

COSECHA DE LLUVIAS

UNA ALTERNATIVA PARA COADYUVAR CON LA CARENCIA DE AGUA

Por: Mtra. Xochitl Garmendia Cedillo

En el siglo XXI el agua será la causa principal de los conflictos, ya que su demanda se multiplica exponencialmente debido al alto crecimiento poblacional en el mundo. Las tendencias globales del suministro del agua no muestran un escenario positivo, mientras que los cambios climáticos modificarán la disponibilidad geográfica del agua. ¿Qué tenemos que hacer para cambiar el futuro que nos espera?¹

SUMARIO: Introducción. I. Precipitaciones Pluviales. I.1. Variación temporal y espacial de las precipitaciones. I.2. La Lluvia. I.3. ¿Cómo se mide? I.4. Clasificación de Lluvias. I.5. Cuencas Hidrográficas. I.6. Cantidad de agua en las Cuencas Hidrológicas. I.7. Distribución de la precipitación pluvial anual 1971-2000. I.8. Estaciones Hidrométricas. I.9. Precipitación Anual en el año 2011. I.10. Escenario del Cambio Climático. I.11. Condiciones de sequías de noviembre de 2011. I.12. Precipitaciones promedio en México. II. Acuíferos. II.1. ¿Qué es un Acuífero?. II.2. Clasificación de tipos de Acuíferos. II.3. Tipos de Acuíferos en México. II.4. Acuíferos con intrusión marina o en proceso de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres. II.5. Registro de Acuíferos en México. II.6. Régimen Jurídico de los Acuíferos. II.7. Sobreexplotación de Acuíferos. II.8. Disponibilidad del agua subterránea. II.9. Recarga de Acuíferos. II.10. Sistemas de Recarga. II.11. Normatividad en recarga de Acuíferos. II.12. Normatividad a nivel nacional en materia de recarga de Acuíferos. III. Cosecha de Lluvias. III.1. Definición. III.2. Régimen Jurídico. III.3. Programa Nacional de reforestación y cosecha de agua. III.4. Captación de agua para uso doméstico. III.5. Utilización de la cosecha de Lluvias en medios urbanos. Conclusiones.

RESUMEN: La precipitación pluvial es cualquier forma de hidrometeoro que proviene de la hidrósfera y llega a la superficie terrestre, es la forma natural de recibir agua dulce como resultado del ciclo hídrico. El cambio climático ha propiciado que las zonas que habitualmente recibían determinada cantidad de agua hayan cambiado; a veces se reciben grandes caudales y otras hay ausencia de las mismas, provocando sequías que desertifican tierras que antes eran húmedas, además el agua que cae está sujeta a los cambios físicos por la temperatura, que propicia en primer lugar, un efecto de evapotranspiración de gran parte del agua que cae se transforma en vapor y regresa a la atmósfera cumpliendo así el ciclo hidrológico. La que se queda en tierra se distribuye en los ríos y lagunas, y se infiltra en forma natural al subsuelo hasta llegar a

¹ Introducción de la página de Servicios de Agua y Drenaje de Monterrey. Localizable en: <https://www.sadm.gob.mx/PortalSadm/jsp/prensa.jsp?id=82>

los mantos *acuíferos*, estos constituyen la fuente de agua dulce para muchos lugares que no disponen de aguas superficiales, además de ser un banco natural de aguas que pueden garantizar la vida a futuro. El uso y abuso de los acuíferos ha ocasionado su agotamiento, por lo que se ha recurrido a utilizar entre otros, métodos artificiales como la recolecta de agua de lluvia, conocida como “cosecha de lluvias”; que es un procedimiento de recolectar el agua de lluvia, para en primer lugar subsanar la falta de esta para los usuarios que la carecen, y también para infiltrarla en los mantos acuíferos procurando mantener los niveles adecuados para evitar su agotamiento. El presente estudio, además de presentar y explicar los procesos naturales por los que transcurre el agua en forma de lluvia, también presenta cómo se encuentra reglamentada la protección a los acuíferos en la legislación nacional y la cosecha de aguas, algunos ejemplos de la aplicación del procedimiento de cosechar las lluvias y los beneficios que propicia con el fin de difundir lo que puede ser una solución o ayuda a mantener el agua de hoy y del futuro.

PALABRAS CLAVE: Precipitaciones pluviales, acuíferos, cosecha de lluvias.

ABSTRACT: Rainfall is any form of hydrometeors that reaches the earth’s surface. It is the natural mechanism for producing fresh water, as a result of the water cycle.

The climate change has modified the amount of water produced by the rainfall. For instance, regions that used to receive large amounts of water are experiencing drought and desertification. Furthermore the temperature’s variability, caused by the climate change, impacts the evapotranspiration process which is responsible for the conversion of rain water into steam that returns to the atmosphere, fulfilling the hydrological cycle.

The remaining water on the earth’s surface, distributed in rivers and lakes, seeps into the underground to reach the water tables; these are one of the main sources of fresh water for many areas that lack of surface water and also are a critical support for sustaining the life today and in the future.

The abuse of water consumption has caused the depletion of the underground water tables, driving to the application of artificial methods for producing and collecting water; such as “rainwater harvesting”. This document, in addition to showing and explaining the natural processes through which the water becomes rain, presents the existing regulation for protecting the surface and underground water bodies together with some successful cases of the “rainwater harvesting” procedure.

KEYWORDS: Rainfall, water table, rainfall harvesting.

ANEXO 1.- JORNADAS TÉCNICAS SOBRE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS Y REÚSO DEL AGUA. (RESUMEN). Gestión de la recarga artificial de acuíferos.

INTRODUCCIÓN

El agua, elemento indispensable para la vida de todo ser vivo en la tierra, está sujeto a los fenómenos físicos y meteorológicos en su estado original en la tierra. Estos factores determinan la abundancia o escases de la misma, por ello es importante definir los factores que influyen en la frecuencia o escases de las lluvias en un territorio determinado. La lluvia se inicia con la condensación del vapor de agua que se acumula en lo que conocemos como *nubes*,² cuando se encuentra condensada, se conserva dentro de estos cúmulos de vapor de agua, y se precipita cuando se reúnen factores físicos que propician su caída.

Las lluvias son la forma natural de irrigar al territorio, y de ellas se aprovechan en forma directa en los cuerpos lacustres como ríos y lagunas, y otra parte se infiltra en los mantos acuíferos, mismos que son aprovechables en las zonas donde hay poca disposición superficial del agua.

De ahí la importancia de estudiar y analizar los elementos que influyen en la caída del agua, su curso y destino, pero sobre todo su aprovechamiento en las diferentes actividades del ser humano, desde las actividades domésticas, como en la agricultura e industria.

México está posicionado como **un país que no dispone de los recursos hídricos suficientes para todas sus necesidades**, lo cual se verá en el desarrollo del trabajo, y debe aprovechar de una manera eficiente el agua que cae en forma de lluvia, para tratar de conservarla y distribuirla en forma equitativa, cuidando de ella para satisfacer el derecho humano de acceso al agua potable, y su debido saneamiento.

En la actual Ley de Aguas Nacionales, se prevé la explotación de los acuíferos sobre todo para proveer de agua en las zonas donde no hay disponibilidad de aguas superficiales, principalmente en el campo para la agricultura que es la actividad que más la necesita, al igual que la industria. El uso doméstico es de menor escala. Sin embargo uno de los factores en el índice de disponibilidad del agua es el número de habitantes que cada día se incrementa, provocando se divida el agua entre más.

La explotación excesiva de los acuíferos en algunas zonas del país ha provocado que la CONAGUA, declare veda en algunos de ellos, para evitar su agotamiento, pero si no llueve, ¿cómo podrán volver a sus niveles normales?

² Nube: Masa de vapor acuoso suspendida en la atmósfera. Diccionario de la Real Academia Española: <http://lema.rae.es/drae/?val=altitud>; Nube es la masa de vapor acuoso que se encuentra suspendida en la atmósfera. Las nubes, visibles en el cielo, están formadas por gotas de agua o cristales de nieve. Al dispersar la luz visible, se las suele percibir como blancas, aunque cuando son muy densas la luz no las logra atravesar y aparecen como grises o negras. Ver en: Definición de nube - Qué es, Significado y Concepto <http://definicion.de/nube/#ixzz3E4Zygo6V>.

Durante el ciclo hídrico, el agua se infiltra al mismo tiempo que se evapora en un alto porcentaje más del 60% vuelve a la atmosfera, y solo el porcentaje que se infiltra se puede mantener alejada de las altas temperaturas que provocan su evaporación, y sobre todo resguardarla de cualquier tipo de contaminación con normas ecológicas que eviten se contamine.

Los acuíferos contienen el agua de hoy y el agua del futuro.

Tenemos que valorarla y apreciarla como un recurso que debemos cuidar y preservar, no agotar, por lo que además de los medios naturales, se debe fomentar la infiltración artificial. ¿Cómo?, recolectando el agua de lluvia y reinyectándola a los mantos acuíferos, método que ya se utiliza y se encuentra reglamentado en la Ley de Aguas del Distrito Federal,³ pero no a nivel nacional, lo que debe ser tomado en cuenta en la nueva Ley General de Aguas Nacionales que se está proyectando actualmente.

A continuación se describe lo que son las lluvias, cómo se provocan y qué factores influyen en que recibamos más o menos agua.

I. PRECIPITACIONES PLUVIALES

Las lluvias o precipitaciones pluviales son la caída de partículas líquidas de agua de diámetro mayor a 0.5 mm o gotas menores, pero muy dispersas. Su caída depende de tres factores: *la presión atmosférica, la temperatura y especialmente de la humedad atmosférica*. El agua cae a la tierra en diferentes formas, como *agua, nieve o granizo*.⁴

³ Ley de Aguas del Distrito Federal; artículo 4°. Para los efectos de la presente Ley se entiende por:

IV TER. *Agua Pluvial Cosechada.*- Los volúmenes de agua de lluvia, nieve o granizo captados mediante las obras, infraestructura, equipos e instrumentos adecuados en el Suelo Urbano y en el Suelo de Conservación por los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y en los hogares de las y los habitantes del Distrito Federal;

IV QUATER. *Agua Pluvial Potabilizada.*- Los volúmenes de agua pluvial cosechada resultante de haber sido sometida a procesos físico-químicos, biológicos y de potabilización adecuados para remover sus cargas contaminantes;

VII BIS. *Cosecha de Agua de Lluvia.*- La acción de los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y de las y los habitantes del Distrito Federal, para captar agua de lluvia, nieve o granizo, regulada por la presente ley, y promovida, organizada e incentivada por el Gobierno del Distrito Federal;

⁴ Datos tomados de Wikipedia: **El agua** es una sustancia cuya molécula está formada por dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno. Es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. **La nieve** es un fenómeno meteorológico que consiste en la precipitación de pequeños cristales de hielo. Los cristales de nieve adoptan formas geométricas con características fractales y se agrupan en copos. **El granizo** es un tipo de precipitación sólida que se compone de bolas o grumos irregulares de hielo, cada uno de los cuáles se refiere como una piedra de granizo. A diferencia del granizo blando (que está formado por escarcha y granizo, que son más pequeñas y translúcidas), el granizo está formado, principalmente de hielo de agua y su tamaño puede variar entre los 5 y 50 milímetros (0,19 y 1,968 pulgadas) de diámetro, e incluso superar esa medida. El código de reporte METAR del granizo de 5 mm o mayor es GR, mientras que las pequeñas piedras de granizo y granizo blando se codifican GS. El granizo es posible en la mayoría de las tormentas, ya que se produce dentro de los cumulonimbus, dentro de las 2 millas náuticas (3,7 km) de la tormenta madre.

LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA⁵

Sobre la superficie de la Tierra, vivimos en un mar de aire llamado atmósfera. La atmósfera terrestre es la capa gaseosa de aproximadamente diez mil kilómetros de espesor que envuelve la tierra (véase figuras 1 y 2).

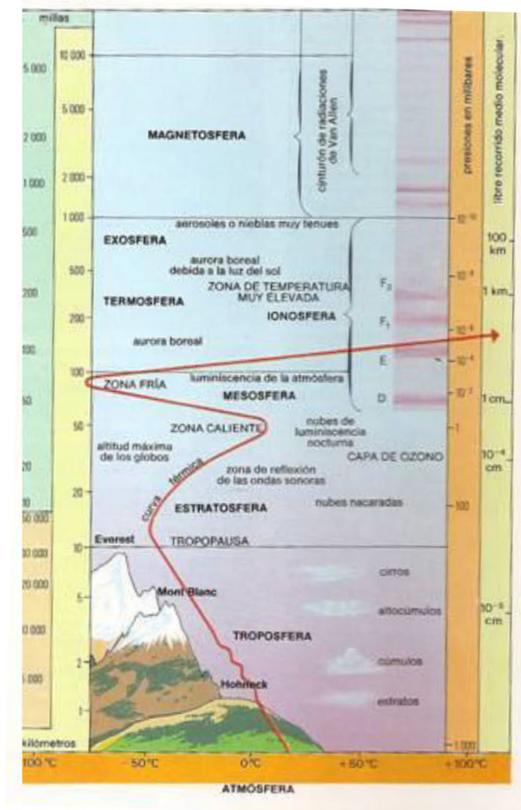


Figura 1

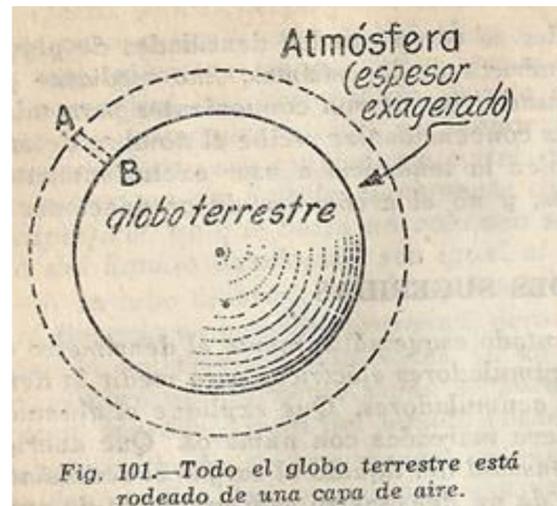


Fig. 101.—Todo el globo terrestre está rodeado de una capa de aire.

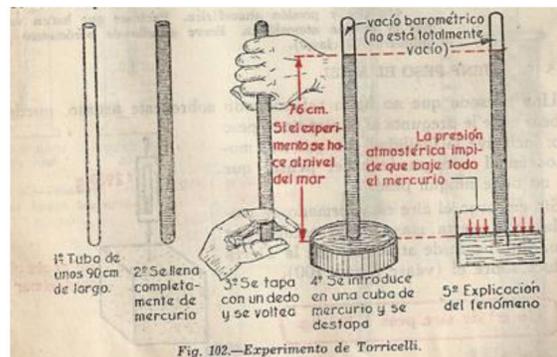


Fig. 102.—Experimento de Torricelli.

Barómetro y experimento de Torricelli
Figuras 2 y 3

⁵ Información tomada del sitio: http://www.cneq.unam.mx/cursos_diplomados/diplomados/medio_superior/ens_3/portafolios/quimica/equipo3/presionatmosferica.htm

Significado: **presión**1. (Del lat. pressio, -ōnis).

1. f. Acción y efecto de apretar o comprimir.
2. f. Magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo sobre la unidad de superficie. Su unidad en el Sistema Internacional es el pascal.
3. f. Fuerza o coacción que se hace sobre una persona o colectividad. ~

atmosférica.

- 1.f. presión que ejerce la atmósfera sobre todos los objetos inmersos en ella. Su valor normal al nivel del mar es de 760 mm Hg o 1013 mbar.

Localizable en: <http://lema.rae.es/drae/?val=presi%C3%B3n+atmosf%C3%A9rica>

A partir de mil kilómetros comienza la exósfera, donde las moléculas más ligeras escapan a la gravedad.

Además del aire, el vapor de agua, el gas carbónico y las impurezas de todo tipo, se sitúan en la troposfera⁶ (primera capa a partir de la superficie), frecuentemente en los tres primeros kilómetros.

EL AIRE TIENE PESO

Galileo y su discípulo Torricelli establecieron que un litro de aire a 0°C y a la presión de una atmósfera pesa 1.293 gramos.

¿CÓMO SE LLEGÓ POR PRIMERA VEZ A COMPROBAR QUE EL AIRE TIENE PESO?

A principios del siglo XVII Torricelli ejecutó el experimento representado en la figura 3, el cual pone de manifiesto que el aire de la atmósfera por su peso ejerce una cierta presión sobre los cuerpos colocados en su seno.

¿Es de esperarse que se vacíe el tubo lleno de mercurio colocado boca abajo en el seno del mismo líquido?

No, no es lo que ocurre. Solo baja parcialmente la columna de mercurio, dejando un pequeño vacío en el extremo superior del tubo.

EXPLICACIÓN DEL FENÓMENO

La altura de la columna se detiene al llegar a los 76 cm (760mm) por encima del nivel del mercurio de la cuba, cuando el experimento se efectúa al nivel del mar: Por otro lado, si el experimento se realiza a una altura superior al nivel del mar, la altura de la columna será menor.

Por lo tanto, a la presión que ejercen las capas de aire sobre los cuerpos localizados sobre la superficie de la Tierra o simplemente sobre esta, la llamamos presión atmosférica.

Al aumentar la altitud sobre el nivel del mar, las capas de aire atmosféricas son menores y la presión es menor, así en la ciudad de México con una altitud promedio de 2500 msnm tenemos una presión promedio de 585 mm Hg (véase figura 4).

⁶ Troposfera. (Acrón. del gr. *τρόπος*, vuelta, y atmósfera).

1. f. Meteor. Zona inferior de la atmósfera, hasta la altura de doce kilómetros, donde se desarrollan los meteoros aéreos, acuosos y algunos eléctricos. Localizable en: <http://lema.rae.es/drae/?val=trop%C3%B3sfera>, Real Academia Española © Todos los derechos reservados.

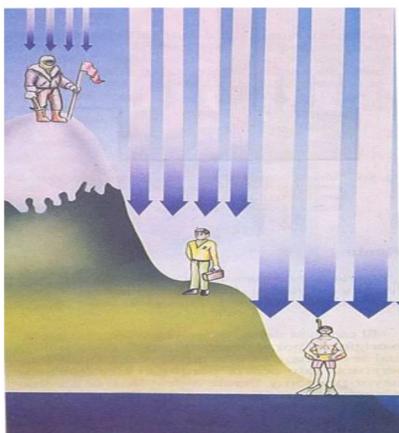


Figura 4

Figura 4. La presión atmosférica disminuye con la altura porque el espesor de las capas de aire es menor.

El peso de una columna de aire sobre una superficie de 1 cm^2 , desde el nivel del mar hasta el límite superior de la atmósfera, es de 1.033 kg . Esto significa que una persona situada al nivel del mar soporta una presión aproximada de 15 toneladas; sin embargo, no lo percibe porque el aire y los líquidos que tienen el organismo ejercen una presión interna que equilibra la externa. Cuando se rompe este equilibrio, resulta mortal.

Presión atmosférica normal: es la equivalente a una columna de mercurio de 760 mm de altura

(1 atmósfera), cuando la temperatura es de 0°C .

Unidades de presión equivalente a una atmósfera

$1 \text{ atm} = 760 \text{ torr}$
 $= 760 \text{ mm Hg}$
 $= 76 \text{ cm Hg}$
 $= 101.325 \text{ kPa}$
 $= 101.3 \text{ m bar}$
 $= 29.9 \text{ in Hg}$
 $= 14.7 \text{ lb/in}^2$
 $= 1.033 \text{ kg /cm}^2$

LA TEMPERATURA

La temperatura es otro elemento que influye, se ve determinada por la latitud y la altitud; la proximidad o lejanía del mar por los efectos de que el mar se calienta y se enfría más lentamente y suaviza las temperaturas de la tierra, lejos del mar las temperaturas son más extremas; las corrientes marinas, influyen en el clima de las zonas costeras, si son cálidas elevan la temperatura, si son frías hacen que descendan; y, la vegetación, ya que esta atrae las lluvias lo que ayuda a que las temperaturas bajen o en su ausencia suban drásticamente.

LA HUMEDAD ATMOSFÉRICA⁷

Humedad Atmosférica (Higrometría)

Existen diversas formas para medir el contenido de vapor de agua en la atmósfera. La medición más frecuente es la de humedad relativa, que corresponde a la fracción porcentual entre la presión parcial del vapor de agua y la presión de vapor de agua en el punto de saturación a la temperatura ambiente.

Psicrómetro

El psicrómetro está formado por dos termómetros. El bulbo de uno de ellos está envuelto en un tejido que se mantiene siempre humedecido. Ambos termómetros se exponen a una corriente de aire, ya sea mediante un ventilador mecánico o por agitación. La evaporación en el tejido que envuelve al bulbo húmedo hace descender la temperatura. Si la atmósfera está saturada (humedad relativa = 100%) la evaporación es nula y por lo tanto ambas temperaturas coinciden. La relación entre la diferencia de temperatura que miden los dos termómetros y la humedad relativa no es directa, ya que depende de la temperatura real del aire, y de la presión atmosférica.

Higrómetros mecánicos

Están basados en la propiedad de algunos materiales (cabello humano, algodón, seda, papel, etc.) de cambiar su dimensión física dependiendo de la humedad relativa del aire. El cabello humano fue ampliamente utilizado como sensor de humedad relativa en los hidrógrafos de estaciones meteorológicas convencionales, así como también en los primeros equipos de radio sondeo.

Higrómetro basado en el uso de componente electrónico

Se utiliza la capacidad de ciertos materiales de absorber moléculas de vapor de agua a través de su superficie. Este proceso, al modificar las propiedades eléctricas de un componente de un circuito electrónico (resistencia o condensador), permite crear una señal eléctrica que es proporcional a la humedad. Este tipo de sensor se utiliza en estaciones meteorológicas automáticas y en equipos de radio sondeos.

Higrómetro espectroscópico

Son equipos relativamente caros pero de alta precisión. Se basan en la propiedad del vapor de agua en la atmósfera de absorber radiación infrarroja en bandas específicas del espectro electromagnético. La mayor o menor radiación absorbida se relaciona con el nivel de humedad del aire. Se utilizan en mediciones de humedad donde se requiere una alta tasa de muestreo (por ejemplo en mediciones de turbulencia del vapor de agua).⁸

⁷ Tomado del sitio: <http://www.atmosfera.cl/HTML/temas/INSTRUMENTACION/INSTR3.htm>, consultado el 17 de agosto de 2014.

⁸ Ídem.

OTROS ELEMENTOS QUE HAY QUE TOMAR EN CUENTA:

Por otro lado hay que precisar dónde caen las lluvias, en relación al territorio y su ubicación geográfica.

Territorio, clima y ubicación geográfica.

México es un país que tiene un territorio que comprende 1,964 millones de km² en su superficie continental y áreas insulares. Su clima influye directamente en las lluvias y conservación del agua; México, por la extensión de su territorio tiene dos zonas de influencia climática: al norte es zona templada, y al sur se encuentra ubicado en la zona intertropical. Cabe mencionar que en relación a la latitud donde se encuentra ubicado, México se localiza en la misma que el desierto del Sahara y Arábigo. Todos los desiertos están entre dos líneas que van de los trópicos hacia el norte y sur, hasta unos 35 grados de latitud. En estas latitudes llueve muy poco o nada, o solo algunos días del año.

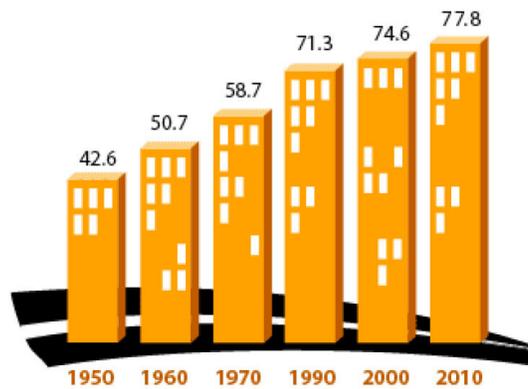
El relieve de nuestro país presenta dos cadenas montañosas que se unen en el Istmo de Tehuantepec: la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental, mismas que propician una gran variedad de climas y en consecuencia una variación de la disponibilidad del agua.

Dos terceras partes del país se consideran áridas o semiáridas, con precipitaciones anuales menores a los 500 mm, mientras que en el sureste el agua abunda lo que propicia un clima húmedo con precipitaciones promedio que superan los 2,000 mm por año. En la mayor parte del territorio las lluvias son intensas, consideradas torrenciales.

La disponibilidad del agua, se encuentra directamente relacionada con el número de habitantes que la consumen, por lo que es importante tomar en cuenta a la población, menor número de habitantes mayor disponibilidad del agua, y a mayor número disminuye la disponibilidad del agua por habitante en relación a una misma cantidad de agua disponible, de aquí que es importante considerar el crecimiento y distribución de la población, que habiendo sido mayoritariamente rural, a mediados del siglo XX se reubicaron en zonas urbanas y se cuadruplicó en el periodo comprendido entre 1950 y el año 2000.⁹

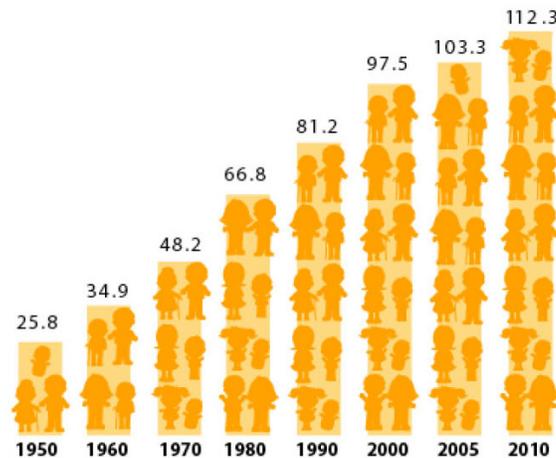
Las siguientes gráficas que proporciona el Instituto Nacional de Geografía y Estadística, nos muestran el crecimiento poblacional de los últimos censos desde 1950:

⁹ De acuerdo con el INEGI, una población se considera rural cuando tiene menos de 2,500 habitantes, mientras que la urbana es aquella donde viven más de 2,500 personas. Información localizada en: http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/rur_urb.aspx?tema=P. Consultada el 6 de marzo de 2013.



Fuente de la imagen: cuéntame.inegi.org.mx

Del último censo en el año 2010, se aportaron las siguientes cifras:¹⁰



Fuente de la imagen: cuéntame.inegi.org.mx

La migración a las áreas urbanas ha traído como consecuencia una mayor demanda de agua y servicios, en detrimento de las zonas rurales con efectos serios en el medio ambiente y equilibrio ecológico, por la cantidad de agua que se tiene que llevar a las zonas urbanas y fabriles, lo que también provoca que se desvíen recursos hídricos de sus cauces naturales hacia las presas que abastecerán a las zonas urbanas.

Esta situación propicia se coalicionen derechos humanos de acceso al agua potable y derechos ambientales, ambos protegidos por nuestra Constitución, algo que el juzgador en su momento deberá ponderar.

¹⁰ En el Censo de Población y Vivienda 2010, realizado por el INEGI, se contaron 112 millones 336 mil 538 habitantes en México. Fuente: <http://cuentame.inegi.org.mx/poblacion/habitantes.aspx?tema=P>

En cuanto a su reglamentación, la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos en su artículo 27 señala que las aguas que se encuentran en el subsuelo son propiedad de la nación y la Ley de Aguas Nacionales regula estos conceptos, mismos que podrán localizarse en el punto II.6.- correspondiente al Régimen Jurídico de los Acuíferos. La Comisión Nacional del Agua CONAGUA, es quien lleva un control del registro y explotación de los acuíferos a nivel nacional se ocupa también de la recarga artificial de los mismos, en el apartado II.11 se indica la normatividad en materia de recarga de acuíferos.

Los acuíferos, por encontrarse en el subsuelo –como ya se apuntó- son competencia de la Federación, quien tendrá que llevar a cabo las acciones necesarias para mantener los niveles de los acuíferos en buen estado, corresponde a la CONAGUA, en colaboración con los Estados y el Distrito Federal llevar a cabo las acciones de control, cuidado y recarga.

No todas las legislaciones estatales contemplan el cuidado de los acuíferos dentro de su normatividad; se indica en el punto II.12 las leyes de aguas estatales que mencionan, o regulan el concepto de acuífero, (se transcriben los artículos que lo indican), no se incluyeron los Estados que no hacen referencia en su legislación al tema.

Cabe señalar, que la legislación que contempla la recarga de acuíferos e incluso la “cosecha de lluvias” como un método para recolectar agua es el Distrito Federal, entidad que debe enfrentar múltiples problemas en el abasto de la misma, porque estamos agotando nuestros acuíferos.

¿DE CUÁNTA AGUA DISPONEMOS?

El agua determina el tipo de vegetación y clima que existirá en un determinado lugar incluyendo factores como la altitud y latitud. Todos estos elementos determinan el medio ambiente ecológico y sobre todo la población tanto de seres humanos como de animales.

Técnicamente podemos decir que la orografía de México, su ubicación geográfica, así como la variedad de regímenes de lluvia han determinado una enorme riqueza de especies vegetales y animales. Cuenta además con toda la gama de climas del mundo, excepto los extremos, lo que ha situado a México como uno de los países mega diversos.

Esta riqueza de climas, de vegetación y de paisajes se expresa en gran cantidad de especies endémicas propias de ecosistemas lacustre en humedales y lagunas, tanto costeros como del interior. Cuenta con importantes selvas tropicales y subtropicales, así como con valiosos bosques templados de coníferas y, no menos importantes, ecosistemas de zonas desérticas; de hecho México se encuentra entre los primeros lugares a nivel mundial por sus endemismos y su variedad de especies de reptiles y anfibios.

Sin embargo, las acciones negativas del hombre sobre la naturaleza nos han acarreado un sin número de problemas, como lo es la deforestación producida por la tala clandestina de bos-

ques, lo que ha provocado la erosión de los suelos y por consecuencia la reducción de la captura del agua, sedimentación de ríos, lagunas y presas, y en forma contraria el riesgo de inundaciones.

La falta de tratamiento de aguas residuales afecta finalmente a las cuencas tanto en el océano pacífico como en el Golfo de México, lo que incide en la fauna que vive tanto en los ríos como en las costas.

De acuerdo a datos que suministra la CONAGUA, México está dividido en 13 cuencas hidrológicas de las cuales un tercio tiene un escurrimiento por debajo de los 3 km³, otro tercio en rangos de 6.7, como es el caso del Río Bravo, hasta 24.9 para la Cuenca del Río Balsas; solo cuatro cuencas representan más del 85% de los escurrimientos naturales: Lerma de Santiago con 26.2, el Pacífico Sur con 36.8, el Golfo Centro con 98, y toda la frontera Sur con 156km³.

La precipitación promedio anual en México durante el periodo 1941-2002 fue de 771 mm, que equivalen a un volumen de 1,511 km³ de agua. Este volumen, junto con los 48.9 km³ que se reciben de Estados Unidos y Guatemala, totalizan 1,559 km³.

La mayor parte regresa a la atmósfera por evapotranspiración (69%) y 0.43 km³ son entregados a Estados Unidos conforme al Tratado de Aguas de 1944.

La disponibilidad natural media total es de 476 km³, de esta 84% escurre superficialmente y el resto se incorpora a los acuíferos. Los recursos hídricos son muy diferentes entre las regiones hidrológicas del país. En la región administrativa Frontera Sur son de 158 km³, mientras que en la región del Río Bravo no llegan a 14 km³ y en la Península de Baja California y Aguas del Valle de México y Sistema Cutzamala la disponibilidad es inferior a 5 km³. El agua disponible no debe interpretarse como utilizable para consumo humano, ya que una parte del líquido es necesaria para el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos, como ríos y lagos.¹¹

México se encuentra en el lugar 58 de los 155 evaluados respecto de mayor grado de presión sobre el recurso. Los países con mayor presión son los de Medio Oriente y Norte de África.

Tomando en cuenta todos estos antecedentes, debemos considerar de suma importancia el marco regulatorio de las Aguas Nacionales, pero sobre todo las políticas en la "gestión del agua" y que México debe asumir en el ya iniciado siglo XXI.

DEFINICIÓN DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL

La precipitación pluvial es un fenómeno de meteorología, lo podemos definir como: "(...) cualquier forma de hidrometeoro¹² que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Esto

¹¹ Información de SEMARNAT, disponible en: http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/07_agua/cap7.html

¹² Diccionario de la Real Academia Española: Hidrometeoro: Meteorito producido por el agua en estado líquido, sólido y de vapor. Meteorito: Fenómeno atmosférico, que puede ser aéreo, como los vientos, acuoso, como la lluvia o la nieve.

incluye lluvia, llovizna, nieve, cinarra¹³ (precipitación en forma sólida, con el tamaño de los gránulos de hielo que no sobrepasa el milímetro y con una forma alargada) granizo; pero no la virga (hidrometeoro que cae de una nube, mas se evapora antes de alcanzar el suelo), ni neblina ni rocío. La cantidad de precipitación sobre un punto de la superficie terrestre es llamada pluviosidad.¹⁴

La precipitación pluvial o llover,¹⁵ es una parte importante del ciclo hidrológico.

El ciclo hidrológico es el movimiento general del agua: ascendente por evaporación y descendente por las precipitaciones y después en forma de escorrentía superficial y subterránea. De esta definición deben remarcarse dos aspectos importantes:

- a. La escorrentía subterránea es mucho más lenta que la superficial y esta lentitud le confiere al ciclo ciertas características fundamentales, como es que los ríos continúen con caudal mucho tiempo después de las últimas precipitaciones, y
- b. Las aguas subterráneas no son más que una de las fases o etapas del ciclo del agua, y el desconocimiento de esta condición puede provocar que se exploten como si no tuvieran relación con las precipitaciones o la escorrentía superficial, con los consecuentes resultados.

El ciclo hidrológico describe el movimiento continuo y cíclico del agua en el planeta Tierra. El agua puede cambiar su estado entre líquido, vapor y hielo en varias etapas del ciclo, y los procesos pueden ocurrir en cuestión de segundos o en millones de años. Aunque el equilibrio del agua en la Tierra permanece relativamente constante con el tiempo, las moléculas de agua individuales pueden circular muy rápido.

El sol dirige el ciclo calentando el agua de los océanos. Parte de esta agua se evapora y se transforma en vapor de agua. El hielo y la nieve pueden sublimar¹⁶ directamente en vapor de agua.

¹³ Cinarra. 1. f. Hues. Nieve menuda en forma de gragea.

¹⁴ Pluviosidad.

1. f. Cantidad de lluvia que recibe un sitio en un período determinado de tiempo.

Real Academia Española © Todos los derechos reservados.

¹⁵ Lluvia. (Del lat. pluvĭa). 1. f. Acción de llover. 2. f. agua lluvia.

llover. (Del lat. vulg. plovere, y este del lat. pluere). 1. intr. impers. Caer agua de las nubes. U. menos c. tr. Definición del Diccionario de la Real Academia Española, Localizable en: <http://lema.rae.es/drae/?val=llover>

¹⁶ La **sublimación** de un elemento o compuesto es una transición de la fase gas a la fase sólida sin pasar por una etapa líquida intermedia. La sublimación es una transición de fase que ocurre a temperaturas y presiones por debajo del punto triple.

A presiones normales, la mayor parte de compuestos químicos y elementos poseen tres estados diferentes a temperaturas distintas. En estos casos, la transición del sólido al estado gaseoso requiere un estado líquido intermedio. Sin embargo, para algunos elementos o sustancias, a determinadas presiones, el material puede pasar directamente de sólido al estado gaseoso. Esto puede ocurrir si la presión atmosférica ejercida en la sustancia es demasiado baja para evitar que las moléculas escapen del estado sólido.

Lo opuesto a la sublimación es la deposición. La formación de heladas es un ejemplo de deposición meteorológica. Información localizable en el sitio: <http://www.ciclohidrologico.com/sublimacin>

Según el mecanismo por el cual las masas de vapor son obligadas a ascender y luego descender se pueden clasificar el tipo de precipitaciones en: frontales, convectivas u orográficas.

- **Precipitación frontal:** ocurre cuando dos masas de aire de distintas presiones, tales como la fría (más pesada) y la cálida (más liviana) chocan una con la otra.
- **Precipitación convectiva:** se produce, generalmente, en regiones cálidas y húmedas cuando masas de aire cálidas, al ascender en altura se enfrían, generándose de esta manera la precipitación.
- **Precipitación orográfica.** Efecto *Foëhn*: cuando una masa de aire húmedo circula hacia una masa montañosa se eleva hasta llegar a la cima de la montaña. Al ascender se enfría y el agua que contiene se condensa, por lo que se producen las precipitaciones y la masa de aire pierde humedad. Al pasar a la otra ladera de la montaña, el aire seco desciende y se calienta; se genera un viento seco y cálido que puede producir deshielo.

I. 1. VARIACIÓN TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS PRECIPITACIONES

La variación estacional de las precipitaciones, en especial de la lluvia, define el año hidrológico. Este da inicio en el mes siguiente al de menor precipitación media de largo periodo.

La precipitación presenta también variaciones plurianuales.

Los fenómenos naturales como el llamado *Fenómeno de “El Niño”* produce variaciones importantes en la costa del norte de Perú y Ecuador. Por otro lado, fenómenos como los ciclones tropicales contribuyen a generar precipitaciones pluviales en diversas regiones del mundo.

La distribución espacial de la precipitación sobre los continentes es muy variada, por ello existen extensas áreas como los desiertos, donde las precipitaciones son extremadamente escasas, del orden 0 a 200 mm de precipitación por año. En el desierto del Sahara la media anual de lluvia es de apenas algunos milímetros, mientras que en las áreas próximas al golfo de Darién, entre Colombia y Panamá, la precipitación anual es superior a 3,000 milímetros.

I. 2. LA LLUVIA

La definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial, *la lluvia es la precipitación de partículas de agua líquida de diámetro mayor de 0.5 mm, o de gotas menores, pero muy dispersas*. Si no alcanza la superficie terrestre no sería lluvia sino *virga*, y si el diámetro es menor, será llovizna.

Las gotas de agua no tienen formas de lágrima, redondas por abajo y puntiagudas por arriba, como se suele pensar. Las gotas pequeñas son casi esféricas, mientras que las mayores están achatadas. Su tamaño oscila entre los 0.5 y los 6.35 mm, mientras que su velocidad de caída varía entre los 8 y los 32 km/h, dependiendo de su volumen.

La lluvia depende de tres factores: presión, temperatura y en especial la radiación solar.

En las últimas décadas se ha producido un fenómeno que causa lluvias con mayor frecuencia cuando la radiación solar está ausente, por la noche.

La lluvia no cae en la misma cantidad alrededor del mundo, ni en todos los lugares, lo que da lugar a zonas secas y zonas más húmedas.

I. 3. ¿CÓMO SE MIDE?

La precipitación pluvial se mide en milímetros (mm³), que equivale al espesor de la lámina de agua que se formaría, a causa de la precipitación, sobre una superficie plana e impermeable.

La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos; los segundos son utilizados principalmente cuando se tratan de determinar precipitaciones intensas de corto periodo. Para que los valores sean comparables en las estaciones pluviométricas, se utilizan instrumentos estandarizados.

A partir de 1980 se populariza cada vez más la medición de la lluvia por medio de un radar meteorológico, los que generalmente están conectados de manera directa con modelos matemáticos que permiten así determinar la lluvia y los caudales en tiempo real.

La lluvia, en su caída, se distribuye de forma irregular: una parte será aprovechada para las plantas, otra hará que los caudales de los ríos se incrementen por medio de los barrancos y escorrentías que, a su vez, aumentarán las reservas de pantanos y de embalses; la mayor parte se infiltrará a través del suelo y discurriendo por zonas de texturas más o menos porosas formará corrientes subterráneas que irán a parar, o bien a depósitos naturales con paredes y fondos arcillosos que constituirán los llamados acuíferos y otras corrientes desembocarán en el mar. La última parte se evaporará antes de llegar a la superficie por acción del calor.

I. 4. CLASIFICACIÓN DE LLUVIAS

Las precipitaciones acuosas se clasifican como sigue:

- **Llovizna:** es cuando apenas se alcanzan a ver las gotas. En una llovizna la pluviosidad es casi insignificante y se ve como si las gotas flotaran en forma pulverizada. Popularmente se le llama "garúa", "orvallo", "sirimiri", "calabobos".
- **"Chispear":** se usa para describir un término medio entre una llovizna y una lluvia débil. En comparación con la primera de estas, la pluviosidad es mayor y las gotas también aumentan de tamaño.
- **Lluvia:** propiamente dicha, va de débil a moderada, sin alcanzar la intensidad de una tormenta.

- **Chubasco:** el viento, las gotas y la intensidad aumentan.
- **Tormenta:** puede ser débil o intensa; su pluviosidad es alta y las gotas son grandes y el viento, intenso; incluye la posibilidad de que se precipite granizo.
- **Tromba:** es más fuerte que la tormenta. Tiene viento intenso, gotas grandes, pluviosidad suficientemente alta para inundar y causar estragos. Esta lluvia tiene la capacidad de crear granizo sumamente grande y con posibilidad de aparición de tornados. Las trombas tienen vórtices de viento, como una especie de "ojo"

La lluvia se califica con respecto a la cantidad de precipitación por hora (mm/h):

- Débiles: cuando su intensidad es ≤ 2 mm/h.
- Moderadas: > 2 mm/h y ≤ 15 mm/h.
- Fuertes: > 15 mm/h y ≤ 30 mm/h.
- Muy fuertes: > 30 mm/h y ≤ 60 mm/h.

I. 5. CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Una cuenca hidrográfica de un río, arroyo o lago, es aquella superficie geográfica cuya precipitación pluvial que escurre, es decir, que no regresa a la atmósfera por evapotranspiración ni se infiltra en los acuíferos, llega finalmente al río, arroyo o lago. Las cuencas hidrográficas son delimitadas por líneas de cumbres, las cuales están formadas por las cimas más altas de los relieves.

Se tienen identificadas 1,471 cuencas hidrográficas en el país.¹⁷

I. 6. CANTIDAD DE AGUA EN LAS CUENCAS HIDROLÓGICAS

México posee 13 cuencas hidrológicas de las cuales un tercio obtiene -por escurrimiento- un promedio de hasta 3 km³, otro tercio 6.7 km³; el Río Bravo capta 24.9 para la cuenca del Río Balsas, siendo las cuencas del Sur las que representan más del 85% de los escurrimientos naturales en nuestro país: Lerma de Santiago 26.2; Pacífico Sur 36.8; Golfo Centro 98, y La Frontera Sur 156 km³.

¹⁷ Información de CONAGUA, localizable en: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo22.html>



I. 7. DISTRIBUCIÓN DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL ANUAL 1971-2000

En el año 2000, la precipitación normal promedio del país fue 760 mm anuales. La distribución es bastante irregular, siendo las regiones hidrológicas administrativas III, IV, V, VIII, IX, X, XI, y XII las que presentan una distribución por arriba del promedio nacional, con áreas muy húmedas en las vertientes del Pacífico Sur y Golfo de México al suroeste, sur y sureste. Las regiones que presentan un comportamiento por debajo de la media nacional son: I, II, VI, VII y en menor medida la XIII. Acentuándose este déficit de precipitación principalmente en la parte centro norte en los Estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Aguascalientes, Guanajuato, Zacatecas y en mayor medida el noroeste del país en Sonora y las Baja Californias, con promedios oscilantes de los 56 mm a los 200 mm anuales de precipitación acumulada anual.¹⁸

I. 8. ESTACIONES HIDROMÉTRICAS

México cuenta con 368,¹⁹ estas miden la cantidad de agua que fluye y es almacenada en ríos, canales, tuberías y presas. Sirven para conocer la cantidad, disponibilidad del recurso y su distribución entre usuarios, también registran algunos parámetros climatológicos. Actualmente, el país presenta una marcada concentración de estaciones en las regiones hidrológicas administrativas IV, VIII, X y XI, en contraste con las regiones I, VI, VII, IX y XII. La región VI presenta un importante faltante de estos equipos, ya que es el principal afluente del Río Bravo en la parte mexicana.

I. 9. PRECIPITACIÓN ANUAL EN EL AÑO 2011

Durante el 2011, la acumulación de lluvia presentó un comportamiento acorde con la distribución de lluvias normales del país, se observaron lluvias por arriba de lo normal en cuatro

¹⁸ Datos aportados por CONAGUA, localizable en: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo14.html>

¹⁹ Datos registrados al año 2010. Información localizable en: <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo11.html>

de las trece regiones hidrológico administrativas, registrándose un déficit en nueve de ellas, con porcentajes negativos anuales desde 0.7 en Península de Yucatán hasta 41.5 en Cuencas Centrales del Norte las demás regiones que presentaron déficit son la I, II, III, IV, VIII, IX y X.

En total a nivel nacional se acumularon en el año 2011 en promedio 697 mm, lo que representa un 8.3% menor a la normal.

Es importante señalar, que en contraste con la distribución mensual de lluvias normales del país, el 2011 fue un año anormal.

I. 10. ESCENARIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO

El cambio climático global, de acuerdo a estimaciones del Instituto Nacional de Ecología (INE), advierte que la alteración en el ciclo hidrológico llevará a que en México haya menos lluvia y temperaturas más elevadas que agravarán las de, por sí, ya difíciles condiciones del sector hídrico en el territorio nacional.

En un análisis por sectores de los impactos del cambio climático, el INE precisa que los periodos de sequía tienen como efecto una reducción en la disponibilidad de agua, mientras que eventos de precipitación extrema pueden causar inundaciones y afectaciones en los sistemas de distribución de agua potable.

“El cambio climático proyecta un ciclo hidrológico más intenso en todo el planeta por lo que se espera que las sequías sean más intensas y prolongadas, y se presente un mayor número de eventos de precipitación fuerte.”

Los escenarios de verano para 2020 y 2050 indican aumentos de entre 1 y 3° C. y disminuciones en la precipitación media anual de entre 5 y 10 por ciento.

I. 11. CONDICIONES DE SEQUÍAS DE NOVIEMBRE DE 2011

La información climatológica recabada por el servicio meteorológico nacional, indica que durante el mes de noviembre del 2011, la sequía registrada en el mes de mayo del mismo año, se extendió y se acentuó en la parte de la meseta centro norte de la república mexicana, con graves efectos agrícolas y ganaderos en los Estados de Chihuahua, Durango, Zacatecas, Jalisco, Aguascalientes, Querétaro, Guanajuato, Coahuila, Nuevo León y en la franja fronteriza de Tamaulipas, con clasificación de sequía extrema y excepcional, en menor medida también fueron afectados los Estados de Sonora y Sinaloa, con periodos menores y mayores a seis meses. Al oeste y noroeste de la república, en los Estados de Sonora, Baja California Sur, Norte y Sinaloa, los efectos de la sequía fueron clasificados como moderados severos y extremos. Sobre la parte central y la vertiente del golfo de México, en los Estados de Tamaulipas en el sursureste, Veracruz, Hidalgo, Estado de México y Michoacán la condición fue anormalmente seca, presentando una ligera mejora en comparación al mes

de mayo. En resumen las zonas más afectadas fueron los Estados de Chihuahua, Coahuila y Durango, Zacatecas y Jalisco con sequía excepcional.²⁰

I. 12. PRECIPITACIONES PROMEDIO EN MÉXICO

Anualmente, México recibe del orden de 1.51 billones de metros cúbicos de agua en forma de precipitación. De esta agua, el 72.5% se evapotranspira y regresa a la atmósfera, el 25.6% escurre por los ríos o arroyos y el 1.9% restante se infiltra al subsuelo y recarga los acuíferos.

En nuestro país existen grandes variaciones de la disponibilidad a lo largo del año. La mayor parte de la lluvia ocurre en el verano, mientras que el resto del año es relativamente seco. Por otro lado, algunas regiones del país tienen precipitación abundante y baja densidad de población, mientras que en otras ocurre exactamente lo contrario. El 67.3% de la precipitación normal mensual cae entre los meses de junio y septiembre.

Tabasco es la entidad más lluviosa, mientras que Baja California Sur es la más seca. En la mayor parte de las entidades federativas, la precipitación ocurre predominantemente entre junio y septiembre, con excepción de Baja California y Baja California Sur, donde se presenta principalmente en el invierno.

En 2006, la precipitación acumulada ocurrida en la República Mexicana alcanzó una lámina de 808.2 mm, que fue 4.7% superior a la media histórica normal del periodo 1941 a 2000 (771.8 mm).²¹

Anualmente México recibe 1489 miles de millones de metros cúbicos de agua en forma de precipitaciones. Se estima que el 73% se evaporatranspira y regresa a la atmósfera, el 21.1% escurre por los ríos y arroyos y el 4.8% restante se infiltra al subsuelo de forma natural y recarga los acuíferos.

Tomando en cuenta las exportaciones e importaciones de agua con los países vecinos, así como la recarga incidental, el país cuenta con 462 mil millones de metros cúbicos de agua dulce renovable, por año. De acuerdo con los resultados de los estudios recientes se define si los acuíferos se consideran sobreexplotados o no, en función de la relación extracción/recarga, que se denomina "*disponibilidad natural media*". La disponibilidad media *per cápita* (por habitante) de agua a nivel nacional disminuye con el aumento de la población, ya que la *disponibilidad media total* se divide entre un mayor número de habitantes.²²

²⁰ <http://www.conagua.gob.mx/atlas/ciclo18.html>

²¹ CONAGUA, Estadísticas del Agua en México, Edición 2007.

²² *Atlas del agua en México 2012*, CONAGUA, Agosto 2012, p. 28, documento localizable en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-36-12.pdf>, consultado el 4 de marzo de 2013.

Las precipitaciones pluviales o lluvias consisten en un proceso en el que el vapor del agua se condensa en la atmósfera o sobre la superficie del terreno, dando lugar a la formación de lluvia, nieve o escarcha de rocío.

Existe una relación directa entre la humedad que sube y se condensa para que se produzca lluvia, y contribuyen a ello la vegetación abundante o escasa que hay sobre los terrenos, a mayor vegetación, mayor condensación de humedad, y a menor vegetación, menor humedad y por consecuencia menor lluvia.

Hay mayores acuíferos en zonas más húmedas que en las secas, y también contribuye a ello la forma del terreno su porosidad y pendiente.

Las lluvias pueden ser intensas y durar poco o largo tiempo, esto va a contribuir también a cuantiosos o escasos escurrimientos que favorecen o no a la infiltración del agua.

La evapotranspiración es el fenómeno por el que el agua sube a la atmósfera, y depende su intensidad de factores como la temperatura del aire, la presión barométrica y la velocidad del viento. Cuando hay presencia de mayor humedad cuando hay ríos, lagos o lagunas, se propicia mayormente el fenómeno.

También influye el tipo de vegetación que exista en el terreno, pues hay plantas de raíces cortas y otras que se alimentan de aguas más profundas lo que redundaría en que tomen agua subterránea que sale a la atmósfera por el mismo fenómeno de la evapotranspiración. Cuando el terreno es más seco la vegetación superficial se muere y no se propicia el retorno del agua.

El tipo de terreno hace propicia la infiltración o no, puede infiltrarse o escurrirse superficialmente llegando a cauces de ríos, lagunas o el mar. La infiltración puede ser rápida o lenta lo que determina la capacidad de infiltración que se verá influida por múltiples factores como la intensidad de las lluvias, su frecuencia, el tipo de terreno, su pendiente, el tipo de vegetación.

El tipo de rocas subterráneas determinan las cantidades de agua que pueden almacenar, ceder, transmitir, tomando en cuenta las características geológicas del lugar si tiene porosidad, fracturas, grado de cementación o compactación.

Las zonas de almacenamiento de agua, tienen diferentes comportamientos lo que da lugar a que se diferencien entre ACUÍFEROS, ACUITARDOS Y ACUÍCLIDOS.

Los ACUÍFEROS, que son unidades que pueden transmitir aguas en cantidades significativas; los ACUITARDOS, que son unidades que a pesar de su baja permeabilidad pueden transmitir o ceder cantidades de agua considerables a escala regional, y los ACUÍCLIDOS, que son horizontes prácticamente impermeables.

II. ACUÍFEROS

II.1. ¿Qué es un Acuífero?

La definición legal de Acuífero la encontramos en la Ley de Aguas Nacionales en el artículo 3° fracción II:

“II. ‘Acuífero’: Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo;”

Desde el punto de vista hidráulico, existen tres tipos de acuíferos: a) confinados, b) semiconfinados y c) libres.

- a. Confinados. Se encuentran verticalmente limitados por acuicludos.
- b. Semiconfinados. Están limitados verticalmente por uno o dos acuitardos, que le ceden agua en su propio almacenamiento o se la transmiten desde acuíferos adyacentes.

Confinados y Semiconfinados funcionan como conductos a presión, su espesor saturado no varía a lo largo del tiempo y su nivel del agua, denominado “piezométrico”, se encuentra arriba de su techo. La superficie imaginaria definida por los niveles de agua de los pozos que lo captan, se llama “superficie piezométrica”,²³ sus funciones corresponden a cambios en la presión del agua y en un sitio dado puede hallarse arriba o abajo del nivel freático. Donde el nivel piezométrico²⁴ se halla arriba del terreno, los pozos son artesianos brotantes.²⁵

Desde el punto de vista hidrogeológico, se toman en cuenta los materiales y se clasifican en: a) consolidados, y b) no consolidados.

- a. Son consolidados los que incluyen los depósitos aluviales (gravas, arenas, limos y arcillas)
- b. Son no consolidados o depósitos lacustres, los depósitos eólicos y a los materiales coluviales (depósitos de pie de monte), entre otros.

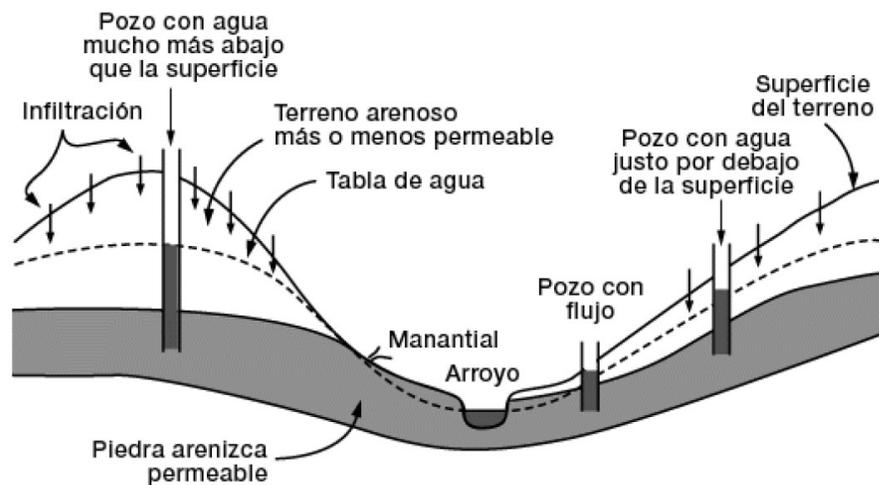
²³ Superficie piezométrica es la indicada por los niveles. En acuíferos libres coincide con la freática.

²⁴ Nivel Piezométrico. Altura de la superficie libre de agua sobre el nivel del mar, en los acuíferos libres. En los confinados, es la altura que alcanzaría el agua en el interior de un sondeo hasta equilibrarse con la presión atmosférica.

²⁵ Pozos artesianos. Se llama así al hoyo que se excava en la tierra o en la roca hasta dar con el agua contenida a presión entre las capas subterráneas, para que esta encuentre salida y suba de nivel de manera natural. Es frecuente que la fuerza hidráulica sea tal que el agua supere los bordes y llegue incluso a formar grandes manantiales.

El marco geológico mexicano es muy variado. Ya que revisten interés el tipo de las rocas sedimentarias del periodo Cretácico,²⁶ hasta el periodo reciente desde el punto de vista geo-hidrológico.

Los acuíferos son formaciones geológicas que permiten la circulación del agua por sus poros y/o grietas. Dentro de estas formaciones podemos encontrar materiales muy variados como: gravas de río, calizas²⁷ muy agrietadas areniscas porosas poco cementadas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas.



Fuente de la imagen: <http://www.windows2universe.org/earth/Water/aquifer.html&lang=sp>

²⁶ El Cretácico, o Cretáceo, una división de la escala temporal geológica, es el tercer y último período de la Era Mesozoica; comenzó hace $145,5 \pm 4,0$ millones de años y terminó hace $65,5 \pm 0,3$ millones de años. Está comúnmente dividido en dos mitades, conocidas como Cretácico Inferior y Cretácico Superior. Con una duración de unos 80 millones de años, es el período Fanerozoico más extenso, y es, incluso, más largo que toda la Era Cenozoica.

Su nombre proviene del latín *creta*, que significa "tiza"; y fue definido como un período independiente por el geólogo belga Jean D'Omalius D'Halloy en 1822, basándose en estratos de la Cuenca parisina, Francia. La vida en mares y tierra aparecía como una mezcla de formas modernas y arcaicas. Como ocurre con la mayoría de las eras geológicas, el inicio del período es incierto por unos pocos millones de años. Sin embargo, la datación del final del período es relativamente precisa, pues esta se hace coincidir con la de una capa geológica con fuerte presencia de iridio, que parece coincidir con la caída de un meteorito en lo que ahora corresponde con la Península de Yucatán y el Golfo de México. Este impacto pudo provocar la extinción masiva que ocurrió al final de este período, en la que desaparecieron, entre otros muchos grupos, los Dinosaurios. Este acontecimiento marca el fin de la Era Mesozoica. Es posterior al Jurásico y anterior al Paleoceno, de la Era Cenozoica. Información localizable en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Cret%C3%A1cico>

²⁷ Las piedras calizas son rocas sedimentarias porosas de origen químico, formadas mineralógicamente por carbonatos, principalmente carbonato de calcio. Petrográficamente tienen tres tipos de componentes: granos, matriz de cemento. La fórmula de la caliza es: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

II.2. CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE ACUÍFEROS

Los acuíferos pueden ser de diferentes tipos dependiendo del tipo de materiales o terrenos que los constituyen. Así por ejemplo tenemos:

- Los *Acuíferos Porosos*, en los que el agua circula a través de sus poros o espacios existentes entre los granos del terreno, que pueden ser el tipo de arenas, areniscas y toscas o calcarenitas que se encuentran en los primeros 50 a 150 metros de profundidad en la zona central.
- Los *Acuíferos Fisurados*, donde la circulación del agua se produce por fisuras, grietas y oquedades del terreno.
- Los *Acuíferos Libres*, que son aquellos en los que el nivel del agua al perforarlos con un pozo o sondeo, queda a la misma altura en que se corta.

Los *Acuíferos cautivos, artesianos o confinados*, son aquellos que están cubiertos a presión por un terreno impermeable situado encima, que cuando se hace un corte para sondear el terreno, sube el nivel hasta decenas o centenas de metros.

- Los *Acuíferos costeros*, son los que están en contacto con el mar y por lo tanto tienen una zona invadida de agua marina (salada).
- Los *Acuíferos no costeros o continentales*, son aquellos que no tienen contacto con el mar, pudiendo estar relacionados con ríos.

También se distinguen a los acuíferos por la calidad de las aguas subterráneas existentes en los mismos. La calidad del agua va a depender del tipo de terreno en que se encuentra, o por el tipo de terrenos por los que ha viajado el agua.

También influye el tiempo de permanencia del agua que ha estado en esos terrenos. La calidad del agua se relaciona directamente con la cantidad de sales que lleva disueltas que generalmente se miden en gramos por litros, su conductividad eléctrica, y la mayor o menor presencia de microorganismos indeseables como bacterias o virus. La calidad de agua se determina, mediante análisis físico-químico y bacteriológico. Dependiendo del uso que se le dará a las aguas, se determina su calidad “buena” o “mala”; ya sea para el consumo humano, uso industrial o agrícola.



Por el tiempo que ha transcurrido en el almacenamiento del agua, puede calcularse la antigüedad de los mismos, como podrá observarse en la siguiente figura:



La forma en que se infiltra el agua, depende del tipo de suelos, así tenemos que: *“A medida que el agua se infiltra en el subsuelo, generalmente forma una zona no-saturada y otra saturada. En la zona de no-saturación, hay algo de agua presente en las aperturas del material que se encuentra en el subsuelo, pero el suelo no se encuentra saturado. La parte superior de la zona no-saturada es la zona del suelo. La zona del suelo presenta espacios creados por las raíces de las plantas que permite que la precipitación se infiltre dentro del suelo. El agua del suelo es utilizada por las plantas. Por debajo de la zona no-saturada, se encuentra una zona saturada, donde el agua ocupa por completo los espacios que se encuentran entre las partículas del suelo y las rocas. Las personas pueden realizar perforaciones para extraer el agua que se encuentra en esta zona.”*²⁸

En México, el Instituto Nacional de Geografía y Estadística INEGI reporta que: *“La disponibilidad de agua se refiere al volumen total de líquido que hay en una región. Para saber la cantidad existente para cada habitante se divide el volumen de agua entre el número de personas de una población.”*

²⁸ Ver en: <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html#freshstorage>

En nuestro país hay diferencias muy grandes en cuanto a la disponibilidad de agua. Las zonas centro y norte de México son, en su mayor parte, áridas o semiáridas: los Estados norteros, por ejemplo, apenas reciben 25% de agua de lluvia. En el caso de las entidades del sureste (Chiapas, Oaxaca, Campeche, Quintana Roo, Yucatán, Veracruz de Ignacio de la Llave y Tabasco) es lo contrario, estas reciben casi la mitad del agua de lluvia (49.6%) y en las del sur, también llueve mucho, no obstante, sus habitantes tienen menor acceso al vital líquido, pues no cuentan con los servicios básicos, como es agua entubada dentro de la vivienda.

En el Valle de México se encuentra la disponibilidad anual más baja de agua (apenas 186 m³/hab); en caso contrario se encuentra la frontera sur (más de 24 mil m³/hab.)²⁹

II.3. TIPOS DE ACUÍFEROS EN MÉXICO

En México tenemos diferentes tipos de acuíferos.

– LAS CALIZAS ACUÍFERAS DEL NORTE

Se encuentran ampliamente distribuidas en la Sierra Madre Oriental. Su espesor llega a ser de varios cientos de metros, que generalmente no son continuos debido principalmente a las fallas. Las características primarias tales como la porosidad y permeabilidad, no son muy significativas en este tipo de acuíferos, por otro lado sus fracturas y conductos de disolución son muy favorables para la captación de aguas subterráneas. Son muy heterogéneos en su almacenamiento, igual se encuentran algunos de gran producción junto a otros más pequeños.

– ACUÍFEROS CÁRSTICOS

Desde el punto de vista hidráulico estos acuíferos solo funcionan como “libres”, tienen un almacenamiento bajo, de gran capacidad transmisora. Sus niveles piezométricos responden rápidamente a la recarga, aunque esta se realice lejos del sitio de observación. Se recarga en las crestas de las estructuras anticlinales. Su descarga es en las corrientes que cortan las estructuras o a través de manantiales. También existen descargas subterráneas que alimentan al relleno sobre yacente. El agua que contiene viaja en forma irregular por las fracturas y conductos propios de la estructura geológica y por la posición de los niveles de descarga. Algunos pozos brotan con cargas hidráulicas muy grandes.

Este tipo de acuíferos se encuentran en el noroeste de México, se distinguen porque abastecen las ciudades de Monterrey y Saltillo con profundidades desde 500 hasta 1500 metros, por lo que se estima que aunque son pozos de una gran productividad están a profundidades muy grandes.

²⁹ Información de la página del Instituto Nacional de Geografía y Estadística, INEGI, localizable en: <http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/agua/dispon.aspx?tema=T> consultada el 20 de febrero de 2013.

– ACUÍFEROS RIOLÍTICOS

Se encuentran principalmente en los Estados de Durango, San Luis Potosí y Zacatecas, debido a su alta composición de rocas riolíticas (ignimbritas).³⁰

Este tipo de acuíferos cuya permeabilidad depende de la composición del suelo. Generalmente son acuíferos confinados o semiconfinados de bajo coeficiente de almacenamiento. Si los volúmenes de rocas riolíticas son gigantescos, las reservas almacenadas en ellos son cuantiosas. Este tipo de acuíferos son heterogéneos, tienen una temperatura moderada por lo que pueden resultar hidrotermales. Su principal fuente de recarga son los escurrimientos superficiales que se infiltran a lo largo de los cauces y en los flancos de las montañas.

– ACUÍFEROS BASÁLTICOS

Se encuentran principalmente en la faja volcánica trans-mexicana, su origen es volcánico cuando se formaron grandes recipientes que propiciaron acuíferos más favorables, se caracterizan por su elevada permeabilidad, asociada con fracturas de alta porosidad. Los afloramientos de estas rocas son excelentes receptores y transmisores de la recarga. En las partes bajas funcionan como acuíferos confinados o semiconfinados. Son acuíferos gigantescos y complejos de gran capacidad transmisora.

Existen manifestaciones hidrotermales, con fuentes de calor geotérmica, tectónica y volcánica. Este tipo de sistemas se encuentran en Michoacán y en Puebla. Su sistema de recarga es por las precipitaciones pluviales y escurrimientos superficiales. Su descarga se da a través de corrientes superficiales y a través de manantiales. Son explotados por un gran número de pozos de uso municipal, agrícola o industrial.

– ACUÍFEROS ALUVIALES

Se encuentran en las partes bajas de las cuencas, son los más jóvenes, y están compuestos por materiales clásticos compuestos por la erosión de rocas expuestas en áreas montañosas con gravas, arenas, limos y arcillas que forman estratos. Constituyen la mayor parte del relleno acuífero en los valles fluviales y planicies costeras enclavados en la porción occidental de la República Mexicana. Su espesor puede ser de docenas de metros.

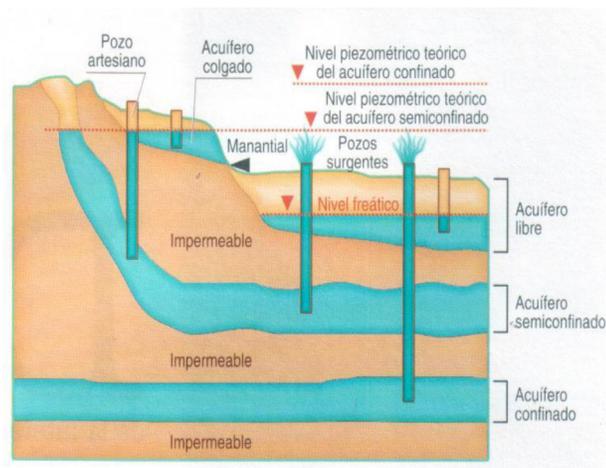
Los granos gruesos, arenas y gravas, forman los acuíferos más favorables en cuanto a su permeabilidad y rendimiento, estos se encuentran por ejemplo en la península de Baja California y en el Estado de Sonora. Cuando los materiales están confinados son acuíferos menos

³⁰ <http://glosarios.servidor-alicante.com/geologia/riolita>- Riolita.- Roca volcánica ácida de grano fino a vítreo. Mineralógicamente son similares a los granitos y microgranitos, aunque desde el punto de vista químico parecen ser algo más ricas en SiO₂. A veces en las riolitas se reemplaza el cuarzo por formas beta de alta temperatura y muy raramente por tridimita o cristobalita (Grupo de minerales silíceos). La presencia de minerales ferromagnesianos está menos clara que en las rocas plutónicas correspondientes. En sentido estricto, las riolitas se dividen en dos tipos, sódicas y potásicas, de acuerdo con el tipo de feldespato presente.

favorables, ya que en estas condiciones son de bajo almacenamiento, en este caso funcionan como “acuitardos” cediendo importantes cantidades de agua a los acuíferos adyacentes teniendo mayor posibilidad de recarga, son alimentados por las fuentes naturales y por la inducción del desarrollo agrícola. Se descargan por evapotranspiración a lo largo del cauce. Este tipo de acuíferos fueron los primeros explotados intensivamente y están sometidos a una gran explotación lo que ha provocado que algunos ya se agotaron.

– LAS CALIZAS DE LA PENÍNSULA DE YUCATÁN

Localizadas en la porción sureste de México. Su permeabilidad es alta y se combina con un laberinto de conductos de disolución erráticamente distribuido, su rendimiento es muy variado por su heterogeneidad, su coeficiente de almacenamiento es bajo debido a la baja porosidad de la masa calcárea. La captación de agua subterránea está limitada por las filtraciones marinas. Para su utilización se disponen de diseños especiales para evitar la salinización de los pozos y acuíferos.



II.4. ACUÍFEROS CON INTRUSIÓN MARINA O EN PROCESO DE SALINIZACIÓN DE SUELOS Y AGUAS SUBTERRÁNEAS SALOBRES

Cuando existen altos índices de evaporación en zonas de niveles someros de agua subterránea, o se da la disolución de minerales evaporíticos y además hay presencia de agua congénita de elevada salinidad se produce el fenómeno de “salinización”.

Las aguas salobres se presentan específicamente en aquellos acuíferos localizados en provincias geológicas caracterizadas por formaciones sedimentarias antiguas, someras, de origen marino y evaporítico, en las que la interacción del agua subterránea con el material geológico a través del cual circula, produce su enriquecimiento en sales.

A finales del año 2010, se habían identificado 32 acuíferos con presencia de suelos salinos y agua salobre, localizados principalmente en la Península de Baja California y en el Altiplano mexicano.

Las condiciones que propician que se dé este fenómeno, es la poca lluvia y una intensa radiación solar, por lo que la evaporación es acelerada.

También se detectó en el mismo año la intrusión marina en 17 acuíferos costeros en el país.³¹

En el año 2009 reportó CONAGUA la disponibilidad de 282 acuíferos (403 a diciembre de 2010). Se consideran sobreexplotados los acuíferos cuya extracción es mayor que su recarga total en un periodo determinado, en esta condición para el año 2009 se tenían 100 acuíferos, de los cuales se extrae el 53.6% para todos los usos. Dieciséis acuíferos en zonas costeras presentan fenómenos de intrusión marina y 32 se encuentran bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres como se puede ver en el mapa anterior.

II.5. Registro de Acuíferos en México

Para su administración, se han dividido en 653 acuíferos en el país, cuyos nombres oficiales fueron publicados en el *Diario Oficial de la Federación (DOF)* el 5 de diciembre de 2001,³² mediante ACUERDO POR EL QUE SE ESTABLECE Y DA A CONOCER AL PÚBLICO EN GENERAL LA DENOMINACIÓN ÚNICA DE LOS ACUÍFEROS RECONOCIDOS EN EL TERRITORIO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, POR LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, Y LA HOMOLOGACIÓN DE LOS NOMBRES DE LOS ACUÍFEROS QUE FUERON UTILIZADOS PARA LA EMISIÓN DE LOS TÍTULOS DE CONCESIÓN, ASIGNACIÓN O PERMISOS OTORGADOS POR ESTE ÓRGANO DESCONCENTRADO.

En este Acuerdo se establece en el artículo 1º que la denominación de los acuíferos reconocidos por la Comisión Nacional del Agua, y que sirvieron de base para regularizar y emitir los títulos de concesión, asignación o permisos, en las diferentes regiones y entidades federativas del país, son los que se establecen en el anexo único de este Acuerdo, en el cuadro cuyo encabezado dice: "conocido como".

En el artículo segundo se señala: Para los efectos de este Acuerdo y los procedimientos administrativos que se realicen ante la CONAGUA, la denominación de los acuíferos que será utilizada para cualquier trámite relacionado con los títulos de concesión, asignación o permisos, será la que se señala en el anexo único del presente Acuerdo, en el cuadro cuyo encabezado dice: "denominación única".

Se han emitido varios Acuerdos que se han publicado desde el año 2002 hasta el 2011 que señalan entre otros aspectos, los límites entre acuíferos, disponibilidad media de las aguas subterráneas, ubicación geográfica, que a continuación se enlistan:

³¹ Atlas Digital del Agua en México 2012.

³² Ver documento ACUERDO POR EL QUE SE ESTABLECE Y DA A CONOCER AL PÚBLICO EN GENERAL LA DENOMINACIÓN ÚNICA DE LOS ACUÍFEROS RECONOCIDOS EN EL TERRITORIO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS, POR LA COMISIÓN NACIONAL DEL AGUA, Y LA HOMOLOGACIÓN DE LOS NOMBRES DE LOS ACUÍFEROS QUE FUERON UTILIZADOS PARA LA EMISIÓN DE LOS TÍTULOS DE CONCESIÓN, ASIGNACIÓN O PERMISOS OTORGADOS POR ESTE ÓRGANO DESCONCENTRADO en: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/dof_05-12-2001.pdf consultado el 25 de febrero de 2013.

NORMA Oficial Mexicana NOM-011-CNA-2000, Conservación del recurso agua - Que establece las especificaciones y el método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales.

Ver DOF - 17 de abril de 2002³³

ACUERDO por el que se dan a conocer los límites de 14 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, de la disponibilidad media anual de agua del acuífero Valles Centrales, del Edo de Oaxaca.

Ver DOF - 29 de diciembre de 2003³⁴

ACUERDO por el que se dan a conocer los límites de 188 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, los resultados de los estudios realizados para determinar su disponibilidad media anual de agua y sus planos de localización.

Ver DOF - 31 de enero de 2003

ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 50 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas.

Ver DOF - 13 de agosto de 2007

ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 30 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas.

Ver DOF - 3 de enero de 2008

ACUERDO por el que se da a conocer la ubicación geográfica de 371 acuíferos del territorio nacional, se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de 282 acuíferos, y se modifica, para su mejor precisión.

Ver DOF - 28 de agosto de 2009

³³ <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NOM-011-CNA-2000.pdf>

³⁴ <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NOM-011-CNA-2000.pdf>

ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 36 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas que se indica.

Ver DOF - 8 de julio de 2010

ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 44 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas que se indica.

Ver DOF - 8 de julio de 2010

ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 41 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas que se indican.

Ver DOF - 16 de agosto de 2010

ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 50 acuíferos de los EUM, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas administrativas que se indican.

Ver DOF - 25 de enero de 2011

ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 142 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológicas administrativas que se indica.

Ver DOF - 14 de diciembre de 2011

ACUERDO por el que se da a conocer el resultado de los estudios de disponibilidad media anual de las aguas subterráneas de 58 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico administrativas que se indica.

Ver DOF - 14 de diciembre de 2011

Al 31 de diciembre de 2010, existían 101 acuíferos explotados. De los acuíferos sobreexplotados se extrae aproximadamente el 49% del agua subterránea para todos los usos. La determinación de que un acuífero está sobreexplotado se mide en relación con la extracción/recarga.

II.6. Régimen Jurídico de los Acuíferos

1.- CONSTITUCIÓN POLÍTICA DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

De acuerdo al artículo 27 se establece:

*“La propiedad de las **tierras y aguas** comprendidos dentro de los límites del territorio nacional, **corresponden originariamente a la Nación**, la cual ha tenido y tiene el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada.”*

Además agrega un atributo a la propiedad, de ser “originaria”; este concepto, permite mediante una ficción jurídica, “conservar” y “recuperar” los bienes que se señalan, y constituir la propiedad privada sobre de ellos, o concesionarlos para su uso y explotación.

Y va más allá en su tercer párrafo, cuando dice que:

*“La nación tendrá en todo tiempo el derecho de **imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público**, así como el de **regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación**, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana. En consecuencia, se dictarán las medidas necesarias para ordenar los asentamientos humanos y establecer adecuadas provisiones, usos, reservas y **destinos de tierras, aguas y bosques**, a efecto de ejecutar obras públicas y de planear y regular la fundación, conservación, mejoramiento y crecimiento de los centros de población; para **preservar y restaurar el equilibrio ecológico**; para el fraccionamiento de los latifundios; para disponer, en los términos de la ley reglamentaria, la organización y explotación colectiva de los ejidos y comunidades; para el desarrollo de la pequeña propiedad rural; para el fomento de la agricultura, de la ganadería, de la silvicultura y de las demás actividades económicas en el medio rural, y para evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad.”*

Cabe recordar lo dicho anteriormente respecto del tercer párrafo, la Constitución, establece como derecho de la Nación el imponer modalidades en la propiedad, de acuerdo a un *interés público*, en beneficio social, con el objetivo de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública.

Establece modalidades a la propiedad y fija uno de los objetivos primordiales de la Nación, que es la distribución equitativa de la riqueza pública, entendida esta como la posesión de las

tierras y **aguas**, por lo que la distribución equitativa del recurso hídrico, se complementa con el derecho que todo individuo tiene de acceso al agua potable, consignado en la misma Constitución como un derecho humano, y por los Tratados Internacionales que establecen este derecho.

El párrafo cuarto del artículo 27 de la Constitución señala que entre otros recursos, la Nación tiene el dominio directo sobre:

“(...) todos los recursos naturales de la plataforma continental y los zócalos submarinos de las islas; de todos los minerales o substancias que en vetas, mantos, masas o yacimientos, constituyan depósitos cuya naturaleza sea distinta de los componentes de los terrenos, tales como los minerales de los que se extraigan metales y metaloides utilizados en la industria; los yacimientos de piedras preciosas, de sal de gema y las salinas formadas directamente por las aguas marinas; los productos derivados de la descomposición de las rocas, cuando su explotación necesite trabajos subterráneos; los yacimientos minerales u orgánicos de materias susceptibles de ser utilizadas como fertilizantes; los combustibles minerales sólidos; el petróleo y todos los carburos de hidrógeno sólidos, líquidos o gaseosos; y el espacio situado sobre el territorio nacional, en la extensión y términos que fije el Derecho Internacional.”

El **párrafo quinto**, extiende y declara expresamente que son propiedad de la Nación:

*“(...) **las aguas de los mares territoriales** en la extensión y términos que fije (el, sic DOF 20-01-1960) Derecho Internacional; **las aguas marinas interiores**; las de las lagunas y esteros que se comuniquen permanente o intermitentemente con el mar; las de los lagos interiores de formación natural que estén ligados directamente a corrientes constantes; las de los ríos y sus afluentes directos o indirectos, desde el punto del cauce en que se inicien las primeras aguas permanentes, intermitentes o torrenciales, hasta su desembocadura en el mar, lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional; las de las corrientes constantes o intermitentes (**intermitentes, sic DOF 20-01-1960**) y sus afluentes directos o indirectos, cuando el cauce de aquéllas en toda su extensión o en parte de ellas, sirva de límite al territorio nacional o a dos entidades federativas, o cuando pase de una entidad federativa a otra o cruce la línea divisoria de la República; la de los lagos, lagunas o esteros cuyos vasos, zonas o riberas, estén cruzadas por líneas divisorias de dos o más entidades o entre la República y un país vecino, o cuando el límite de las riberas sirva de lindero entre dos entidades federativas o a la República con un país vecino; las de los manantiales que broten en las playas, zonas marítimas, cauces, vasos o riberas de los lagos, lagunas o esteros de propiedad nacional, y las que se extraigan de las minas; y los cauces, lechos o riberas de los lagos y corrientes interiores en la extensión que fija la ley. **Las aguas del subsuelo pueden ser libremente alumbradas mediante obras artificiales y apropiarse por el dueño del terreno, pero cuando lo exija el interés público o se afecten otros aprovechamientos; el Ejecutivo Federal podrá reglamentar su extracción y utilización y***

aún establecer zonas vedadas, al igual que para las demás aguas de propiedad nacional. *Cualesquiera otras aguas no incluidas en la enumeración anterior, se considerarán como parte integrante de la propiedad de los terrenos por los que corran o en los que se encuentren sus depósitos, **pero si se localizaren en dos o más predios, el aprovechamiento de estas aguas se considerará de utilidad pública, y quedará sujeto a las disposiciones que dicten los Estados.***

Este es el caso de los acuíferos, que generalmente cubren extensiones muy grandes.

Como podrá apreciarse, el párrafo quinto del artículo 27 constitucional, hace una enumeración extensiva y detallada de todas las aguas marinas e internas, que son consideradas de la Nación, y, distingue de las que pueden ser alumbradas libremente mediante obras artificiales (pozos) dentro del terreno de un particular, sin embargo se reserva el derecho de imponer modalidades a la propiedad privada por interés público, el Estado podrá reglamentar su extracción, y en caso extremo, establecer zonas vedadas; en el caso en que se localicen en dos o más predios, se considerarán de utilidad pública.

En el párrafo sexto, expresa el alcance del concepto del “dominio de la Nación”, al declarar que es *inalienable e imprescriptible*, estableciendo la condicionante de que para poder ser explotados los bienes, solo podrá hacerse mediante *concesión*.

2.- LA LEY DE AGUAS NACIONALES

“Artículo 3.- Para los efectos de esta Ley se entenderá por:
(...)

II. Acuífero: Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo (...)”

En el Título Cuarto que habla de los derechos de explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales, establece en el artículo:

“Artículo 16.- La presente Ley establece las reglas y condiciones para el otorgamiento de las concesiones para explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, en cumplimiento a lo dispuesto en el Párrafo Sexto del Artículo 27 Constitucional.

Son aguas nacionales las que se enuncian en el Párrafo Quinto del Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos.

El régimen de propiedad nacional de las aguas subsistirá aun cuando las aguas, mediante la construcción de obras, sean desviadas del cauce o vaso originales, se impida su afluencia a ellos o sean objeto de tratamiento.

Las aguas residuales provenientes del uso de las aguas nacionales, también tendrán el mismo carácter, cuando se descarguen en cuerpos receptores de propiedad nacional, aun cuando sean objeto de tratamiento.”

“Artículo 18.- Las aguas nacionales del subsuelo podrán ser libremente alumbradas mediante obras artificiales, salvo cuando por causas de interés o utilidad pública el Titular del Ejecutivo Federal establezca zona reglamentada, de veda o de reserva o bien suspenda o limite provisionalmente el libre alumbramiento mediante Acuerdos de carácter general.”

Párrafo reformado DOF 20-06-2011

Conforme a este artículo, podrán explotarse libremente las aguas del subsuelo, siempre y cuando el ejecutivo no declare la reserva o veda por causas de interés público.

“Para el establecimiento de **zonas reglamentadas de veda o reserva**, el Ejecutivo Federal, a iniciativa de ‘la Comisión’ que se apoyará en las propuestas que elaboren los Organismos de Cuenca, publicará la declaratoria que se expida cuando se comprueben condiciones de sobreexplotación para acuíferos y unidades hidrogeológicas específicas, cuidando de deslindar cuando así se requiera, la aplicación de las disposiciones que se establezcan para acuíferos superiores, en relación con otras unidades hidrogeológicas que contengan acuíferos inferiores, acuicludos y acuitardos,³⁵ existentes en la misma zona geográfica a distintas profundidades, en función de sus zonas de recarga y descarga, estratos geológicos que las contengan, condiciones de flujo y almacenamiento y comportamiento en relación con su uso y aprovechamiento. Para ello, ‘la Comisión’ deberá realizar, por sí o con el apoyo de terceros cuando resulte conveniente, los estudios y evaluaciones suficientes con el objeto de sustentar los deslindamientos referidos y promover el mejor aprovechamiento de las fuentes de aguas del subsuelo.

Párrafo reformado DOF 20-06-2011

Conforme a las disposiciones del presente Artículo y Ley, se expedirán el reglamento para la extracción y para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales de los acuíferos correspondientes³⁶, incluyendo el establecimiento de

³⁵ Acuicludo: Contiene agua en su interior, incluso hasta la saturación, pero no la transmite.

Acuitardo: Contiene agua y la transmite muy lentamente.

³⁶ REGLAMENTO para el uso, Explotación y Aprovechamiento de las Aguas del Subsuelo en la zona conocida como Comarca Lagunera y que establece la reserva de agua Potable respectiva. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 13 de agosto de 1991.

zonas reglamentadas, así como los decretos para el establecimiento, modificación o supresión de zonas de veda o declaratorias de reserva que se requieran.³⁷”

Los acuerdos de carácter general a que se refiere el presente artículo se expedirán en los siguientes casos:

Párrafo adicionado DOF 20-06-2011

I. Cuando de los estudios de disponibilidad de aguas nacionales arrojen que no existe disponibilidad del recurso hídrico o que la que existe es limitada;

Fracción adicionada DOF 20-06-2011

II. Cuando de los datos contenidos en los estudios técnicos para el establecimiento de zonas reglamentadas, de veda o de reserva se desprenda la necesidad de suspender o limitar el libre alumbramiento de las aguas del subsuelo;

En este supuesto los Acuerdos de carácter general estarán vigentes hasta en tanto se publique el Decreto de zona reglamentada, de veda o reserva de aguas nacionales;³⁸

Fracción adicionada DOF 20-06-2011

III. Cuando existan razones técnicas justificadas en estudios específicos de las que se desprenda la necesidad de suspender o limitar el libre alumbramiento de las aguas del subsuelo, y

Fracción adicionada DOF 20-06-2011

IV. Cuando de los estudios técnicos específicos que realice o valide “la Comisión” se desprenda la existencia de conos de abatimiento, interferencia de volumen o cualquier otro supuesto que pueda ocasionar afectaciones a terceros.

Fracción adicionada DOF 20-06-2011

Independientemente de lo anterior, la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo causará las contribuciones fiscales que señale la Ley de la materia. En las declaraciones fiscales correspondientes, el concesionario o asignatario deberá señalar que su aprovechamiento se encuentra inscrito en el Registro Público de Derechos de Agua, en los términos de la presente Ley.”

Artículo reformado DOF 29-04-2004

“Artículo 19.- Cuando se den los supuestos previstos en el Artículo 38 de esta Ley, **será de utilidad pública el control de la extracción así como la explo-**

³⁷ DECRETO por el que se declara de utilidad pública el restablecimiento del equilibrio hidrológico, así como la protección, mejoramiento, conservación y restauración del acuífero Cuatro Ciénegas-Ocampo. Diario Oficial de la Federación de 30 de noviembre de 2012.

³⁸ Ver último Decreto publicado (ver nota anterior)

tación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo, inclusive de las que hayan sido libremente alumbradas, conforme a las disposiciones que el Ejecutivo Federal dicte, en los términos de lo dispuesto en esta Ley.”

Fe de erratas al artículo DOF 15-02-1993. Reformado DOF 29-04-2004.

La explotación de los recursos hídricos incluidos los Acuíferos, se encuentran sujetos a una planificación hídrica que determina las necesidades y sobre todo las existencias y formas de explotación de las aguas nacionales. A continuación se aborda el tema de cómo se encuentra regulado este instrumento.

II.7. SOBREPLOTACIÓN DE ACUÍFEROS

La sobre explotación de los acuíferos se comenzó a presentar a partir de la década de los años setentas y ha ido aumentando de manera significativa el número de acuíferos sobre explotados.

De los datos más recientes obtenidos de CONAGUA, se localizaron los siguientes:

ACUÍFEROS CONTINENTALES SOBREPLOTADOS, 2010					
Clave	Nombre	Estado	Clave	Nombre	Estado
0101	Valle de Aguascalientes	Aguascalientes	1118	Salvatierra-Acámbaro	Guanajuato
0102	Valle de Chicalote	Aguascalientes	1119	Irapuato-Valle	Guanajuato
0103	El Llano	Aguascalientes	1120	Pénjamo-Abasolo	Guanajuato
0105	Valle de Calvillo	Aguascalientes	1121	Lago de Cuitzeo	Guanajuato
0208	Ojos Negros	Baja California	1122	Ciénaga Prieta Moloreon	Guanajuato
0210	Valle de Mexicali	Baja California	1402	Toluquilla	Jalisco
0212	Maneadero	Baja California	1408	La Barca	Jalisco
0217	San Rafael	Baja California	1422	Encarnación	Jalisco
0218	San Telmo	Baja California	1501	Valle De Toluca	México
0221	San Quintín	Baja California	1502	Ixtlahuaca-Atzacomulco	México
0246	San Simón	Baja California	1506	Chalco-Amecameca	México
0306	Santo Domingo	Baja California Sur	1507	Texcoco	México
0310	Meletín Albañez	Baja California Sur	1508	Cuautitlán-Pachuca	México
0323	Los Planes	Baja California Sur	1605	Pastor Ortiz-La Paz	Michoacán
0324	La Paz	Baja California Sur	1609	Briseñas-Yurecuaro	Michoacán
0326	Alfredo V. Bonfil	Baja California Sur	1704	Tepalcingo-Axochiapan	Morelos
0509	La Paila	Coahuila	1908	Campo Mina	Nuevo León
0511	Región Manzanera-Zapaliname	Coahuila	1916	Navidad-Potosí-Raíces	Nuevo León
0523	Principal-Región Lagunera	Coahuila	2101	Valle de Tecamachalco	Puebla

Clave	Nombre	Estado	Clave	Nombre	Estado
0525	Las Delicias	Coahuila	2201	Valle de Querétaro	Querétaro
0614	Valle de Ixtlahuacan	Colima	2202	Valle de Amazcala	Querétaro
0801	Ascensión	Chihuahua	2203	Valle de San Juan Del Rio	Querétaro
0803	Baja Babicora	Chihuahua	2204	Valle de Buenavista	Querétaro
0804	Buenaventura	Chihuahua	2402	El Barril	San Luis Potosí
0805	Cuauhtémoc	Chihuahua	2403	Salinas de Hidalgo	San Luis Potosí
0807	El Sauz-Encinillas	Chihuahua	2408	Villa De Arista	San Luis Potosí
0812	Palomas-Guadalupe Victoria	Chihuahua	2411	San Luis Potosí	San Luis Potosí
0819	Laguna La Vieja	Chihuahua	2412	Jaral De Berrios-Villa De Reyes	San Luis Potosí
0821	Flores Magón-Villa Ahumada	Chihuahua	2413	Matehuala - Huizache	San Luis Potosí
0830	Chihuahua-Sacramento	Chihuahua	2601	Valle De San Luis Rio Colorado	Sonora
0831	Meoqui-Delicia	Chihuahua	2603	Sonoyta-Puerto Peñasco	Sonora
0832	Jiménez-Camargo	Chihuahua	2605	Caborca	Sonora
0833	Valle de Juárez	Chihuahua	2606	Los Chirriones	Sonora
0847	Los Juncos	Chihuahua	2609	Busani	Sonora
0848	Laguna de Palomas	Chihuahua	2619	Costa De Hermosillo	Sonora
0901	Zona Metropolitana De La Cd. De México	Distrito Federal	2621	Mesa Del Seri-La Victoria	Sonora
1001	Valle de Santiaguillo	Durango	2624	Rio Sonora	Sonora
1003	Valle del Guadiana	Durango	2626	Rio Zanjón	Sonora
1022	Villa Juárez	Durango	2635	Valle De Guaymas	Sonora
1023	Ceballos	Durango	3210	Benito Juárez	Zacatecas
1024	Oriente Aguanaval	Durango	3211	Villanueva	Zacatecas
1026	Vicente Suárez	Durango	3212	Ojocaliente	Zacatecas
1104	Laguna Seca	Guanajuato	3214	Aguanaval	Zacatecas
1106	Dr. Mora San José De Iturbude	Guanajuato	3223	Guadalupe De Las Corrientes	Zacatecas
1108	Cuenca Alta Del Rio Laja	Guanajuato	3224	Puerto Madero	Zacatecas
1110	Silao-Romita	Guanajuato	3225	Calera	Zacatecas
1113	Valle de León	Guanajuato	3226	Chupaderos	Zacatecas
1114	Rio Turbio	Guanajuato	3228	La Blanca	Zacatecas
1115	Valle de Celaya	Guanajuato	3229	Loreto	Zacatecas
1116	Valle De La Cuevita	Guanajuato	--	--	--
1117	Valle de Acámbaro	Guanajuato	--	--	--

Al 31 de diciembre de 2010 existían 101 acuíferos explotados. De los acuíferos sobreexplotados se extrae aproximadamente el 49% del agua subterránea para todos los usos.

II.8. DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Se ha determinado la disponibilidad de agua de 511 acuíferos, se ha publicado en el DOF la de 453 y se tienen en proceso de publicación la de 58.

De los 162 acuíferos sin disponibilidad de agua, 104 están sobreexplotados y 58 tienen descargas naturales concesionadas como aguas superficiales o comprometidas con el medio ambiente.

En términos generales se puede decir que de la extracción total del agua subterránea, 3% es para uso doméstico, 6% para la industria, 20% de uso público urbano, y 71% para la agricultura.

Como se observa, el problema radica en el uso en la agricultura, pues ahí, se aprovecha y al mismo tiempo se pierde una gran cantidad de agua por la evapotranspiración, y por los actuales sistemas de riego en la agricultura, que tendrán que modificarse y cambiarse, si queremos seguir teniendo agua y alimentos.

Si a todo este panorama sumamos el problema del “cambio climático”, se agrava aún más, porque como resultado de los estudios que se han realizado respecto a una proyección a un futuro inmediato, el cambio climático va a producir, ascenso del nivel del mar, lo que contaminará los acuíferos costeros existentes, pues se contaminarán con agua salada. Una región vulnerable es Yucatán, Baja California y Sonora.

Además de pérdida de terreno continental, y modificación del régimen de descarga de ríos y acuíferos al mar.

Otro aspecto a contemplar es la contaminación que filtramos hacia los acuíferos, producto de las actividades humanas que descargan tanto aguas de uso humano como de uso industrial, lo que ha provocado se contaminen los mantos acuíferos. Para evitar este daño, la SEMARNAT ha emitido Normas Oficiales Mexicanas como la **NOM-001 (SEMARNAT)**, que establece los límites máximos de contaminantes en las descargas de aguas residuales en las aguas nacionales. La **NOM-014** que establece especificaciones para la recarga artificial con agua residual tratada. La **NOM-015**, establece especificaciones para la disposición al subsuelo de agua de lluvia y escurrimiento.

II.9. RECARGA DE ACUÍFEROS

La recarga artificial de acuíferos es la introducción no natural, sino forzada de agua en un acuífero para aumentar la disponibilidad y mejorar la calidad del agua subterránea, con el objetivo de aumentar y optimizar los recursos y la modificación de la calidad del agua, para:

- Reducir o eliminar el descenso del nivel del agua producida por bombeos.
- La utilización del acuífero como embalse regulador o como depósito natural de reserva de aguas.
- Aprovechamiento del acuífero como red de distribución.
- Compensar las pérdidas sufridas en el acuífero.
- Mejorar la situación de acuíferos costeros creando una barrera hidráulica contra la intrusión.
- Evitar que aguas contaminadas o de peor calidad que pueden existir en otras zonas del acuífero se deslicen hacia captaciones donde se bombean aguas de buena calidad.
- Evacuación y tratamiento de aguas residuales utilizando la capacidad de depuración del terreno.

La recarga artificial se lleva a cabo siempre y cuando se cuente con:

- Agua procedente de cursos fluviales permanentes.
- Aguas superficiales discontinuas cuyo origen puede ser la escorrentía de tormentas.
- Agua residual doméstica, normalmente con tratamiento de depuración secundario.
- Agua procedente de otros acuíferos próximos.

La recarga se lleva a cabo normalmente en acuíferos libres con el nivel freático a profundidades variables. Generalmente se llevan a cabo en depósitos o acuíferos de tipo aluvial, arenisco ejemplo: calizas, dolomías, calcáreos, y materiales volcánicos como consolidados.³⁹

II.10. SISTEMAS DE RECARGA

Hay dos clases de sistemas: a) Sistemas de Recarga en superficie, que consiste en extender el agua buscando una gran superficie de contacto agua-terreno. Se aplica generalmente en acuíferos libres que no presenten niveles de baja permeabilidad en las proximidades de la superficie, lo que permite la llegada del agua al acuífero,⁴⁰ Sistema de Balsas, se introducen balsas para introducir el agua, (ver explicación e imágenes en el video que se indica en la nota a pie de página 30) y, b) Sistemas de recarga en profundidad, mediante la introducción o inyección de agua en el acuífero, normalmente a través de pozos y sondeos. Se emplea de forma generalizada en terrenos formados por alternancia de niveles permeables e impermeables.

³⁹ Ver: http://www.igme.es/internet/divulgacion_didactica/conoce_

⁴⁰ Ver video que explica gráficamente como es la infiltración de agua: http://www.atl.org.mx/index.php?option=com_seyret&Itemid=543&task=videodirectlink&id=74

II.11. NORMATIVIDAD EN RECARGA DE ACUÍFEROS

CONAGUA, publica e informa en su página Web⁴¹ la siguiente información respecto a la emisión de Normas Oficiales para la recarga artificial de acuíferos sobreexplotados en el país.

- 104 acuíferos en estas condiciones de sobreexplotación.
- 75% del volumen de agua que requieren las ciudades para uso público-urbano, proviene de aguas subterráneas.
- Las principales ciudades del país están siendo abastecidas a costa del agotamiento de los acuíferos.
- Paralelamente CONAGUA impulsará proyectos para aprovechar el agua residual tratada y pluvial para aumentar la disponibilidad de agua subterránea.

Ante la situación de sobreexplotación que presentan 104 de los 653 acuíferos del país, la CONAGUA en su carácter de órgano regulador a nivel nacional, ha publicado dos Normas Oficiales Mexicanas (NOM) que establecen directrices obligatorias desde el punto de vista técnico para la recarga de acuíferos mediante infiltración de agua residual tratada y pluvial.

En conferencia de prensa, los Subdirectores Generales Técnico y de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, Felipe Arreguin Cortés y José Ramón Ardavín Ituarte, respectivamente, presentaron las NOM-014- CONAGUA-2003,⁴² "Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada", y NOM-015- CONAGUA-2007,⁴³ "Infiltración artificial de agua a los acuíferos.- Características y especificaciones de las obras y del agua", publicadas en el Diario Oficial de la Federación el pasado 18 de agosto.

Destacó que actualmente, el agua subterránea es la fuente que sostiene el riego de dos millones de hectáreas -la tercera parte de la superficie total bajo riego- suministra cerca de 75% del volumen de agua que requieren las ciudades para uso público-urbano, en donde se concentran unos 55 millones de habitantes; abastece a la mayoría de las instalaciones industriales, y satisface casi la totalidad de las demandas de agua de la población rural.

Asimismo, que las principales ciudades del país están siendo abastecidas a costa del agotamiento de los acuíferos, lo que ha provocado el incremento gradual de la importación de agua de áreas o de cuencas adyacentes para complementar su abasto, como es el caso de la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM).

Al respecto, el Subdirector General Técnico, Felipe Arreguin Cortés, señaló que el problema de sobreexplotación del acuífero del Valle de México es mucho más importante que el problema que hoy presenta la cuenca del Cutzamala, ya que del primero proviene el 75 por ciento

⁴¹ Ver: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/NotaP/BOLETIN_137-09.pdf Información del 18 de agosto de 2013.

⁴² Ver en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5105753&fecha=18/08/2009

⁴³ Ver en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5105754&fecha=18/08/2009

del agua para el uso público-urbano en la zona metropolitana, esto es, cerca de 60 metros cúbicos por segundo, en tanto que del Cutzamala son solamente 14.7.

“La recarga de agua en la ZMVM es de 512 millones de metros cúbicos anuales y se están extrayendo 1,226; es claro que el déficit -713,629- es muchísimo más del doble de lo que estamos sacando.”

En este sentido, estimó que es urgente una administración más racional de la reserva de agua subterránea, que considere las limitaciones impuestas por su lenta renovación y otras restricciones físicas, económicas y ambientales, para propiciar su aprovechamiento flexible y prevenir su sobreexplotación destructiva.

También advirtió que es necesario no perder de vista que a futuro se espera un importante incremento de la demanda de agua, principalmente para usos público urbano e industrial, y a causa de los cambios climáticos globales, cabe la posibilidad de que ocurran sequías más severas, prolongadas y frecuentes, lo que compromete el desarrollo sostenible de todos los sectores.

Por ello, resumió que el enfoque actual en la gestión de las aguas subterráneas tiende a una estrategia integral que incluye entre otros aspectos: el manejo de la demanda en todos los sectores (conservación y uso eficiente), el reúso, la participación más activa de los usuarios en la gestión del agua, el diseño de estrategias para la estabilización de acuíferos sobreexplotados y la aplicación de la tecnología de la recarga artificial para preservar e incrementar la reserva de agua subterránea.

Señaló que las **NOM 015 y 014 son de aplicación para todo el país**, para todos los municipios, los usuarios, para los desarrolladores de zonas habitacionales, para los centros comerciales, en las que se establecen los requisitos que deben cumplir la calidad del agua, la operación y el monitoreo utilizados en los sistemas de recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada y aprovechar el agua pluvial y de escurrimientos superficiales para aumentar la disponibilidad de agua subterránea a través de la infiltración artificial.

Sin embargo, precisó que la recarga artificial del acuífero, es tan solo una medida de apoyo, pues con ello no se detiene el abatimiento, “no va a ser de la noche a la mañana ni va a ser una medida unilateral. Se comenta que para el uso eficiente se requiere una mezcla de medidas, de manera coordinada. La principal medida para recuperar los acuíferos es, desde luego, reducir la extracción y promover su eficiencia. Eso es lo principal.”

Respecto de las acciones propuestas por la CONAGUA en el mediano plazo, el Subdirector General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, José Ramón Ardavín, informó que **para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada, se encuentran en proyecto la construcción de las plantas de tratamiento El Caracol y Zumpango, en el Estado de México.**

En relación a proyectos para aprovechar el agua pluvial y de escurrimientos superficiales para aumentar la disponibilidad de agua subterránea a través de la infiltración artificial, señaló que la **CONAGUA promoverá la construcción de cinco pozos de captación en diversas zonas del Valle de México.**

“De acuerdo a estudios realizados este tipo de pozos son factibles en la zona del Ajusco, porque no hay presencia de asfalto y se encuentra en una zona alta, donde es factible la recarga; además de un área muy importante en la zona de Barrientos, en una micro cuenca, donde se favorece la acumulación de agua.”

Finalmente precisó que estas Normas por ninguna razón implican una autorización, permiso o concesión para la extracción del agua recargada al acuífero, ni puede ser interpretada en tal sentido.

Por otra parte, que las Normas contienen especificaciones técnicas para evitar que se recargue con algún nivel de contaminación que pueda afectar a los acuíferos, “por eso es tan importante que las instancias como los municipios, los organismos operadores de agua, los estados, etcétera, que quieren hacer recarga de acuíferos sean muy escrupulosos en seguir las indicaciones de las Normas”.

II.12. NORMATIVIDAD A NIVEL NACIONAL EN MATERIA DE RECARGA DE ACUÍFEROS

LEY DE AGUAS NACIONALES

“**Artículo 7.-** Se declara de utilidad pública:

I. La gestión integrada de los recursos hídricos, superficiales y del subsuelo, a partir de las cuencas hidrológicas en el territorio nacional, como prioridad y asunto de seguridad nacional;

II. La protección, mejoramiento, conservación y restauración de cuencas hidrológicas, acuíferos, cauces, vasos y demás depósitos de agua de propiedad nacional, zonas de captación de fuentes de abastecimiento, zonas federales, así como la infiltración natural o artificial de aguas para reabastecer mantos acuíferos acorde con las “Normas Oficiales Mexicanas” y la derivación de las aguas de una cuenca o región hidrológica hacia otras
(...)”

“**Artículo 13 BIS 2.-** Los Consejos de Cuenca se organizarán y funcionarán de acuerdo con lo establecido en esta Ley, sus Reglamentos, en las disposiciones que emita “la Comisión”, y en las Reglas Generales de Integración, Organización y Funcionamiento que cada Consejo de Cuenca adopte, conforme a los siguientes lineamientos generales:
(...)”

V. Las organizaciones de la sociedad, incluyendo organizaciones ciudadanas o no gubernamentales, colegios y asociaciones de profesionales, empresarios, y otros grupos organizados vinculados con la explotación, uso, aprovechamiento o conservación, preservación y restauración de las aguas de la cuenca hidrológica y del o los acuíferos subyacentes, también participarán en las actividades de los Consejos de Cuenca en el número de vocales, tanto propietarios como los suplentes respectivos, que se apegue a lo dispuesto en el Artículo 13 BIS de esta Ley y en la calidad que se determine en las Reglas Generales de Integración, Organización y Funcionamiento del propio Consejo de Cuenca;
(...)”

“**Artículo 13 BIS 3.-** Los Consejos de Cuenca tendrán a su cargo:
(...)”

X. Contribuir al saneamiento de las cuencas, subcuencas, microcuencas, acuíferos y cuerpos receptores de aguas residuales para prevenir, detener o corregir su contaminación;
(...)”

“**Artículo 14 BIS 5.-** Los principios que sustentan la política hídrica nacional son:
(...)”

VI. Los usos del agua en las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos y los trasvases entre cuencas, deben ser regulados por el Estado;
(...)”

“**Artículo 18.-** Las aguas nacionales del subsuelo podrán ser libremente alumbradas mediante obras artificiales, salvo **cuando por causas de interés o utilidad pública el Titular del Ejecutivo Federal establezca zona reglamentada, de veda o de reserva o bien suspenda o limite provisionalmente el libre alumbramiento mediante Acuerdos de carácter general.**”

Párrafo reformado DOF 20-06-2011

Para el establecimiento de zonas reglamentadas de veda o reserva, el Ejecutivo Federal, a iniciativa de ‘la Comisión’ que se apoyará en las propuestas que elaboren los Organismos de Cuenca, publicará la declaratoria que se expida cuando se comprueben condiciones de **sobreexplotación para acuíferos y unidades hidrogeológicas específicas**, cuidando de deslindar cuando así se requiera, la aplicación de las disposiciones que se establezcan para acuíferos superiores, en relación con otras unidades hidrogeológicas que contengan acuíferos inferiores, acuícludos y acuíardos, existentes en la misma zona geográfica a distintas profundidades, en función de sus zonas de recarga y descarga, estratos geológicos que las contengan, condiciones de flujo y almacenamiento y comportamiento en relación con su uso y aprovechamiento. Para ello, ‘la Comisión’ deberá realizar, por sí o con el apoyo de terceros cuando resulte

conveniente, los estudios y evaluaciones suficientes con el objeto de sustentar los deslindamientos referidos y promover el mejor aprovechamiento de las fuentes de aguas del subsuelo.

Conforme a las disposiciones del presente Artículo y Ley, se expedirán el reglamento para la extracción y para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales de los acuíferos correspondientes, incluyendo el establecimiento de zonas reglamentadas, así como los decretos para el establecimiento, modificación o supresión de zonas de veda o declaratorias de reserva que se requieran.”

Párrafo reformado DOF 20-06-2011

“ **Artículo 29 BIS 3.-** La concesión o asignación para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas nacionales sólo podrá extinguirse por:

4. Porque ceda o transmita sus derechos temporalmente a ‘la Autoridad del Agua’ en circunstancias especiales.

Este es el único caso permitido de transmisión temporal y se refiere a la cesión de los derechos a la ‘Autoridad del Agua’ para que atienda sequías extraordinarias, sobreexplotación grave de acuíferos o estados similares de necesidad o urgencia; (...)”

“ **Artículo 32.-** En el Registro Público de Derechos de Agua se llevará igualmente el registro nacional permanente, por cuencas, regiones hidrológicas, estados, Distrito Federal y municipios de las obras de alumbramiento y de los brotes de agua del subsuelo, para conocer el comportamiento de los acuíferos y, en su caso, regular su explotación, uso o aprovechamiento.”

“ **Artículo 39.-** En el decreto que establezca la zona reglamentada a que se refiere el Artículo anterior, el Ejecutivo Federal fijará los volúmenes de extracción, uso y descarga que se podrán autorizar, las modalidades o límites a los derechos de los concesionarios y asignatarios, así como las demás disposiciones especiales que se requieran por causa de interés público.

En los casos de sequías extraordinarias, sobreexplotación grave de acuíferos o condiciones de necesidad o urgencia por causa de fuerza mayor, el Ejecutivo Federal adoptará medidas necesarias para controlar la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales, mismas que se establecerán al emitir el decreto correspondiente para el establecimiento de zonas reglamentadas.”

Artículo reformado DOF 29-04-2004

“ **Artículo 42.-** Para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas del subsuelo en las zonas reglamentadas o de veda decretadas por el Ejecutivo Federal, incluso las que hayan sido libremente alumbradas, requerirán de:

- I. Concesión o asignación para su explotación, uso o aprovechamiento;
- II. Un programa integral de manejo por cuenca y acuíferos a explotar, y
- III. Permisos para las obras de perforación, reposición o relocalización de pozos, o demás modificaciones a las condiciones de aprovechamiento, que se realicen a partir del decreto de veda o reglamentación.
(...)”

1.- DISTRITO FEDERAL

LEY DE AGUAS DEL DISTRITO FEDERAL⁴⁴

PUBLICADA EN LA GACETA OFICIAL DEL DISTRITO FEDERAL EL 27 DE MAYO DE 2003

“ **Artículo 34.-** La Secretaría en la formulación, evaluación y vigilancia del Programa de Gestión Integral de los Recursos Hídricos, con la finalidad de conservar y aprovechar sustentablemente estos recursos, así como para prevenir y controlar la contaminación, deberá considerar los criterios contenidos en la Ley Ambiental, así como los siguientes:

III. Para la recarga de mantos freáticos deberán preferirse las aguas pluviales debidamente filtradas. Las aguas residuales tratadas que se usen para la recarga de acuíferos, deberán cumplir en todo momento con las normas oficiales mexicanas y las normas ambientales para el Distrito Federal;”

“ **Artículo 38.-** En el Distrito Federal no se podrá destruir árboles o cubiertas forestales importantes para la recarga de mantos acuíferos, que estén situados en pendientes, orillas de caminos rurales y demás vías de comunicación, así como los árboles que puedan explotarse sin necesidad de cortarlos.”

“ **Artículo 86 BIS 2.-** Se deberá utilizar agua residual tratada en sus diversos niveles, en los siguientes casos:

VII. Recarga de Acuíferos mediante pozos de inyección o estanques de infiltración, previo cumplimiento de las normas federales y locales de calidad de agua potable y especificaciones que fije la autoridad competente en función del origen de las aguas residuales y del uso potencial del acuífero subterráneo;”

“ **Artículo 110.-** El Sistema de Aguas en los términos de este capítulo, sancionará conforme a lo previsto por esta Ley, su Reglamento y las disposiciones legales aplicables por lo siguiente:

XXV. Remover, retirar o destruir árboles o cubiertas forestales existentes dentro de cualquier zona importante para recarga de mantos acuíferos en incumplimiento de las disposiciones contenidas en el artículo 38 de la presente Ley; y”

⁴⁴ Localizable en: <http://cgsservicios.df.gob.mx/prontuario/vigente/d1227.pdf>

AGUA PLUVIAL COSECHADA

“ **Artículo 4º.**- Para los efectos de la presente Ley se entiende por:

IV TER. **Agua Pluvial Cosechada.**- Los volúmenes de agua de lluvia, nieve o granizo captados mediante las obras, infraestructura, equipos e instrumentos adecuados en el Suelo Urbano y en el Suelo de Conservación por los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y en los hogares de las y los habitantes del Distrito Federal;

IV QUATER. Agua Pluvial Potabilizada.- Los volúmenes de agua pluvial cosechada resultante de haber sido sometida a procesos fisicoquímicos, biológicos y de potabilización adecuados para remover sus cargas contaminantes;

VII BIS. **Cosecha de Agua de Lluvia.**- La acción de los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y de las y los habitantes del Distrito Federal, para captar agua de lluvia, nieve o granizo, regulada por la presente ley, y promovida, organizada e incentivada por el Gobierno del Distrito Federal;

VII TER. **Cosechador(a) de Agua de Lluvia.**- Las dependencias, entidades, organismos, instituciones, organizaciones y entes públicos, privados y sociales, los ejidos, comunidades, barrios y pueblos, así como las y los habitantes del Distrito Federal que conscientes de la fundamental importancia de construir colectivamente una nueva cultura del uso, ahorro y reúso del agua potable realicen las acciones individuales o colectivas que puedan para contribuir con el Gobierno del Distrito Federal a promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia;

XVII. BIS. **Fondo.**- El Fondo de Apoyo a la Cosecha de Agua de Lluvia del Distrito Federal;

XX BIS. **Metro cúbico cosechado.**- El metro cúbico de agua pluvial cosechada como unidad básica de diagnóstico, pronóstico y proyección de las políticas, estrategias, programas y acciones del Gobierno del Distrito Federal, de los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y de las y los habitantes del Distrito Federal;

XXII BIS. **Programa general.**- El Programa General de Cosecha de Agua de Lluvia del Distrito Federal;”

“ **Artículo 86 BIS 1.**- Las nuevas construcciones o edificaciones deberán contar con redes separadas de agua potable, de agua residual tratada y cosecha de agua de lluvia, debiéndose utilizar esta última en todos aquellos usos que no requieran agua potable; así mismo, deberán contar con la instalación de sistemas alternativos de uso de agua pluvial.”

TÍTULO NOVENO DE LA COSECHA DE AGUA DE LLUVIA DEL DISTRITO FEDERAL CAPÍTULO I DISPOSICIONES GENERALES

“ **Artículo 123.**- El presente título es de orden público, interés social y de observancia general en el territorio del Distrito Federal y tiene por objeto:

I. Regular, promover, organizar e incentivar la cosecha de agua de lluvia, su potabilización para el consumo humano y uso directo en actividades rurales, urbanas, comerciales, industriales y de cualquier otro uso en el Distrito Federal, en congruencia con lo establecido.

Artículo 124.- Con base en el principio de que el agua es de todos los seres vivos presentes y futuros de la Tierra; como se establece en esta Ley, toda persona en el Distrito Federal, tiene derecho al acceso suficiente, seguro e higiénico de agua disponible para su uso personal y doméstico, así como al suministro libre de interferencias; y, que la precipitación del agua de lluvia, nieve o escarcha es un fenómeno natural del ciclo hidrológico que no tiene una distribución uniforme en el territorio del Distrito Federal, esta Ley otorga a las dependencias, entidades, organismos, instituciones, organizaciones y entes públicos, privados y sociales, los ejidos, comunidades, barrios y pueblos, así como las y los habitantes del Distrito Federal, los derechos a:

- I.** Cosechar agua de lluvia, individual o colectivamente; en la Ley de Aguas del Distrito Federal y con el fin de consolidar y fortalecer las políticas, estrategias, programas y acciones gubernamentales y de participación de la población para la gestión sustentable e integral de los recursos hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales;
- II.** Ser reconocidos como Cosechador(a) Individual o Colectivo de Agua de Lluvia del Distrito Federal e inscritos en el Padrón de Cosechadores de Agua de Lluvia del Distrito Federal;
- IV.** Gestionar y obtener apoyo, asistencia y capacitación de técnicos y profesionales, así como atención, orientación, asesoría y los beneficios viables y posibles que se establezcan en las políticas, estrategias, programas, presupuestos y acciones del Gobierno del Distrito Federal en materia de cosecha de agua de lluvia en esta entidad; y
- V.** Ser informados; debatir con seriedad, rigor y tolerancia; proponer; y, decidir democráticamente las políticas gubernamentales en materia de cosecha de agua de lluvia en el Distrito Federal.

Artículo 125.- En todas las nuevas edificaciones, instalaciones, equipamientos, viviendas y obras públicas que se construyan en el Distrito Federal será obligatorio, construir las obras e instalar los equipos e instrumentos necesarios para cosechar agua de lluvia, con base en las disposiciones que se establezcan en el Reglamento de esta Ley.”

Artículo 125 Bis 1.- Para el caso de las nuevas construcciones que se encuentren cercanas a áreas verdes, barrancas, zonas boscosas o cualquier otra cubierta vegetal o área natural, se deberá establecer el sistema de cosecha **y de recarga de aguas pluviales al subsuelo** señalado en el artículo anterior o un sistema en el cual se encause el agua de lluvia a estos lugares permitiendo su infiltración.

Artículo 126.- Los ejes principales de la formulación, ejecución y vigilancia de las políticas, estrategias, programas, presupuestos y acciones que deberán observar las autoridades competentes en materia de promoción, organización y otorgamiento de incentivos a la población por acciones individuales o colectivas de cosecha de agua de lluvia en el Distrito Federal son:

- I.** La cosecha de agua de lluvia debe ser considerada política prioritaria y, por tanto, promovida, organizada e incentivada en congruencia con la regulación de la gestión integral de los hídricos y la prestación de los servicios públicos de agua potable, drenaje y alcantarillado, así como el tratamiento y reúso de aguas residuales;
- III.** Definir, garantizar, diseñar y ejecutar un Subprograma de Cosecha de Agua de Lluvia de la Administración Pública del Distrito Federal: Central, Desconcentrada y Paraestatal, que

además de alentar las acciones individuales o colectivas de los sectores privado y social, ejidos, comunidades, barrios y pueblos, así como de las y los habitantes del Distrito Federal, compense las irregularidades de la distribución de la precipitación pluvial en su territorio, mediante suministro de volúmenes de agua pluvial potabilizada por dicho subprograma a las y los habitantes que viven en zonas de baja precipitación pluvial o carezcan de las posibilidades o condiciones de cosechar agua de lluvia;

IV. Apoyar, estimular, promover, organizar e incentivar las acciones de cosecha de agua de lluvia de la población de la ciudad de México, con los siguientes:

- a) **Subprograma de Cosecha de Agua de Lluvia en los Ejidos, Comunidades, Barrios y Pueblos Rurales del Distrito Federal;**
- b) **Subprograma de Cosecha de Agua de Lluvia en los Hogares de las y los Habitantes del Distrito Federal;**
- c) **Subprograma de Cosecha de Agua de Lluvia en Todas las Nuevas Edificaciones, Instalaciones, Equipamientos, Viviendas y Obras Públicas del Distrito Federal;**
- d) **Subprograma de Adquisiciones de Tecnología, Materiales de Construcción, Infraestructura, Equipos e Instrumentos para Garantizar la Cosecha de Agua de Lluvia, su Potabilización y Otros Usos en el Distrito Federal;** y

V. Introducir en todas las políticas, estrategias, programas, presupuestos y acciones del Gobierno del Distrito Federal como eje transversal la cultura del uso racional, ahorro y reúso de agua potable y de construcción en todos sus edificios, oficinas, instalaciones y propiedades, la construcción de obras, infraestructura equipos e instrumentos para la cosecha de agua de lluvia.

Artículo 127.- Son autoridades competentes en materia de cosecha de agua de lluvia:

- I. La Asamblea Legislativa del Distrito Federal;**
- II. El Jefe de Gobierno del Distrito Federal;**
- III. La Secretaría de Medio Ambiente;**
- IV. El Sistema de Aguas de la Ciudad de México; y**
- V. Los Jefes Delegacionales del Distrito Federal."**

" Artículo 129.- El Jefe de Gobierno, además de las que le confieran la Ley Orgánica y otras disposiciones jurídicas, tiene como atribuciones las siguientes:

- I.** Instruir a la Secretaría y al Sistema de Aguas la planificación, diseño, formulación, elaboración, coordinación y difusión de estudios e investigaciones, diagnósticos, pronósticos y reportes científicos y tecnológicos en materia de cosecha de agua de lluvia;
- II.** Impulsar, previa difusión pública de los resultados de las investigaciones, diagnósticos, pronósticos y reportes científicos y tecnológicos, la participación de los sectores privado y social en la definición, formulación, elaboración, ejecución, evaluación y modificaciones del Programa General y sus Subprogramas;
- III.** Remitir a la Asamblea el Proyecto de Programa General y sus Subprogramas, las propuestas de modificaciones y cancelaciones, para su análisis, correcciones, complementos y aprobación; y

IV. Celebrar convenios de coordinación de acciones en materia de cosecha de agua de lluvia, con las dependencias del Poder Ejecutivo Federal, con los gobiernos estatales o municipales, con una perspectiva de desarrollo sustentable e integral de la cuenca de México y metropolitano.

Artículo 130.- La Secretaría tiene como atribuciones, además de las que le confiere la Ley Ambiental, la Ley Orgánica y otras disposiciones jurídicas, las siguientes:

I. Definir, previa opinión del Sistema de Aguas; y, realizar por sí misma; convenir con instituciones de investigación, docencia, extensión y difusión, organizaciones no gubernamentales y profesionales, o investigadores independientes; coordinar interinstitucional y multidisciplinariamente las investigaciones, sistematización de sus resultados, elaboración, formulación y actualización de diagnósticos y pronósticos, la búsqueda de la existencia y aplicación de nuevos aportes científicos y tecnologías, en materia de cosecha de agua de lluvia;

II. Definir, formular, evaluar y vigilar, previa opinión del Sistema de Aguas, la fundamentación; motivación; la delimitación de la situación general de la precipitación en el Distrito Federal, el diagnóstico, pronóstico y perspectiva; objetivos generales y particulares; políticas, estrategias, líneas programáticas principales y secundarias, montos de presupuesto y acciones de coordinación y ejecutivas de la Administración Pública del Distrito Federal para la elaboración y ejecución del Proyecto de Programa General y sus Subprogramas; y

III. Elaborar y proponer al Jefe de Gobierno el Proyecto de Programa General y sus Subprogramas, modificaciones o cancelaciones, que éste debe remitir a la Asamblea.

Artículo 131.- El Sistema de Aguas, además de las atribuciones que le confiere la Ley Orgánica, Ley de Aguas, la Ley Ambiental y otras disposiciones jurídicas, tiene las siguientes:

I. Opinar sobre la definición y realización por la Secretaría de investigaciones, sistematización de sus resultados, elaboración, formulación y actualización de diagnósticos y pronósticos, la búsqueda de la existencia y aplicación de nuevos aportes científicos y tecnologías, en materia de cosecha de agua de lluvia; sobre los proyectos de convenios con instituciones de investigación, docencia, extensión y difusión, organizaciones no gubernamentales y profesionales, o investigadores independientes; y sobre la coordinación interinstitucional y multidisciplinaria necesaria para garantizar dichos estudios e investigaciones;

II. Opinar sobre los términos, contenidos y alcances de la fundamentación; motivación; la delimitación de la situación general de la precipitación en el Distrito Federal, el diagnóstico, pronóstico y perspectiva; objetivos generales y particulares; políticas, estrategias, líneas programáticas principales y secundarias, montos de presupuesto y acciones de coordinación y ejecutivas de la Administración Pública del Distrito Federal para la formulación y elaboración del Proyecto de Programa General y sus Subprogramas; y

III. Cumplir y ejecutar el Programa General y sus Subprogramas, previa definición de metas, prioridades anuales, calendarios de ejecución, evaluación y revisión de resultados, formas y modos de coordinación más adecuados para la Administración Pública del Distrito Federal, así como los contenidos, formas, instrumentos y tiempos para la consulta y la participación de los sectores privado y social en la definición, formulación, elaboración, ejecución, evaluación y modificaciones del Programa General de Cosecha de Agua de Lluvia del Distrito Federal y sus Subprogramas a que convoque el Jefe de Gobierno.

Artículo 132.- Los Jefes Delegacionales, además de las atribuciones que les confieren la Ley Orgánica, Ley de Aguas, la Ley Ambiental, la Ley Orgánica y otras disposiciones jurídicas, tienen las siguientes:

- I. Contribuir al cumplimiento de las políticas, estrategias, objetivos, instrumentos, acciones gubernamentales y ejecución del Programa General y sus Subprogramas; y
- II. Opinar sobre las modificaciones y cancelaciones necesarias del Programa General y sus Subprogramas.”

CAPÍTULO III
DE LA PLANEACIÓN Y CONGRUENCIA DE LAS POLÍTICAS,
ESTRATEGIAS Y PROGRAMAS EN MATERIA DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA
CON LA POLÍTICA DE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS
Artículos 133 a 135

CAPÍTULO IV
DEL PROGRAMA GENERAL DE COSECHA DE AGUA DE LLUVIA DEL
DISTRITO FEDERAL Y SUS SUBPROGRAMAS
Artículos del 136 al 141.

CAPÍTULO V
DE LA CONSTITUCIÓN, INTEGRACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DEL
FONDO GENERAL DE APOYO A LA COSECHA DE
AGUA DE LLUVIA DEL DISTRITO FEDERAL
Artículos 142 a 144

CAPÍTULO VI
DE LOS INSTRUMENTOS Y LA DIFUSIÓN DE LA LEY Y DEL
PROGRAMA GENERAL Y SUS SUBPROGRAMAS
Artículos 145 a 147.

2.- SONORA

LEY DE AGUA DEL ESTADO DE SONORA NÚMERO 249

“**Artículo 4º.-** Se entenderá por:
(...)

XXXII.- Tratamiento y disposición de aguas residuales: La infraestructura y demás medidas necesarias para tratar las aguas residuales y, en general, las acciones necesarias para preservar y mejorar la calidad del agua en los ríos, embalses y **acuíferos**, conforme a las disposiciones aplicables en materia ambiental;”

CAPÍTULO I

DE LA CONSERVACIÓN Y MANEJO DE CUENCAS

“**Artículo 38.-** El Ejecutivo del Estado, a través de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Recursos Hidráulicos, Pesca y Acuacultura y de la Comisión, en el ámbito de sus respectivas competencias, dentro de la programación hidráulica estatal y en coordinación con las dependencias federales y estatales competentes, establecerá los criterios y acciones necesarias para considerar los vínculos entre el uso y aprovechamiento del agua, la conservación de los suelos y la protección de los recursos forestales, que conduzcan a la gestión integrada de los recursos naturales dentro de las cuencas hidrológicas del Estado para lograr el manejo integral y sustentable del agua en cuencas y **acuíferos.**”

TÍTULO SEXTO DE LA GESTIÓN DEL AGUA CAPÍTULO I

DE LA COORDINACIÓN PARA LA GESTIÓN DEL AGUA

“**Artículo 54.-** El Ejecutivo del Estado, directamente o a través de la Comisión, promoverá ante las autoridades federales en la materia, el establecimiento de convenios y acuerdos que permitan su participación en:

- I.-** La administración y la reglamentación de la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales en el Estado;
- II.-** La formulación y ejecución de programas de recuperación **de acuíferos** y restauración del equilibrio hidrológico en las cuencas que integran el Estado;
- III.-** La formulación y ejecución de programas para la solución de daños ocasionados por fenómenos hidrometeorológicos extremos;
- IV.-** El establecimiento de zonas reglamentadas, vedas y reservas para el desarrollo hidráulico sustentable del Estado; y
- V.-** La prevención y control de la contaminación de las aguas nacionales en el Estado.”

3.- ESTADO DE MÉXICO

DECRETO NÚMERO 52
LA H. "LVIII" LEGISLATURA DEL ESTADO DE MÉXICO
DECRETA:

ARTÍCULO ÚNICO.- Se expide la Ley del Agua para el Estado de México y Municipios, para quedar como sigue:

LEY DEL AGUA PARA EL ESTADO DE MÉXICO Y MUNICIPIOS

" **Artículo 2.-** La presente Ley persigue los siguientes objetivos:

IX. La implementación de acciones que propicien **la recarga de acuíferos** en el Estado y el manejo sustentable de sus recursos hídricos;"

" **Artículo 5.-** A falta de disposición expresa, se aplicarán supletoriamente el Código Financiero del México y el Código de Procedimientos Administrativos del Estado de México.

XLIV. **Inyección:** Infiltración de agua tratada conforme a las normas oficiales mexicanas al subsuelo, con el objeto de contribuir a la recarga de los acuíferos;

LIV. **Recarga de acuíferos:** La infiltración de agua pluvial al subsuelo o la inyección que realicen la Comisión, los municipios, los organismos operadores o, en su caso, los demás prestadores de los servicios;"

" **Artículo 53.-** Las autoridades del agua impulsarán la construcción de la infraestructura hidráulica que permita el aprovechamiento del agua pluvial para **la recarga de acuíferos** y fomentarán la construcción y conservación de instalaciones alternas que sustituyan al drenaje cuando éste no pueda construirse."

" **Artículo 94.-** La Comisión, los municipios y los organismos operadores **procurarán inyectar al subsuelo el mayor volumen posible de agua tratada**, de una calidad que satisfaga lo establecido por las normas oficiales mexicanas, especialmente en zonas donde se localicen centros de población que se abastezcan de agua potable proveniente de acuíferos sobreexplotados.

Artículo 95.- En los centros de población que se abastezcan de agua proveniente de acuíferos sobreexplotados, la Comisión, los municipios y/o los organismos operadores, como corresponda, promoverán la participación de los sectores social y privado en la construcción de sistemas de tratamiento, mediante el otorgamiento de la concesión respectiva, y la inyección de su efluente, previa certificación de su calidad de acuerdo con las normas oficiales en la materia."

4.- ESTADO DE CHIHUAHUA

DECRETO N°. 492/2011 I.P.O

ARTÍCULO PRIMERO.- Se expide la Ley del Agua del Estado de Chihuahua, para quedar redactada de la siguiente manera:

LEY DEL AGUA DEL ESTADO DE CHIHUAHUA TÍTULO PRIMERO DISPOSICIONES GENERALES Y DE LA AUTORIDAD

“**Artículo 74.-** La planeación y programación del desarrollo hidráulico del Estado, tendrán como base:

VII. La integración y actualización del catálogo de acciones y proyectos estatales y municipales para **el aprovechamiento y manejo integrado del agua y de las cuencas y acuíferos en el Estado**, así como para el control y preservación de su calidad.”

5.- ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

LEY DE AGUAS PARA EL ESTADO DE SAN LUIS POTOSÍ

Fecha de Aprobación: 13 DE DICIEMBRE DE 2005

Fecha de Promulgación: 10 DE ENERO DE 2006

Fecha de Publicación: 12 DE ENERO DE 2006

“**Artículo 8º.-** La Comisión Estatal del Agua residirá en la Ciudad de San Luis Potosí, San Luis Potosí; y tendrá las siguientes atribuciones:

(...)

III. Orientar, con apego a la Ley de Planeación del Estado y municipios de San Luis Potosí y con base en la disponibilidad del agua, las acciones que atiendan:

(...)

c) La recarga de acuíferos, control de avenidas, y protección contra inundaciones;

XVII. Formular y promover el establecimiento y difusión de normas en lo referente a la realización de obras, y a la construcción, operación, administración, conservación y mantenimiento de los sistemas de captación, potabilización, conducción, almacenamiento y distribución de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de sus aguas residuales, **recarga de acuíferos**, obras de defensa, encauzamiento y protección contra inundaciones, en el ámbito de su competencia;”

6.- ESTADO DE QUERÉTARO⁴⁵

CÓDIGO URBANO DEL ESTADO DE QUERÉTARO

Sección Segunda
De la Conservación

“ **Artículo 70.-** Se consideran zonas destinadas a la conservación:

I. Las de características naturales, como la existencia en ellas de bosques, praderas, montes, **acuíferos** y otros elementos que condicionen y favorezcan al equilibrio ecológico;”

REGLAMENTO PARA EL USO EFICIENTE DEL AGUA EN LAS POBLACIONES DEL ESTADO DE QUERÉTARO

“ **Artículo 10.-** Se promoverá la tecnificación de riegos con programas de uso eficiente del agua en el sector agrícola, buscando obtener economías que coadyuven en la **preservación del acuífero** y por otro lado permitan satisfacer las demandas de agua en las zonas urbanas.”

7.- TLAXCALA

LEY DE AGUAS DEL ESTADO DE TLAXCALA

“ **Artículo 12.-** La Comisión Estatal del Agua, tendrá las siguientes atribuciones dentro del ámbito de su competencia:

(...)

XXX. Prestar el auxilio que soliciten las dependencias y organismos federales en la vigilancia para la conservación y protección de los acuíferos, zonas federales de los cauces y embalses;”

⁴⁵ Ver normatividad de Querétaro en: <http://www.queretaro.gob.mx/transparencia/contenidodependencia.aspx?q=Q1SajNL/6MCQZS3KEpnaVg==>

8.- ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO

DECRETO:
NÚMERO 504

LEY DEL AGUA Y GESTIÓN DE CUENCAS PARA EL ESTADO DE MICHOACÁN DE OCAMPO

“**Artículo 3º.**- Para efectos de la presente Ley se entenderá por:

I. Acuífero: Cualquier formación geológica por la que circulan o se almacenan aguas subterráneas que puedan ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento;

XVIII. Cuenca hidrológica: El territorio donde las aguas fluyen al mar a través de una red de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. La cuenca, **conjuntamente con los acuíferos, constituyen la unidad de gestión del recurso hidráulico;**

XL. Servicios Ambientales: Los beneficios de interés social que se derivan de las cuencas hidrológicas y sus componentes, tales como la regulación climática, la conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión e infraestructura aguas abajo, control de inundaciones, **recarga de acuíferos**, mantenimiento de los escurrimientos en calidad y cantidad, formación de suelo, la captura de carbono, purificación de los cuerpos de agua, conservación y protección de la biodiversidad; para la aplicación de este concepto en esta Ley se consideran los recursos forestales y su vínculo con los hídricos;

L. Uso Ambiental: El caudal o volumen mínimo necesario en cuerpos receptores, incluyendo corrientes de diversa índole o embalses, **o el caudal mínimo de descarga natural de un acuífero, que debe conservarse para proteger las condiciones ambientales y el equilibrio ecológico del sistema;**

LXII. Zona de Veda: La supresión total de aprovechamientos de agua adicionales a los establecidos legalmente y el control de estos mediante reglamentos específicos, en una región determinada, cuenca **o acuífero**, en virtud del grave deterioro del agua en cantidad o calidad o por la afectación a la sustentabilidad hidrológica.”

“**Artículo 4º.**- Los principios que sustentan la política hídrica en el Estado son los siguientes:
V. El Estado coadyuvará con la Federación en la regulación de los usos del agua en las cuencas hidrológicas, incluyendo los acuíferos y los trasvases entre cuencas;”

“**Artículo 6º.**- La planeación hídrica es de carácter obligatorio para la gestión integrada del agua, la conservación de recursos naturales y el medio ambiente. La programación hídrica y su evaluación comprenderá:

III. La formulación e integración de subprogramas específicos, regionales, de cuencas, **acuíferos**, estatales y sectoriales que permitan atender problemas de escasez o contaminación del agua, ordenar el manejo de cuencas y **acuíferos**, o corregir la sobreexplotación de aguas superficiales y subterráneas; dichos subprogramas comprenderán el uso de instrumentos

para atender la problemática de los derechos del agua en general para su explotación, uso, y aprovechamiento, así como su control, preservación y restauración;

VI. La clasificación de los cuerpos de agua de acuerdo con los usos a que se destinen, y la elaboración de los balances hidráulicos en cantidad y calidad y por cuencas, regiones hidrológicas y acuíferos, de acuerdo con la capacidad de carga de los mismos.

Artículo 7°.- La Comisión y la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, integrarán y mantendrán actualizado el Sistema Estatal de Información del Agua, en coordinación con la CNA y otras dependencias federales y estatales.

La Comisión en coordinación con la CNA, la Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, con la participación de los Comités de Cuenca, coadyuvará en la operación de la red de estaciones de monitoreo y los servicios necesarios para la preservación, **conservación y mejoramiento de la calidad del agua en** las cuencas hidrológicas **y acuíferos**, de acuerdo con las normas oficiales mexicanas respectivas y las condiciones particulares de descarga, en los términos de esta Ley y demás disposiciones normativas aplicables.

Artículo 8°.- Con base en la información generada e integrada al Sistema Estatal de Información del Agua, la Comisión:

I. Formulará programas integrales de protección de los recursos hidráulicos en cuencas, subcuencas hidrológicas y **acuíferos**, considerando la información actualizada necesaria para el análisis de las relaciones existentes entre los usos del suelo y la cantidad y calidad del agua;”

“ **Artículo 21.-** Los Comités de Cuenca se harán cargo de:

V. Proponer a sus miembros, el proyecto de Programa Hídrico de la Cuenca de que se trate, que contenga las prioridades de inversión y subprogramas específicos para subcuencas, microcuencas, **acuíferos** y ecosistemas vitales comprendidos en su ámbito territorial, para su aprobación y fomentar su instrumentación, seguimiento y evaluación de resultados;

VI. Promover la coordinación y complementación de las inversiones en materia hídrica que efectúen el Estado y los municipios en el ámbito territorial de las subcuencas y **acuíferos**, apoyando las gestiones necesarias para lograr la concurrencia de los recursos para la ejecución de las acciones previstas en la programación hidráulica;

IX. Contribuir al saneamiento de las cuencas, subcuencas, microcuencas, **acuíferos** y cuerpos receptores de aguas residuales para prevenir, detener o corregir su contaminación;

Artículo 22.- La Comisión, conjuntamente con los comités de cuenca, el Consejo Consultivo del Agua y Gestión de Cuencas y los gobiernos municipales, promoverá y facilitará la participación de la sociedad en la planeación, toma de decisiones, ejecución, evaluación y vigilancia de la política estatal hídrica.

La Comisión brindará facilidades y apoyos para que las organizaciones ciudadanas con objetivos, intereses o actividades específicas en materia de recursos hídricos y su gestión integrada, participen en el seno de los comités de cuenca, así como en comisiones y **comités de acuíferos**. Igualmente se facilitará la participación de colegios de profesionales, grupos

académicos especializados y otras organizaciones de la sociedad cuya participación enriquezca la planificación hídrica y la gestión de los recursos hídricos.”

9.- ESTADO DE GUERRERO

Ley de Aguas No. 574

Ley publicada en el Periódico Oficial, el viernes 3 de enero de 2003.

“**Artículo 160.-** La cultura del agua se promoverá mediante las acciones siguientes:

IV.- La realización de campañas en materia ecológica, enfatizando la prevención y control de la contaminación ambiental así como la preservación y fomento de la flora de cuencas hidrológicas, acuíferos y fuentes de abastecimiento del Estado, y las relativas al pago de los servicios públicos;

VI.- La promoción del uso de aguas residuales tratadas para uso industrial, de servicios y riego agrícola, reduciendo los volúmenes de extracción de agua subterránea, especialmente cuando provenga de acuíferos sobreexplotados;”

“**Artículo 165.-** La Comisión a fin de garantizar el suministro de agua en cantidad y calidad adecuadas a la población del Estado, realizará la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías en el uso y aprovechamiento de este recurso para la prestación de servicios públicos así como, el registro de lo que realicen instituciones afines mediante las actividades siguientes:

II.- La orientación y coordinación con instituciones de educación superior en la ejecución de programas de investigación, desarrollo tecnológico, consultoría especializada, información técnica, formación y capacitación de alto nivel en materia de agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de aguas residuales; de geo hidrología, **hidrología e hidráulica de acuíferos** y ríos del Estado para atender la demanda de los servicios públicos y asegurar el aprovechamiento y manejo sustentable e integral del agua para los mismos;”

PROGRAMAS QUE HAN PUESTO EN PRÁCTICA LA COSECHA DE LLUVIAS

Uno de los programas que se han puesto en práctica en la Ciudad de México es la de *Isla Urbana*. Isla Urbana⁴⁶ es un proyecto de la ONG Instituto Internacional de Recursos Renovables A. C. (IRRI-México)⁴⁷ que funciona desde el año 2009 en el Ajusco y está dedicada a desarrollar una solución sencilla y accesible para hacer frente a la crisis del agua. El equipo Isla Urbana ha diseñado un modelo de cosecha de lluvia que puede implementarse a gran escala, de manera sencilla y barata, para asegurar agua limpia en la ciudad y en países en desarrollo.

⁴⁶ Ver en: http://www.islaurbana.org/que_es.htm

⁴⁷ <http://www.irrimexico.org/>

Tomando en cuenta la crisis del agua, y además considerando la cultura que se tiene de este vital líquido en el Valle de México, como:

- El 36% de las casas de la Ciudad de México no tienen un acceso adecuado al agua y este número está proyectado a incrementar drásticamente en los próximos años.
- Mientras algunos mexicanos abren la llave sin obtener una sola gota de agua, la ciudad se enfrenta con grandes inundaciones en diversas zonas durante la época de lluvias.
- La mayoría de las familias que sufren la crisis de agua son las que menos recursos tienen para enfrentar la falta del vital líquido.
- Tomando en cuenta que esta Ciudad cuyo promedio de precipitación pluvial supera el de Londres, la captación pluvial es una solución sustentable que podría enfrentar y mitigar futuros desastres de agua, ya sean inundaciones o desabastos.

Por lo que se ha considerado que la cosecha de agua de lluvia, implementada a gran escala, podría proveer el 50% del suministro de agua de toda la Ciudad.

La cosecha de lluvia es una solución económica, ambiental y socialmente sustentable que trabaja mediante el proceso natural del Valle de México, para proveer de agua limpia a todos los que viven en él. *Isla Urbana* trabaja con las comunidades para asegurar que el proyecto sea culturalmente sensible y autosustentable. El costo de materiales para cada sistema es de entre \$3,000.00 y \$4,500.00 y todos los materiales son comprados en las tlapalerías locales. Esto no solo beneficia a la economía local, sino también asegura a los dueños de casas que pueden construir y arreglar los sistemas por sí mismos, sin tener que buscarlos en tiendas especializadas. Se está entrenando a un grupo de plomeros profesionales en cada comunidad para que las diferentes zonas tengan personas capacitadas en la instalación y reparación de los sistemas. ¿Cómo puede la cosecha de lluvia ayudar a resolver los problemas de la Ciudad?

La cosecha de lluvia utiliza el transporte gratuito de la naturaleza al coleccionar el agua que cae en los techos, misma que se almacena en una cisterna y se purifica para uso doméstico.⁴⁸

⁴⁸ Isla Urbana ha diseñado un sistema de captación de agua de lluvia adaptado a la infraestructura existente en la ciudad de México, que utiliza componentes básicos: una cisterna, una bomba y un tambo en la azotea, de manera que los costos sean mínimos, así como la instalación y el mantenimiento. Ver más en: http://www.islaurbana.org/que_es.htm, consultado el 3 de septiembre de 2014.

III. COSECHA DE LLUVIAS

III.1. DEFINICIÓN

LEGALMENTE LA DEFINE LA LEY DE AGUAS DEL DISTRITO FEDERAL:

“Agua Pluvial Cosechada.- Los volúmenes de agua de lluvia, nieve o granizo captados mediante las obras, infraestructura, equipos e instrumentos adecuados en el Suelo Urbano y en el Suelo de Conservación por los sectores público, privado, social, ejidos, comunidades, barrios, pueblos y en los hogares de las y los habitantes del Distrito Federal.”

También se entiende por cosecha de lluvias los sistemas de captación que tienen como propósito recolectar el agua proveniente de la lluvia para ser utilizada en la recarga de acuíferos, coleccionar los escurrimientos, así como almacenar el agua para que esté disponible en las comunidades.”

III.2. RÉGIMEN JURÍDICO

La Ley de Aguas del Distrito Federal, prevé la recolección del agua, que utiliza a nivel de autoridad para re infiltrarla a los acuíferos, pero que puede ser utilizada en forma doméstica.

Cualquiera puede recolectarla y no tiene precio, más que el costo de hacer las instalaciones necesarias para “cosecharla”. Actualmente la lluvia es un bien común, mientras no se le ocurra a alguien considerarla un bien económico, por lo que basta con invertir en una instalación adecuada en techos, cisternas, u ollas que reciban el líquido para almacenarla y después utilizarla.

Este procedimiento puede resolver la carencia del vital líquido para las actividades domésticas o del campo, cuando hay carencia o no hay acceso a ella. Ya existe actualmente la aplicación de esta práctica con muy buenos resultados, a continuación se describen dos procedimientos que se llevan a cabo tanto para uso doméstico, como de utilidad en el campo en la reforestación, que igual puede servir para la agricultura.

III.3. PROGRAMA NACIONAL DE REFORESTACIÓN Y COSECHA DE AGUA⁴⁹

El Programa Nacional de Reforestación y Cosecha de Agua surgió con el Convenio de Colaboración entre Coca-Cola, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y Pronatura México, A.C. Se firmó el 12 de julio de 2007, con el objetivo inicial de recuperar 25,000 hectáreas de bosques en México al plantar 30 millones de árboles y establecer 250 hectáreas de obras de suelo, que facilitan la recarga de acuíferos en sitios importantes.

⁴⁹ Informe de la Fundación, ver en: <http://fundacioncoca-cola.com.mx/pdf/InformeReforestacionOK.pdf>, consultado el 3 de septiembre de 2014.

Mediante el apoyo del Sistema Coca-Cola en México y su red de embotelladores, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), y con la ejecución de Pronatura México -en conjunto con Pronatura Península de Yucatán, Pronatura Veracruz, Pronatura Noreste y Pronatura Noroeste- el Programa ha rebasado las metas iniciales y asegurado acciones para atender temas como protección de las áreas bajo restauración, manejo de suelos, captación de agua de lluvia, educación ambiental y desarrollo sustentable de las comunidades.

Resultados al 2013

El Programa Nacional de Reforestación y Cosecha de Agua se aplicó en 31 estados, 79 municipios, 125 comunidades y 196 sitios.

- Reforestación 6,305.41 hectáreas.
- Mantenimiento 12,305.41 hectáreas.
- Árboles plantados 8, 703,437 plantas.
- Obras de suelo 3,219.3 hectáreas.
- Ollas captadoras de agua de lluvia 7.
- Cisternas comunitarias 46.
- Huertos de traspatio 44.
- Viveros comunitarios 2.
- Capacitación 259.
- Personas atendidas educación ambiental 4,100.

III. 4. CAPTACIÓN DE AGUA PARA USO DOMÉSTICO

Los sistemas de captación tienen como propósito recolectar el agua proveniente de la lluvia para ser utilizada en la recarga de acuíferos, coleccionar los escurrimientos, así como almacenar el agua para que esté disponible en las comunidades.

El uso de sistemas de cosecha de agua es de gran importancia para suplir la escasez de líquido para consumo humano y riego en las comunidades que no cuentan con suficiente disponibilidad de agua subterránea, ni fuentes superficiales para cubrir sus principales necesidades.

A fin de proporcionar una mayor disponibilidad de agua, el Programa ha construido o rehabilitado diversos sistemas captadores de lluvia que han detonado la reactivación de economías locales con actividades de producción de alimentos y forrajes, piscicultura y ganadería.

En las comunidades con gran escasez de agua se desarrollaron modelos de acopio y retención de agua de lluvia a través de techos captadores y cisternas comunitarias.



Olla captadora en Guanajuato



Olla captadora en Tocatlan, Tlaxcala



Olla captadora en Santiago Blasocora, Durango



Olla captadora en San Lorenzo Huixtlaapan

- Se construyeron 7 ollas captadoras de aguas de lluvia en los Estados de Durango, San Luis Potosí, Guanajuato, México y Tlaxcala con una capacidad conjunta de embalse de 134,500 m³ en beneficio de 7,120 personas.
- Se construyeron 46 cisternas comunitarias en comunidades de los Estados de Guanajuato e Hidalgo en beneficio de 3,965 personas.
- 35 techos captadores de agua de lluvia en San Sebastián Capulines, municipio Mineral del Chico en beneficio de 200 personas.
- Resultados 2008-2013
- Se tuvieron las siguientes metas iniciales: Reforestar 25,000 hectáreas, y realizar obras de suelo en 250 hectáreas.
- Los resultados que se han obtenido al año de 2013 (Sic) son:

- Se han reforestado 54,274.86 hectáreas; se le ha dado mantenimiento a 12,305.41 hectáreas; se han protegido 20,714.15 hectáreas, conservado 10,002.17 hectáreas. En cuanto a obras para recolectar agua:
- Se construyeron 11 ollas captadoras de agua de lluvia con una capacidad total de 244,070 m³, en beneficio de 12,754 personas; se ha adecuado 133 techos para captar agua de lluvia, beneficiando a 4,475 personas; se instalaron 96 cisternas comunitarias, mismas que proveen de agua a 9,933 personas en zonas de escasez de la misma.

III. 5. UTILIZACIÓN DE LA COSECHA DE LLUVIAS EN MEDIOS URBANOS

La Ciudad de México ha implementado uno de los programas del Instituto Internacional de Recursos Renovables A.C. (IRRI-México), dedicada desde el año de 2009 a desarrollar soluciones sencillas y accesibles para hacer frente a la eventual crisis de agua, este programa llamado Isla Urbana está diseñado como un modelo de cosecha de lluvia que puede implementarse de manera sencilla y económica, asegurando agua limpia en los países en desarrollo y en las grandes ciudades.

Tomando en cuenta la crisis del agua, y además considerando la cultura que se tiene de este vital líquido en el Valle de México, como:

- El 36% de las casas de la Ciudad de México no tienen un acceso adecuado al agua y este número está proyectado a incrementar drásticamente en los próximos años.
- Mientras algunos mexicanos abren la llave sin obtener una sola gota de agua, la ciudad se enfrenta con grandes inundaciones en diversas zonas durante la época de lluvias.
- La mayoría de las familias que sufren la crisis de agua son las que menos recursos tienen para enfrentar la falta del vital líquido.
- Tomando en cuenta que esta ciudad cuyo promedio de precipitación pluvial supera el de Londres, la captación pluvial es una solución sustentable que podría enfrentar y mitigar futuros desastres de agua, ya sean inundaciones o desabastos.

Por lo que se ha considerado que la cosecha de agua de lluvia, implementada a gran escala, podría proveer el 50% del suministro de agua de toda la Ciudad.

La cosecha de lluvia es una solución económica, ambiental y socialmente sustentable que trabaja mediante el proceso natural del valle de México, para proveer de agua limpia a todos los que viven en él. Isla Urbana trabaja con las comunidades para asegurar que el proyecto sea culturalmente sensible y autosustentable. El costo de materiales para cada sistema es de entre \$3,000.00 y \$4,500.00 y todos los materiales son comprados en las tlapalerías locales. Esto no solo beneficia a la economía local, sino también asegura a los dueños de casas que

pueden construir y arreglar los sistemas por sí mismos, sin tener que buscarlos en tiendas especializadas. Se está entrenando a un grupo de plomeros profesionales en cada comunidad para que las diferentes zonas tengan personas capacitadas en la instalación y reparación de los sistemas. ¿Cómo puede la cosecha de lluvia ayudar a resolver los problemas de la ciudad?

La cosecha de lluvia utiliza el transporte gratuito de la naturaleza al coleccionar el agua que cae en los techos, misma que se almacena en una cisterna y se purifica para uso doméstico.

CONCLUSIONES

1.- Las precipitaciones pluviales, son un fenómeno natural que responde al ciclo hidrológico. La cantidad de lluvia cae en relación al clima, zona geográfica y condiciones ambientales de la vegetación, sin embargo el cambio climático está cambiando estas circunstancias, lo que provocará la desertificación de muchas zonas del país.

2.- Los acuíferos constituyen los bancos de agua naturales que conservan el agua por mayor tiempo, ya que no están expuestos a los efectos de la temperatura. Es por ello que debemos propiciar su conservación y recarga, para mantenerlos en los niveles óptimos, porque de ellos dependerá la vida en el futuro.

3.- De acuerdo a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, las aguas subterráneas son propiedad de la Nación, por lo que es competencia federal, a través de la Comisión Nacional del Agua, el control, registro, veda y recarga de los acuíferos.

4.- Los métodos de recolección de agua de lluvia, pueden ser utilizados libremente para uso doméstico o para el campo, incluso se utilizan también para poder recargar los acuíferos.

Ante la escasez de agua en algunas zonas, es un método muy recomendable que ayuda y mejora la calidad de vida de las personas.

Cuando se infiltra en los mantos acuíferos, ayuda a mantener el nivel de los mismos evitando que se agoten.

5.- El agua procedente de las precipitaciones pluviales, no tiene valor económico y es de libre acceso, por lo que constituye un procedimiento muy accesible para todos.

ANEXO 1 (RESUMEN)

GESTIÓN DE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS⁵⁰

- *La siguiente información se proporcionó en “LAS JORNADAS TÉCNICAS SOBRE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS Y REÚSO DEL AGUA”, que se llevaron a cabo en el mes de junio pasado, por lo que considero importante aportar dentro de este estudio la información compilada al respecto. Se transcriben las conclusiones de las mesas, y se incluyen las ligas para acceder a las presentaciones de cada ponencia.*

En México se tiene una disponibilidad natural media anual de 4312 m³/hab/año, valor superior a los países europeos pero inferior a Estados Unidos o Canadá. Cabe aclarar que la disponibilidad se debe analizar desde tres perspectivas: su distribución temporal, espacial y área de análisis.

La mayor parte de la lluvia en nuestro país ocurre en verano, mientras que el resto del año es relativamente seco además algunas regiones del país tienen precipitación abundante y baja densidad de población, mientras que en otras ocurre exactamente lo contrario. Esto refleja que la disponibilidad real para cada habitante es muy distinta a lo largo del país.

En la actualidad el 70%⁵¹ del agua que se suministra en México a las ciudades y comunidades rurales proviene de acuíferos, abasteciendo a casi 100 millones de habitantes. Al considerar la importancia del agua como un bienestar social y económico conjuntamente con la demanda, escasez y deterioro de este recurso, es necesario estudiar y desarrollar técnicas que nos lleven hacia un manejo sustentable del agua, considerando el reúso del agua como alternativa para la escasez.

En este contexto, en años recientes se han desarrollado métodos efectivos del *manejo o gestión de la recarga de acuíferos* (**MAR** por sus siglas en inglés). **MAR** comprende una amplia variedad de sistemas en los cuales el agua se introduce intencionalmente al acuífero, con la finalidad, entre otros objetivos, de aumentar la disponibilidad y mejorar la calidad de las aguas

A partir de esta idea, en nuestro país y a nivel internacional se han generado nuevas aplicaciones y técnicas para la recarga de acuíferos.

⁵⁰ Información de: http://www.agua.unam.mx/grupos_analisis_acuiferos.html

⁵¹ Cabe señalar que la información que se proporcionó en estas jornadas, está actualizada y difiere de los datos que proporciona CONAGUA. Para los datos aportados en el punto de acuíferos, me basé en la información de CONAGUA, y los de la UNAM, varían. Sin embargo se aportan en este estudio. Cabe señalar que estas jornadas las organizaron en el área de AGUA UNAM, en la que participan ingenieros, su punto de vista es más cercano a la realidad.

El grupo de la **Gestión de la Recarga Artificial de Acuíferos tiene su antecedente en las Jornadas Técnicas sobre la Recarga Artificial de Acuíferos y Reúso del Agua**,⁵² realizadas en junio de 2011 en las instalaciones de la Torre de Ingeniería; con la finalidad de intercambiar experiencias entre un grupo pluridisciplinario de profesionales e investigadores para debatir entre las ventajas y desventajas, aplicaciones y recomendaciones, sobre la recarga artificial de acuíferos, el reúso del agua y su manejo conjunto.

Jornadas realizadas con el apoyo del Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACYT), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la RED del agua de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (IAH).⁵³

A continuación se transcriben las conclusiones a que se llegaron en estas jornadas por considerar de importancia su conocimiento.⁵⁴

⁵² LAS JORNADAS TÉCNICAS SOBRE LA RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS Y REÚSO DEL AGUA, temas centrales para la conservación del medio ambiente y del desarrollo sustentable, se desarrollaron los días 9 y 10 de junio pasados en el auditorio de la Torre de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), con la finalidad de intercambiar experiencias entre un grupo pluridisciplinario de profesionales investigadores para debatir entre las ventajas y desventajas, aplicaciones y recomendaciones, sobre la recarga artificial de acuíferos, el reúso del agua y su manejo conjunto.

El número de participantes durante el evento fue de 170 especialistas e interesados de España, Israel, Estados Unidos y México que provenían de organismos gubernamentales y particulares, así como de distintas universidades.

A continuación se presentan las principales conclusiones derivadas de las 5 sesiones y de las 2 conferencias magistrales.

- Es muy importante difundir la información presentada en las Jornadas Técnicas entre los especialistas, los organismos y los desarrolladores interesados en la aplicación de la tecnología de la recarga artificial, así como entre los Consejos de Cuenca, los COTAS, las universidades, institutos y la sociedad en general, con el fin de extender el conocimiento del tema a todos los niveles.

- **Existe en el país la necesidad de incrementar el tratamiento y el reúso, y de esta manera optimizar la utilización del recurso agua.**

- **Para hacer factible la recarga artificial de acuíferos es recomendable que se revise el marco legal y normativo con objeto de facilitar su ejecución y establecer incentivos económicos, léase pago por servicios ambientales, para los usuarios que construyan y operen instalaciones para recargar artificialmente los acuíferos.** Es necesario

contar con un marco jurídico o adecuado (como se mencionó en México), esto se da desde hace varias décadas en cuestión de la recarga, ya sea de manera controlada o semicontrolada, sin embargo deben de revisarse, actualizarse y adecuarse para las circunstancias de nuestro país.

- Es vital y de suma importancia que se invierta en investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación para generar conocimiento sobre el tema, y adicionalmente formar recursos humanos en la materia.
- A todo lo anterior habría que sumar la variable cambio climático.
- Resulta preciso ampliar cambios en la legislación que regula la operatividad especialmente de las presas a medida que se hace patente el cambio climático.
- Finalmente se recomienda que se realice un segundo foro en materia de recarga artificial de acuíferos en la frontera norte con participación de las autoridades de los Estados en ambos lados de la frontera.

⁵³ Se pueden consultar los documentos de las presentaciones directamente en: http://www.agua.unam.mx/acuiferos_presentaciones.htm

⁵⁴ <http://www.agua.unam.mx/assets/acuiferos/pdfs/comentariosconclusiones.pdf>

SESIÓN 1. RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS⁵⁵

COMENTARIOS

Participaron:

- Rubén Chávez Guillén. Gerente de Aguas Subterráneas. CONAGUA.
- Mario R. Lluria. Dirección Hidrosistemas.
- Enrique Fernández Escalante. Universidad Complutense de Madrid.
- Enrique Mejía Maravilla. Gerente de Calidad del Agua de la Subdirección General Técnica de la CONAGUA. Moderador.

Las experiencias sobre diversos proyectos de recarga artificial de acuíferos validan que esta alternativa debe incluirse y formar parte de la gestión moderna e integrada del agua en cuencas y acuíferos.

Los casos y experiencias presentadas sobre Arizona, EUA y España, deben ser tomados como ejemplo en la elaboración de proyectos similares en un futuro.

Para la planeación y ejecución de este tipo de proyectos es de suma importancia la gestión social, misma que constituye un componente inherente e intrínseco en el proceso de concertación y aceptación por parte de los usuarios. Para cumplir este enunciado es indispensable (desde los Organismos de Cuenca, del Estado y de la sociedad civil) promover, realizar, fortalecer y sostener este tipo de proyectos.

El intercambio de experiencias entre los países es un factor decisivo para consolidar la práctica de la recarga artificial de acuíferos en México y sensibilizar a los responsables de la gestión del agua.

También es importante una mayor difusión de estas experiencias, con objeto de promover el debate en un número más amplio de participantes, que contribuya al conocimiento del tema, su aplicación y su aprovechamiento.

Las universidades, las entidades públicas, la cooperación internacional y las instituciones privadas de promoción del desarrollo, las ONG, así como las mismas poblaciones deben ser convocadas a tomar un interés concreto en estas prácticas para contribuir a la articulación del conocimiento y lograr acciones conjuntas.

⁵⁵ **Sesión 1: Recarga Artificial de Acuíferos** • *Casos de recarga artificial en México*- Rubén Chávez Guillén. Gerente de aguas subterráneas. CONAGUA. Descargar presentación en formato PDF, 2.8 MB

• *Caso del desierto de Arizona: Almacenamiento de un nuevo recurso hídrico*.- Mario R. Lluria. Dirección Hidrosistemas. Descargar presentación en formato PDF, 4.2 MB

• *Presentación del proyecto DINA-MAR. España. Resultados en tres plantas pilotos para la recarga artificial*.- Enrique Fernández Escalante. Universidad Complutense de Madrid. Descargar presentación en formato PDF, 3.4 MB

SESIÓN 2. RECARGA ARTIFICIAL DE ACUÍFEROS⁵⁶

COMENTARIOS

Participaron:

- Larry G. Eaton, de la empresa GSI Water Solutions.
- Fernando Ávila, del SACM.
- Juan Manuel Lesser, de la empresa Lesser y Asociados.
- Rubén Chávez Guillén. Gerente de Aguas Subterráneas. CONAGUA.

Moderador

Resulta importante la planeación y definición de programas de recarga de agua desde la superficie, de la metodología a seguir para el diseño y construcción de las obras de recarga y del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas.

Algunas de estas obras desarrolladas en otros países han sido visitadas por técnicos de la CONAGUA y de otras entidades mexicanas, que han tomado en cuenta estas experiencias, con las adecuaciones pertinentes en el proyecto de programas de recarga a menor escala. Es recomendable promover la visita a estas obras de los organismos interesados en la aplicación de la tecnología de la recarga artificial.

En la Ciudad de México se han realizado obras y se tiene un programa para la recarga artificial de los acuíferos del valle de México, tanto con agua residual tratada como con agua de lluvia y escurrimiento superficial. **Las obras consisten en presas de gaviones que frenan y propician la infiltración de los escurrimientos superficiales que bajan de los macizos montañosos; habilitación de antiguos lagos para el almacenamiento temporal de agua de lluvia y escurrimientos con fines de recarga o uso directo; construcción de pozos de absorción para inyectar al acuífero las aguas residuales tratadas en varias plantas de tratamiento, una de ellas de gran capacidad.**

La importancia del análisis del efecto de la recarga con modelos matemáticos es vital, evaluando diversos escenarios de localización y volúmenes de recarga de pozos de absorción, como base técnica para orientar los programas de recarga que contempla el SACM. Se enfatiza la importancia de contar con modelos para diseñar estas obras con mejor sustento técnico y para evaluar los resultados de su aplicación. En su caso, la ubicación de las baterías estaría condicionada, por otra parte, a la disponibilidad de espacios apropiados para construirlas dependiendo del uso y tenencia de la tierra.

⁵⁶ Sesión 2: Recarga Artificial de Acuíferos

- *Evaluación de la administración de recargas artificiales de acuíferos a nivel regional en Óregon como parte de un Plan Capital de mejoras a 40 años.* - Larry G. Eaton. GSI Water Solutions, Inc.

Descargar presentación en formato PDF, 14 MB

- * *Cita del material bajo permiso del autor. Sistemas de recarga artificial en la Ciudad de México.*- Fernando Ávila. SACM.

Descargar presentación en formato PDF, 6.8 MB

- *Modelación de la recarga artificial en el acuífero de la Ciudad de México.*- Juan Manuel Lesser. Lesser y Asociados, S. A. de C.V.

Descargar presentación en formato PDF, 4 MB

CONCLUSIONES DE LAS SESIONES 1 Y 2

1. Existe el marco técnico en la CONAGUA, UNAM e instituciones estatales para realizar de manera efectiva la recarga artificial en México.
2. Hay necesidad de obtener y ampliar más conocimientos técnicos de tipo regional y local mediante proyectos pilotos (demostración) para definir mejor el método más apropiado de recarga artificial.
3. Proyectos de recarga en superficie como GRUSP y en el NAUSP de Arizona se pueden emplear en México, especialmente en las zonas más áridas como Sonora y Chihuahua.⁵⁷
4. Las técnicas de recarga por pozos (ASR) son aplicables a terrenos (acuíferos) volcánicos siendo una solución de bajo costo basado en el análisis beneficios/costo.
5. Proyectos de investigación aplicada de recarga artificial (MAR) como DINAMAR han proporcionado datos para mejorar las técnicas de MAR y evitar la repetición de errores cometidos en otros proyectos.⁵⁸
6. Las operaciones de MAR realizadas en el DF han demostrado la facilidad de aplicar esta metodología como un componente integral de la gestión de los limitados recursos hídricos de esta región.
7. La UNAM puede apoyar el uso más extensivo de MAR apoyando y animando a estudiantes de varias disciplinas (ingeniería, geología, relaciones públicas, salud...), a realizar estudios de tesis relacionados con este tema.
8. La UNAM puede realizar investigación estratégica de MAR en participación con varios organismos del agua del país. La Universidad de Arizona tiene ejemplos exitosos en este campo.
9. Determinar una fuente de agua que exista en exceso después de su uso directo y llevarla a almacenaje subterráneo. Hacer de la técnica de MAR una herramienta eficiente y costo efectivo en la gestión de los recursos hídricos.

⁵⁷ Ver: http://www.agua.unam.mx/assets/acuiferos/pdfs/presentaciones/mariorlluria_hidrosistemas.pdf

⁵⁸ Ver: http://www.agua.unam.mx/assets/acuiferos/pdfs/presentaciones/enriqueescalante_complutense.pdf

SESIÓN 3. REÚSO DEL AGUA

COMENTARIOS.

Participaron:

- Alberto Rojas Ramírez, CEA, San Luis Potosí.
- Manuel Osés Pérez. CEA, Jalisco.
- Rafael Val Segura. Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Gregorio Martínez. CAEM. Moderador

CONCLUSIONES DE LA SESIÓN 3

1. El reúso es una fuente de agua muy valiosa para diferentes actividades de la vida económica del país.⁵⁹
2. El reúso genera beneficios económicos importantes que pueden contribuir a financiar los costos de tratamiento de las aguas residuales.
3. El reúso incrementa la disponibilidad del agua de primer uso o la conservación de las fuentes subterráneas. Estos beneficios se pueden considerar como intangibles y difíciles de valorar económicamente.
4. El reúso impacta en la disminución de la sobreexplotación de los acuíferos, permitiendo que el recurso sea disponible únicamente para consumo humano.
5. Académicos e investigadores: Se solicita o se recomienda estudiar las formas de valorar los beneficios intangibles o exterioridades para una región del país, en el tratamiento y el reúso del agua tratada, la cual puede satisfacer el factor determinante en el desarrollo económico y social del país.

⁵⁹ Ver: *Experiencia del reúso del agua tratada en la Zona Metropolitana de San Luis Potosí.*- Alberto Rojas Ramírez. CEA, San Luis Potosí. http://www.agua.unam.mx/assets/acuíferos/pdfs/presentaciones/albertorojas_ceaslp.pdf
Reutilización del agua. La alternativa de hoy.- Manuel Osés Pérez. CEA, Jalisco. http://www.agua.unam.mx/assets/acuíferos/pdfs/presentaciones/manuelosesperez_ceajalisco.pdf
Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM, PUMAGUA.- Rafael Val Segura. Instituto de Ingeniería, UNAM. http://www.agua.unam.mx/acuíferos_presentaciones.html

SESIÓN 4. MANEJO CONJUNTO

COMENTARIOS

Participaron:

- Adriana Palma Nava. Instituto de Ingeniería, UNAM.
- Randall T. Hanson. Centro de Ciencias del agua, USGS, California.
- Aristides Petrides de la empresa GSI Water Solutions.
- Enrique Fernández Escalante. Universidad Complutense de Madrid.

Moderador

El manejo conjunto o gestión integral engloba una amplia variedad de técnicas y herramientas para la adecuada gestión de los recursos hídricos.

La modelación se ha constituido como una técnica de gran valor como instrumento para el apoyo en la toma de decisiones, el seguimiento y prospectiva de las actuaciones llevadas a cabo; tanto los “modelos de gestión” como los de simulación (matemáticas de flujo) como los de modelación hidrogeoquímica, considerando los distintos niveles de tratamiento.

El manejo conjunto además de garantizar el suministro en distintos escenarios espacio-temporales, debe tener en consideración los balances hídricos zonales a la escala de aplicación, la productividad, asignación y sustentabilidad medioambiental, jerarquizando los distintos elementos.

CONCLUSIONES DE LA SESIÓN 4⁶⁰

1. La discretización de los elementos, celdas y nodos de los esquemas topológicos de la gestión integral pueden ser mejorados mediante técnicas de “análisis de sistemas” generalmente con ayuda de modelos (descomposición de un problema complejo en problemas simples).
2. La consolidación adecuada de presas y elementos de recarga permite manejar los efectos de las sequías prolongadas con reducción de costes.
3. Los estudios de la zona no saturada y modelos que los tienen en consideración (tipo Hydrus) deben ser tenidos en cuenta en el manejo conjunto.

⁶⁰ *Manejo conjunto en la cuenca del Río Sonora.*- Adriana Palma Nava. Instituto de Ingeniería, UNAM. Descargar presentación en formato PDF, 3.2 MB

• *Análisis de alternativas para el abastecimiento de agua para irrigación en Valle Pájaro, California, Estados Unidos.*- Randall T. Hanson. Servicio Geológico de Estados Unidos, Centro de Ciencias del Agua, California.

Descargar presentación en formato PDF, 6.7 MB

• *Modelación de recargas artificiales de acuíferos en la cuenca Walla Walla, Oregón, E.U.*- Aristides Petrides. GSI Water Solutions, Inc.

Descargar presentación en formato PDF, 4 MB

SESIÓN 5. PLANEACIÓN Y NORMATIVIDAD

COMENTARIOS.

Participaron:

- David A. Pérez Carreón. CONAGUA
- Luis Marín Stillman. Instituto de Geofísica, UNAM
- Ernesto Espino. Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México.
- Claudia Hernández Martínez. Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México.
Moderador

Se deben analizar recursos alternos, no necesariamente la recarga, que ayuden a detener la sobreexplotación de los acuíferos además de control de fugas, intercambio de agua y cancelación de pozos.

CONCLUSIONES DE LA SESIÓN 5⁶¹

1. Se requiere una mayor vinculación entre los diferentes actores que intervienen en el tema de recarga, en las instituciones educativas, de investigación, el de instituciones en los diferentes órdenes de gobierno (federal, estatal y municipal).
2. Mayor vinculación entre quienes están desarrollando trabajos sobre el tema (aprovechar experiencia).
3. Resulta muy interesante el planteamiento hecho para el Valle de México en donde se contemplan soluciones para controlar las inundaciones (TEC y TEO) y dar tratamiento a las aguas residuales, respetando el reúso desarrollado a través del tiempo e impulsando nuevos proyectos como en la zona del Caracol que coadyuvará a detener la sobreexplotación de acuíferos.
4. Desarrollar tecnologías avanzadas de tratamiento en el país para mejorar y controlar la calidad del agua.

⁶¹ • *Normatividad y legislación en México.* - David A. Pérez Carreón. CONAGUA.

Descargar presentación en formato PDF, 1.5 MB

• *Desarrollo de un sistema de apoyo a las decisiones para la identificación de sitios potenciales para la recarga artificial en Jalisco.* - Luis Marín Stillman. Instituto de Geofísica, UNAM.

Descargar presentación en formato PDF, 1.5 MB

• *El plan de sustentabilidad hídrica de la cuenca del Valle de México y las plantas de tratamiento y reúso de Atotonilco y El Caracol* - Ernesto Espino. Coordinación General de Proyectos Especiales de Abastecimiento de Agua Potable y Saneamiento del Valle de México.

Descargar presentación en formato PDF, 5.5 MB