

Pago por servicio ambiental hídrico para la implementación de perímetros de protección de fuentes de agua destinadas al consumo humano

José Emilio Baró*, José Luis Expósito** y María Vicenta Esteller**

Recepción: 17 de diciembre de 2007

Aceptación: 14 de abril de 2008

* Facultad de Planeación Urbana y Regional, Universidad Autónoma del Estado de México. Correo electrónico: barosuarez@hotmail.com
** Centro Interamericano de Recursos del Agua (CIRA), Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México.
Este trabajo se deriva del proyecto con clave: 1938/2004-2, financiado por la Universidad Autónoma del Estado de México.

Resumen. La protección frente a la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua potable es una necesidad imperiosa para salvaguardar la salud de los habitantes de una región. En el caso de que esta fuente de agua sea subterránea, se pueden definir zonas de protección de la fuente de abastecimiento mediante la delimitación de los perímetros de protección, los cuales definen áreas en donde se limitan una serie de actividades económicas que pueden contaminar las aguas subterráneas. La implementación de estos perímetros se puede facilitar si se aplica el pago del servicio ambiental como una herramienta para proporcionar beneficios económicos a los afectados por las restricciones impuestas por los perímetros de protección, de forma que las áreas protegidas se destinen a otros usos no contaminantes (áreas verdes, zonas recreativas).

Palabras claves: protección, agua potable, perímetros de protección, pago por servicios ambientales.

Hydric Ecosystem Service Payment for the Implementation of Protection Perimeters of Springs Drinking Water for Human Consumption.

Abstract. The protection of drinking water supplies from pollution is a pressing need to safeguard the health of the inhabitants of a region. In the case of groundwater used for drinking water, areas can be defined to protect the water supply through the delimitation of the wellhead protection area, within which economic activities, that can pollute groundwater, are limited. The implementation of these protection areas can be facilitated with the use of an ecosystem service payment as a tool to provide economic benefits to inhabitants affected by the restrictions imposed by the wellhead protection area; so that the protected areas are intended for other non-polluting uses (parks, recreational areas).

Key words: protection, drinking water, wellhead protection area, ecosystem service payment.

Introducción

El volumen global de aguas almacenado bajo la superficie terrestre representa el 96% del agua dulce no congelada del planeta (Shiklomanov y Rodda, 2003). Las aguas subterráneas ofrecen funciones y servicios útiles al ser humano y al medio ambiente; abastecen a ríos, manantiales y humedales, mantienen la estabilidad de la superficie del suelo en zonas donde el terreno es inestable y actúan como un recurso hídrico

fundamental para satisfacer demandas básicas de agua del ser humano en todas sus actividades. Según Morris *et al.*, (2003) los sistemas de aguas subterráneas suponen entre un 25 y un 40% del agua potable del mundo. Hoy en día, la mitad de las megalópolis del mundo y cientos de otras ciudades de gran tamaño en todos los continentes dependen de las aguas subterráneas, o bien consumen un gran volumen de las mismas. Las pequeñas ciudades y las comunidades rurales dependen especialmente de ellas para el abastecimiento doméstico. En

aquellas áreas locales en las que no se dispone de otra fuente de abastecimiento, las aguas subterráneas representan una fuente de agua de buena calidad a bajo costo, aun cuando sólo representen una pequeña parte del total del agua consumida. Por último, las aguas subterráneas pueden suplir la falta de abastecimiento durante largas temporadas sin lluvia, o durante sequías e inundaciones.

Sin embargo, a pesar de que la mayor parte de las aguas subterráneas son de buena calidad, adecuadas para el uso doméstico, la irrigación y otros usos, y no precisan tratamiento, la experiencia en las últimas décadas ha demostrado que no son inmunes a la contaminación y que una vez contaminadas por agentes químicos, biológicos o radiológicos son, casi siempre, difíciles de limpiar y las posibilidades de remediación implican un alto costo económico (ONU, 2006).

Por lo tanto, las medidas contra la contaminación de las aguas subterráneas deben ser preferentemente protectoras: regulando, ordenando o prohibiendo determinadas actividades en diferentes zonas, o bien, estableciendo ciertas medidas de seguridad sobre actividades potencialmente nocivas. Por lo tanto, una forma de protección a escala local sería la definición de los perímetros de protección aplicados a las fuentes de abastecimiento humano (Martínez y García, 2003). Esta protección va a implicar, en muchos casos, la limitación o eliminación de ciertas actividades económicas, por ser focos de contaminación, dentro de las áreas que estarán delimitadas por esos perímetros, por lo tanto hay que buscar un mecanismo que compense el cese o limitación de estas actividades ya que se ofrecerá un servicio ambiental.

Los servicios ambientales o ecosistémicos son todos los beneficios intangibles que proporcionan los distintos ecosistemas por el simple hecho de existir puestos a disposición de la sociedad, ya sea de manera natural o por medio de su manejo sostenible (SEMARNAT y Hombre Naturaleza, 2003; INE, 2005).

Entre los principales servicios ambientales cabe destacar la provisión de agua en cantidad y calidad suficiente, el cual se define como un servicio ambiental hidrológico (INE, 2005).

La combinación de los perímetros de protección de fuentes de abastecimiento de agua con el pago del servicio ambiental hídrico, proporcionarían un escenario ideal en cuanto a conservación del recurso agua subterránea.

El objetivo de este trabajo es demostrar la factibilidad de utilizar, para el desarrollo sostenible de un área, instrumentos de política ambiental, como son los perímetros de protección de fuentes de abastecimiento de agua potable y el pago de servicio ambiental hídrico, los cuales favorecerían la utilización sostenible de los recursos hídricos.

Es necesario promover el conocimiento de estos instrumentos de política ambiental para que sean tenidos en cuenta

por parte de las autoridades en el manejo sostenible del recurso agua, además de que la sociedad, en sentido general, los conozca y se beneficie de ellos.

Estos dos instrumentos de política ambiental constituyen herramientas importantes de sostenibilidad para el desarrollo futuro del país por lo que resulta necesario su conocimiento, fundamentación legal e implementación.

1. Los servicios ambientales y su pago

Como ya se señaló en la introducción, los servicios ambientales o ecosistémicos son todos los beneficios intangibles que proporcionan los distintos ecosistemas por el simple hecho de existir y estar a disposición de la sociedad. En el caso concreto de los servicios ambientales hidrológicos (SAH) se pueden citar los siguientes servicios (WRI, 2002; INE, 2005):

- a) Recarga de los mantos acuíferos.
- b) Mejoramiento de la calidad del agua.
- c) Incremento de flujo hídrico.
- d) Prevención de desastres naturales como inundaciones o deslaves.
- e) Reducción de la carga de sedimentos cuenca abajo.

A fin de proteger la capacidad de provisión de estos servicios ambientales hidrológicos, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) de México ha implementado el Programa Servicios Ambientales Hidrológicos, cuyo objetivo es el pago que se hace a los beneficiarios, dueños y/o legítimos poseedores de terrenos con recursos forestales por los servicios ambientales hidrológicos que presta el buen estado de conservación de sus bosques y selvas.

Como parte de esta estrategia, la CONAFOR emprendió dos iniciativas: el Programa de Servicios Ambientales Hidrológicos (PSAH) en el año 2003, y el Programa Pago por Servicios Ambientales de Captura de Carbono, Conservación de la Biodiversidad y Derivados Agroforestales (PSA-CABSA) en el año 2004. Ambos con la finalidad de otorgar apoyos económicos a los dueños y/o legítimos poseedores de terrenos con recursos forestales por los servicios ambientales que generan.

En el año 2006, los dos programas mencionados fueron fusionados bajo un solo concepto de apoyo denominado servicios ambientales. Los apoyos otorgados bajo este concepto están destinados a promover y desarrollar el mercado de los servicios ambientales que aprovisionan los ecosistemas forestales y agroforestales.

En cuanto a los servicios hidrológicos, en este artículo se pretende incorporar la protección de la calidad del agua de fuentes de abastecimiento para la población, en el caso concreto de abastecimientos que explotan las aguas almacenadas en los acuíferos.

Hay que tener en cuenta que en la República Mexicana 75% de la población se abastece de aguas subterráneas, 55 millones en zonas urbanas y 20 millones en zonas rurales (CNA, 2001), por lo tanto sería de gran impacto que todos estos habitantes siempre recibieran agua de calidad aceptable ya que implicaría una disminución del riesgo por enfermedades hídricas.

2. La protección de las fuentes de agua para abastecimiento humano

La necesidad de proteger de la contaminación los recursos hídricos es indiscutible y es especialmente importante en acuíferos y captaciones que sirven para el abastecimiento de agua a la población, a fin de evitar que diferentes agentes contaminantes alcancen el agua extraída (Expósito, 2001).

Conscientes de ello, la mayor parte de los países de la Comunidad Económica Europea, Estados Unidos, Europa oriental, ex URSS, etc., se plantearon esta problemática hace ya algunas décadas, desarrollando programas de protección de las aguas subterráneas ante la contaminación antrópica. Entre las metodologías de protección de las aguas subterráneas, destaca el establecimiento de “perímetros de protección de pozos” (PPP), que mediante el estudio del medio físico, de las características de explotación de la captación y del comportamiento de los contaminantes permite establecer áreas, alrededor de los pozos, en las cuales de forma graduada, se restringen o prohíben, según sea el caso, las actividades o instalaciones que puedan alterar la calidad del agua subterránea extraída por ser fuentes de contaminantes.

México por su parte, a pesar de contar con innumerables problemas relacionados con el agua, entre los que destacan; la contaminación creciente de sus aguas subterráneas y la necesidad de su protección, la ineficiente gestión integrada de los recursos hídricos y la falta de un ordenamiento territorial eficaz en zonas vulnerables a la contaminación de los acuíferos (PNUMAORPALC, 2003), no ha implementado hasta el momento algún plan, a ningún nivel, que incluya la utilización de los perímetros de protección de pozos, aunque sí se ha trabajado en el tema desde el punto de vista académico-investigativo (Rico, 2007).

El objetivo del perímetro de protección de pozos es garantizar que la calidad del agua no se verá afectada, y no sobrepasará en ningún caso los límites establecidos en su composición por la legislación vigente en cada país. Si se produce una contaminación, la consecución de este objetivo se logra mediante tres procesos (Foster, 2003):

- Dilución. El contaminante, al discurrir por el seno del acuífero, se diluye al mezclarse con el agua que contiene.
- Degradación o inactivación, ya sea mediante reacciones

químicas con el oxígeno disuelto (especialmente en la zona no saturada) o con los materiales del acuífero, o en el caso de bacterias y otros organismos vivos al morir, por no encontrarse en un medio adecuado.

- Instalación de un sistema de vigilancia y control que permite tomar medidas ante la contaminación o detener el bombeo de la captación amenazada antes de que llegue a ella el agente contaminante.

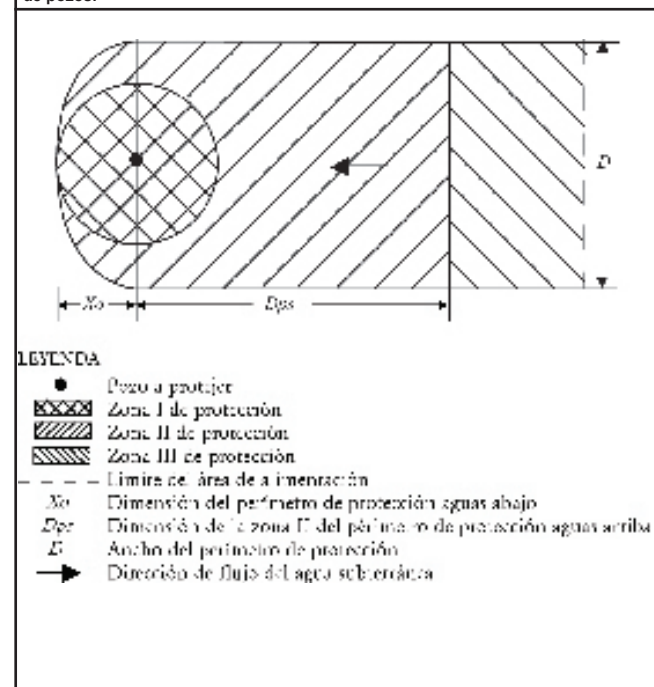
Al delimitar el perímetro de protección deben considerarse los siguientes aspectos: *a)* la influencia que tienen los factores antes citados; *b)* el compromiso entre una protección adecuada y suficiente del recurso y el respeto, en la medida de lo posible, de la actividad socioeconómica de la región circundante, conociendo que el perímetro de protección se dividirá en diferentes zonas y que cada una de ellas tendrá diferentes restricciones para su desarrollo socioeconómico.

A pesar de que cada país posee sus particularidades en la delimitación de los perímetros de protección de pozos, todos, por lo general, coinciden en dividir el perímetro en diversas zonas alrededor de la captación (figura 1), graduadas de mayor a menor importancia en cuanto a las restricciones de las actividades impuestas sobre ellas. Las principales características de estas zonas pueden resumirse de la forma siguiente (Martínez y García, 2003).

a) Zona inmediata o de restricciones absolutas (zona ONU 1)

Es la más próxima a la captación, su fin primordial consiste en proteger tanto a la zona como a sus instalaciones contra las

Figura 1. Esquema de las zonas que se definen en un perímetro de protección de pozos.



inclemencias climatológicas y la acción de animales; asimismo, impide los vertidos e infiltraciones directas sobre la captación. Ésta deberá estar delimitada con una valla o construcción que impida el acceso a personas no autorizadas.

b) Zona próxima o de restricciones máximas (zona II)

Representa el cuerpo principal del perímetro. Comprende un área de extensión variable pero suficiente para proteger el agua contra su contaminación, ya sea asegurando la inactivación, eliminación o dilución del contaminante, o permitiendo una alerta a tiempo para tomar las medidas adecuadas antes que la sustancia extraña llegue a la captación. El objetivo de esta zona es proteger totalmente la captación contra la contaminación microbiológica y, lo más posible, contra la química.

c) Zona alejada o de restricciones moderadas (zona III)

Debe proteger la captación frente a contaminantes de larga persistencia, básicamente contaminación química no degradable o difícilmente degradable (metales pesados, hidrocarburos, compuestos orgánicos, etc.). La filosofía de protección en esta área se basa, por tanto, en los procesos de dilución o de alarma, además de los de degradación o inactivación.

Para que cada una de las zonas mencionadas cumpla con su objetivo de salvaguardar la calidad del agua que llega a la captación, en el interior de cada una de ellas se deberían eliminar o restringir aquellas actividades potencialmente contaminantes del agua subterránea. Un resumen de este tipo de actividades se muestra a continuación.

Se consideran dañinos y generalmente no admisibles en la zona III las siguientes actividades:

- El desarrollo de viviendas, hospitales y edificaciones industriales, si los efluentes no son completamente extraídos de la zona por alcantarillados.
- El desarrollo de campos de aviación, maniobras militares, así como instalaciones militares propiamente dichas.
- La perforación de pozos petroleros, de gas natural o de aguas no condicionadas.
- La construcción de pozos para el drenaje pluvial vertical de campos o ciudades, o de los destinados para la recarga artificial del acuífero.
- La acumulación de abonos y pesticidas.
- El uso de abonos y/o pesticidas sin un conocimiento del periodo "activo" de los mismos y de la geología de la zona.

En la zona II, se consideran:

- El almacenamiento abierto y la aplicación incorrecta de fertilizantes inorgánicos u orgánicos, aunque en dependencia del suelo estos últimos pudiesen aplicarse bajo un control estricto.
- La construcción de edificios e industrias, así como centros agrícolas y caseríos de pequeños agricultores o cooperativas.
- La construcción de carreteras, vías férreas, calles, pistas deportivas, lugares de acampamiento, cementerios.

- Las excavaciones de arenas, gravas, margas y suelos en general.

- Las canteras de piedra.
 - El abandono de pozos sin liquidar.
 - Todo lo señalado en la zona III.
 - Toda intrusión dentro del suelo, por lo cual la zona activa del mismo puede ser dañada o su espesor disminuido y sólo se permite la normal forestación y agricultura.
- finalmente en la zona I.

- Todo lo previsto para las dos anteriores.
- El tránsito de peatones y la apertura de caminos.
- Todo uso agrícola o aplicación de agentes químicos y pesticidas.
- La introducción directa o indirecta de residuales domésticos, así como el desarrollo de labores agrícolas.

A pesar de las ventajas que puede traer la utilización de los perímetros de protección de pozos para salvaguardar la calidad de las aguas subterráneas y consecuentemente proteger la salud de los consumidores, su implementación en muchos casos puede convertirse en un problema complejo, en primer lugar por las dificultades técnicas para su delimitación correcta y en segundo lugar, por el modo de lograr el establecimiento y cumplimiento de las medidas necesarias para cada una de las zonas.

En relación con la complejidad técnica, los principales problemas que inciden en la delimitación de los perímetros de protección de pozos se pueden resumir de la siguiente manera (Hirata y Reboucas, 1999):

a) La anisotropía del medio, asociada principalmente a la conductividad hidráulica de las litologías. La obtención de datos confiables para esta variable es bastante difícil causando, muchas veces, cambios radicales en las dimensiones del perímetro de protección delimitado.

b) La heterogeneidad del medio, continuidad de los estratos permeables y menos permeables, grados de confinamiento y de fracturación del acuífero, así como el desconocimiento de la porosidad efectiva del acuífero y su distribución espacial.

c) La influencia del descenso de otros pozos de bombeo en la región. El crecimiento sin una planificación adecuada, típico de las ciudades de Iberoamérica, acaba generando la construcción de varios pozos en un área específica. Muchas veces, la red de pozos es tan densa que cualquier trazado de un PPP terminaría por abarcar todo el espacio urbano, impidiendo o dificultando su ocupación. Además, el régimen de bombeo de estas obras causaría deformaciones de los PPP de los pozos vecinos.

d) La geometría del acuífero, y condiciones de frontera, como ríos y drenajes, y sus relaciones con el acuífero.

e) La estacionalidad de los niveles de agua y de las superficies potenciométricas, así como la ocurrencia de variaciones en la dirección del flujo en el acuífero durante el año.

f) Desconocimiento de la capacidad asimilativa del acuífero. Normalmente, para la determinación de los perímetros de protección de pozos no se considera la capacidad de degradación del medio, ni tampoco la dispersión.

En cuanto al establecimiento y cumplimiento de las medidas necesarias para cada una de las zonas se podría implementar un programa de pago por servicios ambientales hídricos.

3. Metodología de aplicación del pago por servicios ambientales

Partiendo del objetivo que tienen los perímetros de protección de pozos y las áreas que abarcan las diferentes zonas de protección, y analizando las diferentes actividades socioeconómicas que se realizan en las mismas y las restricciones o supresiones a las cuales van a estar sometidas se podría considerar el pago por servicio ambiental hídrico como una herramienta económica para proporcionar beneficios económicos a los afectados por las restricciones impuestas por los perímetros de protección.

El pago por servicios ambientales se podría enmarcar dentro de un Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos Locales (PPSAHL), el cual es un programa definido por el Instituto Nacional de Ecología (INE, 2005), y que para su diseño e instrumentación, por parte de las autoridades locales, es necesario abordar en cinco etapas (INE, 2005):

a) Diagnóstico a partir de la reunión y ordenación de la información clave. Esta etapa sería la primera en realizarse y tendría como objetivo recopilar y ordenar información para elaborar un diagnóstico sobre si existe la posibilidad de implementar un PPSAHL, así como identificar las áreas de oportunidad que existen en el municipio.

b) Diseño del programa. Una vez obtenido el diagnóstico se diseña el programa, el cual deberá tener en cuenta las oportunidades identificadas en la etapa anterior. Como resultados de esta etapa se contará con todos los mecanismos de reglas de operación y procedimientos bien definidos, así como las cuotas por cobrar a los beneficiarios de los servicios y por pagar a los proveedores (en este caso, a quienes, por ejemplo, cesan o cambian de actividades económicas para evitar la contaminación de las aguas subterráneas).

Hay que tener presente que este programa debe ser avalado por todos los actores involucrados.

Un ejemplo de estos mecanismos son las Reglas de Operación de los Programas de Desarrollo Forestal de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR, 2006) para áreas boscosas, así como las que han sido publicadas por gobiernos locales como ejemplo la Gaceta de Gobierno de Estado de México

(2007) en relación con las Reglas de Operación del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos, las cuales se podrían utilizar como guía aunque sería necesario realizar algunas modificaciones para las zonas no boscosas, por ejemplo pagar por la conservación del suelo para de esta forma evitar el desarrollo de cualquier actividad socioeconómica que contamine las aguas subterráneas.

c) Instrumentación del programa. En esta etapa se pondrán en operación los mecanismos y procesos diseñados en la anterior etapa.

d) Monitoreo y evaluación. El objetivo de esta etapa es realizar una mejora continua del programa que permita perfeccionar los esquemas planteados para la obtención de los mejores resultados. Para ello es necesario el monitoreo y la evaluación tanto de los resultados como de los mecanismos. Otro objetivo de esta etapa es la identificación de los alcances logrados ya que con ello se avalan las medidas tomadas y se justifican tanto las modificaciones, como la continuidad del programa.

Detalles de cada una de estas etapas, como son los objetivos concretos, los pasos que la conforman y los resultados esperados al finalizar cada etapa, se pueden consultar en el *Manual para el desarrollo del programa de pago por servicios ambientales hidrológicos locales* elaborado por el INE (2005).

Hay que resaltar que este proceso es iterativo, es decir, se necesita que sea retroalimentado para de esta forma poder corregir el diseño y mejorar su instrumentación.

Previamente, y para poder facilitar la instrumentación coordinada de estos dos instrumentos de política ambiental, uno de carácter regulatorio (PPP) y otro de carácter económico (SAH), se necesitan solventar algunos problemas relacionados con la aplicación y desarrollo de los mecanismos de servicio ambiental hídrico, tales como:

a) Los servicios ambientales que generan los diferentes ecosistemas son un mercado incipiente.

b) No existen patrones de referencia de precios consolidados que reflejen los beneficios que proporcionan los servicios ambientales.

c) Escasos estudios de valoración económica ambiental.

d) Dificultades técnicas en la cuantificación y valoración de los servicios ambientales.

e) Carencia de datos que nos permitan medir la oferta y la demanda.

f) Desconocimiento del tema por parte de la sociedad y los tomadores de decisiones.

g) La necesidad de contar con un marco legal más elaborado en lo relacionado con la utilización de los servicios ambientales.

h) En el caso de los PPP, no se cuenta con un marco legal que permita su aplicación y cumplimiento.

Conclusiones

Con el trabajo presentado se pretende demostrar cómo se puede gestionar sosteniblemente el recurso agua subterránea desde el punto de vista de su protección y conservación a través de dos instrumentos de política ambiental. Por un lado, están los perímetros de protección de pozos, con sus zonas donde se limitan o prohíben las actividades socioeconómicas, y por otro lado se tiene el pago por servicios ambientales hídricos, como incentivo económico para los afectados ubicados en esas zonas de protección.

El pago del servicio ambiental se aplicaría por concepto de conservación de suelo para evitar la infiltración de con-

taminantes, originados por la actividad socioeconómica, hacia las aguas subterráneas. También se pagaría por la conservación y protección de la masa boscosa, según el caso.

En estas zonas donde se limiten las actividades socioeconómicas se llevarían a cabo acciones de otra naturaleza que no implicarían la generación de focos de contaminación. En fuentes de abastecimiento próximas a zonas montañosas o rurales se pueden proponer la forestación, la reforestación y la conservación y protección de bosques. En el caso de captaciones localizadas en zonas urbanizadas se pueden proponer áreas verdes, como pueden ser jardines, zonas deportivas y recreativas, etcétera.

OBIA

Bibliografía

- CNA (Comisión Nacional del Agua) (2001). *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006. Plan Nacional de Desarrollo*. Gobierno de la Federación-CNA-SEMARNAT. México D.F., México.
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) (2006). *Reglas de Operación de los Programas de Desarrollo Forestal de la Comisión Nacional Forestal*. CONAFOR-SEMARNAT, México D.F., México.
- Foster, S. (2003). *Protección de la calidad del agua subterránea. Guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales*. Banco Mundial. Washington, EE. UU.
- Gobierno del Estado de México (2007). "Convocatoria 2007 y reglas de operación del Programa de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos", *Gaceta del Gobierno* No. 109, del 3 de diciembre de 2007. pp: 1-25, Toluca, México.
- Hirata, R. y A. Reboucas (1999). "La protección de los recursos hídricos subterráneos: una visión integrada basada en perímetros de protección de pozos y vulnerabilidad de acuíferos", *Boletín Geológico y Minero*. 4:423-436.
- Shiklomanov, I. A. y J. C. Rodda (2003). *World Water Resources at the Beginning of the 21st Century*. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Morris, B. L.; A. R. L. Lawrence; P. J. C. Chilton; B. Adams; R.C. Calow y B. A. Klinck (2003). *Groundwater and its Susceptibility to Degradation. A Global Assessment of the Problem and Options for Management*. Early Warning and Assessment Report Series, RS. 03-3. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente/DEWA, Nairobi, Kenia.
- ONU (Organización de las Naciones Unidas) (2006). *2º Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo: "El agua, una responsabilidad compartida"* ONU, New York.
- Expósito, J. L. (2001). *Delimitación de los perímetros de protección de pozos mediante las técnicas numéricas y el método analítico, acuífero Margarita, Cuba*. Tesis de Maestría, Centro Interamericano de Ciencias del Agua, Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma del Estado de México.
- INE (Instituto Nacional de Ecología) (2005). *Manual para el desarrollo del programa de pago por servicios ambientales hidrológicos locales*. Instituto Nacional de Ecología-Dirección General de Investigación y Política y Economía Ambiental, México D.F., México.
- Rico, C. (2007). *Protección de abastecimientos locales de agua subterránea mediante la delimitación de perímetros de protección de pozos en la localidad de Santa María del Monte, municipio de Zinacantan, Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México.
- SEMARNAT - Hombre Naturaleza A.C. (2003) *Introducción a los Servicios Ambientales*. Serie Saber para proteger Primera Edición, SEMARNAT. México D.F., México.
- Martínez, C. y A. García (2003). "Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Metodología y aplicación al territorio", *Boletín Geológico y Minero*, serie Hidrología y Aguas Subterráneas, 10:273-293.
- PNUMAORPALC (Oficina Regional para América Latina y el Caribe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2003). *América Latina y el Caribe: Disminución del agua disponible y pérdida de calidad*. Informe marzo. México D.F., México.
- WRI (World Resources Institute) (2002). *Recursos mundiales. La gente y los ecosistemas: se deteriora el tejido de la vida*. Instituto de Recursos Mundiales Washington D.C.