de gestión para el SAG, basado en un Programa Estratégico de Acción acordado;
- Fomento a la participación pública y de los actores interesados, a la comunicación social y a la educación ambiental;
- Evaluación y seguimiento del Proyecto y diseminación de sus resultados;
- Desarrollo de medidas para la gestión de las aguas subterráneas y para la mitigación de daños, de acuerdo con las características de la región, en áreas críticas ("hot spots");
- Consideración del potencial para la utilización de la energía geotérmica "limpia" del SAG;
- Coordinación y gestión del Proyecto.

Este proyecto se encuentra en fase de ejecución, desde marzo de 2003. Fue diseñado en la fase de preparación desde enero de 2000 a diciembre de 2001. Durante el 2002 se llevaron adelante acuerdos para su implementación, entre los cuatro países beneficiarios, OEA, Banco Mundial y otras agencias cooperantes.

LOS VALORES

Cada vez más, las estrategias que promueven la "salud ambiental" de los ecosistemas en la región y con ella sus consecuencias en la calidad de vida de la población basados en la importancia social, económica, cultural y espiritual, requieren de un esfuerzo conjunto.

Los acuíferos constituyen un bien con valor ambiental, cultural y social cuya conservación en la región depende de la participación de un gran número de actores de la sociedad actuando en diferentes ámbitos. Es necesario el aporte de aquellos que generan el conocimiento en los ámbitos académicos, los que facilitan su transmisión hacia grupos locales, los propios grupos actuando localmente y aportando el conocimiento basado en la experiencia así como los tomadores de decisiones en ámbitos públicos y privados. Consideramos fundamental promover el sentido de pertenencia y responsabilidad ciudadana respecto a todos aquellos recursos con valor ambiental, social y/o cultural.

Desde la sociedad civil, Iniciativa Latinoamericana busca contribuir con actividades de sensibilización y educación ambiental que tengan como protagonistas a los jóvenes y sus referentes adultos, tendientes a la valorización de nuestros recursos, a las mejoras del entorno y al fortalecimiento del tejido social.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achkar, M.; Cayssials, R.; Domínguez, A.; Pesce, F. 2004. Hacia un Uruguay sustentable. Gestión integrada de cuencas hidrográficas. REDES Amigos de la Tierra. 64 pp.
- Banco Mundial. 2003. Informe sobre el Desarrollo Mundial 2003.
<http://www.econosur.com/docoi/>
- Banco Mundial. Hoja informativa. Región de América Latina y el Caribe.
<http://www.bancomundial.org/document>
- Bonetto, C.A. 2004. El Río, expresión de la cuenca. En: El agua. Saberes escolares y perspectiva científica. Lacreu, L. (comp.). Editorial Paidós SAICF. Argentina. 331 pp.
- Perfil ambiental del Uruguay 2000. Coord. Domínguez, A., Prieto, R.G. Nordan Comunidad.
- Dalla Torre Salguera, H.A. La guerra del agua.
[http://www.cajadocente.com.ar/La guerra del agua.doc](http://www.cajadocente.com.ar/La_guerra_del_agua.doc)
- De León, L. 2002. Floraciones de cianobacterias en aguas continentales del Uruguay. Causas y consecuencias. En: Perfil ambiental del Uruguay 2002. Coord. Domínguez, A., Prieto, R.G. Nordan Comunidad
- Duran, D; A. L. Lara 1992 Convivir en la Tierra. Cuaderno del Medio Ambiente Nº1. Lugar Editorial, Bs. As.
- Evia, G; E. Gudynas 1999 Ecología del Paisaje en Uruguay. Aportes para la conservación de la Diversidad Biológica. Consejería del Medio Ambiente Junta de Andalucía MVOTMA AECI
- Panario, D. 2000. Las playas uruguayas. Su dinámica, diagnóstico de situación actual y tendencias a mediano plazo. In: Perfil ambiental del Uruguay 2000. Coord. Domínguez, A., Prieto, R.G. Nordan Comunidad.
- Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní.- <http://www.sg-guarani.org>
- Serafini, C. 2004. El agua. Saberes escolares y perspectiva científica. Lacreu, L. (comp.). Editorial Paidós SAICF. Argentina. 331 pp.
- UNESCO. 2003. Hechos y cifras: Usos del agua

<http://www.wateryear2003.org>

•Zimbres, Eurico.- Meio ambiente pro Brasil – Manual – Universidad Estadual do Estado de Río de Janerio – ABAS.- Brasil – www.meioambiente.pro.br



GEF



Banco Mundial



OEA

Secretaría General del Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní
Edificio Mercosur - Dr. Luis Piera 1992, 2º piso - (CP:11200) - Tel/Fax: (598 2) 410 03 37
e-mail: sag@sg-guarani.org - web: www.sg-guarani.org
Montevideo - Uruguay