

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/323458055>

SEGURIDAD HÍDRICA EN MÉXICO

Technical Report · November 2017

CITATIONS

0

READS

1,655

3 authors:



[Polioptro Martinez-Austria](#)

Universidad de las Americas Puebla

110 PUBLICATIONS 285 CITATIONS

SEE PROFILE



[Carlos Díaz Delgado](#)

Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)

137 PUBLICATIONS 765 CITATIONS

SEE PROFILE



[Gabriela Eleonora Moeller Chavez](#)

Universidad Politécnica del Estado de Morelos

37 PUBLICATIONS 94 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



El maíz mesoamericano y sus escenarios de desarrollo local [View project](#)



Urban Water management [View project](#)



Academia
de Ingeniería
México

DOCUMENTOS DE ENFOQUE

Seguridad hídrica en
México

www.ai.org.mx

El presente documento fue elaborado con el apoyo del



SEGURIDAD HÍDRICA EN MÉXICO

Poliopetro F. Martínez Austria

Cátedra UNESCO en Riesgos Hidrometeorológicos,
Universidad de las Américas Puebla.

Carlos Díaz Delgado

Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería,
Universidad Autónoma del Estado de México.

Gabriela Moeller Chávez

Dirección de Ingeniería en Tecnología Ambiental y Biotecnología,
Universidad Politécnica de Morelos.

Situación del agua en México

Disponibilidad.

La situación del agua en México ya alcanza niveles críticos en algunas regiones. En un análisis global, como se muestra en la figura 2, el balance hídrico de México ya es negativo, es decir que se consume más agua que la disponible de manera sustentable, a costa del medio ambiente y de la sobreexplotación de acuíferos. La brecha entre demanda y oferta, de 11.5 millones de metros cúbicos en 2010, de continuar con la tendencia actual, se elevará a 23 millones de metros cúbicos en 2030, aún sin considerar los efectos del cambio climático.

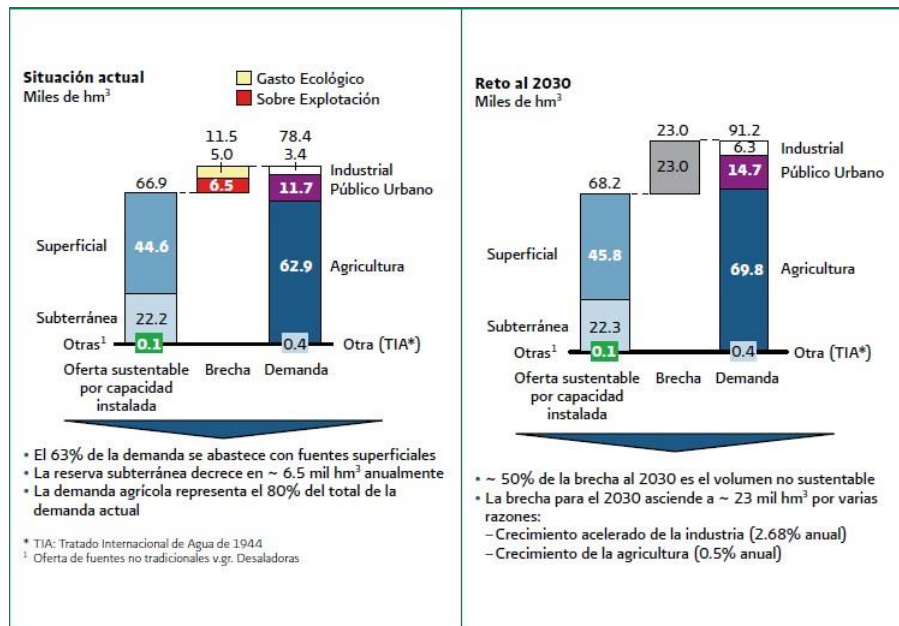


Figura 2. Balance global de agua en México entre 2010 y 2030 (CONAGUA, 2010)

Si se consideran solamente los efectos demográficos, de acuerdo con el criterio de estrés hídrico de Falkenmark que se reproduce en la tabla 1, para el año 2030 la mayor parte del territorio mexicano se encontrará en condiciones de estrés hídrico, escasez o escasez absoluta, como se aprecia claramente en la figura 3.

Tabla 1. Índice de estrés hídrico (Brown & Matlock, 2011).

Índice (m³/hab/año)	Categoría /Condición
> 1,700	Sin estrés hídrico
1,000 a 1,700	Estrés Hídrico
500 a 1,000	Escasez
< 500	Escasez Absoluta

Fuente: Brown & Matlock, 2011



Figura 3. Agua renovable per cápita en 2030 (CONAGUA, 2016).

En el aspecto de calidad del agua, y asumiendo una carga de contaminantes determinada en condiciones de ausencia de estrés hídrico (ya sea en unidades de concentración: mg/L; Kg/m³ o de carga másica: mg/L*d o Kg/m³*d), éstos contaminantes se concentrarán en proporciones alarmantes causando un mayor riesgo a tornar el recurso como inseguro en términos de salud pública y/o salud ambiental (Moeller, 2014).

Aguas subterráneas

El agua subterránea en México presenta una recarga media anual de 91 788 hm³ de los cuales suministra el 38.9% (33 310 hm³/año) del consumo total de agua del país (85 660 hm³/año). El agua subterránea se utiliza principalmente para usos consuntivos (32 860 hm³/año por año al 2015; CONAGUA, 2016b); y específicamente para el riego de cultivos hasta en un tercio de la superficie total irrigada del país (unos 20 millones de hectáreas). Más de 71 millones de personas (55 millones en zonas urbanas y 16 millones en zonas rurales) dependen del abastecimiento de agua subterránea (7 320 hm³/año). Además, al menos el 50% de las instalaciones industriales auto abastecidas (que toman agua directamente de aguas superficiales o acuíferos) utilizan las aguas subterráneas en sus procesos (2 070 hm³/año; (CONAGUA, 2016b)) (Tabla 2).

Tabla 2. Usos agrupados por tipo de fuente 2015 (CONAGUA, 2016b)

Uso agrupado	Origen		Volumen total (miles de hm ³)	% de extracción
	Superficial (miles hm ³ /año)	Subterráneo (miles de hm ³ /año)		
Agrícola	41.89	23.47	65.36	76.3
Abastecimiento público	5.16	7.32	12.48	14.6
Industria autoabastecida	1.61	2.07	3.68	4.3
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	3.70	0.45	4.15	4.8
Total	52.35	33.31	85.66	100.0

Según la estimación del balance hídrico nacional, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) identifica bajo la connotación negativa de "acuíferos sobreexplotados" aquéllos donde la explotación excede la recarga anual promedio, y la continuación a largo plazo de esta condición, es probable que produzca efectos negativos reflejados como impactos ambientales. Este tipo de impactos ambientales pueden ser tales como: desecación de humedales; desaparición de manantiales; reducción del flujo de base en ríos; hundimiento y deterioro de la calidad del agua subterránea, pudiéndose presentar estas consecuencias aisladas o de forma simultánea.

Problemas sociales y económicos también suelen surgir debido a la extracción intensiva de agua, término que parece ser más adecuado para la connotación de "acuífero sobreexplotado" (Simmers, Villarroja, & Rebollo, 1992; Lllamas & Custodio, 2003; Vrba, 2003). El territorio mexicano cuenta con 653 acuíferos (CONAGUA, 2016b) y el número de acuíferos sobreexplotados ha aumentado de 32 en 1975 a 36 en 1981, 80 en 1985, 97 en 2001, 101 en 2008 y 105 para 2015 (CONAGUA, 2016b). Entre los 653 acuíferos, 18 presentan problemas por intrusión salina (acuíferos costeros) y 32 están sometidos al fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres localizados principalmente en la Península de Baja California y el altiplano mexicano donde coinciden condiciones de baja precipitación pluvial, altos índices de radiación solar y consecuentemente evaporación, así como la presencia de aguas congénitas y minerales evaporíticos de fácil disolución (Tabla 3) (CNA, 2010; CONAGUA, 2016b). Estos cuerpos de agua sobreexplotados están ubicados en el centro, norte y noroeste del país, una región semiárida y árida que posee únicamente el 31% del total de agua disponible del país, pero concentra el 77% de la población total de México, e incluye los principales centros de población. En la figura 7 se muestran los acuíferos sobreexplotados y se indican algunos de los principales centros de población que se ubican en ellos (Dominguez Mora, y otros, 2012). Desde el punto de vista de la gestión, el aumento histórico de los acuíferos clasificados como sobreexplotados es una clara señal de la presión sobre las aguas subterráneas en México, debido al aumento de la población, la actividad industrial y las tierras de regadío (Esteller, Rodríguez, Cardona, & Padilla-Sánchez, 2012).

En el caso específico del deterioro de la calidad del agua relacionado con los cambios hidroquímicos, la extracción intensiva de aguas subterráneas favorece procesos como: a) la intrusión de agua de mar (Re, y otros, 2011); b) la mezcla de aguas superficiales con aguas subterráneas (La Vigna, Ciadamaro, Mazza, & Mancini, 2010); c) la mezcla de entre las aguas subterráneas altamente mineralizadas de acuíferos subyacentes o superpuestos o capas confinantes (Flores-Márquez, Jiménez-Suarez, Martínez-Serrano, & Silva-Pérez, 2006); d) la propagación lateral de plumas contaminantes (Vrba, 2003); y e) propagación de contaminantes de fuentes puntuales de superficie, como aguas residuales industriales y municipales sin tratar, a través de fracturas o fallas causadas por subsidencia (Mejía, Rodríguez, Armienta, Mata, & Fiorucci, 2007). Algunos ejemplos de este tipo de deterioro presentes en las aguas subterráneas mexicanas son los acuíferos del Valle de México, Valle de Toluca, Salamanca y San Luis Potosí. Los problemas de calidad del agua subterránea encontrados en dichos acuíferos son diversos, pero pueden dividirse en tres tipos: 1) procesos de salinización causados por una extensa y prolongada irrigación de aguas residuales y aguas subterráneas (sodio, cloruro y sulfato); 2) contaminación antropogénica causada por una protección inadecuada de los acuíferos vulnerables frente a descargas y/o desechos de las actividades turísticas e industriales y la agricultura intensiva (patógenos, nitratos, cloruros, sulfatos, metales pesados, hidrocarburos y compuestos emergentes (Moeller y Buelna, editores 2012; Moeller, 2014; Cortés, y otros, 2013); y 3) contaminación de origen natural relacionada con la evolución del proceso de oxidación-reducción (pH-Eh) de las aguas subterráneas y disolución de los minerales de las rocas. Si en el futuro la explotación intensiva de estos acuíferos continuara, la capa freática no sería restaurada y la calidad del agua subterránea sería inadecuada para muchos usos (para mayores detalles se refiere al lector a Esteller, Rodríguez, Cardona, & Padilla- Sánchez, 2012).

Tabla 3. Acuíferos de México y grado de presión sobre el recurso hídrico por RHA 2015

Región Hidrológica Administrativa	Presión sobre el recurso hídrico (RHA)	Número de acuíferos				Recarga media (hm³)
		Total	Sobreexplotado	Con intrusión salina	Bajo el fenómeno de salinización de suelos y aguas subterráneas salobres	
I Península de Baja California	Alto (79.8%)	88	14	11	5	1 658
II Noroeste	Alto (81.4%)	62	10	5		3 207
III Pacífico Norte	Alto (42.1%)	24	2			3 076
IV Balsas	Alto (49.8%)	45	1			4 873
V Pacífico Sur	Sin estrés (5.1 %)	36				1 936
VI Río Bravo	Alto (77.1%)	102	18		8	5 935
VII Cuencas Centrales del Norte	Alto (48.4%)	65	23		18	2 376
VIII Lerma Santiago Pacífico	Alto (44.8%)	128	32			9 656
IX Golfo Norte	Medio (20.4%)	40	1			4 108
X Golfo Centro	Sin estrés (5.9%)	22				4 599
XI Frontera Sur	Sin estrés (1.7%)	23				22 718
XII Península de Yucatán	Bajo (14.3%)	4		2	1	25 316
XIII Aguas del Valle de México	Muy alto (138.7%)	14	4			2 330
Total nacional		653		18	32	91 788
Grado de presión:		Muy alto (> 100%)	Alto [40% a 100%]	Medio [20% a 40%]	Bajo [10% a 20%]	Sin estrés < 10%

Fuente: con base en información de CONAGUA, 2016b.

Por otro lado, la seguridad hídrica ha sido analizada por diversos autores en términos de gobernanza (Huntjens, y otros, 2012; Pahl-Wostl, Palmer, & Richard, 2013) y cambio climático (Arnell N. W., 1999; Arnell M., 2004), entre otros aspectos, pero generalmente limitándose a la determinación de niveles de relación entre agua producida/agua consumida y evaluando la tasa de autoproducción. Sin embargo, parece destacar como más importante el análisis de diversidad de fuentes disponibles y en particular sobre su origen, es decir agua superficial o subterránea (Tanigushi, Masuhara, & Burnett, 2017)). Los tres sectores principales de consumo de agua son: agricultura; industria y urbano. Donde generalmente la demanda del agua destinada al consumo en la producción agrícola supera el 70% del total. De acuerdo con Tanigushi, Masuhara, & Burnett (2017), existen dos orígenes de agua renovable: los ríos y las aguas subterráneas en el primer horizonte de suelo. En contraparte, cabe señalar que la capacidad de almacenamiento de los acuíferos es muchas veces mayor que la de los ríos, pero que el corto tiempo de residencia del agua en los ríos tiene como resultado una rápida circulación del líquido a través de la red hidrográfica y una reincorporación más dinámica a otras fases del ciclo hidrológico aportándole una característica de renovabilidad de corto plazo. Ahora, con respecto al cambio climático, el agua subterránea pareciera ser más resiliente ante los posibles impactos de variabilidad pluvial severa pues su régimen hídrico es mucho más lento. Al mismo tiempo esta característica es la que le confiere una alta vulnerabilidad en el largo plazo por su consecuente lentitud de recuperación de niveles freáticos, agravándose aún más cuando una sobre explotación de agua subterránea está presente, tal es el caso de más de cien acuíferos en México.

El aspecto de seguridad hídrica relacionado con la producción de energía está estrechamente ligado con el agua superficial y en mucho menor grado con el agua subterránea, por lo que se puede aseverar que los cambios en los acuíferos, al menos en México, no tienen impacto representativo en la producción de energía.

Pero sí el contrario, es decir, en un requerimiento cada vez mayor de energía para la explotación de acuíferos por abatimiento de niveles freáticos, ejemplo de ello es el acuífero del Valle de Toluca el cual ha incrementado, en promedio, el costo de extracción por cada m³ de agua a la superficie en más de 239% para 2006 considerando el periodo de 1968 a 2006. Este aumento de requerimiento energético representa un costo adicional anual de cerca de 3 millones US\$ de acuerdo con los costos de producción para el año 2005 (Fonseca, Esteller, & Díaz-Delgado, 2013).

Con respecto a la seguridad hídrica y su relación con la seguridad alimentaria, México se encuentra entre los principales importadores a nivel mundial de cárnicos y cereales, destacándose la importación de maíz (Tanigushi, Masuhara, & Burnett, 2017). En contraparte, hoy en día México sobresale a nivel mundial por su nivel de exportación de vegetales y frutos, a tal grado que la economía del país ha dejado de depender mayoritariamente de la explotación de petróleo y soportándose significativamente de la exportación de productos agrícolas y del turismo. En otras palabras, ha dejado de exportar petróleo y ahora exporta agua y energía virtuales a través de sus productos agrícolas, industriales o de servicios y con ello incrementando la vulnerabilidad de regiones donde el agua subterránea es la principal fuente para la generación de productos de autoconsumo y exportación, a niveles que rebasan su potencial de sustentabilidad. Aquí vale la pena aclarar el concepto de **agua virtual**, el cual es un término metafórico para describir la dinámica de suministro y demanda no sólo de agua como uso consuntivo sino como todo el recurso hídrico necesario en un análisis de obtención de un producto.

El excesivo bombeo de agua subterránea con fines de producción agrícola, industrial y de suministro urbano está conduciendo a un acelerado proceso de abatimiento de acuíferos donde su tasa de recarga natural ha sido rebasada, como puede observarse en la tabla 3 el grado de presión en 8 de 13 RHA es **Alto y Muy Alto**. Este fenómeno inducido por prácticas antropogénicas y con fines principalmente económicos, vulnera la sustentabilidad de la ya frágil seguridad hídrica y de alimentos no sólo en una escala local sino en la escala global a través del comercio internacional. De acuerdo con Dalin, Wada, Kastner, & Puma (2017), con información al año 2010, México extrae un volumen de 11.1 km³/año de agua subterránea que genera abatimiento en los acuíferos y que es dedicada a la irrigación. De esta producción agrícola irrigada con un volumen de agua subterránea no renovable exporta el 23% y su complemento (77%) es dedicado al consumo nacional y donde este fenómeno es el mismo, pero entre entidades federativas mexicanas. Países como Estados Unidos, Pakistán, Italia y México aparentemente se ven beneficiados por el ingreso de divisas al exportar productos agrícolas, pero esto no es viable en el mediano-largo plazo dado que dicha producción se ha generado a costo de una explotación insostenible de sus acuíferos y con ello generando un pasivo ambiental de grandes proporciones que comparándole con los ingresos obtenidos es varias veces superior. Por otro lado los países (o estados mexicanos) importadores, que aparentemente hacen ahorros de volúmenes hídricos, estarán también expuestos a riesgos de sustentabilidad en su seguridad alimentaria y son corresponsables del deterioro ambiental y reducción de disponibilidad de agua (seguridad hídrica) de su socio comercial correspondiente.

Calidad en cuerpos de agua superficiales

La calidad de los cuerpos de agua es un aspecto fundamental de la seguridad hídrica. La baja calidad del agua inhibe su empleo para diversos usos, hace más costosos los sistemas de potabilización o, en casos extremos, la hace inútil para su uso, aún cuando esté disponible en cantidad.

La red de monitoreo de la calidad del agua, a cargo de la Comisión Nacional del Agua, cuenta con 5,000 puntos de monitoreo distribuidos en seis redes: aguas superficiales, aguas subterráneas, estudios especiales,

zonas costeras, descargas superficiales y descargas subterráneas. La red de aguas superficiales, que es la de interés directo para determinar el estado de los ríos, lagos y vasos, está constituida por 2,514 puntos de monitoreo (CONAGUA, 2016).

La evaluación de la calidad del agua se realiza a través de tres parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Sólidos Suspendidos Totales (SST). Se espera que la DBO₅ sea un indicador de la contaminación de origen biológico, tales como descargas de aguas residuales de origen urbano y doméstico; y la DQO un indicador de la contaminación de origen industrial.

Los niveles de parámetros que la CONAGUA considera para los diferentes grados de contaminación se muestran en la tabla 4. Con estos criterios y los datos de monitoreo, esta dependencia obtiene los mapas de calidad mostrados en las figuras 4 y 5.

Tabla 4. Indicadores y rangos de calidad del agua empleados por la CONAGUA

DQO mg/l	DBO ₅ Mg/l	Estado del cuerpo de agua
DQO ≤ 10	DBO ₅ ≤ 3	Excelente
10 < DQO ≤ 20	3 < DBO ₅ ≤ 6	Buena calidad
20 < DQO ≤ 40	6 < DBO ₅ ≤ 30	Aceptable
40 < DQO ≤ 200	30 < DBO ₅ ≤ 120	Contaminada
DQO > 200	DBO ₅ ≥ 120	Fuertemente contaminada

Fuente: Adaptados de (CONAGUA, 2016)

Estos indicadores exhiben al menos dos problemas importantes: no toman en cuenta la existencia de múltiples contaminantes que, aún en cantidades pequeñas, son nocivos para la salud y/o el medio ambiente; y son demasiado laxos al declarar que la condición cualitativa del cuerpo de agua (de excelente a fuertemente contaminada).

Al aspecto, el número de parámetros empleados en México como índices de calidad del agua, contradice las mejores prácticas internacionales. De hecho, hasta 1999 la Comisión Nacional del Agua recomendaba calcular un índice de calidad del agua (ICA) empleando un promedio ponderado de 18 parámetros, en lugar de los tres que hoy se emplean. En la tabla 5 se muestra una comparación de los índices de calidad usados en México, los Estados de América y la Unión Europea (Pérez-Flores, Rodríguez Narváez, Gutiérrez Estrada, & Martínez-Austria, 2014). En esta tabla, el ICA-NSF es empleado por la National Sanitation Foundation; el ICA-Dinius considera cinco usos del agua; DQWI, es el Drinking Water Quality Index y, finalmente, el UWQI, Universal Water Quality Index es empleado en la Unión Europea. Para una completa descripción de los indicadores se recomienda ver (Pérez-Flores, Rodríguez Narváez, Gutiérrez Estrada, & Martínez-Austria, 2014).

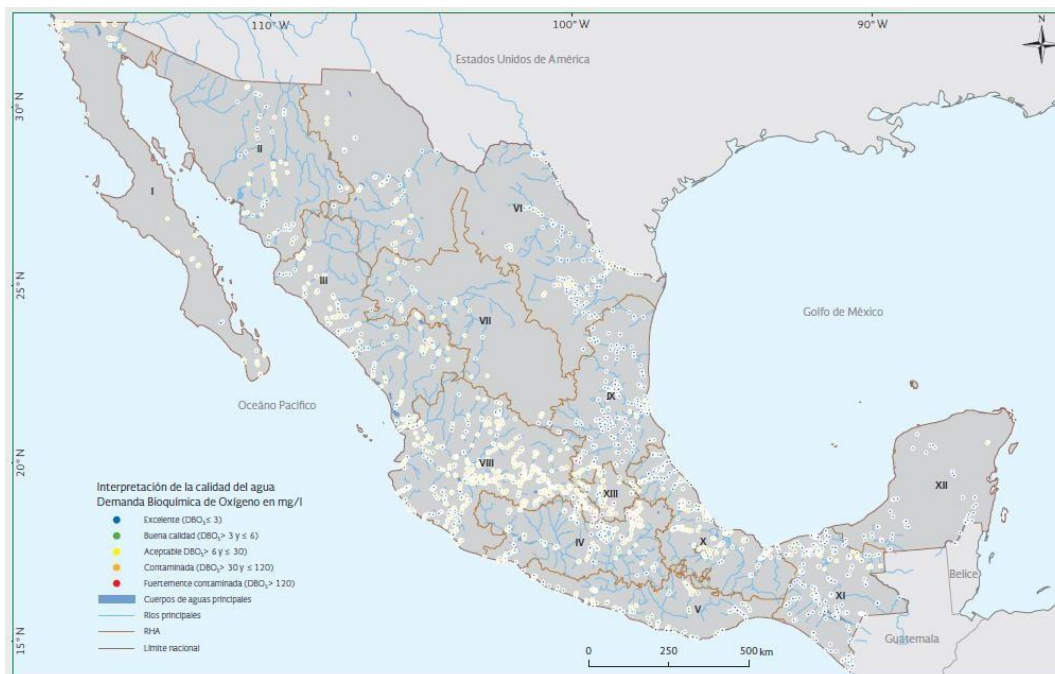


Figura 4. Calidad del agua según indicador DBO_5 (CONAGUA, 2016)

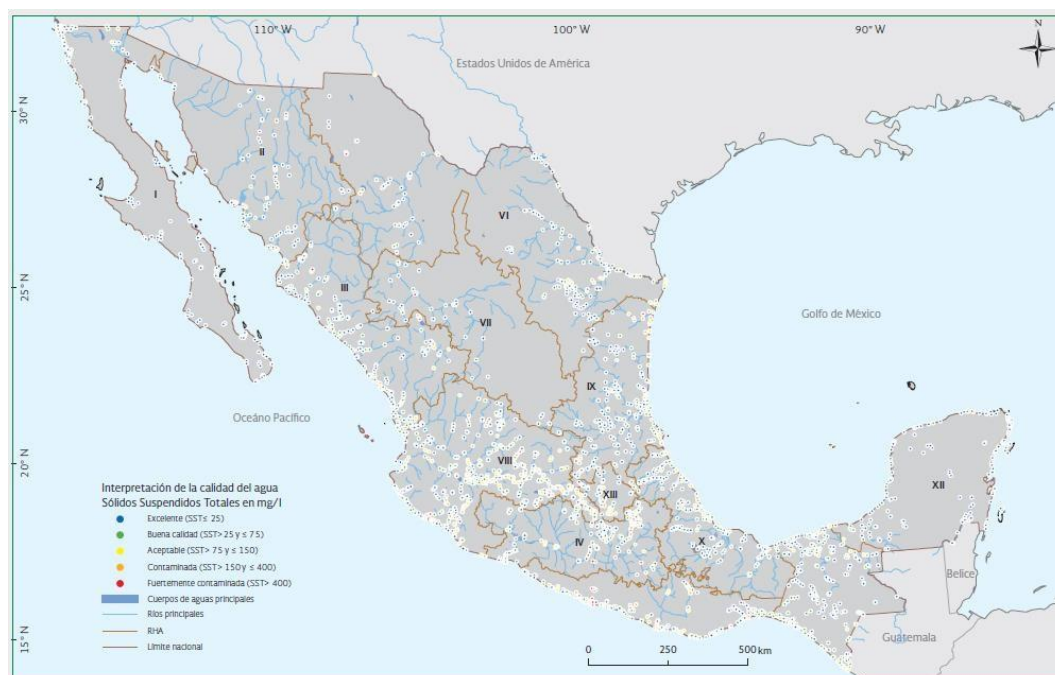


Figura 5. Calidad del agua según indicador DQO (CONAGUA, 2016)

Tabla 5. Comparación de índices de calidad

Tabla I. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EMPLEADOS POR DIFERENTES Índices de Calidad del Agua					
País	México (1992)	Estados Unidos			Unión Europea
Índice	ICA	ICA-NSF	ICA <i>Darius</i>	DQWI	UWQI
Parámetro					
OD	x	x	x		x
pH	x	x	x	x	x
DBO	x	x	x		x
Nitratos	x	x	x	x	x
Coliformes fecales	x	x	x		
Temperatura		x	x		
Turbiedad	x	x			
Sólidos disueltos totales	x	x			
Fósforo total	x				x
Cadmio				x	x
Mercurio				x	x
Conductividad	x		x		
Sólidos suspendidos	x				
Color	x		x		
Nitrógeno total	x				
Cloruros	x		x	x	
Plomo				x	
Cromo total				x	
Arsénico				x	x

Fuente: Pérez et al, 2014

Como puede observarse, los indicadores usados actualmente en México sólo dan una idea cualitativa, y optimista, de la calidad del agua, y ello sin considerar la escasa frecuencia del monitoreo. Puede darse el caso, y de hecho a ocurrido, que aguas contaminadas por algún metal, como plomo o arsénico, sean consideradas de buena calidad, cuando de facto son un riesgo para la salud. Cuando se emplea un criterio más estricto, emerge un panorama de la calidad del agua muy distinto. En la figura 3 se presenta el análisis publicado por UNESCO (WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas), 2017) de la situación de la calidad del agua en el mundo, en la que, como puede observarse, al aplicar un criterio internacional de contaminación de la DBO₅, muchos de los ríos en México se muestran con contaminación grave.

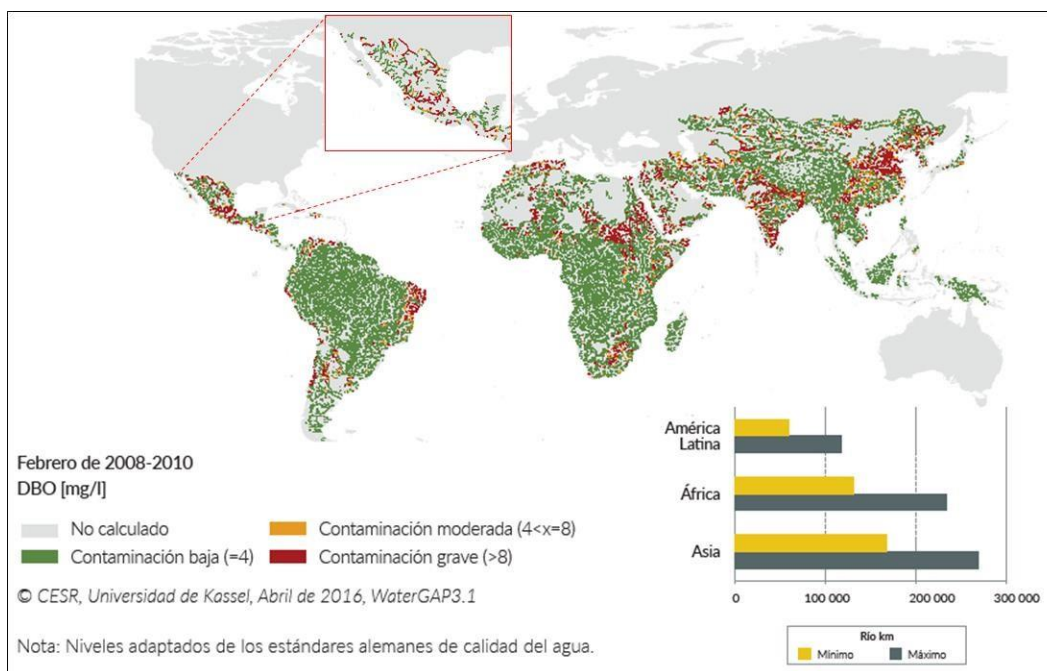


Figura 6. Estimaciones de las concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en cursos de agua. Resaltado de México por los autores (WWAP (Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas), 2017).

La situación de contaminación actual de los cuerpos de agua en México, tanto al bajo porcentaje de aguas residuales tratadas en México, como al bajo nivel de tratamiento exigido.

Es evidente que, mientras mayor sea la demanda de agua, la generación de aguas residuales será cada vez mayor. Uno de los mayores desafíos hídricos en muchos países del planeta y en México es la calidad del agua, que se encuentra aunada a la baja cobertura de tratamiento de aguas residuales. Las Naciones Unidas en su informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos menciona la gran preocupación de las descargas de aguas residuales de todo tipo y su bajo nivel de tratamiento con consecuencias perjudiciales para la salud humana, la productividad económica, la calidad de los recursos ambientales de agua dulce y los ecosistemas. De alta preocupación son las descargas de aguas residuales industriales (WWAP, 2017). De acuerdo con información de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2016d), del total de agua residual generada se colecta el 91.5%, lo que se traduce en un caudal de 212 m³/s, de aguas residuales municipales, del cual se tratan 120.9 m³/s, es decir el 57%. Esto significa que, del total de aguas residuales generadas, se da tratamiento solamente al 52%, asumiendo que el tratamiento sea el adecuado y se cumpla con la normatividad vigente para descarga y no altere al cuerpo receptor o que cumpla con la calidad para una determinada reutilización. En relación con las aguas residuales industriales, la cobertura de tratamiento es aún menor (70.5 m³/s).

En el año 2015, la industria trató 70.5 m³/s de aguas residuales, en 2 832 plantas en operación a nivel nacional. La tabla 6 ilustra los principales niveles de tratamiento utilizados a nivel industrial. Como se puede observar, muchos sistemas de tratamiento sólo implementan tratamientos primarios y secundarios, siendo estos niveles insuficientes pues quedan sin remoción una serie de compuestos recalcitrantes, y no normados

en este momento (Plaguicidas, fármacos, antibióticos, etc.), genéricamente denominados como contaminantes emergentes.

Tabla 6. Principales procesos de tratamiento para las aguas residuales industriales.

Tipo de tratamiento	Propósito	Número de plantas	Gasto de operación (m ³ /s)	Porcentaje
Primario	Ajustar el pH y remover materiales orgánicos y/o inorgánicos en suspensión con tamaño igual o mayor a 0.1 mm	913	27.65	39.2
Secundario	Remover materiales orgánicos coloidales y disueltos	1660	35.37	50.2
Terciario	Remover materiales disueltos que incluyen gases, sustancias orgánicas naturales y sintéticas, iones, bacterias y virus	85	1.47	2.1
No especificado		174	6.02	8.5
	Total	2832	70.50	100.0

Servicios de agua

En lo que se refiere a los usos del agua, la mayor parte del agua extraída, el 76.3% se utiliza en la agricultura, el 14.6% en abastecimiento público, el 4.8% en la generación de energía y el 4.3% en la industria autoabastecida¹.

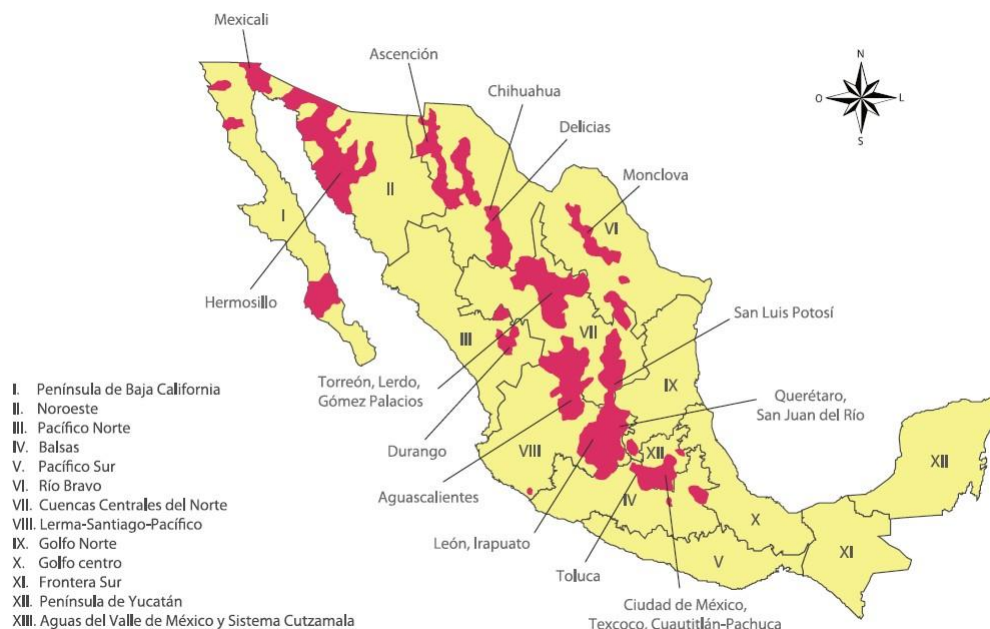


Figura 7. Acuíferos sobreexplotados en México (en color rojo) y principales centros urbanos (Domínguez Mora, y otros, 2012).

¹ La industria autoabastecida es aquella que cuenta con concesiones de agua. Una parte de la industria se abastece de la red de los organismos operadores municipales.

En México existen 85 distritos de riego, con una superficie total de 3.5 millones de hectáreas, y alrededor de 40,000 unidades de riego con una superficie de 3 millones de hectáreas, parte de las cuales se siembran en dobles cultivos. No obstante, debido a razones diversas, entre ellas la escasez de agua, raramente se siembra y cosecha la superficie total de 6.5 millones de hectáreas. En el ciclo agrícola 2014-2015, por ejemplo, se sembró una superficie de 3.92 millones de hectáreas en unidades de riego, de las que se cosecharon 3.796; mientras que en los distritos de riego se sembraron 2.962 millones de hectáreas y se cosecharon 2.951. La superficie sembrada de un año a otro depende en gran medida de las condiciones climáticas, y se reduce considerablemente durante los periodos de sequía, como se muestra en la figura 8, en la que se observan claramente los efectos de las sequías del periodo 2000-2004.

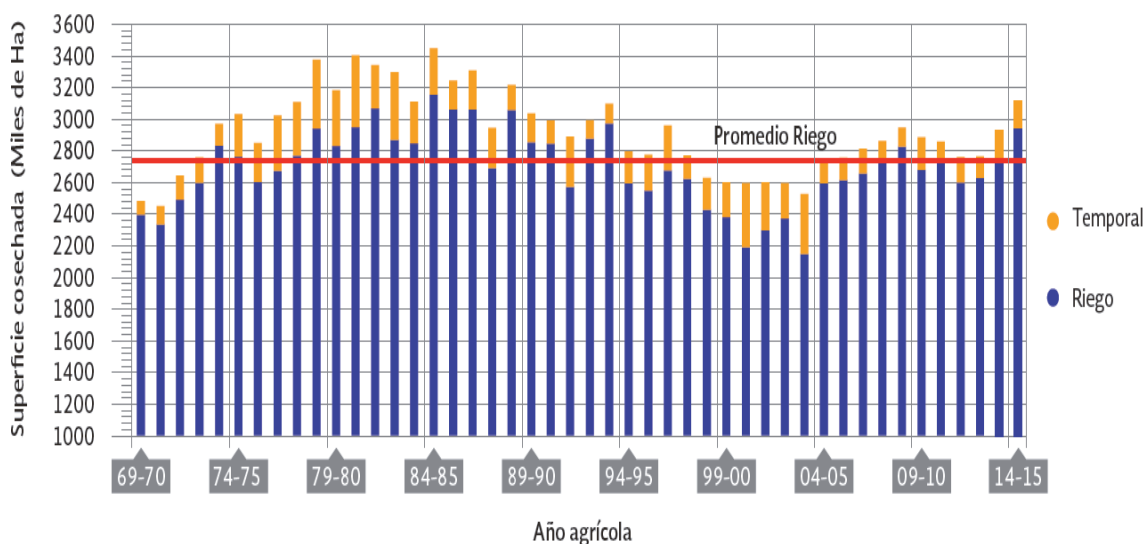


Figura 8. Superficie histórica de riego en los distritos de riego en México (CONAGUA, 2016c).

La eficiencia del uso del agua de riego en los distritos de riego de México es muy baja. De acuerdo con (Peña-Peña, 2007), la eficiencia media de conducción es de 64.7%, la de conducción interparcelaria de 75% y la de aplicación en parcela del 70%, lo que conduce a una eficiencia global de apenas 34.9%. Es decir, se pierde el 65.1% del agua extraída de las fuentes para este fin.

En lo que hace a la cobertura nacional de agua potable en 2010 resultó, de acuerdo con la CONAGUA, en 95.59% en zonas urbanas y 75.69% en zonas rurales, para un promedio nacional de 90.94. Como resultado, la cobertura es muy diversa entre los municipios de México, como puede observarse en la figura 9. En los municipios con mayor grado de pobreza la cobertura se encuentra en el rango de 0 a 60%, lo que incluye grandes superficies de los estados de Chiapas, Tabasco, Campeche, Veracruz, Oaxaca y Guerrero.

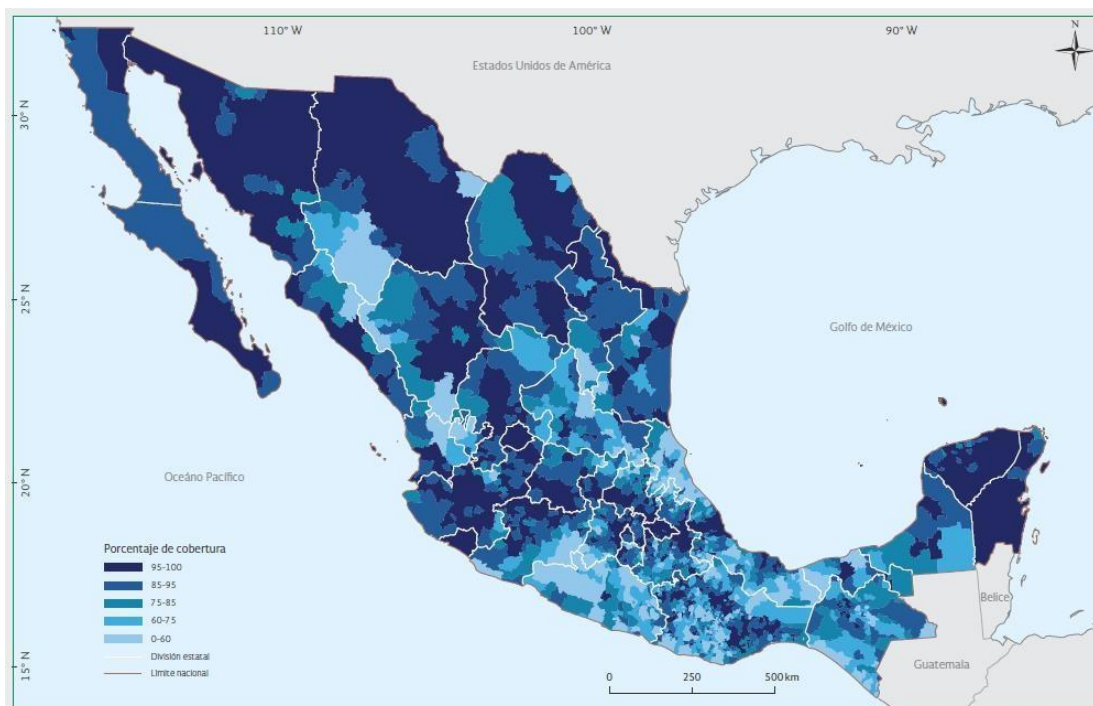


Figura 9. Cobertura de agua potable por municipio 2010 (CONAGUA, 2016).

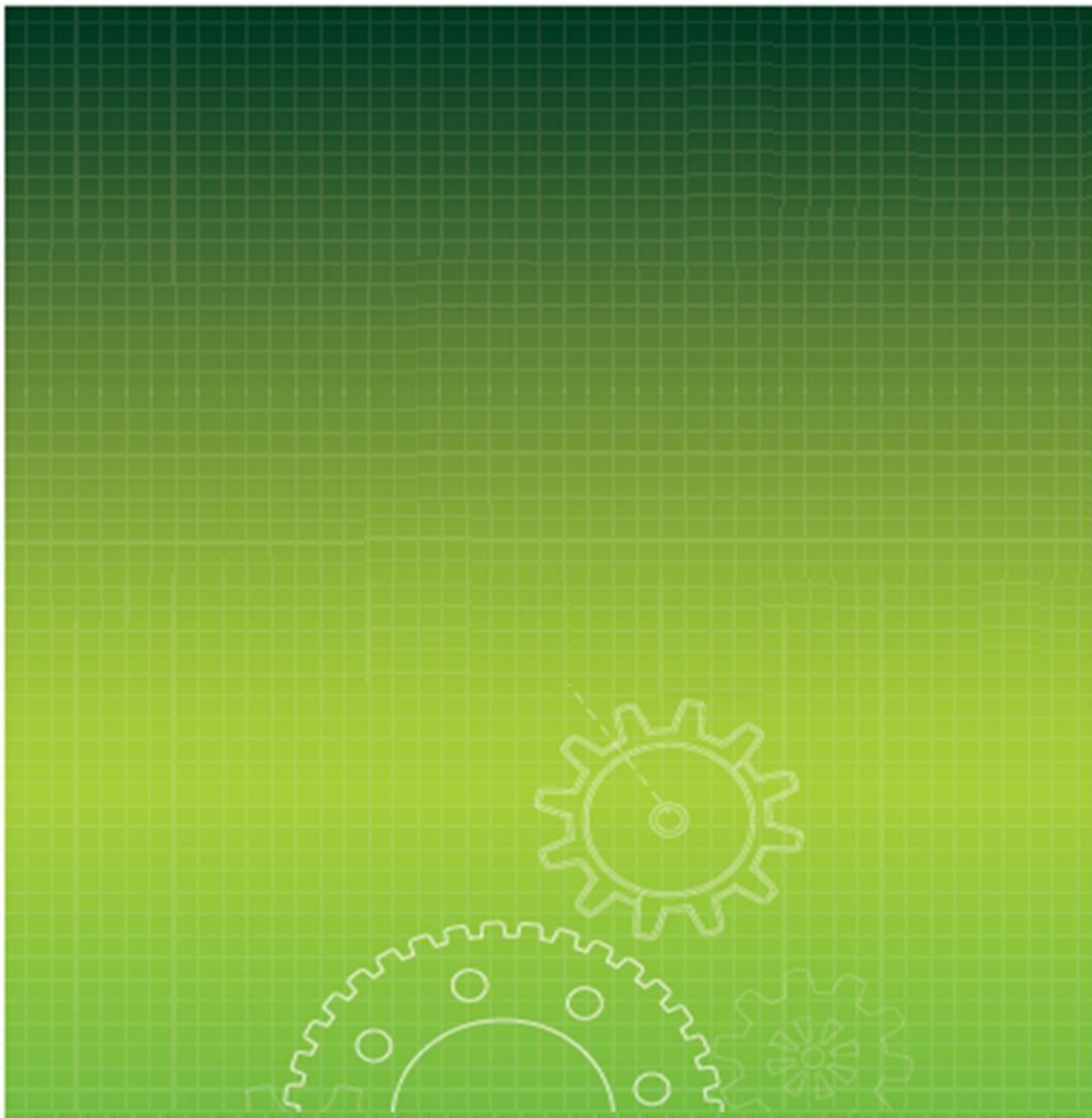
Si bien estas cifras podrían indicar una adecuada cobertura del servicio, en realidad reflejan la cantidad de infraestructura, pero la calidad del servicio deja mucho que desear. En la declaración final de misión del Relator Especial sobre los Derechos Humanos al Agua y al Saneamiento, se señala que:

Funcionarios a menudo me reportaron estadísticas de que 94% de la población mexicana tiene acceso al agua potable y 93% al saneamiento. Sin embargo, es importante subrayar que dichas cifras, si bien son impresionantes, sólo reflejan la existencia de alguna forma de infraestructura y definitivamente no se traducen en acceso real al agua y al saneamiento, que es dramáticamente inferior (Heller, 2017).

Lo anterior se ratifica si se analizan los resultados del Programa de Indicadores de Gestión de Organismos Operadores, que revela que en 2015, en una muestra de 133 organismos operadores de un total de más de 2400 en el país, el porcentaje de tomas que cuentan con servicio continuo es de 74% (Saavedra Horita, Rodríguez Varela, & Hansen Rodríguez, 2016). Es de observar que la muestra no es aleatoria, sino de organismos operadores que reportan datos voluntariamente, y son presumiblemente los de mejor desempeño.

Uno de los mayores desafíos hídricos en México es la calidad del agua, que se encuentra aunada a la baja cobertura de tratamiento de aguas residuales. Como ya se ha citado, de acuerdo con información de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2016d), del total de agua residual generada se colecta el 91.5%, lo que se traduce en un caudal de 212 m³/s, del cual se tratan 120.9 m³/s, es decir el 57%. Esto significa que, del total de aguas residuales generales, se da tratamiento solamente al 52%.

Por otra parte, de acuerdo con reportes del INEGI, solo 34% de los 2,457 municipios y delegaciones del país, cuentan con servicio de tratamiento de aguas residuales (INEGI, 2017). La mayor parte de las descargas de aguas residuales sin tratamiento se realizan en ríos y arroyos, canales y en el suelo o barrancas. Como resultado, los cuerpos de agua en México tienen una muy baja calidad no solo considerando los parámetros básicos con los que la CONAGUA clasifica la calidad de los cuerpos de agua, sino muchos otros parámetros no normados y procedentes de descargas de aguas industriales o de drenajes agrícolas



TACUBA No. 5 CENTRO HISTÓRICO, DELEGACIÓN CUAUHTÉMOC, C.P. 06000, CIUDAD DE MÉXICO

 TEL. 5521 6790 • 5521 4404 • 5518 4918



academiadeingenieria@ai.org.mx



www.ai.org.mx



[@AingenieriaMex](https://twitter.com/AingenieriaMex)



[Academia de Ingeniería](https://www.facebook.com/Academia de Ingeniería)



[Academia de Ingeniería](https://www.youtube.com/Academia de Ingeniería)