

Definiciones sobre recarga artificial de acuífero*

La recarga artificial se entiende como un proceso en el que se incorpora agua a un acuífero a través de dispositivos especialmente diseñados para ello. Así, a través de distintos métodos superficiales y de profundidad, se desarrolla este ciclo mediante distintas modalidades que versan sobre núcleos superficiales y de profundidad.

Los objetivos, evidentemente, responden a la realidad local que se ejerce o implementa en los sistemas de recarga artificial según el incremento y recuperación de los niveles de almacenamiento de los acuíferos. Así también, en algunos otros casos, con la reducción de fenómenos de intrusión y de mejoramiento de calidad o dilución dentro del sistema saturado.

Marco Legal

Dado por el artículo 66 del Código de Aguas. Establece que “sin necesidad de declaración previa del área de restricción, y previa autorización de la Dirección General de Aguas (DGA), cualquier persona podrá ejecutar obras para la recarga artificial de acuíferos”.

Así, a partir de esta figura, “la persona que ejecute la recarga tendrá preferencia para que se le constituya un derecho provisional sobre las aguas subterráneas derivadas de tales



Figura 1

obras y mientras ellas se mantengan operativas”.

Y la preocupación efectivamente está incorporada en la resolución n°425 de la DGA, la cual establece que “para los efectos de lo dispuesto en los artículos 66 y 67 del Código de Aguas, quienes desean ejecutar obras de recarga artificial de acuíferos, deberán entregar una memoria técnica o explicativa que contenga las siguientes condiciones expresadas en dicha resolución”:

- 1) Descripción del sistema de recarga artificial.
- 2) Descripción de la naturaleza física y situación jurídica del agua a utilizar en la re-

carga artificial.

- 3) Descripción del sitio de recarga.
- 4) Características geológicas e hidrogeológicas del sector.
- 5) Características de la zona no saturada.
- 6) Características del acuífero.
- 7) Velocidad y dirección del flujo.
- 8) Comportamiento histórico de los niveles de agua en el sector.
- 9) Calidad del agua.
- 10) Impactos asociados a la obra de recarga artificial, así como el área de influencia de la recarga artificial, impactos esperados y análisis del impacto sobre la

calidad del agua.

- 11) Plan de monitoreo que contemple al menos:
 - Monitoreo del nivel de las aguas.
 - Monitoreo de la calidad de las aguas.
 - Control del caudal de recarga.
 - Control de extracciones.
- 12) Plan de contingencia que contemple al menos:
 - Medidas de protección del acuífero.
 - Planes de alerta ante impactos no deseados.

Considerando algunas de las menciones que se realizan en el artículo 37 de la misma resolución, cabe destacar que

* Ponencia realizada por Ximena Paredes Yáñez, Jefa del Departamento de Administración de Recursos Hídricos de la Dirección General de Aguas (DGA), durante la Segunda Jornada Técnica 2008 de ALHSUD Capítulo Chileno A.G.

éstas se encuentran altamente vinculadas a las responsabilidades que le competen a las organizaciones de usuarios respecto de la atribución. Asimismo, también a los deberes que tengan en torno a la promoción de una gestión integrada y sustentable del acuífero, así como al estudio e implementación de técnicas que permitan la recarga artificial de las fuentes subterráneas.

Referencias y experiencias internacionales

Considerando el caso del Proyecto en el lecho del río Salado (ver Figura 1), aguas arriba de la ciudad de Phoenix (Estados Unidos), éste empleó un método de balsas como sistema de recarga de aguas de los ríos Colorado, Salado y aguas tratadas. El sistema se realizó a partir de efluentes municipales con tratamiento terciario; y la técnica que se empleó fue la de reciclaje y reutilización de aguas tratadas como porcentaje importante de los objetivos de los sistemas de recargas.

Con respecto a los “Pozos de Inyección”, éste fue considerado como una de las metodologías más utilizadas. Y en el caso de la experiencia de Estados Unidos, mostró una serie de pre-tratamientos y sistemas de filtrado con un costo relativamente elevado y con una serie de restricciones vinculadas a la condición de mantención necesaria del acuífero.

Asimismo, también en este caso se detectó el sistema de tratamiento y recarga de aguas subterráneas “Scottsdale Water Campus”, al cual se le denomina sistema de “pozos secos”: se obtiene agua de efluentes municipales, previa microfiltración y osmosis reversa.

Lo interesante es este fenó-

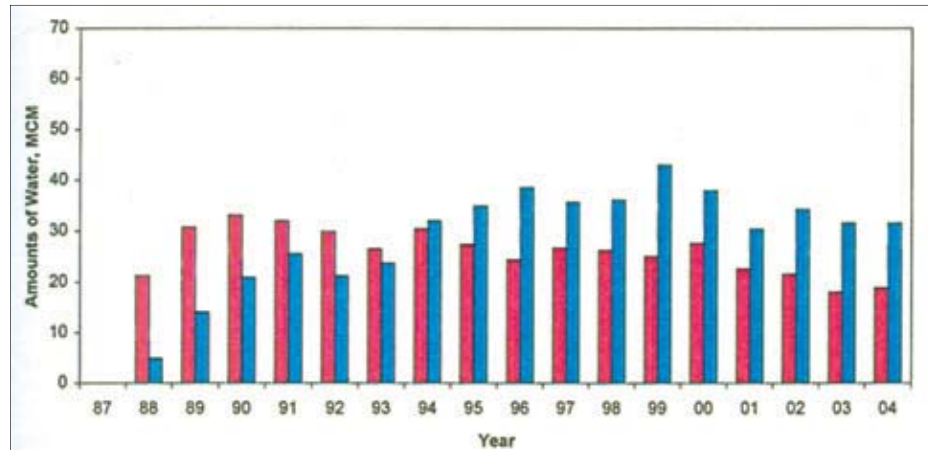


Figura 2: Montos Anuales de Efluente Recargado (rojo) y Agua Recuperada (azul). Yavne 2 – 1988 a 2004 [MCM: 106-m³].

meno, eso sí, recayó en que la infiltración se produjo en una condición superior a la zona saturada y efectivamente, la distancia que quedó desde la infiltración real hasta la infiltración efectiva de la zona saturada del acuífero, actuó también en la estratificación del suelo como un filtro de asistencia en el mejoramiento de la calidad del agua.

Paralelamente, considerando el caso de Israel (sistema bastante más sencillo), aquí las

aguas residuales simplemente se vertieron a campo abierto mediante la acción de una maquinaria que erosionó el suelo de manera de permitir su percolación inmediata en las primeras capas de sus estratos.

Entonces, en este caso también se repitieron los sistemas más utilizados, como son los de balsas y pozos. Y como las distancias y superficies de Israel son menores, sorprendió la eficiencia de cómo en 87 kms.

de conducción de aguas superficiales se presentaron 6 reservorios operando para 510.000 m³ y 3 reservorios estacionales para 11.500.000 m³. Todo éstos capaces de lograr una considerable eficiencia de reutilización del recurso y óptimos resultados en grandes extensiones de agricultura (ver Figura 2).

Así también, a modo de ejemplo, consignar los resultados obtenidos de los pozos de monitoreo en relación a la

Parámetros	Unidades	Aguas Residuales	Recarga Efluente	Agua de Recarga
Total Bacteria	Nº/1mL	18.000.000	1.200.000	35
Coliformes	MPN/100 mL	110.000.000	560.000	0
Coliformes Fecales	MPN/100 mL	12.000.000	18.000	0
Estreptococos	MPN/100 mL	6.800.000	48.000	0
Enterovirus	PFU		1	0

Figura 3

Parámetros Básicos de Aguas Residuales (mg/l)			
Parámetro	Aguas Residuales	Recarga efluente	Agua de recarga
Sólidos Suspendedos (SS)	419	6	< 1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (BOD)	347	8	< 0,5
Demanda Química de Oxígeno (COD)	815	43	5
Nitrogeno Amoniacal (NH4-N)	39	2,7	< 0,02

Figura 4



calidad biológica después de un proceso de recarga, los cuales demuestran los siguientes resultados respecto del poblamiento bacteriano (Israel), ver figura 3.

Paralelamente, en relación a otros parámetros, también recalcar que entendiendo que la recarga de afluentes ya tienen un pre-tratamiento, igualmente se obtienen resultados favorables en relación a los parámetros básicos de aguas residuales establecidos (ver Figura 4):

Referencias y experiencia en Chile: ¿Qué estamos haciendo al respecto?

Durante 1990 se desarrolló de manera muy efectiva un Proyecto Fondef de la Universidad de Chile para la evaluación de recargas de aguas servidas en la región de Atacama. Lamentablemente, dicha investigación se elaboró con datos y conside-

raciones antes de que estuviera vigente el Decreto Supremo n°46 y algunas otras normas, motivo por el cual el estudio no fue útil ni sirvió como base de investigación.

Paralelamente, otras experiencias desarrolladas en la década de 1990-2007 fueron las siguientes:

- Aguas Cordillera S. A.: Proyecto de recarga de aguas superficiales (río Mapocho). (1990).
- Shuster y Sepúlveda: Factibilidad recarga en Ligua y Petorca. Quinta región. (1999).
- Marco regulatorio DGA: Intercambio Arizona 1999, desarrollo de un trabajo que se incorporó en el marco regulatorio.
- Iniciativas Públicas (DGA)-privadas: Diagnóstico y anteproyecto firmado con Aguas Andinas en la Región

Metropolitana y reuniones de trabajo con áreas de minería con miras a la evaluación de alternativas de reutilización del recurso.

- Intercambio internacional y difusión regional. DGA 2007.

Reflexiones sobre el desarrollo de la recarga

Considerando los aspectos generales y naturales, las mayores limitantes que se presentan en términos generales son los siguientes:

- 1.- Limitantes respecto de la fuente:
 - Se precisan altos volúmenes de agua en sistemas superficiales con la alternativa de derechos eventuales no almacenados y de precipitaciones.
 - Heterogeneidad territorial de los acuíferos.
 - Calidad del agua como

fuentes de recarga.

2.- Limitantes climáticas:

- Evaporación.

En cuanto a las externalidades, aquí efectivamente se requiere de un alto nivel de antecedentes técnicos territoriales a nivel local e inversión en investigación y desarrollo.

El rol de la Dirección General de Aguas: procesos y desafíos

Finalmente, orientando la gestión del recurso hídrico a través del desarrollo de iniciativas, las tareas desarrolladas por la DGA se orientan en el progreso de las siguientes áreas de trabajo:

- Mesas del agua: mirada territorial y acuerdos
- Incentivo al análisis de la explotación
- Fomento a potenciar el rol de las organizaciones de usuarios
- Transparentar diagnósticos – Fiscalización
- Liderar nuevas iniciativas de recarga (inclusión pública y privada)
- Desarrollo de la valorización real del recurso hídrico y el mercado

Asimismo, en lo que respecta a la orientación de la regulación y administración del recurso hídrico, la autoridad centra su rol en los siguientes aspectos:

- Avance y señales respecto del recurso “no renovable”.
- Concretar nuevas experiencias piloto en recarga artificial
- Aplicación de la normativa vigente
- Revisión de reglamentos y normas afines
- Proposición de complementos normativos en virtud de las experiencias chilenas. ☺

Recarga natural y artificial de los acuíferos*

Antes de hablar de recarga artificial, primeramente debemos referirnos a la recarga natural de éstos y enumerarlas en los siguientes sistemas:

1. Recarga directa por lluvia.
2. Recarga lateral en bordes.
3. Recarga por riego.
4. Recarga desde los ríos.

De las anteriores, existen recargas absolutamente naturales y una que se visualiza como natural, pero que no lo es en su totalidad.

En el caso de la "recarga directa por lluvias", ésta sí es una recarga totalmente natural que cae sobre el acuífero y parte del agua se infiltra en profundidad en la napa subterránea.

La segunda "recarga natural producida en los bordes naturales" se genera en un cuerpo acuífero cerrado por sus bordes y límites. En tanto, la "recarga por riego" se da en múltiples formas: en los canales matrices que van por las laderas de los ríos.

La siguiente "recarga desde los lechos los ríos" presenta condiciones absolutamente naturales y allí se logran diferenciar dos formas de recarga: cuando los ríos van en su cauce normal; y cuando vienen crecidas, se remueve la capa de impermeabilización que tiene en el fondo del lecho, se desborda y ocupa otros espacios que son más permeables y se infiltran. En estos meses de gran escorrentía, también se producirán

este tipo de infiltraciones.

La disminución de la recarga natural por la intervención del hombre

Actualmente los balances de entradas y salidas de agua en un determinado acuífero o embalse subterráneo están calculadas en las recargas antes descritas. Hasta ahora se han cuantificado de la mejor manera posible y se han realizado de acuerdo a los planteamientos y derechos de aprovechamiento asociados a este volumen de recarga.

Sin embargo, también cabe preguntarse cómo viene desarrollándose la recarga natural y qué va a ocurrir en los años venideros.

Y es que existe una disminución de la recarga natural por efecto de las actividades humanas, las cuales si bien son muy lícitas, generan un contrapunto. Así, cuando se disminuye la eficiencia de riego predial se pierde escorrentía superficial e infiltración; por tanto, en la medida de que se aumente la eficiencia de riego se estarán disminuyendo las recargas que han estado operativas durante los años previos.

El segundo aspecto relativo a la disminución de la recarga natural está directamente vinculado al revestimiento de canales, en el cual están presentes los programas de muchas juntas de vigilancia, de usuarios y planes del Estado para disminuir las grandes pérdidas por

canales.

Finalmente, el último punto influyente en la disminución de recarga natural es el de la pavimentación de calles en ciudades. Un ejemplo importante es Santiago, zona que antes estaba expuesta a la lluvia y su suelo era más o menos permeable y el agua se infiltraba.

Condiciones necesarias para hacer recargas

Repasemos las condiciones básicas que se requieren para realizar una recarga:

1. Existencia de derechos de agua superficial susceptibles de recarga.
2. Mantenimiento o mejoramiento de la calidad de las aguas del acuífero.
3. Existencia de un espacio físico para realizar la infiltración.

Así también, otras de las condiciones necesarias son el conocimiento respecto de la diferencia significativa entre el nivel de terreno y el nivel estático; y la permeabilidad del acuífero en una zona saturada y no saturada para la proyección y programación de la cantidad de agua que ingresará por infiltración.

Igualmente, resulta fundamental contar con la aprobación de la Dirección General de Aguas (DGA) de acuerdo a la normativa existente para la recarga artificial, la cual propone que no se produzca un daño ni al acuífero ni a terceros. ☺

* Ponencia realizada por Fernando Peralta, director de la Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (ALHSUD) Capítulo Chileno A.G., durante la Segunda Jornada Técnica 2008 de la institución.