

## ARTÍCULO DE DIVULGACIÓN

www.revistaglosa.com

### USOS, CALIDAD Y NORMATIVIDAD DEL AGUA

Nadia Valentina Martínez Villegas<sup>1\*</sup>, Silvia Lucila Gelover Santiago<sup>2</sup>, María de Lourdes Rivera Huerta<sup>2</sup>,  
María Antonieta Gómez Balandra<sup>2</sup>

Recibido: 11/12/2017, Aceptado: 5/02/2018.

Publicado en la web: 28/08/2018.

#### RESUMEN

Cuando se habla de calidad del agua, todos la quisiéramos pero ¿Qué es la calidad del agua? ¿Cómo y en base a qué se determina? ¿Qué instituciones la regulan? En este artículo se presenta una revisión sintética sobre los usos, calidad y normatividad del agua en México. Se abordan, por un lado, los usos que se le dan al agua de acuerdo a la Ley Nacional de Aguas (LAN). Por el otro, la clasificación de usos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) así como algunos recursos electrónicos en donde se pueden consultar sus estadísticas. Se presenta la definición de calidad del agua, los indicadores de calidad que se utilizan actualmente en el país y los que se han utilizado históricamente, así como la normatividad aplicable a la calidad del agua para abastecimiento público, riego agrícola, industria abastecida y termoeléctrica. Por último, se destaca la importancia de la calidad del agua para el desarrollo del país.

*Palabras clave: Calidad del Agua, Contaminación de Agua, Normatividad del Agua, Usos del Agua.*

#### INTRODUCCIÓN

El agua es el disolvente universal por excelencia. Es capaz de disolver todo cuanto sea imaginable a condición de darle suficiente tiempo. El que podamos confirmar que ha disuelto una sustancia o no, es función del instrumento del que dispongamos para realizar su detección.

El agua puede albergar importantes cantidades de las sustancias solubles o miscibles en ella, siendo fácil su medición o detección, pero también puede disolver sustancias en ínfimas cantidades y en este caso, sólo podremos cuantificar la proporción disuelta si somos capaces de medir inequívocamente y de manera precisa dichas sustancias.

Las aguas subterráneas caracterizadas por largos periodos de contacto con rocas y minerales en general presentan en su composición aniones y cationes inorgánicos. Por su parte, las aguas superficiales están caracterizadas por su mayor contenido de materia orgánica, y materiales en suspensión.

Las sustancias orgánicas presentes en agua tienen origen tanto natural; ácidos húmicos y fúlvicos provenientes de la descomposición del detritus orgánico; como origen antropogénico.

Tal es el caso de las aguas residuales municipales que contienen una amplia variedad de sustancias orgánicas (restos de alimentos, detergentes y jabones), o como en el caso de descargas provenientes de la industria de alimentos (galleteras, carnes frías, etc.). Debido a su alto poder disolvente, el agua natural, independientemente que provenga de cuerpos de agua superficial o subterránea, presenta una composición siempre rica y variada. La diversidad de componentes presentes en ella determina lo que llamamos calidad del agua. La calidad del agua no es una característica absoluta, sino que es más un atributo definido socialmente en función del uso que se le piense dar al líquido; cada uso requiere un determinado estándar de calidad. Por esta razón, para evaluar la calidad del agua es necesario considerar el contexto del uso probable que tendrá.

#### USOS DEL AGUA

En México, la Ley de Aguas Nacionales (LAN) (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014), en su título cuarto, artículo 22 señala que cada Consejo de Cuenca en coordinación con el Organismo de Cuenca propondrá un orden de prelación<sup>a</sup> regional aplicable al otorgamiento de concesiones<sup>b</sup> y asignaciones<sup>c</sup>.

<sup>1</sup>División de Geociencias Aplicadas Instituto Potosino de Investigación Científica y Tecnológica A.C. Camino a la Presa San José # 2055, Lomas 4a Sec., C.P. 78216. San Luis Potosí, SLP, México.

<sup>2</sup>Instituto Mexicano de Tecnología del Agua Blvd. Paseo Cuauhnáhuac 8532, Progreso, 62550 Jiutepec Morelos, México.

\*Autor de correspondencia: nadia.martinez@ipicyt.edu.mx

<sup>a</sup>Prelación: Orden de prioridad o preferencia de desarrollo, beneficio social y capital invertido para el aprovechamiento de aguas nacionales.

<sup>b</sup>Concesión: Título que otorga el Ejecutivo Federal para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales a personas físicas o morales.

<sup>c</sup>Asignación: Título que otorga el Ejecutivo Federal para la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales a municipios, estados o Distrito Federal.

Según el artículo 24 de la misma ley, la prelación de uso también responderá a las prioridades de desarrollo, el beneficio social y el capital invertido o por invertir. En tanto se cumple esta disposición de la LAN (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014), el orden de prelación de los usos del agua para la concesión y asignación aplicable es:

1. Doméstico
2. Público urbano
3. Pecuario
4. Agrícola
5. Uso para la conservación ecológica o uso ambiental
6. Generación de energía eléctrica para servicio público
7. Industrial
8. Acuicultura
9. Generación de energía eléctrica para servicio privado
10. Lavado y entarquinamiento de terrenos
11. Uso para turismo, recreación y fines terapéuticos.
12. Uso múltiple, y
13. Otros

En la práctica, sin embargo, considerando los mayores volúmenes consumidos en México, los usos del agua se dividen en dos grandes grupos:

1. Usos consuntivos, que incluyen:

- a. Abastecimiento público
- b. Uso agrícola
- c. Industria autoabastecida
- d. Termoeléctricas y

2. Usos no consuntivos referidos principalmente a las centrales hidroeléctricas con un almacenamiento nacional superior a 93 mil Mm<sup>3</sup> solo en 26 centrales en el año 2012, de las 172 principales presas del país (Comisión Nacional del Agua, 2013b).

La información referente a los usos consuntivos del agua en México puede ser consultada en el Atlas Digital del Agua (Sistema Nacional de Información del Agua, 2011a), el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) (Comisión Nacional del Agua, 2013a) o en las Estadísticas del Agua en México (Comisión Nacional del Agua, 2013b), que integran información histórica y actual sobre la cantidad, calidad, usos y conservación del agua en México a nivel regional, estatal y nacional además de un glosario (Comisión Nacional del Agua, 2014a) en donde puedes encontrar las definiciones de los usos. Por ejemplo, si se desea conocer el uso del agua en el Estado de San Luis Potosí, el portal del SINA (Comisión Nacional del Agua, 2013a) presenta la información por temas. Se ubican entonces los usos del agua (Sistema Nacional de

Información del Agua, 2013a) que presentan el gráfico “Evolución del volumen concesionado para usos consuntivos por tipo de fuente”. Dicha evolución se puede consultar a nivel nacional y a través del tiempo así como a nivel estatal para el que se presenta el gráfico “Volumen concesionado para usos consuntivos por entidad federativa”. Como se puede constatar, en el estado de San Luis Potosí, el mayor volumen de agua concesionado es para el sector agrícola, seguido por el abastecimiento público, las termoeléctricas y en último lugar la industria autoabastecida. Dicha información también puede ser consultada en el Atlas Digital (Sistema Nacional de Información del Agua, 2011a).

## CALIDAD DEL AGUA

En lo que se refiere a calidad, en México, la calidad del agua de cuerpos superficiales, zonas costeras y aguas subterráneas, puede ser calificada como:

- Excelente
- De buena calidad
- Aceptable
- Contaminada o
- Fuertemente contaminada. Las categorías anteriores se establecen con base en tres indicadores que son:
  - La demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO5) (Sistema Nacional de Información del Agua, 2010a)
  - La demanda Química de Oxígeno (DQO) (Sistema Nacional de Información del Agua, 2010b) y
  - Los sólidos suspendidos totales (SST) (Sistema Nacional de Información del Agua, 2010c)

La DBO5 y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales, de origen municipal y no municipal. Por otro lado, los SST tienen su origen en las aguas residuales y la erosión del suelo. El incremento de los niveles de SST hace que un cuerpo de agua pierda la capacidad de soportar la diversidad de la vida acuática. Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa.

Estos tres indicadores se miden actualmente en cientos de sitios de agua superficial mediante la Red de Monitoreo de Calidad del Agua (Sistema Nacional de Información del Agua, 2011b) de la Comisión Nacional del Agua, órgano administrativo con atribuciones de autoridad en materia de la cantidad y calidad de las aguas y la gestión de las mismas en territorio nacional, designado así en la Ley de Aguas Nacionales (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014). Cada cuerpo de agua evaluado por la Red de Monitoreo (Sistema Nacional de Información del Agua, 2011b) tendrá valores para cada uno de los tres indicadores de

calidad del agua, uno por cada indicador y, dato curioso, sin que ello implique que se califique respecto a algún uso específico, sino más bien considerando un gradiente de condición natural a cuerpo de agua contaminado, clasificando las aguas superficiales como se muestra en la Tabla 1.

Durante algún tiempo, en México se utilizó el Índice de Calidad del Agua (ICA) (Dirección General de Estadística e Información Ambiental, 2014) como un parámetro para calificar el estado de los cuerpos de agua. Sin embargo, su uso se volvió complicado ya que la determinación de 18 parámetros resultaba costosa y los resultados que se obtenían no permitían distinguir en realidad el estado de los cuerpos de agua. Además, se obtenía que muchos cuerpos de agua no pudieran calificarse aptos para su uso, debido a la mayor importancia que se daba a los parámetros dirigidos a la protección de la vida acuática; por ejemplo, se otorgaba una mayor ponderación al oxígeno disuelto (O<sub>2</sub>). Así, a partir de 2004, la calidad del agua se verifica a través de los tres indicadores ya comentados: DBO<sub>5</sub>, DQO y SST.

Tabla 1. Criterios evaluados para los tres indicadores de calidad de agua (Sistema Nacional de Información del Agua, 2011b).

Calidad	Criterios		
	DBO <sub>5</sub>	DQO	SST
Excelente	<= 3	< 10	< 25
Buena Calidad	3 – 6	10 – 20	25 - 75
Aceptable	6 – 30	20 – 40	75 - 150
Contaminada	30 - 120	40 – 200	150 - 400
Fuertemente	> 120	> 200	> 400

Por otro lado, otra referencia ampliamente utilizada en México para evaluar la calidad del agua se refiere a los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89 (Diario Oficial de la Federación, 1989). Dichos criterios fueron publicados inicialmente en la Gaceta Ecológica editada por la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE) y, posteriormente, el 13 de diciembre de 1989 en el Diario Oficial de la Federación (DOF). Ustedes pueden consultarlos haciendo una búsqueda por fecha de publicación en el DOF después de registrarse gratuitamente. Una versión resumida (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1989) se puede encontrar en internet.

Con base en Los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89, los cuerpos de agua se pueden calificar como aptos, o no, para ser utilizados como:

1. Fuente de abastecimiento de agua potable,
2. En actividades recreativas con contacto primario,
3. Para riego agrícola,
4. Para uso pecuario,
5. En la acuicultura, o
6. Para la protección de la vida acuática.

La publicación de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua en México se inspiró en la publicación de los Criterios de Calidad para el Agua (EPA 440/5-86-001, 1986), publicados en 1986 por la Agencia de Protección del Ambiente de los Estados Unidos de Norteamérica (USEPA). Estos últimos surgieron en respuesta a la Ley de Aguas Limpias (Clean Water Act) de los Estados Unidos de Norteamérica que requería a la EPA que publicara y actualizara periódicamente criterios de calidad del agua en el documento reconocido como The Gold Book. Dichos criterios debían reflejar con precisión los últimos conocimientos científicos relativos al tipo y alcance de los efectos identificables en la salud y el ambiente que se pudieran esperar de la presencia de contaminantes cuerpos de agua, incluidos los acuíferos. Además, debían incluir los últimos conocimientos relativos a la concentración y la dispersión de contaminantes, o sus productos derivados, a través de procesos biológicos, físicos y químicos. Por último, señalar los efectos de los contaminantes en las comunidades biológicas, la productividad y la estabilidad, incluyendo información sobre los factores que afectaban las tasas de eutrofización y sedimentación orgánica e inorgánica. Si bien los Criterios de Calidad del Agua no eran leyes, ni tenían impacto regulatorio, sí presentaban datos científicos, pero, sobre todo, ofrecían (y siguen ofreciendo) una guía sobre los efectos ambientales de los contaminantes. Esta información podría ser útil para formular estándares basados en consideraciones de impactos en la calidad del agua. Se establecía también que cuando hubiera nuevos datos disponibles, dichos criterios tendrían que ser actualizados para reflejar recomendaciones aplicables para la protección de la vida acuática y la salud humana; sobre todo a nivel regional. Ahora se publica un informe del monitoreo y evaluación de las corrientes y ríos, el National Water-Quality Assessment (National Water-Quality Assessment – NAWQA Program, 2014.).

Al parecer, este mismo espíritu fue, de alguna manera, instalado en la publicación de Los Criterios Ecológicos en México. Al igual que en los Estados Unidos, los Criterios Ecológicos en México no tenían (ni tienen) carácter normativo, pero se aplican normalmente por los sectores gubernamentales y académicos para calificar los recursos hídricos. Un ejemplo de esto, sólo por mencionar uno, se hace patente en la valoración de la calidad del agua en ecosistemas costeros, en donde, a falta de valores de referencia con carácter normativo se recurre al uso de los Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89 para evaluar la Calidad del Agua en los Sistemas Costeros de México (Secretaría De Medio Ambiente, Recursos Naturales Y Pesca, 2000). Sin embargo, algunos límites deben revisarse ya que las técnicas analíticas no son lo suficientemente sensibles para detectarlos. Sobre todo en el caso de compuestos que se encuentran en concentraciones traza o muy pequeñas como hidrocarburos y plaguicidas.

En la actualidad, en México, siguiendo ejemplos internacionales, se busca contar con sitios de referencia,

definidos como aquellos que pueden servir de comparación por contar con condiciones naturales o de muy baja alteración dentro de una cuenca. Estos sitios son muy útiles en los estudios de clasificación de las corrientes para estimar su capacidad de diluir y asimilar contaminantes, establecer límites máximos de descarga y señalar las metas de calidad a diferentes plazos en las declaratorias del artículo 87 de la LAN (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2014) así como para asociarlos a las condiciones que permiten la existencia de comunidades acuáticas en los estudios de caudal ecológico.

## **NORMATIVIDAD**

### ***Calidad del agua para abastecimiento público***

En lo que se refiere al agua de fuentes de abastecimiento público, se considera que el agua es de buena calidad cuando está exenta de sustancias y microorganismos que sean peligrosos para los consumidores y libre de sustancias que transmitan sensaciones sensoriales desagradables para el consumo humano, como el color, el olor, el sabor o turbiedad. Los estándares de calidad para este tipo de uso se establecen en base a características microbiológicas, físicas y organolépticas, contenido de constituyentes químicos y características radioactivas. La OMS (Organización Mundial de la Salud, 2015) marca límites máximos permisibles para diversos contaminantes para agua potable y para contacto primario, que son considerados como base para la normatividad en diversos países.

A pesar de que cada país establece su normatividad, en general se regulan aspectos microbiológicos, fisicoquímicos, contenido de contaminantes orgánicos y en algunos casos, radiactivos, como se puede observar al comparar la normatividad vigente en países como Perú, Colombia, el Salvador y México. En el caso de México, la “MODIFICACIÓN a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 2000), Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización” es la norma que regula las características bacteriológicas, físicas y organolépticas, químicas y radioactivas del agua para consumo humano. Esta norma puede ser consultada en el DOF, del 22 de noviembre de 2000.

Cuando se revisa a detalle la normatividad de distintos países, el contraste es interesante. Por ejemplo en cuanto a los límites máximos permisibles (LMP) para contaminantes orgánicos, Perú (Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento, 1995) establece dos parámetros globales o generales, extracto carbón cloroformo y extractables en éter de petróleo, en tanto Colombia (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2013) regula algunos compuestos específicos, como los plaguicidas paratión, metilparatión, carbamatos y toxafeno, además de los

plaguicidas clorados persistentes incluidos también en la normatividad mexicana. La vanguardia la marca La República del Salvador (Diario Oficial, 2009) que indica puntualmente límites para un total de 32 plaguicidas como atrazina, carbofuran y simazina, entre otros. Es posible que esto se deba a que su normatividad es más reciente, del año del 2009. A la fecha, la normatividad mexicana (Secretaría de Salud, 2000) sólo incluye siete plaguicidas clorados. Sin embargo, existe un proyecto de norma intitulado “Agua para uso y consumo humano. Límites máximos permisibles de la calidad del agua, control y vigilancia de los sistemas de abastecimiento”, en donde se propone regular un número importante de plaguicidas, para ser precisos, treinta, entre los que se encuentran compuestos clorados, fosforados, carbamatos, derivados de la urea y herbicidas clorados. No obstante, hasta ahora no ha sido publicada, es decir no se ha hecho oficial.

### ***Calidad del agua para riego agrícola***

La calidad del agua para irrigación se determina principalmente por el tipo y la cantidad de sales disueltas pero también por la tolerancia de los cultivos a las sales, las propiedades del suelo, las condiciones de manejo de suelo y agua y las condiciones climatológicas. Las sales disueltas en el agua son llevadas al suelo cuando se realiza el riego de cultivos y si no son absorbidas por ellos, permanecen en él cuando el agua se evapora. A medida que se incrementa el contenido de sales en el agua, pueden desarrollarse diversos problemas, tanto en el suelo como en los cultivos, y puede llegar a ser necesario aplicar prácticas de manejo especial para mantener rendimiento de cosechas aceptables. La calidad del agua o la idoneidad para el uso en la agricultura se juzga en función de la posible gravedad de los problemas que se podrían desarrollar durante el uso a largo plazo, incluida la restricción del rendimiento del cultivo.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO por sus siglas en inglés, a través de su publicación de Calidad del Agua para la Agricultura (Ayers and Westcot, 1994) presenta, entre otros temas, una guía que ayuda a determinar el grado de restricción del agua en función de los factores antes mencionados.

La Comisión Internacional de Riego y Drenaje (International Commission On Irrigation and Drainage, 2012), ICID (por sus siglas en inglés) también ha señalado valores guía de calidad del agua para distintos cultivos de importancia regional en el mundo.

Por otro lado, en México está permitido el reúso de agua residual para siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas. La calidad del agua que debe cumplir el agua para este fin está regulada por la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1996a) que establece parámetros fisicoquímicos básicos, como materia flotante y grasas y

aceites entre otros, además de cianuros y algunos metales, y los indicadores de contaminación por patógenos y parásitos.

### ***Calidad del agua para la industria autoabastecida***

Se denomina industria autoabastecida a aquella que se provee directamente de ríos, arroyos, lagos o acuíferos del país. Los principales ramos empresariales que conforman este grupo son la industria de la minería, alimentos, azúcar, bebidas, textil, papelería, química y del acero. En México no existe normatividad acerca de la calidad del agua para industria autoabastecida, más bien las necesidades de calidad del agua estarán regidas por los requerimientos del proceso y demás usos a los que va destinada. Por ejemplo para la industria alimenticia el agua puede usarse además de ingrediente, para lavar y desinfectar frutas y verduras, en el proceso de limpieza y sanitización de superficies, en el aseo personal, en los procesos de enfriamiento y en la producción de vapor. En este caso entonces, el agua debe cumplir al menos todos los parámetros de calidad del agua que establece la Modificación a la NOM 127 SSA1-1997 (Secretaría de Salud, 2000), excepto para los últimos dos usos en la que se requiere agua con un contenido de sólidos disueltos más estricto para evitar incrustaciones en los sistemas de enfriamiento y de generación de vapor.

### ***Calidad del agua para termoeléctricas***

El agua en las centrales termoeléctricas es usada principalmente en el sistema de enfriamiento para el condensado de vapor. El componente principal de tales sistemas son las torres de enfriamiento en donde el agua caliente intercambia calor con el aire. La base del enfriamiento es la evaporación pero conforme el agua se va evaporando, los iones que la conforman no lo hacen y permanecen en el agua de circulación, en donde se concentran hasta niveles excesivos. Cuando la concentración de algunas especies excede de ciertos límites, se tiene el riesgo de que el agua sea corrosiva o que algunas especies precipiten y se depositen sobre las superficies de transferencia de calor, provocando que el agua adquiera características incrustantes. Las especies químicas que provocan esos problemas son principalmente: carbonatos de calcio, sulfato de calcio, silicatos de magnesio y de calcio y fosfatos. El Instituto de Investigación de Energía Eléctrica (Electrical Power Research Institute, 2014), (EPRI por sus siglas en inglés) de los Estados Unidos ha establecido parámetros de calidad para el agua que se emplea en torres de enfriamiento para minimizar problemas operativos y estos además sirven de guía en el ámbito internacional.

A pesar de las deficiencias que existen actualmente en México respecto a normatividad en relación al agua, ésta es extensa, e incluye tanto leyes (Comisión Nacional del Agua, 2013c) como normas, algunas de observancia obligatoria, Normas Oficiales Mexicanas (NOMs) (Comisión Nacional del Agua, 2014b) y otras de aplicación voluntaria Normas Mexicanas

(Comisión Nacional del Agua, 2013d) (NMXs). Un resumen de éstas y algunas otras se presenta concisamente en el Capítulo 5.5 de las Estadísticas del Agua en México (Comisión Nacional del Agua, 2013b) clasificadas en los siguientes grupos:

1. Grupo SEMARNAT. Incluye siete normas (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003a, 2003b, 2003c, 2002, 1997, 1996a, 1996b), entre estas, las NOM-001, 002 Y 003 (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1997, 1996a, 1996b), que establecen los límites máximos permisibles en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1996a), los límites máximos permisibles en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1996b) y los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reúsen en servicios al público (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 1997), respectivamente. Además, otras que se enfocan a lodos, biosólidos (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002), y jales (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003c) así como a la protección de acuíferos, humedales costeros y zonas de manglar (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2003a).

2. Grupo CONAGUA. Incluye doce (Comisión Nacional del Agua, 2011, 2007, 1996b, 1996c, 2003, 2001, 2000a, 2000b, 1998, 1997a, 1997b, 1996a), entre las que destacan, para los fines de este documento, las que marcan los requisitos para la protección de acuíferos durante la construcción de pozos (Comisión Nacional del Agua, 1996a), mantenimiento y rehabilitación y cierre de los mismos (Comisión Nacional del Agua, 1996b). Así como para la recarga de acuíferos (Comisión Nacional del Agua, 2003) e infiltración (Comisión Nacional del Agua, 2007) de los mismos.

3. Grupo SALUD. Incluye cinco (Secretaría de Salud, 1996; Secretaría de Salud, 2008, 2002a, 2002b, 1998), indudablemente, la más destacada es la NOM-127-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 2000) "Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización".

4. Grupo Normas Mexicanas. En total existen 73 NMX vigentes (Comisión Nacional del Agua, 2013d), que incluyen los métodos de prueba para el análisis del agua de la serie AA.

## **LA CALIDAD DEL AGUA Y LA SALUD HUMANA**

La importancia de la calidad del agua radica en que el agua es uno de los principales medios para la transmisión de muchas enfermedades que afectan a los humanos. De acuerdo a la nota descriptiva N.330 (Organización Mundial de la Salud, 2013) publicada por la OMS en abril de 2013, las enfermedades

diarreicas causan anualmente 760 000 decesos de menores de cinco años. En México, esta dolorosa situación se ve reflejada en las estadísticas publicadas en el ícono Agua y Salud del SINA (Comisión Nacional del Agua, 2013a), de 2014, en donde se registran del orden de 9 300 muertes de infantes en el año 2010.

Para ese mismo año, la Organización de las Naciones Unidas reconoció formalmente el derecho humano al agua y al saneamiento a través de la Resolución 64/292 (Naciones Unidas, 2010), que exhorta a los Estados y organizaciones internacionales a proporcionar recursos financieros, a propiciar la capacitación y la transferencia de tecnología para ayudar a los países, en particular a los que están en vías de desarrollo a proporcionar agua potable suficiente, saludable, aceptable, accesible y asequible a todos. El documento Informe sobre el derecho humano al agua en México (Consejo de los 13 Pueblos por la Defensa del Agua en Morelos et al., 2011) ilustra la visión que sobre este derecho existe en México.

En términos del saneamiento, México mantiene una importante brecha entre potabilización y saneamiento, y entre la dotación de estos servicios en zonas urbanas y rurales, dando tratamiento sólo a porcentajes menores al 60% de las aguas residuales municipales (Sistema Nacional de Información del Agua, 2013b). Por lo anterior, se estableció como una meta dentro de los Objetivos del Milenio (Resolución aprobada por la Asamblea General, 2010) reducir a la mitad, para 2015, la proporción de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios básicos de saneamiento con la finalidad de garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.

Por lo anterior, conocer la calidad del agua es importante no sólo en términos de transmisión de enfermedades sino también para:

- Determinar si el agua es apta para determinados usos.
- Como herramienta para evaluar los resultados de los programas de control de la contaminación.
- Ayudar a dirigir los esfuerzos de control de la contaminación a donde más se necesitan.
- Responder a emergencias como inundaciones y derrames.
- Identificar tendencias en el tiempo.
- Identificar problemas emergentes.
- Caracterizar los cuerpos de agua y sus recursos naturales.
- Evaluar el cumplimiento de los tratados, acuerdos y convenciones internacionales.
- Conservar los ecosistemas
- Proteger los servicios ambientales

## CONCLUSIONES

Como en muchos países en desarrollo, en México cada vez se cuenta con mayor información impresa, pero sobre todo digital, sobre la calidad del agua y sus usos. Sin embargo, en

algunos casos es muy general sobre todo cuando se trata de tomar decisiones a nivel local o de microcuenca para su asignación, conservación o recuperación. Los alcances para obtener información de calidad del agua se han modificado a través del tiempo, haciendo que los indicadores utilizados se reduzcan en número, volviéndose, en algunos casos, cada vez más estratégicos. No obstante, por la diversidad, complejidad y regionalización de la disponibilidad, calidad natural y actividades productivas, se tiene aún mucho trabajo por delante para reflejar la realidad de algunas zonas y sectores. La información actualmente disponible resulta muy valiosa para contar con un marco de referencia nacional sobre las condiciones de los cuerpos de agua a partir de las mediciones de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST que se realizan y los principales usos que se reportan. No obstante, resultaría importante regionalizar, e incluso definir a nivel de cuencas o subcuencas, la calidad de sus aguas. Lo anterior, en atención a los problemas que presentan los diferentes usuarios quienes se enfrentan a limitaciones, no sólo de calidad sino también de cantidad del recurso y los requerimientos que se tendrán a futuro. Por otro lado, no se debe olvidar que los usos del agua están impactando a los ecosistemas, la biodiversidad e incluso a la salud humana. Las acciones para determinar la capacidad de asimilación y dilución de contaminantes, las que determinen condiciones particulares de descarga para industrias y municipios, así como las que se emprendan para las metas del saneamiento, rehabilitación y recuperación de los cuerpos de agua, deben contar con indicadores de calidad del agua significativos conforme a los objetivos que se establezcan espacial y temporalmente. Lo anterior ofrece, sin lugar a dudas, una gran oportunidad de contribuir a la mejora de los programas, normas y políticas del agua en México. En este sentido, si bien existe un consenso global en cuanto a que la calidad del agua está definida en función del uso dentro del marco de una determinada normatividad y administración, ¿qué relación hay entre los usos del agua definidos en la Ley de Aguas Nacionales en México y las categorías de calidad del agua que proporciona la CONAGUA? ¿En relación a que uso están definidas las categorías de calidad del agua que resultan de la Red de Monitoreo de Calidad del Agua? ¿Para qué uso es apta el agua analizada a través de esta red? ¿Cómo se empatan los usos del agua reportados por CONAGUA con su programa de monitoreo y con la Ley de Aguas Nacionales? Como resultado de este análisis se deriva que hace falta trabajo para conciliar la normatividad con los usos y regiones, ya que la normatividad es de aplicación general en el territorio pero las problemáticas de cantidad y calidad del agua son distintas. Además se reconoce la necesidad de fortalecer las capacidades y la participación activa de otros sectores públicos por ejemplo la academia y privados, grandes consultoras, grupos no gubernamentales, etc., en torno al conocimiento, manejo y generación de datos sobre la calidad del agua en el país, sobre todo para complementar y contrastar la información actualmente disponible.

## REFERENCIAS

- Ayers, R.S., Westcot, D.W., (1994). Water quality for agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/003/T0234e/T0234E00.htm#TOC>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, (2014). Ley de Aguas Nacionales. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: [http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/3\\_LeyDeAguasNacionales.pdf](http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/3_LeyDeAguasNacionales.pdf), consultado el 10 de junio de 2014.
- Comisión Nacional del Agua, (1996a). NOM-003-CONAGUA-1996 - Requisitos para construcción de pozos para prevención de contaminación de acuíferos. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2473.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (1996b). NOM-004-CONAGUA-1996 - Requisitos para la protección de acuíferos durante mantenimiento y rehabilitación de pozos de agua y cierre de pozos en general. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://www.ordenjuridico.gob.mx/Documentos/Federal/wof68740.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (1996c). NOM-005-CONAGUA-1996 - Especificaciones y métodos de prueba para fluxómetros. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2252.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (1997a). NOM-006-CONAGUA-1997 - Especificaciones y métodos de prueba para fosas sépticas prefabricadas. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3302/1/nom-006-conagua-1997.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (1997b). NOM-007-CONAGUA-1997 - Requisitos de seguridad para la construcción y operación de tanques para agua. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2476.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (1998). NOM-008-CONAGUA-1998 - Especificaciones y métodos de prueba para regaderas. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2477.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2000a). NOM-010-CONAGUA-2000 - Especificaciones y métodos de prueba para válvulas de inodoros. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2479.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2000b). NOM-011-CONAGUA-2000 - Conservación del recurso agua. Especificaciones y método para determinar la disponibilidad media anual de las aguas nacionales. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2480.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2001). NOM-009-CONAGUA-2001 - Especificaciones y métodos de prueba para inodoros. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2478.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2003). NOM-014-CONAGUA-2003 - Requisitos para la recarga artificial de acuíferos con agua residual tratada. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2487.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2007). NOM-015-CONAGUA-2007 - Características y especificaciones de las obras y del agua para infiltración artificial a acuíferos. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/NOM-015-CONAGUA2007.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2011). NOM-001-CONAGUA-2011 - Sistemas de agua potable, toma domiciliar y alcantarillado sanitario-Hermeticidad-Especificaciones y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO2763.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2013a). Sistema Nacional de Información del Agua. Disponible en: <http://201.116.60.25/sina/>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2013b). Estadísticas del Agua en México. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/SGP-2-14Web.pdf>, consultado 10 de junio de 2014.
- Comisión Nacional del Agua, (2013c). Leyes. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=2&n2=11>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2013d). Normas Mexicanas. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=2&n2=16&n3=2&n4=141&n5=141>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2014a). Glosario. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=89>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Comisión Nacional del Agua, (2014b). Normas Oficiales Mexicanas. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=2&n2=16&n3=2&n4=11>, consultado el 13 de febrero de 2015. Consejo de los 13 Pueblos por la Defensa del Agua en Morelos, Consejo de Autoridades de los 5 Pueblos, Centro de Derechos Indígenas "Flor y Canto", A. C., Red Guerrerense de Organismos Civiles de Guerrero A.C., Asociación Jalisciense de Apoyo a Grupos Indígenas A.C., Instituto Mexicano para el Desarrollo Comunitario, A. C., Guardianes de los Volcanes, Coalición de Organizaciones Mexicanas por el Derecho al Agua, Red Nacional de Organismos Civiles de Derechos Humanos Todos los Derechos para Todos y Todas, Centro Fray Julián Garcés Derechos Humanos y Democracia A.C., Coordinadora por un Atoyac con vida, Centro Mexicano de Derecho Ambiental A.C. (CEMDA), (2011). Informe sobre el derecho humano al agua en México. Disponible en: <http://respiramexico.org.mx/wp-content/uploads/2011/10/Informe-sobre-el-Derecho-Humano-al-Agua-en-M%C3%A9xico.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Diario Oficial, (2009). Norma Salvadoreña Obligatoria. Disponible en: [http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA\\_AGUA\\_PO\\_TABLE\\_2\\_a.pdf](http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA_AGUA_PO_TABLE_2_a.pdf), consultado el 13 de febrero de 2015.
- Diario Oficial de la Federación, (1989). Criterios Ecológicos de Calidad del Agua CE-CCA-001/89. Disponible en: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_2008/compendio\\_2008/compendio2008/10.100.8.236\\_8080/approot/dgeia\\_mce/html/RECUA\\_DROS\\_INT\\_GLOS/D3\\_AGUA/D3\\_AGUA04/D3\\_R\\_AGUA04\\_01.htm](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/compendio_2008/compendio2008/10.100.8.236_8080/approot/dgeia_mce/html/RECUA_DROS_INT_GLOS/D3_AGUA/D3_AGUA04/D3_R_AGUA04_01.htm), consultado el 10 de junio de 2014.
- Dirección General de Estadística e Información Ambiental, (2014). Calidad del Agua. Disponible en: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_04/07\\_agua/cap7\\_2.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/07_agua/cap7_2.html), consultado el 10 de junio de 2014.
- Electrical Power Research Institute, (2014). Disponible en: <http://www.epri.com/Pages/Default.aspx>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- EPA 440/5-86-001, (1986). Quality Criterial for Water. Disponible en: [http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/aqlife/upload/2009\\_01\\_13\\_criteria\\_goldbook.pdf](http://water.epa.gov/scitech/swguidance/standards/criteria/aqlife/upload/2009_01_13_criteria_goldbook.pdf), consultado el 10 de junio de 2014.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2013. Normas Oficiales para la Calidad del Agua, Colombia. Disponible en: [https://www.imta.gob.mx/cotennser/images/docs/NOI/Normas\\_oficiales\\_para\\_la\\_calidad\\_del\\_agua\\_colombia.pdf](https://www.imta.gob.mx/cotennser/images/docs/NOI/Normas_oficiales_para_la_calidad_del_agua_colombia.pdf), consultado el 13 de febrero de 2015.
- International Commission On Irrigation and Drainage, 2012. Disponible en: [http://www.icid.org/c\\_prp.html](http://www.icid.org/c_prp.html), consultado el 13 de febrero de 2015.
- Naciones Unidas, (2010). El derecho humano al agua y el saneamiento. Disponible en:

- [http://www.un.org/ga/search/view\\_doc.asp?symbol=A/RES/64/292&Lang=S](http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/64/292&Lang=S), consultado el 10 de junio de 2014.
- National Water-Quality Assessment – NAWQA Program, (2014). Disponible en: <http://water.usgs.gov/nawqa/studies/mrb/>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Organización Mundial de la Salud, (2013). Enfermedades diarreicas. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs330/es/>, consultado el 10 de junio de 2014.
- Organización Mundial de la Salud, (2015). Agua, Saneamiento y Salud. Disponible en: [http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/es/](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/es/), consultado el 13 de febrero de 2015.
- Resolución aprobada por la Asamblea General, (2010). Objetivos del Milenio. Disponible en: <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/RES/65/1>, consultado el 10 de junio de 2014.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (1989). Resumen Criterios de Calidad del Agua. Disponible en: [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_2008/compendio\\_2008/compendio2008/10.100.8.236\\_8080/approot/dgeia\\_mce/html/RECUA\\_DROS\\_INT\\_GLOS/D3\\_AGUA/D3\\_AGUA04/D3\\_R\\_AGUA04\\_01.htm](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_2008/compendio_2008/compendio2008/10.100.8.236_8080/approot/dgeia_mce/html/RECUA_DROS_INT_GLOS/D3_AGUA/D3_AGUA04/D3_R_AGUA04_01.htm), consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (1996a). NOM-001-SEMARNAT-1996 que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/DO2470.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (1996b). NOM-002-SEMARNAT-1996 - Límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado urbano o municipal. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/DOFsr/Ecolok.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (1997). NOM-003-SEMARNAT-1997 - Límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PD02/DO114OK.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2002). NOM-004-SEMARNAT-2002 - Especificaciones y límites máximos permisibles de contaminantes en lodos y biosólidos para su aprovechamiento y disposición final. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/DO2251.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2003a). NOM-022-SEMARNAT-2003 - Preservación, conservación, aprovechamiento sustentable y restauración de los humedales costeros en zonas de manglar. México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PD02/DO240.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2003b). NOM-083-SEMARNAT-2003 - Protección ambiental para los sitios de disposición final de residuos sólidos urbanos y de manejo especial. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PD02/nom-083.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2003c). NOM-141-SEMARNAT-2003 - Procedimientos, especificaciones y criterios para jales y presas de jales. Disponible en: <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/agenda/PD02/DO337.pdf>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, (2014). El agua que mueve a México, DR. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Campania/CGCCA-1-14.pdf>, consultado el 10 de junio de 2014.
- Secretaría De Medio Ambiente, Recursos Naturales Y Pesca, 2000. La calidad del agua en los ecosistemas costeros de México. Disponible en: <http://www.sct.gob.mx/fileadmin/CGPMM/biblioteca/ecologia/308.pdf>, consultado el 10 de junio de 2014.
- Secretaría de Salud, (1998). NOM-179-SSA1-1998 - Vigilancia y evaluación del control de calidad del agua potable en redes. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/179ssa18.html>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Salud, (2002a). NOM-201-SSA1-2002 - Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/201ssa12.html>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Salud, (2002b). NOM-230-SSA1-2002 - Requisitos sanitarios para manejo del agua en las redes de agua potable. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/230ssa102.html>, consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Salud, (2008). NOM-244-SSA1-2008. Equipos y sustancias germicidas para tratamiento doméstico de agua. Requisitos sanitarios. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5108229](http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5108229), consultado el 13 de febrero de 2015.
- Secretaría de Salud, (2000). MODIFICACION a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental. Agua para uso y consumo humano. Límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial de la Federación, México. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/ml27ssa14.html>, consultado el 13 de febrero de 2015.