

BOLETÍN DE OBSERVATORIO TECNOLÓGICO



03

ACUÍFEROS
LA RESERVA VITAL.

07

EL IMPACTO DE LA
CONTAMINACIÓN
DE LOS ACUÍFEROS
EN EL PARAGUAY.

12

TRATAMIENTO DE AGUA
POR TURBULENCIAS DE
AIRE, VÓRTICE INVERTIDO,
OLAS SUPERFICIALES Y
CIRCULACIÓN NATURAL.

CENTRO DE INGENIERÍA PARA LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (CIDIT)

SUMARIO

03
Acuíferos: La Reserva Vital

07
El Impacto de la contaminación de los acuíferos en el Paraguay

10
Tratamiento de agua por turbulencias de aire, vórtice invertido, olas superficiales y circulación natural (vibraciones sísmicas) por medio del Oloid

15
Reutilización de aguas industriales: tecnologías adecuadas para su regeneración





ACUÍFEROS

LA RESERVA VITAL □



La disponibilidad de agua dulce es considerada uno de los grandes retos para el futuro. Los acuíferos o sistemas de aguas subterráneas son fuentes de riqueza bajo la tierra. ¿Cuál es la importancia de la protección y gestión de los recursos hídricos subterráneos, cuando sólo el tres por ciento del agua del planeta es dulce?

En la naturaleza ocurren sucesos que están vinculados entre sí, pero se dan separados en el tiempo, Sin embargo, pocos saben que al beber un vaso de agua extraída del acuífero Guaraní, podemos estar tomando un líquido que ingresó a él hace 30 mil años, o más. Los acuíferos son formaciones geológicas con características de permeabilidad aptas para la circulación de agua subterránea. Este movimiento a través de los poros y de las fisuras naturales es muy lento-centímetros por día. Los acuíferos pueden considerarse

como embalses naturales cuya capacidad de almacenamiento puede satisfacer, mediante perforaciones o pozos, las demandas de la población, por sí solos o en combinación con el agua superficial.

Las aguas subterráneas forman parte del ciclo hidrológico, una parte de las precipitaciones que caen en la superficie se evapora, otra fracción escurre hacia lagos y ríos, y, finalmente, un pequeño porcentaje infiltra en los acuíferos, donde se acumula. De esta manera, éstos se convierten en una especie de cisterna, es decir, una reserva en la que el agua pudo haber ingresado hace cientos o miles de años. Estos sistemas son capaces de proveer agua para satisfacer las demandas de los habitantes; conocerlos, protegerlos y utilizarlos de manera sustentable es el gran desafío de las presentes y las futuras generaciones.



Más allá de las fronteras

En la Argentina existen acuíferos intrafronterizos y transfronterizos; el Puelches y el Guaraní, respectivamente, como ejemplos destacados. El acuífero Guaraní es un sistema que trasciende fronteras lo más llamativo es el hecho de que tiene aguas con edades muy antiguas, datadas mediante técnicas isotópicas en más de 40.000 mil años. El Sistema Acuífero Guaraní es uno de los reservorios de agua subterránea más grandes del mundo; ocupa en el subsuelo un área de alrededor de 1.190.000 kilómetros cuadrados (superficie mayor que las de España, Francia y Portugal juntas), por lo que también se lo denominó el Acuífero Gigante del Mercosur. A

este sistema ingresan anualmente alrededor de 105 kilómetros cúbicos de agua; algo más que el caudal que transporta anualmente el río Uruguay, y el equivalente a unas 40 mil piletas olímpicas de dos metros de profundidad. Asimismo, el agua total acumulada en este embalse natural equivale a una cisterna de unos 25 a 30 mil kilómetros cúbicos, que alcanzarían para llenar cerca de 10 millones de piletas olímpicas.

El impacto que tuvo el Guaraní en lo que se refiere al mayor interés despertado sobre aguas subterráneas a través de nuevos proyectos y reglamentaciones fue enorme, se incentivó en los países, estados y provincias dueños del recurso la conveniencia de encarar estudios y mejorar la gestión sustentable del agua subterránea.

Por su parte, la formación Puelches constituye el acuífero arenoso de agua dulce más importante de las provincias de Buenos Aires y Santa Fe, y es uno de los más explotados del país. El uso de este recurso es de suma importancia a partir del segundo cordón urbano del Gran Buenos Aires, mientras que en el primer cordón cumple un rol complementario al del agua corriente. A su vez, en la mayoría de las poblaciones del este de esas provincias y del subsuelo de la ciudad de Buenos Aires, es fuente de agua principal, cubriendo una superficie aproximada de 70 mil kilómetros cuadrados con aguas de calidad aceptable para el consumo humano.

Esta gran reserva de agua subterránea semiconfinada, producto de un viejo sistema fluvial antecesor del actual río Paraná, de varias decenas de metros de espesor, se encuentra a una profundidad variable entre 40 y 90 metros bajo el nivel del terreno, y presenta un alto rendimiento en los pozos. Este sistema abarca una región con una población total de unos 10 millones de habitantes en áreas urbanas y rurales, y donde se genera más del 30% del producto bruto del país. Abastece de agua potable a toda esa región, a industrias de todo tipo, y provee riego complementario a través de miles de perforaciones, “la gran mayoría no registradas adecuadamente y muchas, de dudosa calidad de construcción”.



“ El Sistema Acuífero Guaraní es uno de los reservorios de agua subterránea más grandes del mundo ”





Gestión del agua

Cuando se habla de gestión realizada por los Estados se hace referencia al conjunto de guías, normas, leyes, reglamentos y actuaciones dirigidas a sostener, conservar, proteger, restaurar y regenerar esos acuíferos. Se describe además la cantidad y calidad del agua que puede ser sustraída del recurso y cómo debe hacerse, es decir, que sea de forma compatible con la demanda, con otras necesidades existentes y con el ambiente.

Con el tema agua subterránea se tiene un problema, sobre todo en la Argentina y en gran parte en la región, ya que es un recurso que, salvo en países de alto desarrollo, no ha tenido un

trato a profundidad, en lo que se refiere a su conocimiento científico y estudios cuali-cuantitativos. Se precisa monitorear sistemáticamente para conocer los niveles de agua, las condiciones hidroquímicas y microbiológicas para ajustar el modelo geológico tridimensional del subsuelo a través de la estratigrafía para obtener así datos confiables del comportamiento hidráulico mediante baterías de ensayos de acuíferos y la evolución de la calidad del agua”.

De esta manera, la gestión sustentable del recurso hídrico subterráneo, tiene que evitar algunos aspectos derivados de una mala explotación y de la falta de protección, como, por ejemplo, la reducción de caudales y niveles de presión hidrostática, el aumento de la concentración salina y, finalmente, la contaminación humana en

áreas de recarga. Muchas veces se generan acciones a partir de las deficiencias, como por ejemplo el descenso de las napas o el deterioro de la calidad del agua. Además, es importante pensar que a nadie se le ocurriría explotar otros recursos naturales, como el petróleo, por ejemplo, por prueba y error, pero eso sucede muchas veces con los acuíferos a través de perforaciones realizadas sin estudios previos adecuados.

Los acuíferos son vulnerables al peligro de contaminación y sobreexplotación, es decir, están expuestos a que se saque una mayor cantidad de agua que la que se repone. Calidad y cantidad van de la mano, y hay que tratarlas juntas. Hay que estudiarlas, investigarlas y gestionarlas juntas. Un acuífero se comporta de manera diferente que un cuerpo de agua superficial, si se extrae agua de un solo pozo, aunque sea de manera intensiva,

no puede secar el acuífero; pero, si, por ejemplo, se coloca una bomba hidráulica en un solo punto de la orilla de un lago, éste se va a terminar secando”.

Es clave aclarar que, si se explota de manera intensa un punto de un acuífero con un pozo, el nivel de agua subterránea se deprime en forma puntual, y se genera un cono de depresión hidráulico, es decir, el agua empieza a bajar, pero no de manera horizontal como en un lago. Esto se comprueba al hacer un pozo de observación a unos pocos kilómetros y comprobar que allí el nivel de agua es normal.

En la Argentina la sobreexplotación de un acuífero, que es el caso del Conurbano Bonaerense, que hasta alrededor de 1994, el nivel del agua subterránea estaba muy deprimido en esa región. Existían grandes conos de depresión que

eran el resultado de la extracción de miles de pozos domésticos y perforaciones más grandes. Se había extraído demasiada agua durante décadas, y el ciclo hidrológico no las podía reponer. Muchos sitios del conurbano bonaerense, que son zonas bajas e inundables, fueron ocupados por poblaciones durante muchos años, justamente en períodos en los que el agua subterránea era sobreexplotada y su nivel estaba a varias decenas de metros de profundidad.

Las aguas turbias

El agua subterránea tiene una protección natural, constituida por la zona superior de suelo y subsuelo, denominada “no saturada”, que el agua tiene que traspasar para llegar al acuífero, generalmente, muchos de los contaminantes son acumulados y retenidos y no hay un seguimiento sistemático, a nivel regional, del posible tránsito hacia los acuíferos de contaminantes agrícolas que se apliquen a gran escala”.

Se fertilizamos de más, se utilizan plaguicidas en exceso, estos elementos, como cualquier otro derivado de una actividad antrópica que esté contraindicado para la salud, hace que esa agua subterránea no pueda utilizarse como recurso. En cuanto a los eventos que

puedan contaminar los recursos hídricos subterráneos, se pensó qué pasaría si se contaminaba el acuífero Guaraní aguas arriba, por ejemplo, en territorio brasileño.

A raíz de eso se hicieron modelos matemáticos y así se pudo predecir que cualquier influencia en cien años podía llegar a un máximo de 300 kilómetros de distancia, pero de manera muy gradual debido a la dinámica de los acuíferos, no obstante, para predecir su extensión, hay que conocer los efectos a nivel local. En el caso del río Uruguay, si hubiera algún tipo de contaminación, ésta no incidiría en el acuífero, porque éste justamente en ese lugar se encuentra a mucha profundidad, a mil metros, y por encima tiene 500 metros de basalto, que es una roca dura de la época del Cretácico.

Protección de las aguas

Investigadores coinciden en que es fundamental estudiar las aguas subterráneas tanto de manera local cuanto global, actualmente los estudios están enfocados acerca de la geología, la geomorfología y la estructura de los acuíferos como es el caso del Guaraní, de modo de obtener la geometría de los reservorios, la hidrodinámica, hidráulica e hidroquímica completando así la

conceptualización del sistema. Uno de los problemas es que no hay datos suficientes, y los pocos que hay están dispersos. En la región de llanura, por ejemplo, se hicieron muchas perforaciones y esa información ha servido para conocer las aguas subterráneas en un determinado período hasta la década del 60, luego se dejaron de tener datos disponibles”.

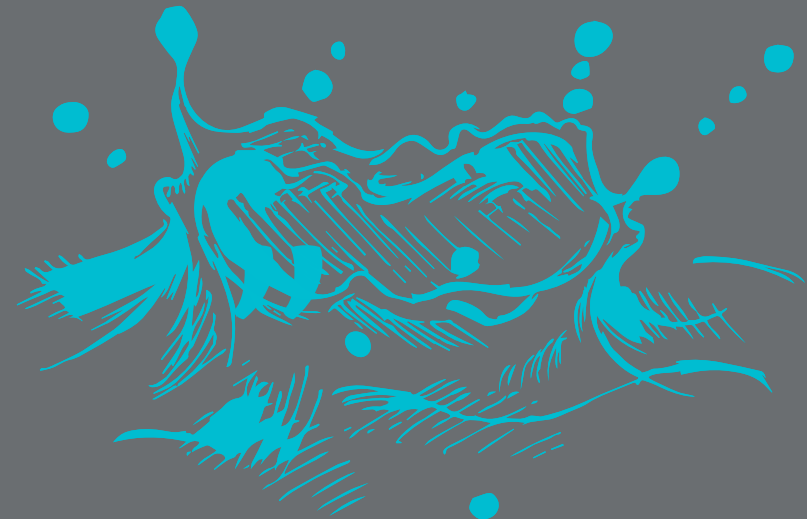
Las dudas respecto al tema acuíferos son muy grandes y el Estado y los organismos de gestión deberían acudir al sistema de ciencia y técnica y promover la investigación para saber más sobre las aguas subterráneas. Con el paso del tiempo, y después de la experiencia del acuífero Guaraní, hay más conciencia sobre la importancia vital de estos sistemas, pero aún falta mucho y esto se relaciona con la falta de estrategias, presupuestos y de una buena gestión”.

Perfil Técnico de los Acuíferos

Sistema Acuífero Guaraní
Tipo de acuífero: transfronterizo
Extensión: aproximadamente, 1.200.000 km² en el sudeste de América del Sur
Ubicación geográfica: debajo de cuatro países: Brasil, Argentina, Paraguay y Uruguay
Población en el área: aproximadamente 23 millones de habitantes (más del 50% se abastecen del mismo).

Acuífero Puelches

Tipo de acuífero: intrafrontera
Extensión: aproximadamente de 70 mil km²
Ubicación geográfica: principalmente Santa Fe y Buenos Aires
Población en el área: unos 10.000.000 habitantes



Fuente: NEX Nexciencia.EXACTAS,UBA.AR – Informe de Carla Novack basada en entrevistas a los investigadores: Jorge Santa Cruz, doctor en Ciencias Naturales con orientación en Geología de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) y la Dra. Ofelia Tuchjenider, directora del Grupo de Investigaciones Geohidrológicas de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral (UNL).

EL IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS ACUÍFEROS EN EL

PARAGUAY.



Los acuíferos son unidades geológicas con la capacidad de almacenar y transmitir agua en condiciones naturales. Para el efecto, los sedimentos y rocas deben tener características que les permitan la circulación del agua a su través, las aguas subterráneas fluyen a través de los espacios intergranulares, así como, por las fracturas en las rocas.

De acuerdo a la condición hidráulica los acuíferos pueden ser: libres o freáticos (Unidad geológica saturada parcialmente con agua sobre una capa impermeable), confinados (Unidad geológica totalmente saturada confinado entre dos capas impermeables) y semiconfinados (igual que la anterior, con la variante de que una de las capas es un acuitardo – no una capa impermeable). Estas características, sumadas al régimen de recarga, la topografía, la conductividad hidráulica (permeabilidad), el tipo de suelo, y la profundidad del nivel del agua, determinan la predisposición del acuífero a ser afectado por una carga contaminante.

La contaminación de las aguas subterráneas (acuíferos) es la pérdida de la calidad natural por acción antrópica. Según Foster e Hirata

(1991), “La vulnerabilidad de los acuíferos a la contaminación, representa su sensibilidad para ser adversamente afectado por una carga contaminante impuesta” [1].

El grado de vulnerabilidad de un acuífero, en sí, no es un problema, pero adquiere dimensiones preocupantes cuando se analiza la existencia de un elemento negativo que constituye el riesgo (real y potencial). Algunos autores como Foster (1987) definen a este como, “el peligro de deterioro en la calidad de un acuífero, por la existencia real o potencial de sustancias contaminantes en su entorno” [1].

De los acuíferos en el Paraguay dependen; la salud de gran parte de la población puesto que, debido a su calidad natural y accesibilidad, es utilizada como fuente para los sistemas de distribución de Agua Potable; la industria como materia prima o como parte de los procesos y la agricultura, mejorando la producción, a través de los sistemas de riego.

Por otro lado, es importante recordar un aspecto, por lo general olvidado, que las descargas del agua subterránea, contribuyen al mantenimiento de los humedales y de los cursos superficiales.

El uso de los recursos hídricos subterráneos

El principal uso que se les da a las aguas subterráneas en el Paraguay es el abastecimiento con Agua Potable a la población, el segundo, se relaciona con la industria, y el tercero a la producción agrícola y ganadera, ésta última en la región Occidental.

De acuerdo a Godoy E. (1991) los pueblos originarios, al igual que, los primeros colonizadores en el Paraguay, se asentaron en cercanías del río Paraguay, este fue la principal vía de comunicación que, además, le proveía de alimento y agua para su subsistencia. Luego, con el correr del tiempo los asentamientos humanos fueron alejándose de la ribera del río cubriendo sus necesidades de agua de otras fuentes, recurriendo a arroyos,

manantiales y pozos excavados, haciendo uso de los acuíferos presentes [2].

Se podría afirmar que el aprovechamiento de acuíferos, a través de pozos perforados (mal llamados artesianos) se inicia en la segunda década del Siglo XX, con la llegada al Paraguay del prestigioso técnico francés Don León Fragnaud contratado por la empresa Taninera Carlos Casado para dotar de agua a sus instalaciones [3].

En la década del 50 se producen dos hechos muy importantes en lo que refiere al abastecimiento con agua potable a la población. El primero, la campaña ejecutada por el Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social consistente en distribuir agua por medio de grifos públicos, para el efecto, se apela a la construcción de pozos perforados en los barrios de Asunción. Y el segundo, la creación de Corporación de Obras Sanitarias



de Asunción (CORPOSANA) para el abastecimiento con Agua Potable a la ciudad de Asunción, con toma de agua del río Paraguay y distribuida a los hogares, por medio de redes [4]

Para el abastecimiento con Agua Potable de las localidades del interior es creado, en el año 1972, el Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental (SENASA) dependiente del Ministerio de Salud Pública y Bienestar Social, utilizando principalmente aguas subterráneas como fuentes de los sistemas de abastecimientos [4]

En la década de los 90, ante la expansión urbana de las principales ciudades del Paraguay, hacen su aparición los sistemas privados de provisión de Agua Potable conocidos como “Aguaterías”, donde el uso del agua subterránea - por medio de pozos perforados - es casi del 100 %.

La figura N° 1, presenta la relación de uso de aguas subterráneas (Acuíferos) y superficiales como fuente de los sistemas de distribución de Agua Potable en los Departamentos del Paraguay [5].

Es importante señalar que, las necesidades de abastecimiento con Agua Potable de importantes

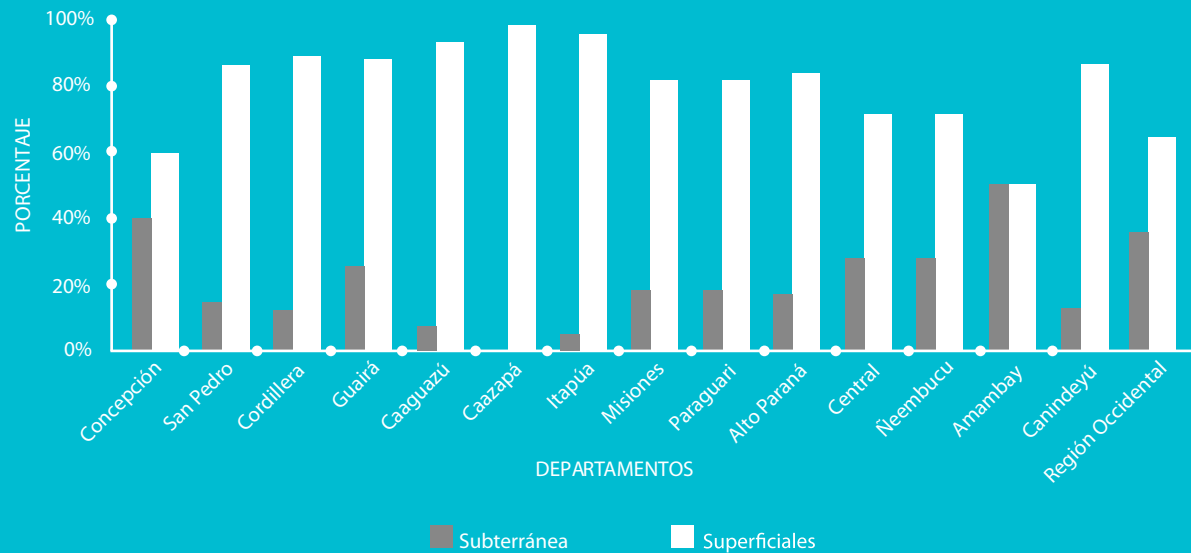
ciudades - en su mayoría capitales departamentales del país - son cubiertas con agua subterránea como los casos de las ciudades de: San Pedro, Caacupé, Caazapá, San Juan Bautista, Paraguari, Areguá, Salto del Guairá, Pedro Juan Caballero, mientras que, las restantes lo hacen de manera parcial, como el caso de las ciudades de Coronel Oviedo, Villarrica, Concepción, Encarnación y Ciudad del Este con el constante aumento en la demanda de aguas subterráneas.

“

De los acuíferos en el Paraguay dependen; la salud de gran parte de la población

”

Agua subterránea y agua superficial por departamento.



De igual forma ciudades muy importantes, por el constante desarrollo comercial, como el caso de: San Lorenzo, Caaguazú, San Estanislao, Horqueta, Minga Guazú, Santa Rita, Carapeguá, Hohenau, J. Eulogio Estigarríbia, Santa Rosa del Aguaray, por citar algunas, utilizan diversas fuentes de aguas subterráneas (acuíferos) para satisfacer la demanda provenientes del consumo humano y la industrias.

Las principales industrias hidrodependientes se encuentran en la Gran Asunción (área de ocurrencia del acuífero Patiño), haciendo la salvedad de la existencia de empresas consumidoras de agua subterráneas, principalmente aquellas que se encargan de embotellar agua mineral, jugos y refrescos.

Con respecto al uso del agua subterránea para fines agrícola - ganadero, el principal uso es para

el abastecimiento de pequeñas fincas por medio de programas del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Cabe resaltar el uso de agua subterránea para riego de plantaciones en gran escala en el Departamento de San Pedro, iniciativas llevadas adelante por el sector privado, modalidad adoptada también para satisfacer la demanda de la Ganadería en la región Occidental, echando mano de acuíferos cuaternarios (paleocauces) y de los acuíferos Yrendá y Agua Dulce.

Amenazas de deterioro de los acuíferos en el Paraguay

Los acuíferos pueden deteriorarse de dos maneras, la primera, relacionada a cantidad, y la segunda a la calidad. El primer caso ocurre cuando el régimen de descargas supera al de la recarga y en el segundo, cuando se modifica, negativamente, la calidad natural del agua subterránea debido a la contaminación.

Los acuíferos son sistemas y como tales, tienen entrada, salida y procesos que se desarrollan en su interior. Las entradas al sistema corresponden a la recarga natural (infiltración del agua lluvia, descarga de otros acuíferos), así como, recarga artificial. Las descargas se producen, principalmente, a través de manantiales que alimentan las aguas superficiales y las extracciones por medio de obras de captación, principalmente pozos perforados.

El equilibrio se rompe cuando uno de los extremos (recarga-descarga) supera al otro. Cuando las descargas superan a la recarga, se produce una sobreexplotación del acuífero, los niveles descienden, generando consecuencias negativas tales como, subsidencia e invasión salina. El ejemplo de esta situación se da en el Paraguay con el aprovechamiento sin control del acuífero Patiño. En efecto, la disminución de la recarga debido a la alta urbanización y la extracción excesiva del agua para el consumo humano e industrial, tiene consecuencias en zonas con descenso de niveles e invasión salina en los límites con el río Paraguay, situación advertida ya en los estudios realizados por SENASA – TNO, 2001[6]

Los procesos naturales desarrollados en los acuíferos tienen que ver, principalmente, con la actividad química, uno de los efectos es la mineralización del agua relacionada directamente a las rocas y sedimentos que contienen el agua, donde juega un papel destacado el tiempo de residencia del agua dentro de ellas. Los elementos, parte del proceso, pueden ser introducidos en el sistema por actividad

antrópica, y en este caso se produce una alteración de la calidad natural del cuerpo de agua conocida como contaminación, proceso asociado a la pérdida de potabilidad del agua.

Los acuíferos en el Paraguay, especialmente los freáticos, tienden a la contaminación del agua - entendida como el cambio por acción antrópica de la calidad - como principal amenaza, debido a la baja cobertura con alcantarillado sanitario con que cuenta el país, del orden del 11 % para redes de alcantarillado y solo 2 % en lo que respecta al tratamiento [7]

Son muy pocos los estudios realizados sobre la calidad de las aguas subterráneas del Paraguay, los correspondientes a los realizados por el programa Agua para el Chaco, el Sistema Acuífero Guaraní, y el Acuífero Patiño, este último de vital importancia debido a su ubicación estratégica, que abastece a gran parte de la población de la Gran Asunción.

Desde los primeros estudios realizados en el año 2001 se viene advirtiendo sobre el deterioro de la calidad del agua del Patiño, con la detección de coliformes totales

y fecales, nitratos y aumento de la conductividad eléctrica de las aguas cercanas al río Paraguay [6].

En función a la evolución de los resultados de los análisis de laboratorio y registros de características físicas de las aguas del acuífero, puede afirmarse que, el deterioro en la calidad va en permanente progreso. Las principales amenazas son los efluentes domésticos (aumento de los niveles de nitratos y coliformes) y la intrusión salina (aumento de los valores de conductividad eléctrica) [4]

Debido al alto grado de vulnerabilidad de gran parte del acuífero Patiño, es lógico pensar que, otros contaminantes podrían fácilmente llegar hasta él, y así sucede con el caso de contaminación por hidrocarburos, resultados recientes de un proyecto realizado por la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, promovido por el CONACYT y liderado por el Dr. Juan Francisco Facetti, confirma la presencia del MTBE (metil-ter-butil-eter) compuesto orgánico utilizado como aditivo oxigenante de las gasolinas [8]. Los responsables del estudio, que además detectó alta presencia

de nitratos en los municipios de Lambaré, Villa Elisa y San Lorenzo, consideran que a la situación actual se llega debido a la falta de cobertura en alcantarillado sanitario, de control y monitoreo de las estaciones de servicios y el descontrol en la perforación de los pozos perforados [9].

“

Son muy pocos los estudios realizados sobre la calidad de las aguas

”



¿Cómo aplicamos la tecnología para revertir la situación?

En primer término, la primera acepción de la palabra tecnología es: “Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico” [10]. Por tanto, la aplicación tecnológica en la gestión de los acuíferos del Paraguay, es factible y necesaria, la misma, en principio, puede darse por medio de la generación del conocimientos, infraestructura adecuada y métodos innovadores para la gestión de los recursos hídricos.

Generación del conocimiento

Esto implica generar los conocimientos científicos que nos permitan conocer en detalle los acuíferos del Paraguay. Es importante recordar que el Mapa Hidrogeológico de la República del Paraguay es del año 1986, en un poco más de 30 años ha aumentado la información que debe ser procesada. Hasta ahora, se tiene cierto conocimiento del potencial del acuífero Patiño

y del Sistema Acuífero Guaraní, y se desconoce el potencial de otros muy importantes como: El acuífero Alto Paraná (Pedro Juan Caballero; Salto del Guairá, Ciudad del Este), Acuífero Independencia (Villarrica, Independencia, Caazapá), Acuífero Caacupé (Caacupé, Altos, Villeta, Nueva Italia) entre otros. Se desconoce, salvo puntos localizados, el estado de la calidad del agua, la vulnerabilidad y los riesgos que corren.

Infraestructura

La Infraestructura, entendida como “Conjunto de elementos dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país, de una ciudad o de una organización cualquiera”, muy necesaria para el saneamiento del subsuelo, la red y el tratamiento de los efluentes domésticos es escaso, por lo tanto, parte de los mismos retorna al subsuelo contaminando los acuíferos. No obstante, para la construcción de las infraestructuras necesarias, es conveniente echar mano al primer punto – Generación del conocimiento – a fin de

tener una visión holística de la situación, poniendo como ejemplo, el caso del acuífero Patiño, donde se calcula que el 80 % de las aguas (en forma de efluentes domésticos) retornan al subsuelo, ayudando de cierta forma a que los niveles no bajen tanto. Si se construyen sistemas de alcantarillado sanitario, que lleven los efluentes domésticos al río Paraguay, se estaría afectando el nivel del acuífero, con las consabidas consecuencias.

Innovación tecnológica

Un instrumento fundamental para la gestión del agua es el relacionado con los controles, entre estos vemos con urgente necesidad al monitoreo de las aguas subterráneas en las inmediaciones de las estaciones de servicios y, principalmente, el control de las perforaciones de pozos, en la mayoría de los casos, éstos se construyen sin seguir ninguna norma, obviando los estudios previos a la construcción, así como, dejando de lado instrumentos tecnológicos que permitirían construir pozos eficientes, económicamente

rentables, y seguros, desde el punto de vista ambiental.

Por otro lado es importante pensar que no podemos seguir construyendo de la forma en la que venimos haciendo, disminuyendo la superficie de infiltración (recarga de los acuíferos) aumentando la escorrentía (raudales) convertida en uno de los problemas en la gestión de las aguas urbanas. Es momento de innovar tecnológicamente con la pavimentación que permita la infiltración, con sistemas de recarga artificial. Si se logra mayor infiltración se estaría disminuyendo el agua de escorrentía y a la vez, se recargarán los acuíferos manteniendo los niveles, reteniendo la invasión salina y disminuyendo la contaminación al bajar la concentración de los contaminantes.



Fuente: [1]. Vulnerabilidad de acuíferos, conceptos y métodos, Auge M. 2004.

[2]. Evolución y estado actual del conocimiento hidrogeológico en el Paraguay. Godoy E.; Villar F.; Carvallo F.; Jara S., 1991.

[3] El Pocero francés – Publicación del diario ABC Color de fecha 08/06/2003 - <http://www.abc.com.py/edicion-impresa/suplementos/abc-revista/el-pocero-frances-703600.html>.

[4] Acuífero Patiño. Fuente de agua estratégica del Gran Asunción. Carvallo F.; Villar F., 2016

[5] Usos y Gobernabilidad del Agua en el Paraguay. PNUD, 2006.

[6]. Estudio del Acuífero Patiño -Informe técnico final, Volumen N° 2 – SENASA (Servicio Nacional de Saneamiento Ambiental) – TNO (Instituto Holandés de Geociencias Aplicadas), 2001.

[7] <http://mopc.gov.py/alcantarillado-sanitario-obra-clave-para-mejorar-la-calidad-de-vida-de-los-ciudadanos-n4012>

[8] Confirman presencia de aditivo para combustible en el Acuífero Patiño. Última Hora. Edición Impresa. Domingo 11 de febrero de 2018. Página 23.

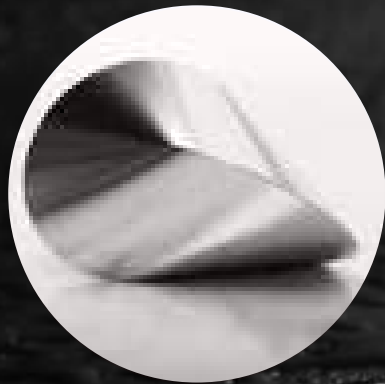
[9] Acuífero: Hay tres municipios con alta presencia de nitrato. Última Hora. Edición Impresa. Martes 13 de febrero de 2018. Página 31.

[10] Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española <http://dle.rae.es/?id=ZJ2KRZZ>.

Autor: Dr. Félix A. Carvallo Vargas, Docente e investigador del Centro de Tecnología Apropriada/ Departamento de Ingeniería Civil, Industrial y Ambiental DICIA - Facultad de Ciencias y Tecnología – Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción.

TRATAMIENTO DE AGUA POR
TURBULENCIAS DE AIRE, VÓRTICE
INVERTIDO, OLAS SUPERFICIALES
Y CIRCULACIÓN NATURAL
(VIBRACIONES SÍSMICAS)
POR MEDIO DEL

OLOID





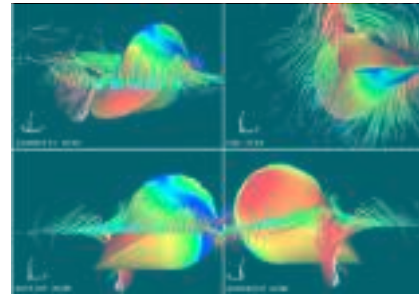
La forma del OLOID es un invento matemático de Paul Schatz. El utilizó la forma del “ocho tridimensional” para el desarrollo del movimiento de un cubo invertible. Uno de ellos es el Oloid, con el número de patente suiza Nro. 500.000 como “Aparato para producir un movimiento pulsante y rotante”.

El OLOID y su mecanismo de acción en su movimiento en el agua. Observar la naturaleza y luego imitarla, es una lógica científica. Al observar las técnicas de turbulencias en el agua, vemos sistemas de tratamiento evolucionarios que son elementares en la naturaleza. Se observan en mares, lagos y ríos. Comprobado científicamente, los ríos regulados por la ingeniería hace 25 años se están renaturalizando. Las corrientes serpenteantes y las capas de turbulencia frías-calientes resultantes en el agua, que junto a las turbulencias superficiales que absorben oxígeno, limpian el agua en los ríos independientemente.

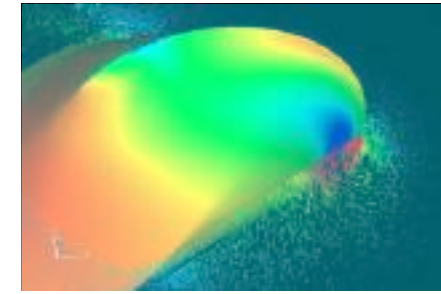
Con estos conocimientos se puede explicar la eficacia del OLOID “y sus 5 efectos”

1. Por un lado, las pequeñas burbujas arremolinadas.
2. Luego con el inicio de movimientos de olas, se genera un aumento de superficie en el agua.
3. Además, se realiza una completa e importante circulación de las capas de agua.
4. Sobre todo, los movimientos rotatorios del OLOID que provocan una gran cantidad de corrientes turbulentas invertibles con sus respectivas vías de remolino.
5. Y la pulsación rítmica análoga a las vibraciones sísmicas de la tierra.

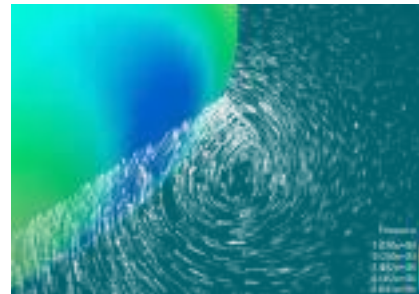
Desde la capa de suelo anaeróbica (aquí se genera la denitrificación), hasta la superficie aeróbica, que gracias a la presión atmosférica se enriquece de oxígeno.



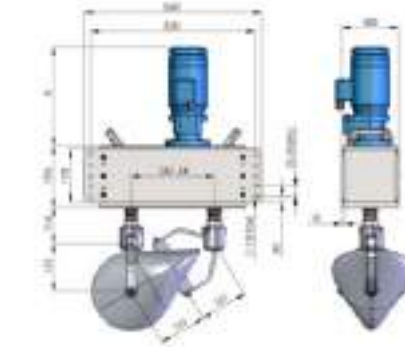
CFD Dinámica de fluidos computacional



CFD Dinámica de fluidos computacional



Vectores de velocidad



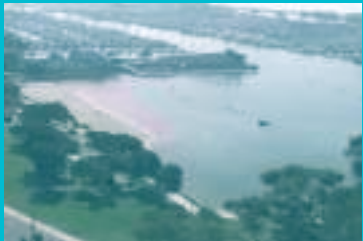
Las aplicaciones para rehabilitación del agua en lagos, estanques, embalses y represas estas sirven para el control de algas, control de nutrientes (TOC,N,P), reducción de lodo, aireación, control de olores, reestratificación y protección contra hielo. En reservorios de aguas, bahías y embarcaderos su utilidad se basa en control de bacterias, control de algas, control

de nutrientes (TOC,N,P), aireación, protección contra el hielo, cambio de estructura de hielo (protección de geomembranas) y homogeneización. También se utiliza OLOID en tratamiento de aguas en plantas depuradoras de aguas residuales, agua de infiltración, residuos líquidos industriales y agua de lluvia.

Las ventajas de OLOID en eficiencia energética, fácil montaje (sobre pontones), disponible en acero inoxidable, producto invisible, para uso en espacios estéticos, modularidad, combinación fácil con otros sistemas (biolight, aireadores, ultrasonido, etc.).

Algunos ejemplos de aplicación del test OILD son:

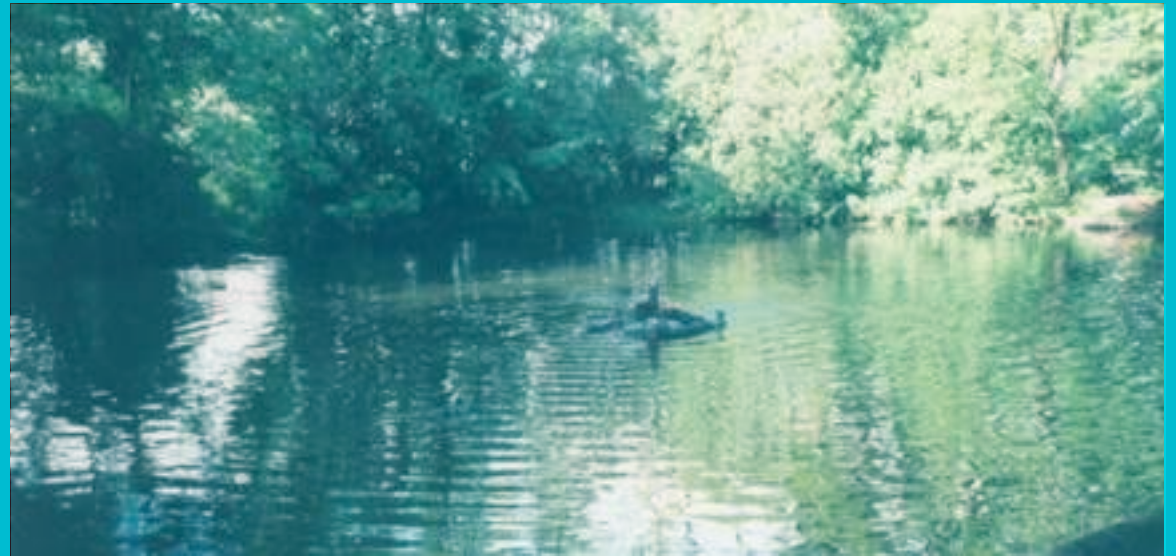
Baby Beach, Dana Point, California, Estados Unidos de America
Control de olor y circulación.
Test con 6 OLOID Tipo 400.



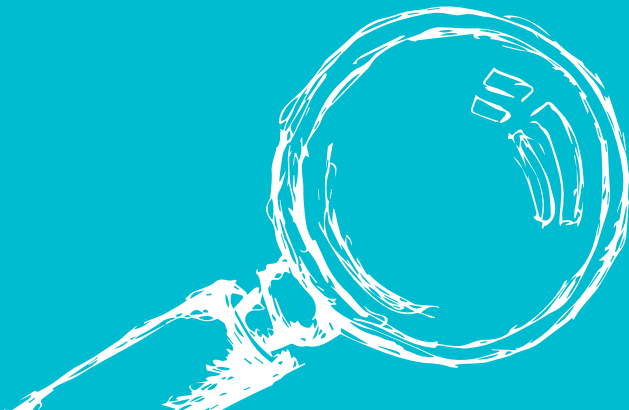
Con la implementación de 6 OLOID, tipo 400 se logró una mejora considerable en la playa. El agua tenía mejor apariencia y calidad.



Laguna del Magdalenenhof en Viena, Austria. Control de algas (lenteja de agua), reducción de lodos, aireación, circulación y protección de anfibios. 1 OLOID 400.



Fuente: AWAS International GmbH – AWAS wáter and waste water systems





REUTILIZACIÓN DE AGUAS INDUSTRIALES: TECNOLOGÍAS ADECUADAS PARA SU

REGENERACIÓN

Los distintos tratamientos para la adecuación del agua o regeneración para su reutilización, dependen de tres factores fundamentales:

- Origen del agua depurada.
- Sistema de depuración utilizado.
- Uso posterior del Agua Regenerada.

Un sistema de reutilización de agua tiene como fin mejorar la calidad del efluente de aguas residuales de la depuradora para cumplir con los requisitos de calidad de las aguas regeneradas.

Para ello, es preciso complementar los equipos de tratamiento previamente instalados con procesos de depuración avanzados que reduzcan la carga contaminante residual hasta valores admisibles para el uso al que vaya a destinarse el agua producto. También es importante eliminar todos los microorganismos patógenos para asegurar la adecuada calidad sanitaria del agua.

De esta manera el tratamiento de regeneración tiene como objetivo principal el reducir la cantidad de agentes patógenos que hayan sobrevivido a los tratamientos de depuración, así como reducir el nivel de sólidos en suspensión y turbidez, a fin de adaptarse a las calidades mínimas exigidas para su uso.

En la depuración de aguas residuales industriales, se contemplan tres fases o tratamientos genéricos

dependiendo de la calidad del agua a obtener: Tratamiento Primario, Tratamiento Secundario y Tratamiento Terciario.

Dependiendo del tipo de tratamiento final al que se hayan sometido las aguas y el uso al que van a ir destinadas en su Reutilización, se utilizarán procesos con sistemas complementarios de depuración y desinfección, siendo un Tratamiento Terciario de afino el que deberá utilizarse en la mayor parte de los casos. No obstante, sistemas de depuración con tratamientos secundarios de Alta Tecnología, como los que incluyen sistemas biológicos con Membranas de Ultrafiltración (MBR), Ósmosis Inversa, etc, obtendrán directamente aguas para su reutilización en distintos usos, eliminando en su proceso de depuración Bacterias, Virus, Nematodos, Legionella y Escherichia Coli.

Las Tecnologías bases más determinantes se resumen en:

Sistemas Físico-Químicos •
Filtración
Flotación (DAF, CAF,..)
Decantación Lamelar
Membranas de Ultrafiltración (MBR,..), Nanofiltración, Microfiltración,...
Ósmosis Inversa
EDR, EDI.
Sistemas de Desinfección (Cloración, Ozonización, UV)

Para el tratamiento de regeneración para aguas de procesos, limpieza, torres de refrigeración, condensadores evaporativos y otros usos industriales se pueden utilizar los siguientes tratamientos:

Tratamiento tipo 1

Este tratamiento se propone para aquellos usos que requieran la eliminación total de *Escherichia coli*, como son el uso industrial para torres de refrigeración y condensadores evaporativos.

El tratamiento tipo 1 consta en primer lugar de una unidad de tratamiento físico-químico con decantación cuyo objetivo es la reducción de los sólidos en suspensión. Este tratamiento es también aprovechado para la

precipitación de sulfuros y fósforo en el agua depurada.

En segundo lugar, se aplica una filtración donde se reducen de manera muy importante nematodos intestinales y sirve para afinar los parámetros físico-químicos objetivo de la primera fase.

Seguidamente, el agua filtrada es introducida en un proceso de ultrafiltración para asegurar una turbidez menor de 2 UNT.

Por último, se aplica una pequeña dosis de hipoclorito sódico para la desinfección de mantenimiento, con el objetivo de asegurar la calidad del efluente regenerado hasta el punto de entrega al usuario, con la que se asegura la eliminación total de coliformes y demás riesgos microbiológicos.

Tratamiento tipo 2

El tratamiento tipo 2 se propone para aquellos usos que requieren un valor máximo admisible de *E. coli* inferior o igual a 200 UFC/100 mL, pero que no requieren una eliminación total, es decir, usos industriales para aguas de proceso y limpieza en la industria alimentaria.

La diferencia de este tratamiento con respecto al anterior es la

sustitución de la ultrafiltración por una desinfección con luz ultravioleta, debido a que es suficiente para lograr los parámetros de calidad establecidos para estos usos y disminuye los costes de forma considerable.

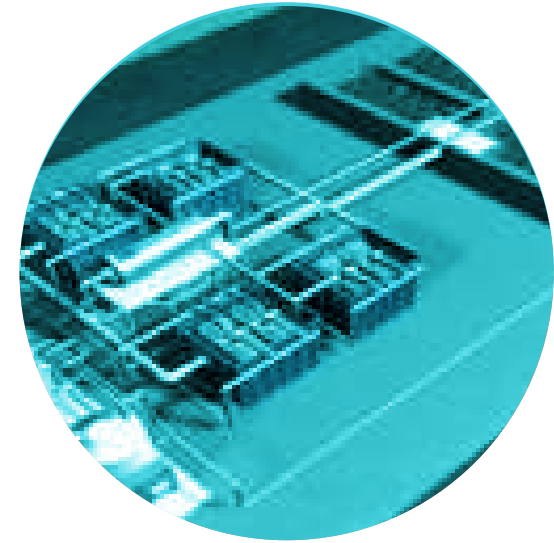
Tratamiento tipo 3

El tratamiento tipo 3 se ha propuesto para los usos que requieren calidades menos exigentes con valores de *Escherichia coli* inferiores a 10.000 UFC/100mL, como son las aguas de proceso y limpieza excepto en la industria alimentaria.

Este tratamiento consta de una filtración, una desinfección con luz UV para la eliminación de microorganismos patógenos y una desinfección de mantenimiento mediante la aplicación de una pequeña dosis de hipoclorito sódico para asegurar la calidad desde el lugar del tratamiento hasta el punto de entrega del agua regenerada.

Tratamiento tipo 5a y 5b

Estos tratamientos se proponen para aquellos casos en los que sea necesario eliminar sales del efluente. Los tratamientos de desalación considerados son ósmosis inversa y electrodiálisis



“ Un sistema de reutilización de agua tiene como fin mejorar la calidad efluente de aguas residuales ”

reversible. La decisión de optar por uno de ellos deberá ser estudiada en cada caso particular teniendo en cuenta los diversos factores a considerar.

El tratamiento tipo 5a se compone de un físico-químico con decantación, una filtración, una filtración con membranas, una desalación mediante Ósmosis Inversa y una desinfección de mantenimiento.

Debido a la exigencia de la ósmosis inversa en cuanto a la calidad del influente, es necesaria la instalación de un tratamiento previo, siendo el más utilizado la ultrafiltración. Asimismo, se recomienda la inclusión de una etapa previa compuesta de un físico-químico con decantación lamelar más una filtración para proteger la membrana de ultrafiltración.

Este tipo de tratamiento se considera adecuado para alcanzar todas las calidades exigidas por el RD de reutilización. El tratamiento tipo 5b se compone de físico-químico con decantación, filtración, desalación mediante EDR, desinfección con luz ultravioleta y desinfección de mantenimiento.

La desalación mediante EDR necesita un tratamiento previo para evitar problemas de funcionamiento. Para ello se recomienda la instalación de un tratamiento físico-químico con decantación lamelar y una filtración que permita limpiezas en continuo.

El uso más extendido en la reutilización de uso industrial es el suministro para torres de refrigeración y condensadores evaporativos. Este uso del agua regenerada es exclusivamente industrial y se debe llevar a cabo en localizaciones que no estén ubicadas en zonas urbanas ni cerca de lugares con actividad pública o comercial. En sistemas que se alimentan con agua regenerada, además del cumplimiento de lo establecido en el RD 865/2003 para la prevención y control de la legionelosis y de la Guía de desarrollo se deberán tomar las siguientes medidas adicionales.

Es posible que el agua regenerada contenga mayor cantidad de nutrientes, fosfato y nitrógeno, de los que son habituales en las aguas naturales. Por ello, es preciso estudiar el tratamiento

óptimo que pueda asegurar la desinfección. Asimismo, debe analizarse en aras de evitar corrosiones, incrustaciones, etc. En esta línea, atendiendo al origen del agua, conviene controlar los sólidos en suspensión.

Es importante controlar la biocapa mediante biocidas que limiten la adherencia de las bacterias sésiles a las paredes interiores de la instalación. Conviene potenciar las revisiones en los puntos donde la formación de la biocapa sea más favorable.

Fuente: Agua, Energía y Medioambiente Servicios Integrales S.L.U. (AEMA)





El Centro de Ingeniería para la Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica (CIDIT), es una institución nacional creada para articular la oferta y la demanda de ciencias y tecnologías (I+D+i) para el sector de ingeniería y se constituye en Centro de Desarrollo Tecnológico, con una visión estratégica que busca incorporar a actores de sectores de la oferta y la demanda en el sector de ciencia y tecnología.

CENTRO DE INGENIERÍA PARA LA INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (CIDIT)