Agua

6

Las distintas actividades humanas ejercen una presión importante, directa e indirectamente, sobre el ciclo hidrológico, lo que ha tenido consecuencias negativas en muchas regiones no sólo en la calidad de vida de la población, sino también en los ecosistemas naturales y su biodiversidad. En un mundo caracterizado por una población creciente y con mayor capacidad económica que le permite acceder a más bienes y servicios, la necesidad de producir más alimentos y energía, así como de abastecer con mayores volúmenes de agua a la población y a las actividades productivas, ha incrementado significativamente su demanda y ha presionado fuertemente su calidad en sus reservorios naturales.

La producción y consumo de bienes y servicios no sólo ha traído consigo una mayor demanda del líquido, sino también una mayor generación de aguas residuales, de las cuales una proporción importante (sobre todo en los países en desarrollo) se vierte sin tratamiento en los cuerpos de agua superficiales. Como resultado de su contaminación, muchos ecosistemas dulceacuícolas y marinos muestran signos evidentes de degradación, con lo cual se han reducido en cantidad y calidad sus servicios ambientales y se ha perdido, en algunos casos de manera irremediable, su biodiversidad. Paralelamente, la contaminación de las aguas superficiales y de los acuíferos reduce la disponibilidad inmediata del líquido, requiriéndose en algunos casos, de procesos e inversiones económicas cuantiosas para su tratamiento y potabilización. A los problemas anteriores debemos sumar los que podrían derivarse del cambio climático, algunas de ellos de acuerdo a las proyecciones son el aumento del riesgo de inundaciones y sequías en distintas zonas por los cambios en la intensidad y distribución geográfica de la precipitación; la disminución de las reservas de agua almacenada en los glaciares y en la nieve (lo que reduciría la disponibilidad en regiones dependientes del deshielo) y un incremento en la superficie terrestre con estrés hídrico, entre otras. Ante este escenario el manejo de agua en el mundo y en México representa uno de los más importantes retos ambientales para el futuro.

DISPONIBILIDAD DEL AGUA

RESERVAS DE AGUA DULCE EN EL MUNDO

Se calcula que en el planeta existen alrededor de 1 400 millones de kilómetros cúbicos de agua, de los cuales 2.5% corresponden a agua dulce, localizada principalmente en ríos, lagos, glaciares, mantos de hielo y acuíferos (PNUMA, GEMS, 2007). Cerca de tres cuartas partes del agua dulce

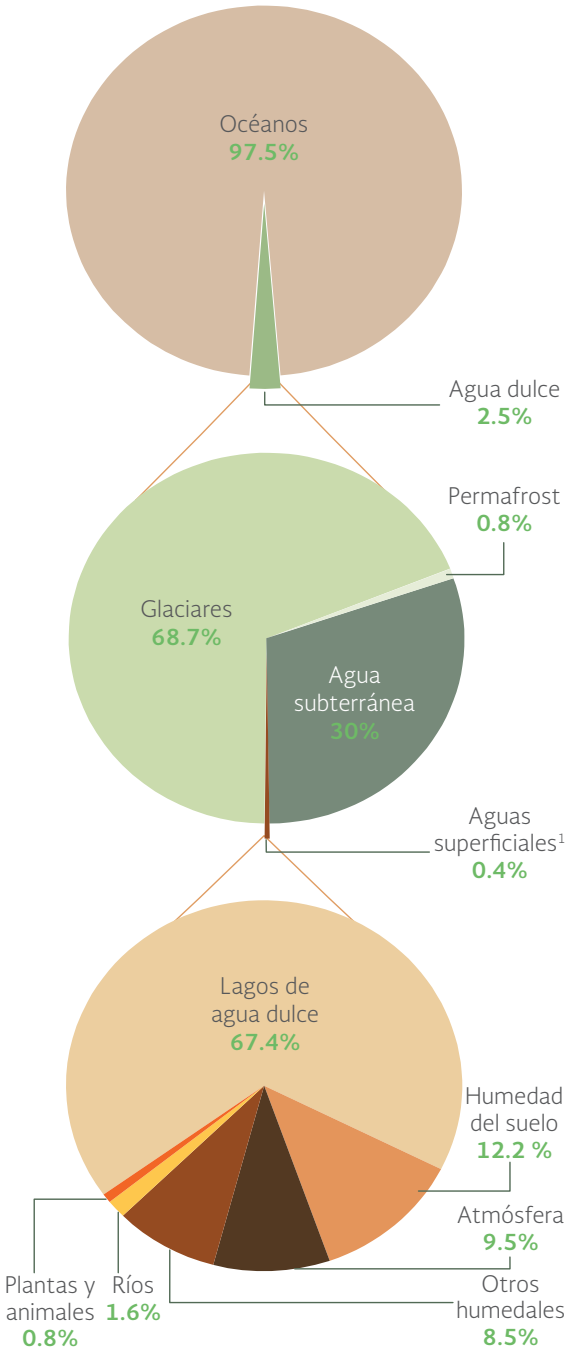
está contenida en los glaciares y mantos de hielo, de los cuales aproximadamente 97% son prácticamente inaccesibles, pues se encuentran en la Antártica, el Ártico y Groenlandia. No obstante, muchos de los glaciares continentales, así como el hielo y las nieves perpetuas de volcanes y cadenas montañosas constituyen una fuente importante de recursos hídricos para muchos países. Las aguas superficiales (lagos, embalses, ríos, arroyos y humedales) retienen menos del uno por ciento del agua dulce no congelada. En los lagos del mundo se almacenan más de 40 veces lo contenido en ríos y arroyos (91 000 frente a 2 120 km^3) y aproximadamente nueve veces lo almacenado en los pantanos y humedales. La distribución total del agua en el planeta puede verse en las Figuras 6.1 y 6.2.

BALANCE HÍDRICO NACIONAL

El agua de la que disponen los países para el abasto público y de sus actividades productivas proviene fundamentalmente de la que obtienen por la precipitación, aunque en algunos casos también se suma la que proviene de los ríos que viajan por otros países y se internan en sus territorios. A ese volumen deben restarse las "pérdidas" del líquido, debidas principalmente a lo que se evapora y lo que transpira la vegetación, así como lo que sale de sus territorios por la vía fluvial hacia otros países. Al final, el agua disponible es aquella que circula por ríos y puede depositarse en otros cuerpos de agua, presas y bordos, y la que finalmente se infiltra en los acuíferos. Este recuento de las entradas y salidas del sistema es lo que se conoce como balance hídrico.

En el caso del balance hídrico de México, recibe por precipitación un volumen anual promedio de 1 449 kilómetros cúbicos de agua, de los

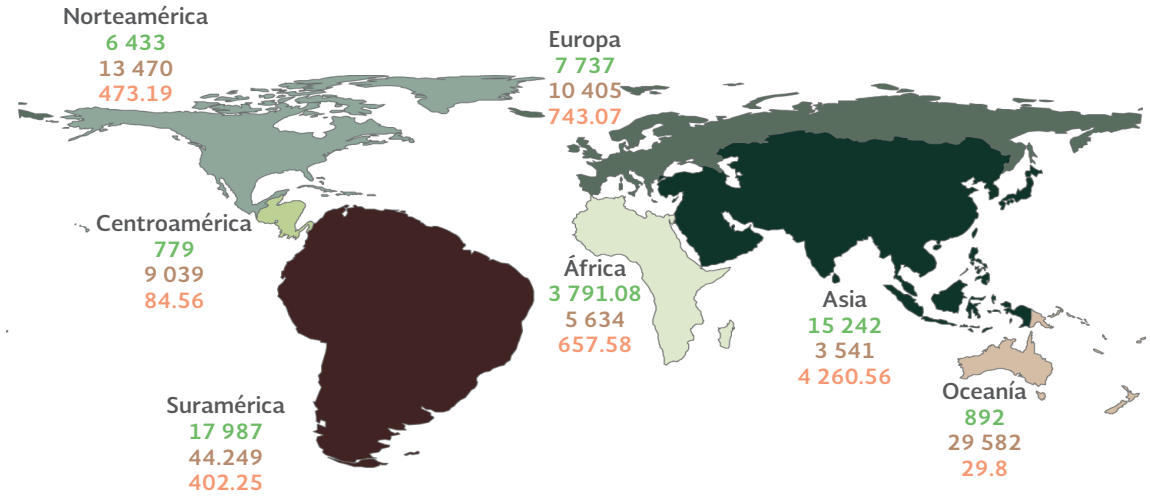
Figura 6.1 | *Distribución del agua en el mundo*



Nota:
[1] Esta cantidad también incluye: humedad atmosférica y del suelo, y agua en plantas y animales.

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
PNUMA. *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial. GEO4 medio ambiente para el desarrollo.* PNUMA. Dinamarca. 2007.

Figura 6.2 | *Reserva de agua dulce en el mundo por región[1, 2], 2015*



Valores de cada región indican:
Disponibilidad natural media (km³)
Disponibilidad media per cápita (m³/hab/año)
Población (millones de habitantes)

Notas:
[1] Para algunas regiones los valores no comprenden al 100% de los países que las forman. Europa (85% de los países), Centroamérica (81% de los países), África (55% de los países) y Oceanía (29% de los países).
[2] La disponibilidad natural media es el valor que se representa en el cartograma de las reservas de agua dulce en el mundo.

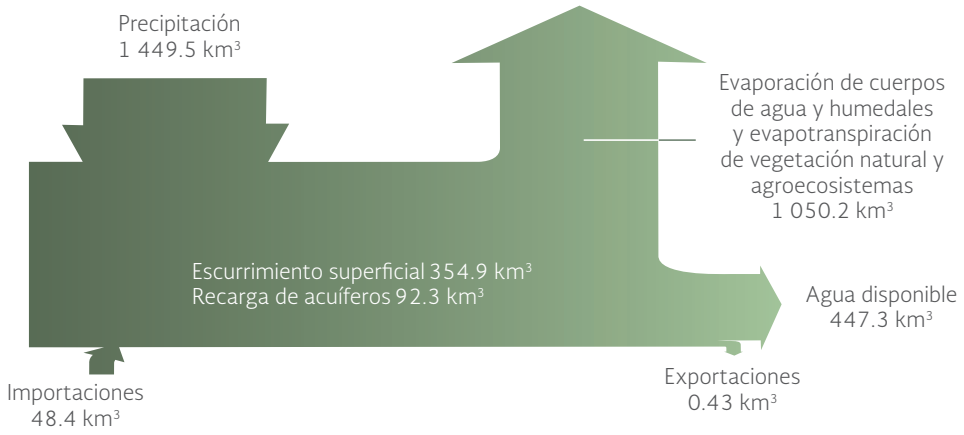
Fuente:
Elaboración propia con datos de:
FAO-Aquastat. Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO. Disponible en: www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm. Fecha de consulta: febrero de 2016.

cuales 71.5% regresa a la atmósfera por evapotranspiración (Cuadro D3_AGUA01_04). Además del agua de lluvia, se le suman aproximadamente 48 kilómetros cúbicos por importaciones de los ríos de las fronteras norte y sur, y exporta 0.43 kilómetros cúbicos anualmente del río Bravo a los Estados Unidos de acuerdo con el Tratado sobre Distribución de Aguas Internacionales del año 1944. Así, la disponibilidad natural media en el país[1] es de 447.26 kilómetros cúbicos de agua en promedio al año (Conagua, 2014a; Figura 6.3). De ese volumen, alrededor del 80% corresponde al escurrimiento superficial nacional[2] (354.99 km³ en 2014) y el restante 20% (92.27 km³) contribuye a la recarga de los acuíferos. El valor de la disponibilidad natural media nacional resulta superior al de la mayoría de los países europeos, pero poca en comparación a países como Brasil (8 647 km³), Estados Unidos (3 069 km³) o Canadá (2 902 km³; FAO-Aquastat, 2015).

Para calcular el balance hídrico se utilizan valores promedio para un periodo de tiempo particular. Sin embargo, la precipitación y las otras variables que lo conforman en realidad varían temporal y espacialmente en el país. Por ejemplo, en 2013 la precipitación media anual nacional fue de 921 milímetros, esto es, un valor 24.4% por arriba de la precipitación normal para el periodo de referencia 1981-2010 (740 mm; Figura 6.4; Cuadro D3_AGUA01_01 y Cuadro D3_AGUA01_02).

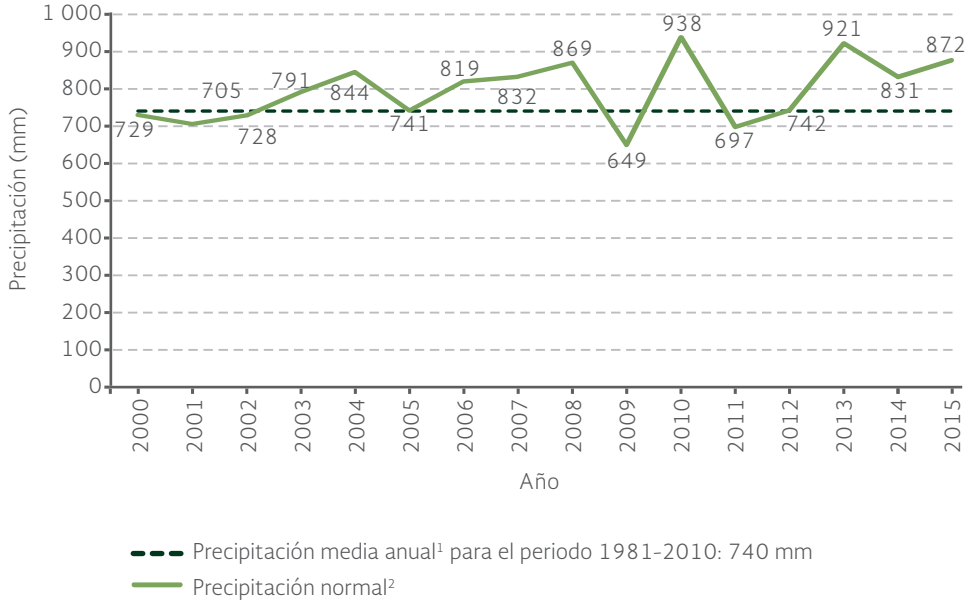
[1] Disponibilidad natural media es el volumen total de agua renovable superficial y subterránea que ocurre en forma natural en una región (Conagua, 2014a).
[2] De acuerdo con la Conagua, los valores promedio fueron estimados en 2011, al culminar un ciclo de actualización de estudios de cuencas y acuíferos, por lo que se emplean como valores de referencia para el periodo 2011-2018.

Figura 6.3 | *Balance de agua en México*



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
SINA, Conagua, Semarnat. *Ciclo hidrológico*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema= cicloHidrologico. Fecha de consulta: febrero de 2016.

Figura 6.4 | *Precipitación media normal en México, 2000 - 2015*



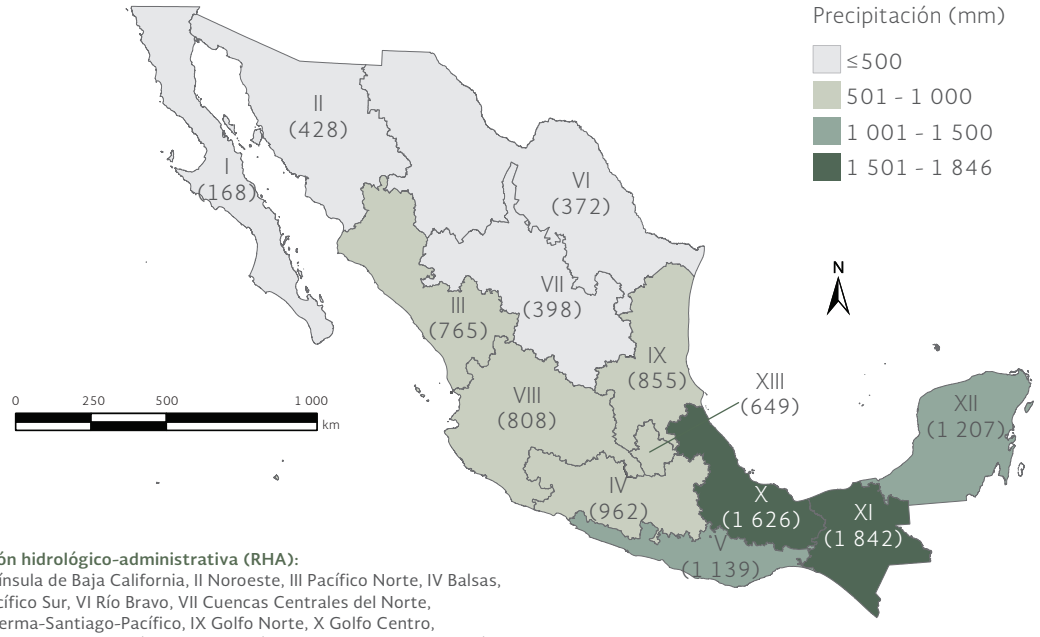
Notas:
¹ Precipitación media anual - Se calcula para cualquier periodo de por lo menos diez años, que comience el 1° de enero del primer año y que acabe el 31 de diciembre del último año.
² Precipitación normal - Precipitación medida para un periodo uniforme y relativamente largo, el cual debe tener como mínimo 30 años de datos, lo que se considera como un periodo climatológico mínimo representativo, y que inicie el 1° de enero de un año que termine en uno y finalice el 31 de diciembre de un año que termine en cero.

Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Precipitación*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: marzo de 2016.

A la variación temporal debe sumarse una importante variación espacial. Los contrastes en los volúmenes de la precipitación recibida entre las regiones hidrológico-administrativas (RHA) en las que se divide el país[3] se deben fundamentalmente a la diversidad de climas presentes en ellas. Para ilustrar lo anterior, en la RHA Frontera Sur XI, con un clima cálido húmedo, la precipitación pluvial normal anual entre los años 1981 y 2010 fue casi once veces mayor que la observada en la RHA Península de Baja California I que presenta un clima seco (de 168 a 1 842 mm, respectivamente; Mapa 6.1).

Al igual que con la precipitación, el escurrimiento superficial[4] también muestra variaciones importantes en la geografía nacional: la región XI Frontera Sur contabiliza cerca del 34% del total nacional (básicamente a través de los ríos Grijalva y Usumacinta), mientras que en las penínsulas de Baja California y Yucatán fue aproximadamente del uno por ciento (Tabla 6.1; Cuadro D3_AGUA01_08). En el caso de Baja California, esto se explica por su escasa precipitación, y en el de Yucatán por su relieve plano y sustrato permeable que impiden la formación de escurrimientos superficiales de importancia.

Mapa 6.1 | *Precipitación normal anual por región hidrológico-administrativa, 1981 - 2010*[1]



Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Nota:
[1] Las cifras entre paréntesis corresponden a la precipitación normal anual, en milímetros, para el periodo 1981-2010.

Fuente:
SINA, Conagua. Semarnat. *Precipitación.* Disponible en www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60. Fecha de consulta: diciembre de 2015.

[3] El país está divido en 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA), definidas de acuerdo con criterios hidrológicos, esta división considera a la cuenca hidrológica como la unidad básica para la gestión de los recursos hídricos. El municipio representa, como en otros instrumentos jurídicos, la unidad mínima de gestión administrativa en el país.

[4] Parte de la precipitación media histórica que se presenta en forma de flujo laminar hacia un curso de agua como arroyos, canales, ríos, lagos u océanos.

Tabla 6.1 | *Disponibilidad de agua por región hidrológico-administrativa, 2015*

	RHA	*Agua renovable o disponible (hm^3/año)*	*Escurrimiento natural medio superficial total (hm^3/año)*	*% del escurrimiento natural total*	*Recarga media total de acuíferos (hm^3/año)*	*% de la recarga total de acuíferos*
I	Península de Baja California	4 958	3 300	0.9	1 658	1.8
II	Noroeste	8 273	5 066	1.4	3 207	3.5
III	Pacífico Norte	25 596	22 519	6.3	3 076	3.3
IV	Balsas	21 678	16 805	4.7	4 873	5.8
V	Pacífico Sur	30 565	28 629	8.1	1 936	2.1
VI	Río Bravo	12 352	6 416	1.8	5 935	6.4
VII	Cuencas Centrales del Norte	7 905	5 529	1.6	2 376	2.5
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	35 080	25 423	7.2	9 656	10.5
IX	Golfo Norte	28 124	24 016	6.8	4 108	4.4
X	Golfo Centro	95 022	90 424	25.5	4 599	5.1
XI	Frontera Sur	144 459	121 742	34.3	22 718	24.6
XII	Península de Yucatán	29 324	4 008	1.1	25 316	27.4
XIII	Aguas del Valle de México[1]	3 442	1 112	0.3	2 330	2.5
Total nacional		**446 777**	**354 990**	**100**	**91 788**	**100**

Nota:
[1] Para la RHA XIII se consideran las aguas residuales de la Ciudad de México.

Fuente:
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua renovable*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

El escurrimiento superficial nacional fluye por la red hidrográfica (ríos y arroyos) a lo largo de la superficie nacional. Por los 51 ríos principales fluye alrededor del 87% del escurrimiento superficial nacional y sus cuencas cubren cerca del 64% del territorio[5] (Tabla 6.2; Conagua, Semarnat, 2015). México no se caracteriza por tener grandes y numerosos lagos, el volumen almacenado en estos cuerpos de agua apenas equivale a alrededor del 3% del escurrimiento nacional (INEGI, 2013; Mapa 6.2).

Respecto a la recarga media total de los acuíferos, el mayor porcentaje ocurre en las regiones XI Frontera Sur (recarga de 22 718 hm^3) y XII Península de Yucatán (25 316 hm^3), lo que representa el 24.6 y 27.4% respectivamente de la recarga total. En contraste, las regiones con menor contribución a la recarga de acuíferos nacional son la I Península de Baja California (con 1.8% de la recarga total) y la V Pacífico Sur (con 2.1%). Las regiones VII y XIII (Cuencas Centrales del Norte y Aguas del Valle de México) representan en conjunto cerca del 5% de la recarga total (Tabla 6.1).

[5] La superficie total del territorio nacional considerada es de 196 437 500 hectáreas o 1 964 375 km^2 (INEGI, 2013).

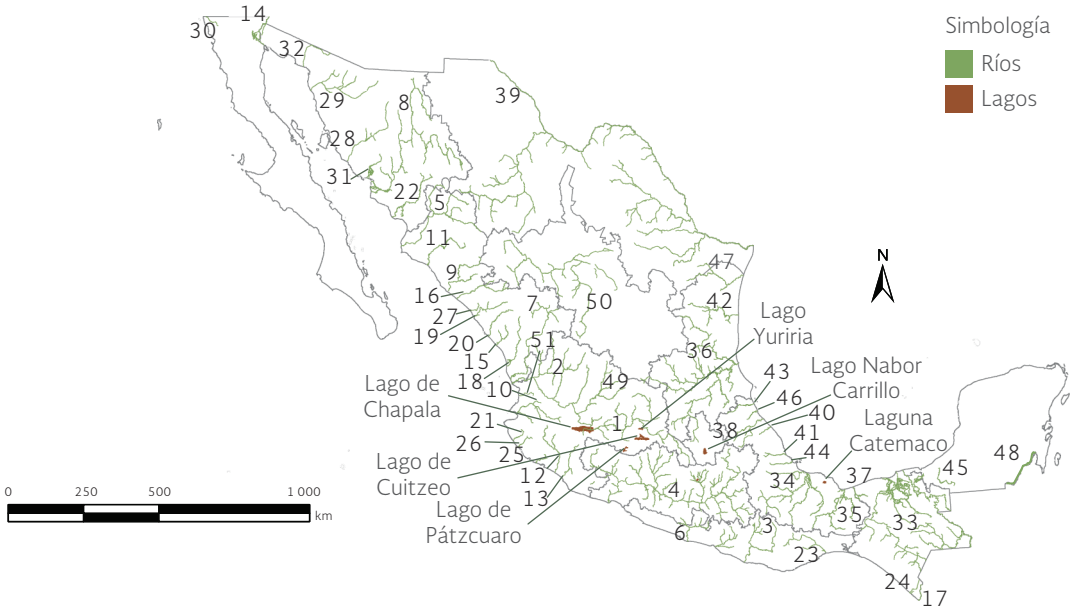
Tabla 6.2 | *Principales ríos del país, 2015*

Región	*Número de ríos*	*Longitud total[1] (km)*	*Superficie total de las cuencas (km²)*	*Escurrimiento natural medio superficial (millones de m³/año)*
Ríos de la vertiente del Pacífico y Golfo de California	33	8 411	565 128	79 453
Ríos de la vertiente del Golfo de México y Mar Caribe	16	5 059	542 196	224 031
Ríos de la vertiente interior	2	1 789	136 355	6 827
Totales	**51**	**15 259**	**1 243 679**	**310 312**

Nota:
[1] La longitud total para los ríos de las vertientes del Pacífico, Golfo de California, Golfo de México y Mar Caribe, es aproximada, debido a que la fuente no reporta los datos para la totalidad de las corrientes.

Fuente:
SINA, Conagua, Semarnat. *Ríos principales*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

Mapa 6.2 | *Principales ríos y lagos de México, 2015*



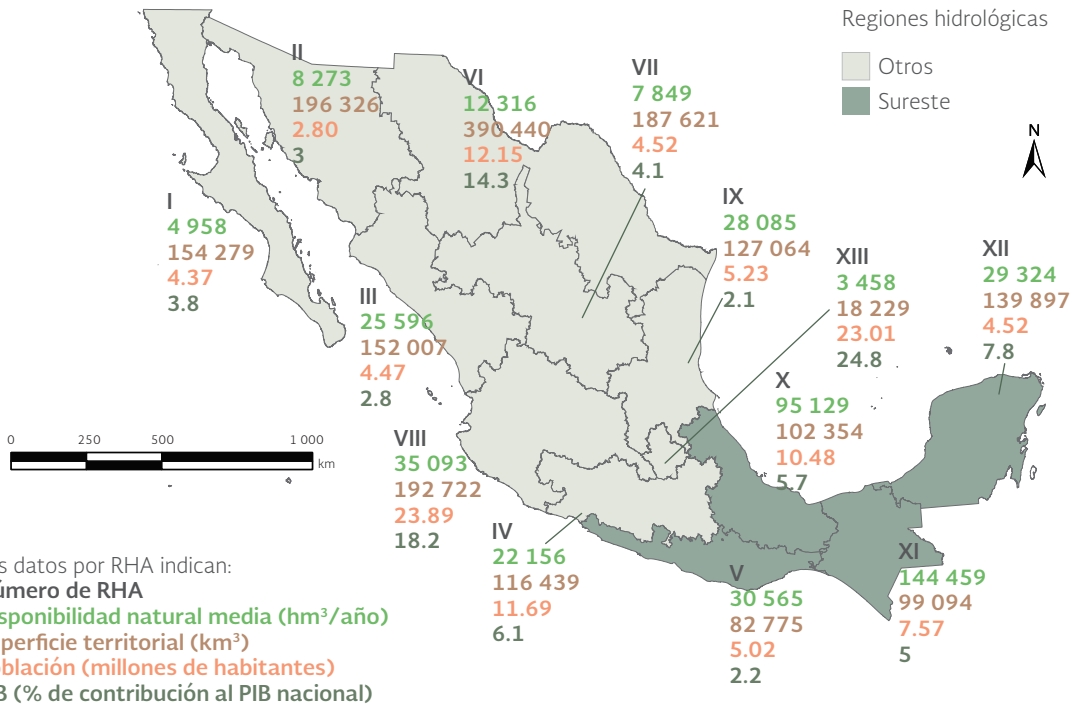
1 Balsas
2 Santiago
3 Verde
4 Ometepec
5 El Fuerte
6 Papagayo
7 San Pedro
8 Yaqui
9 Culiacán
10 Ameca
11 Sinaloa
12 Armería
13 Coahuayana
14 Colorado
15 Baluarte
16 San Lorenzo
17 Suchiate
18 Acaponeta
19 Piaxtla
20 Presidio
21 Tomatlán
22 Mayo
23 Tehuacán
24 Coatán
25 Marabasco
26 San Nicolás
27 Elota
28 Sonora
29 Concepción
30 Tijuana
31 Matape
32 Sonoyta
33 Grijalva-Usumacinta
34 Papaloapan
35 Coatzacoalcos
36 Pánuco
37 Tonalá
38 Tecolutla
39 Bravo
40 Nautla
41 La Antigua
42 Soto La Marina
43 Tuxpan
44 Jamapa
45 Candelaria
46 Cazones
47 San Fernando
48 Hondo
49 Lerma
50 Nazas-Aguanaval
51 Huicicila

Fuente:
SINA, Conagua, Semarnat. *Ríos principales*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

DISPONIBILIDAD NATURAL MEDIA

La disponibilidad natural media total, también llamada "agua renovable", es muy heterogénea entre regiones: mientras que en la región hidrológico-administrativa Frontera Sur se dispone del 32.3% del agua renovable total nacional (esto es, cerca de 144.5 kilómetros cúbicos anuales en más del 5% del territorio nacional), en la región Aguas del Valle de México apenas se dispone del 0.8% del total (3.5 kilómetros cúbicos anuales en 0.9% del territorio; Tabla 6.1; Mapa 6.3). Esta dotación de líquido no coincide con la distribución de la población en el territorio ni con la generación regional del producto interno bruto (PIB; Mapa 6.3). Si se toman en conjunto las cuatro regiones hidrológicas del sureste del país (V Pacífico Sur, X Golfo Centro, XI Frontera Sur y XII Península de Yucatán), en ellas se concentra el 67% del agua renovable, pero alojan alrededor del 23% de la población nacional, y contribuyen con casi el 22% del PIB nacional. (Figura 6.5). Estos desequilibrios en la disponibilidad del líquido, la población asentada y en el nivel de la actividad económica entre regiones podrían ser la fuente de tensiones entre los diferentes sectores que requieren el agua, así como por las afectaciones a los ecosistemas naturales que podrían verse privados de este recurso para destinarlo a la población o bien, a actividades agropecuarias e industriales.

Mapa 6.3 | *Disponibilidad natural media, población y PIB en México*[1]

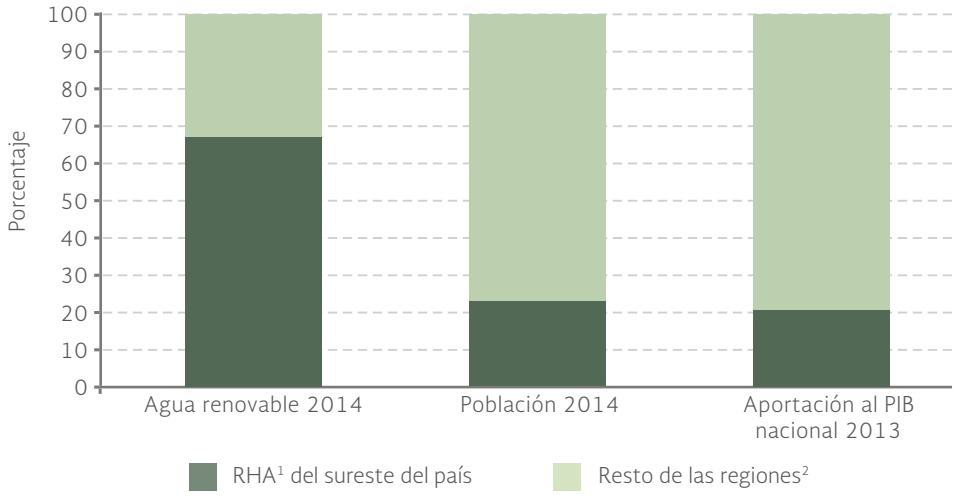


Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Nota:
[1] Los datos de disponibilidad y población son a 2014, mientras que los datos del PIB corresponden a 2013

Fuentes:
Conagua, Semarnat. Atlas del Agua en México 2015. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua. Semarnat. Agua renovable. Disponible en http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=aguaRenovable. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

Figura 6.5 | *Contrastes regionales entre el agua renovable y el desarrollo, 2014*



Notas:
[1] Incluye a las regiones hidrológico-administrativas: V Pacífico Sur, X Golfo Centro, XI Frontera Sur y XII Península de Yucatán.
[2] Incluye a las regiones hidrológico-administrativas: I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte y XIII Aguas del Valle de México.

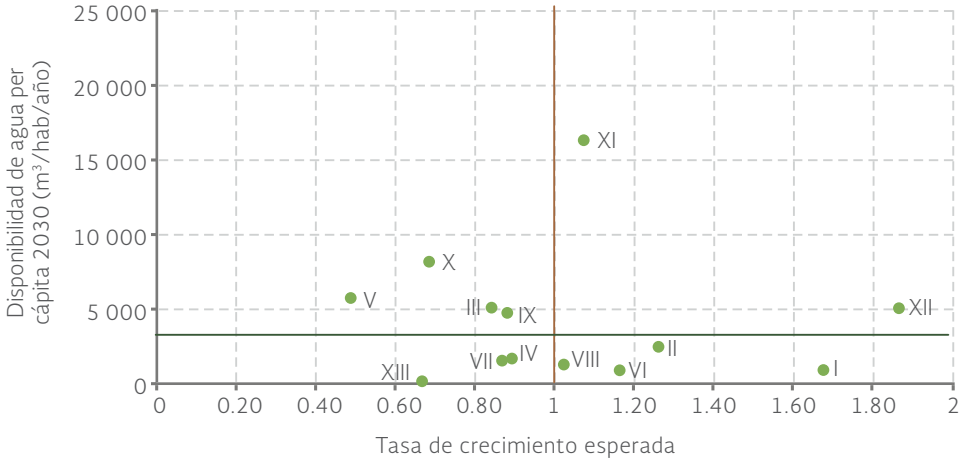
Fuente:
Conagua, Semarnat. *Atlas del agua en México 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

Si se analiza la disponibilidad media por habitante, la región XIII Aguas del Valle de México tiene actualmente la menor disponibilidad en el país, con sólo 150 metros cúbicos por habitante al año, mientras que un habitante de la región XI Frontera Sur tendría una dotación 127 veces mayor, esto es, de unos 19 078 metros cúbicos per cápita. El volumen de agua per cápita en el país ha disminuido significativamente acorde con el crecimiento poblacional; en 64 años (1950-2014) se redujo en alrededor de 79%, pasando de 17 742 a 3 736 metros cúbicos por habitante y se seguirá reduciendo. Para el año 2030 podría ser 12.9% menor respecto al año 2014, pasando a 3 253 metros cúbicos por habitante (**IB 2.1-5**). Las regiones que podrían verse más afectadas serían la XII Península de Yucatán (con una reducción del 23% respecto a su valor en 2014), I Península de Baja California (21%) y II Noroeste (16.5%). Por otro lado, las menos afectadas por la reducción de la disponibilidad del líquido podrían ser V Pacífico Sur (7%), XIII Aguas del Valle de México (9.2%) y X Golfo Centro (9.7%; Figura 6.6).

ALMACENAMIENTO EN PRESAS

El abasto del agua para el consumo de la población y para la continuidad de las actividades productivas ha hecho necesario que además de las fuentes de suministro más comunes, como los ríos, lagos y acuíferos, se construya infraestructura (por ejemplo, presas, embalses y bordos) que almacene mayores volúmenes del líquido y evite así las contingencias ocasionadas por la variabilidad natural que afectan su disponibilidad. Esta infraestructura ha servido también para el control de avenidas y, en el caso de algunas presas, para la generación de energía eléctrica.

Figura 6.6 | *Proyección de la disponibilidad natural media de agua per cápita por región hidrológico-administrativa y tasa de crecimiento esperada, 2030*



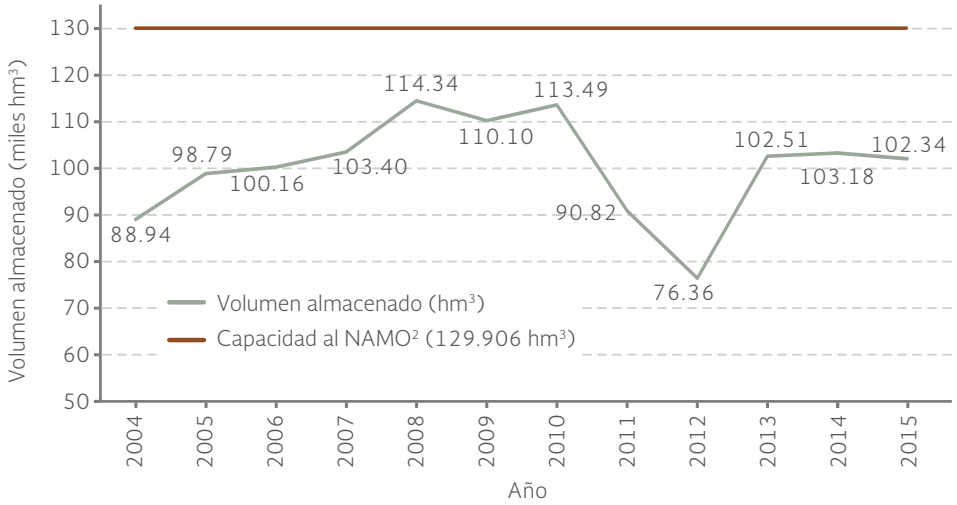
Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma Santiago Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán y XIII Aguas del Valle de México.

Nota:
La línea verde representa la disponibilidad per cápita nacional estimada para 2030 (3 253 m³/hab/año).

Fuente:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México, 2015.

A nivel nacional existen más de 5 100 presas y bordos, que en conjunto tienen una capacidad de almacenamiento de aproximadamente 150 mil hectómetros cúbicos. Sin embargo, gran parte del volumen está en sólo 181 presas, que en 2015 almacenaron poco más de 103 mil hectómetros cúbicos, cerca del 80% de su capacidad instalada (Figura 6.7; **IB 2.1-9**). Algunas

Figura 6.7 | *Volumen de agua almacenado en las principales[1] presas del país, 2004 - 2015*



Notas:
[1] Se incluyen las 181 presas que representan alrededor del 80% del almacenamiento nacional.
[2] NAMO: Nivel de Aguas Máximas Ordinarias. Coincide con la elevación de la cresta del vertedor en el caso de una estructura que derrama libremente; si la presa tiene compuertas, es el nivel superior de éstas.

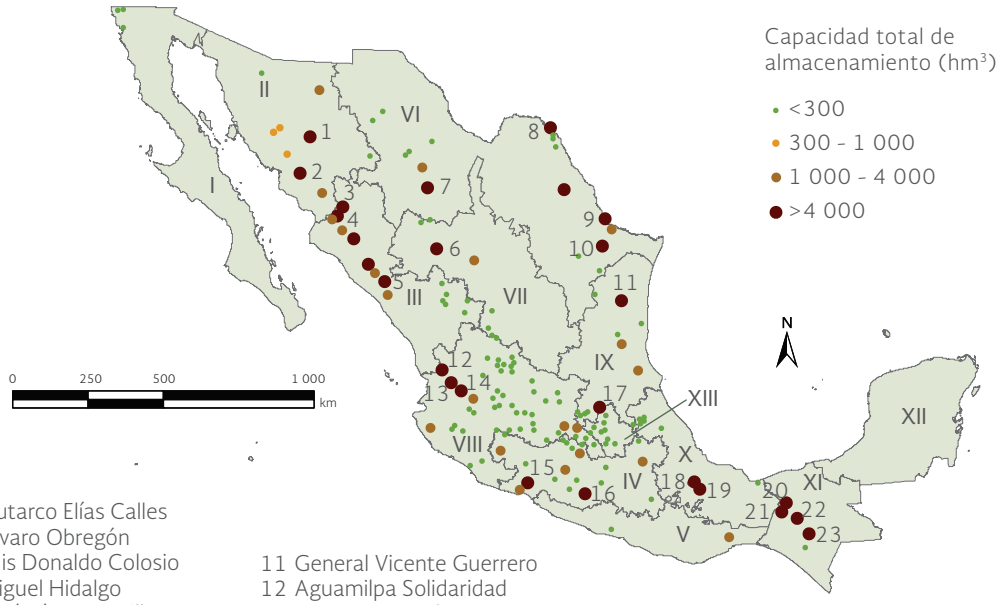
Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua. Semarnat. *Agua renovable*. Disponible en http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=aguaRenovable. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

de las presas del país están clasificadas como grandes presas[6] de acuerdo con la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés, 2015). En el Mapa 6.4 se muestra la distribución de las presas, por región hidrológico-administrativa, con una capacidad mayor a los 500 hectómetros cúbicos.

USOS CONSUNTIVOS DEL AGUA

La cantidad de agua que se destina a los diferentes sectores difiere entre países y regiones debido a las características ambientales, socioeconómicas y poblacionales. A nivel mundial, con excepción de Europa, el mayor volumen de agua se concesiona al sector agrícola (entre 70.5 y 91% del total), seguido del sector público (entre 7 y 18%) y, en menor proporción, el sector industrial (de 1 a 11%; FAO-Aquastat, 2015).

Mapa 6.4 | *Presas más grandes del país por región hidrológico-admistrativa, 2015*[1]



1 Plutarco Elías Calles
2 Álvaro Obregón
3 Luis Donaldo Colosio
4 Miguel Hidalgo
5 José López Portillo
6 Lázaro Cárdenas
7 La Boquilla
8 Internacional la Amistad
9 Internacional Falcón
10 Cuchillo - Solidaridad
11 General Vicente Guerrero
12 Aguamilpa Solidaridad
13 Leonardo Rodríguez Alcaine
14 Ing. Alfredo Elías Ayub
15 El Infiernillo
16 Ing. Carlos Ramírez Ulloa
17 Ing. Fernándo Hiriart Balderrama
18 Presidente Miguel Alemán
19 Miguel de la Madrid
20 Ángel Albino Corzo
21 Nezahualcóyotl
22 Manuel Moreno Torres
23 Dr. Belisario Domínguez

Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Nota:
[1] Sólo se muestran las 23 presas más grandes del país, con capacidad mayor o igual a 1 000 hm³.

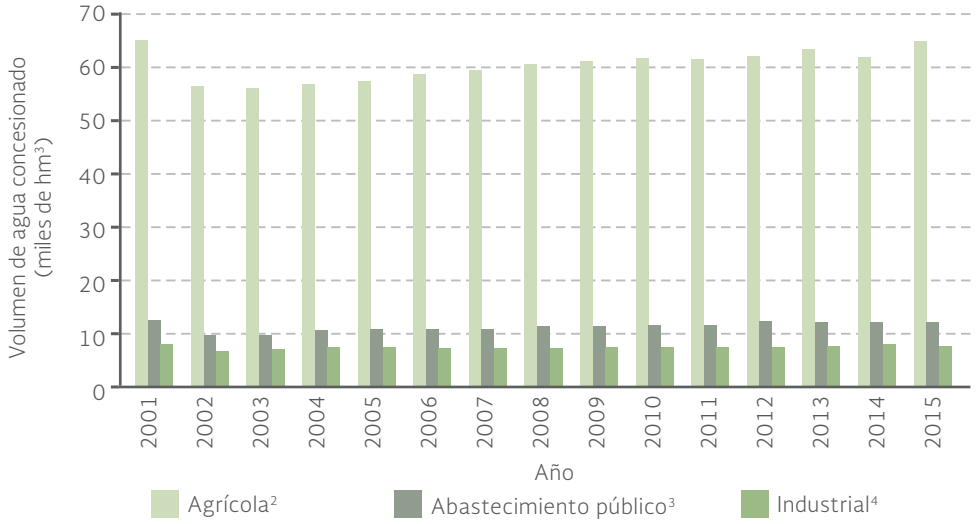
Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del agua en México 2015. Edición 2105*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua. Semarnat. *Agua renovable*. Disponible en http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=aguaRenovable. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

[6] Presas cuya altura sobre el cauce es mayor de 15 metros o una capacidad mayor de 3 millones de metros cúbicos al nivel de aguas máximas extraordinarias (NAME), que se refiere al nivel más alto que debe alcanzar el agua en un vaso de almacenamiento (presa) bajo cualquier condición.

En México, la Conagua clasifica a los consumidores de agua en tres sectores: agrícola, abastecimiento público e industrial[7]. Entre 2001 y 2015, el volumen que se concesionó a estos usos consuntivos aumentó 16.9%, pasando de 72.6 a 85.8 kilómetros cúbicos; esta cantidad representa el 19.2% del agua renovable total (446.8 miles hm^3). Al 2015 se tenían concesionados 264 miles de hectómetros cúbicos (86 km^3 en usos consuntivos y 179 km^3 en no consuntivos), de los usos consuntivos si se analiza por sector, se concesionaron 65.4 miles al sector agrícola (76.3% del total concesionado), 12.5 miles al abastecimiento público (14.6%), 3.7 miles a la industria autoabastecida (4.3%) y 4.1 miles a energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad (4.8%). El sector que más creció en cuanto a volumen concesionado de uso consuntivo fue el de abastecimiento público, que se incrementó 30.7% entre 2001 y 2015, mientras los sectores agrícola e industrial aumentaron 15.8 y 19.4% (Figura 6.8; **IB 2.1-2**).

A nivel de regiones hidrológicas, el 54.5% (46 320 hm^3) del volumen concesionado en 2015 correspondió a únicamente cuatro regiones: VIII Lerma Santiago Pacífico (15 292 hm^3, 18% del total), IV Balsas (10 784 hm^3, 12.7%), III Pacífico Norte (10 731 hm^3, 12.6%) y VI Río Bravo (9 513 hm^3, 11.2%); las regiones que menos agua concesionaron fueron V Pacífico Sur (1 539 hm^3, 1.8% del total) y XI Frontera Sur (2 337 hm^3; 2.8%), que juntas representan casi el 5% del total nacional (Mapa 6.5).

Figura 6.8 | *Volumen de agua concesionado[1] por sector, 2001 - 2015*

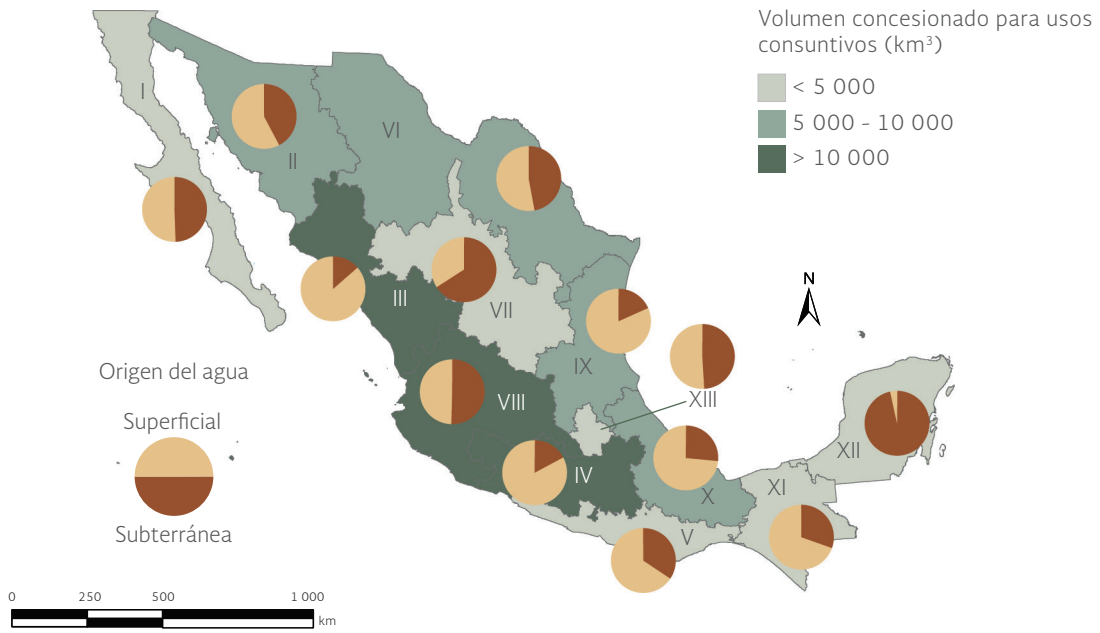


Notas:
[1] El volumen concesionado está basado en el lugar del título de la concesión y no en el lugar del aprovechamiento.
[2] El uso agrícola incluye los rubros agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros de la clasificación del REPDA.
[3] El uso abastecimiento público incluye los rubros público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA.
[4] El uso industrial incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio de la clasificación del REPDA, así como el agua para la generación de energía eléctrica (termoeléctricas, sin considerar a las hidroeléctricas cuyo uso es no consuntivo).

Fuentes:
CNA, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México.* Ediciones 2002, 2003, 2004. CNA, Semarnat. México. 2002, 2003, 2004.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del agua en México. Síntesis 2005.* Conagua, Semarnat. México. 2005.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México.* Ediciones 2006-2008, 2010, 2011, 2013-2015. Conagua, Semarnat . México. 2006-2008, 2010, 2011, 2014 y 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Usos del agua.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2016.

[7] El Repda (Registro Público de Derechos del Agua) inscribe los volúmenes que se concesionan o asignan a los usuarios de aguas nacionales y clasifica los usos del agua en doce categorías. Así, en el uso agrícola se incluyen los rubros: agrícola, acuacultura, pecuario, usos múltiples y otros usos. En abastecimiento público: doméstico y público urbano; en industria autoabastecida: agroindustria, servicios, industrial y comercio; y la generación de energía eléctrica (excluyendo hidroelectricidad).

Mapa 6.5 | *Volumen de agua concesionado[1] por región hidrológico-administrativa y origen, 2015*



Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Nota:
[1] El volumen concesionado está basado en el lugar del título de la concesión y no en el lugar del aprovechamiento.

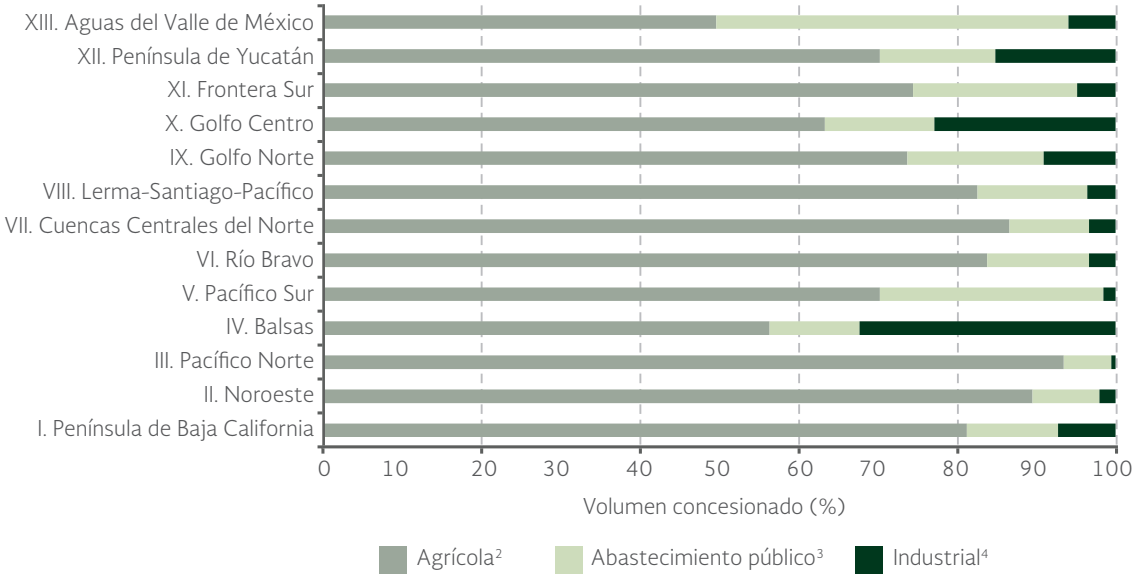
Fuentes:
Elaboración propia con dato de:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Usos del agua.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

Las diferencias en el volumen concesionado a los diferentes sectores entre regiones hidrológico-administrativas responden básicamente a la distribución de las actividades productivas y a la población asentada en el territorio. En 2015 la mayoría de las regiones concesionaban más del 70% del líquido a las actividades agrícolas, exceptuando las regiones XIII Aguas del Valle de México, IV Balsas y X Golfo Centro (Figura 6.9; Cuadro D3_AGUA03_03). Respecto al agua para abasto público, las regiones que más concesionaron fueron XIII Aguas del Valle de México (2 139 hm^3; 44.7% del total concesionado), V Pacífico Sur (412 hm^3, 26.8%) y XI Frontera Sur (484 hm^3, 20.7%). El agua destinada al uso industrial es por lo general inferior al volumen que se destina al abastecimiento público, excepto en la región IV Balsas[8], donde su volumen concesionado fue cerca de tres veces mayor (3 453 hm^3; 32% del total de la región) y X Golfo Centro[9] (1 196 hm^3; 22%).

[8] De acuerdo con Conagua, el uso industrial de la región del Balsas se compone principalmente de: industria química, producción de azúcar, petróleo, celulosa y papel. En termoeléctricas se incluyen centrales de vapor duales, carboeléctricas, de ciclo combinado, de turbo gas y de combustión interna.

[9] De acuerdo con Conagua, el uso industrial de la región del Golfo Centro está compuesto principalmente de: industria termoeléctrica, minera, petroquímica, metálica básica y eléctrica, alimentaria, manufacturera (de alimentos, bebidas y textiles); productos a base de minerales no metálicos como el vidrio. refinación de petróleo y química básica.

Figura 6.9 | *Volumen de agua concesionado[1] por uso consuntivo y región hidrológico-administrativa, 2015*



Notas:
[1] El volumen concesionado está basado en el lugar del título de la concesión y no en el lugar del aprovechamiento.
[2] El uso agrícola incluye los rubros agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros de la clasificación del REPDA.
[3] El uso abastecimiento público incluye los rubros público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA.
[4] El uso industrial incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio de la clasificación del REPDA, así como el agua para la generación de energía eléctrica (termoeléctricas, sin considerar a las hidroeléctricas cuyo uso es no consuntivo).

Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Usos del agua.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

De acuerdo a la fuente de la que se extrae, el líquido que se concesiona en el país proviene de cuerpos de agua superficiales (ríos, arroyos y lagos) o bien, subterránea (acuíferos). A nivel nacional, en 2015, el 61% del agua concesionada provino de fuentes superficiales, mientras que el restante 39% se obtuvo de fuentes subterráneas. Esta proporción ha variado poco a través del tiempo a pesar de los incrementos totales en el volumen de agua concesionada: entre 2001 y 2015 el volumen de agua superficial concesionada se incrementó 15.5% (pasó de 45 a 52 mil hm^3), mientras que el volumen de agua subterránea aumentó más del 17.9% (al pasar de 28 a 33 hm^3; Figura 6.10; **IB 2.1-3**).

Existen diferencias marcadas entre regiones respecto a la proporción de agua superficial y subterránea que utilizan. En 2015, las regiones Pacífico Norte, Balsas, Golfo Norte y Golfo Centro utilizaron en mayor proporción el agua de origen superficial (86, 83, 82 y 74%, respectivamente), mientras que en las regiones Península de Yucatán y Cuencas Centrales del Norte el mayor porcentaje correspondió al origen subterráneo (97 y 66%, respectivamente; Mapa 6.5; Cuadro D3_AGUA03_03).

Al analizar el origen del agua por uso consuntivo, en 2015 la mayor proporción de agua para uso agrícola e industrial (incluyendo la generación de energía eléctrica) provino de fuentes

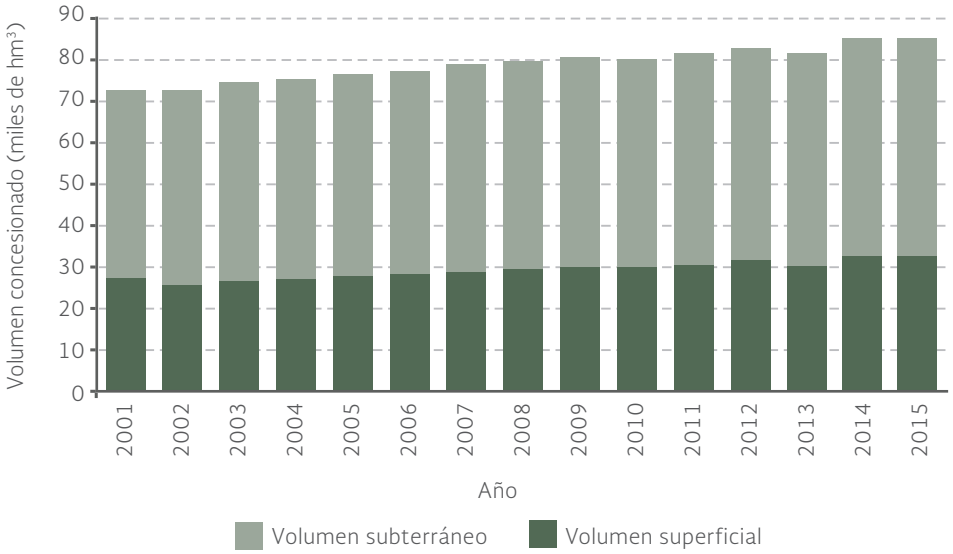
superficiales (64 y 68%, respectivamente); en contraste, el agua destinada al uso público en su mayoría se extrajo de fuentes subterráneas (60%). Entre 2001 y 2015 el volumen de agua concesionado de origen superficial aumentó 14% para el uso agrícola (pasó de 36.8 a 42 km^3), 45% para el abastecimiento público (pasó de 3.3 a 4.8 km^3) y 6% para el uso industrial (cambió de 5 a 5.3 km^3; Figura 6.11; Cuadro D3_AGUA03_03).

Para el caso del agua de origen subterráneo, en el mismo periodo (2001-2015) se incrementó 18% para el uso agrícola (pasó de 19.7 a 23.2 km^3); 17% para abastecimiento público (de 6.3 a 7.3 km^3) y 57% para el uso industrial (pasando de 1.6 a 2.5 km^3; Figura 6.11).

Si se analizan los consumos dominantes a nivel municipal en el uso del agua, en 2013[10] cerca del 63% de los municipios (1 554 en total) dominaba el uso agrícola, seguido del abastecimiento público (casi 33%, en 803 municipios) y apenas 2.2% en industria autoabastecida (55 municipios; Mapa 6.6).

Con respecto al volumen concesionado, en 2014 en poco más del 77% de los municipios (1 899) se concesionaron hasta 25 hm^3 de agua, en 15% (377 municipios) fue de 26 a 100 hm^3, en 7% el volumen fue de 101 a 500 hm^3 (172 municipios), y en poco menos del 1% de los municipios (19) se concesionaron más de 500 hm^3 (Mapa 6.7).

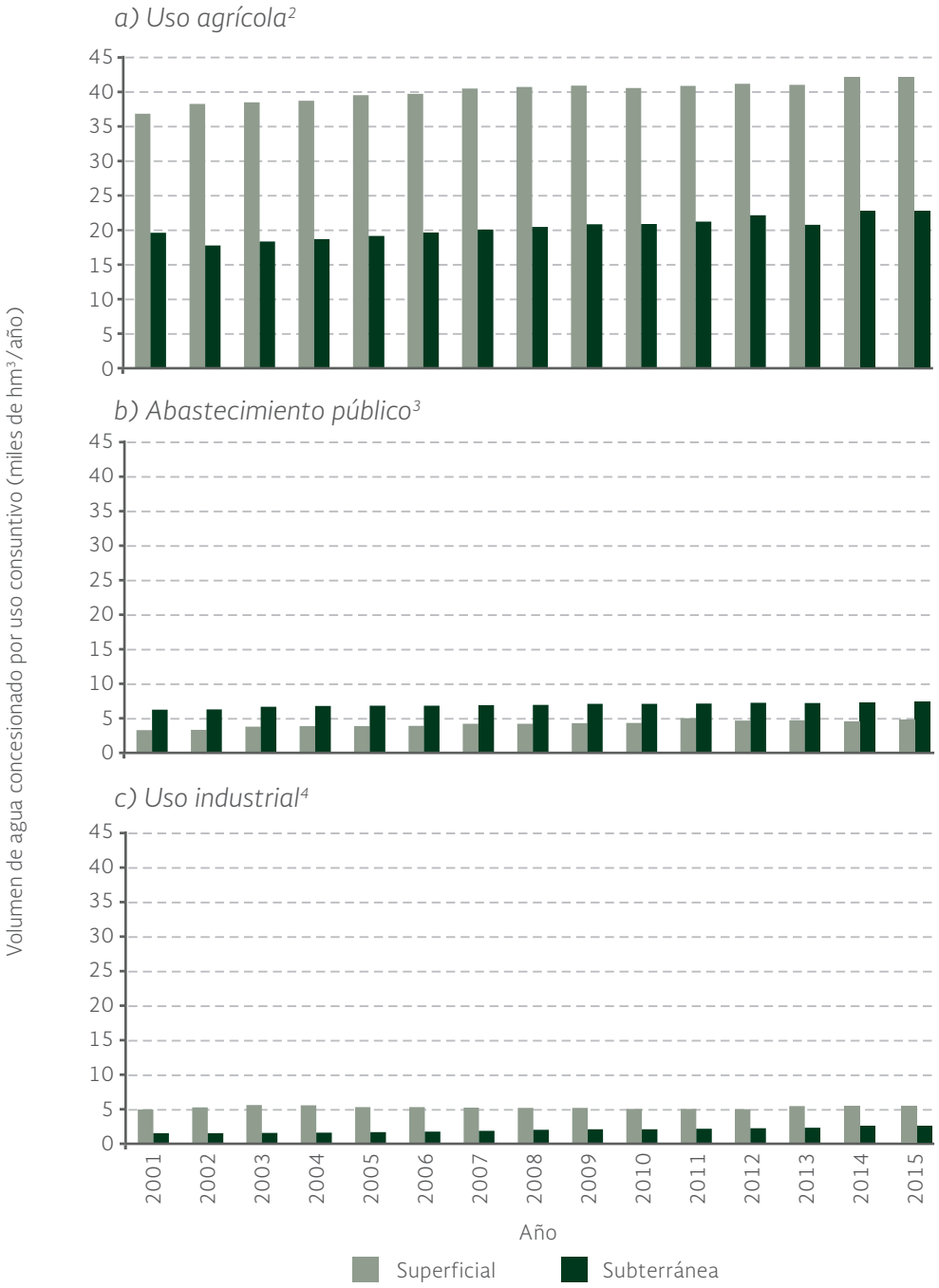
Figura 6.10 | *Volumen de agua concesionado por origen, 2001 - 2015*



Fuentes:
CNA, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México.* Ediciones 2002, 2003, 2004. CNA, Semarnat. México. 2002, 2003, 2004.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del agua en México. Síntesis 2005.* Conagua, Semarnat. México. 2005.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México.* Ediciones 2006 - 2008, 2010, 2011, 2013-2015. Conagua, Semarnat. México, 2006-2008, 2010, 2011, 2014 y 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Usos del agua.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

[10] Conagua no publicó datos más recientes a nivel municipal.

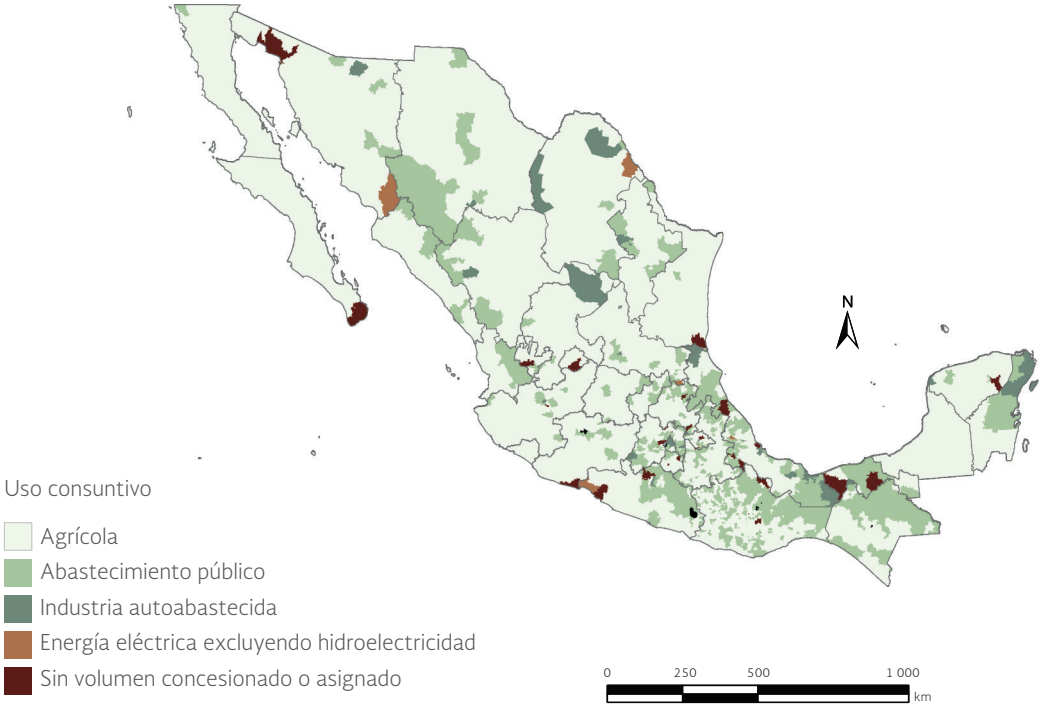
Figura 6.11 | *Volumen de agua concesionado[1] por uso consuntivo, según origen, 2001 - 2015*



Notas:
[1] El volumen concesionado está basado en el lugar del título de la concesión y no en el lugar del aprovechamiento.
[2] El uso agrícola incluye los rubros agrícola, pecuario, acuacultura, múltiples y otros de la clasificación del REPDA.
[3] El uso abastecimiento público incluye los rubros público urbano y doméstico de la clasificación del REPDA.
[4] El uso industrial incluye los rubros industrial, agroindustrial, servicios y comercio de la clasificación del REPDA, así como el agua para la generación de energía eléctrica (termoeléctricas, sin considerar a las hidroeléctricas cuyo uso es no consuntivo).

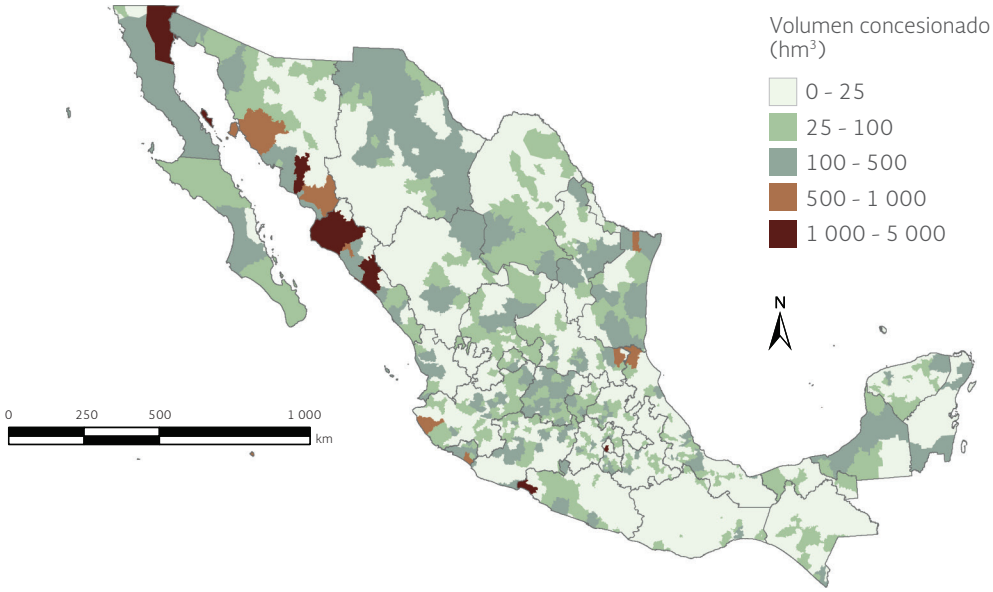
Fuentes:
CNA, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México.* Ediciones 2002, 2003, 2004. CNA, Semarnat. México. 2002, 2003, 2004.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del agua en México. Síntesis 2005.* Conagua, Semarnat. México. 2005.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México.* Ediciones 2006 - 2008, 2010, 2011, 2013-2015. Conagua, Semarnat. México. 2006-2008, 2010, 2011, 2014 y 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Usos del agua.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

Mapa 6.6 | *Uso consuntivo predominante del agua por municipio, 2013*



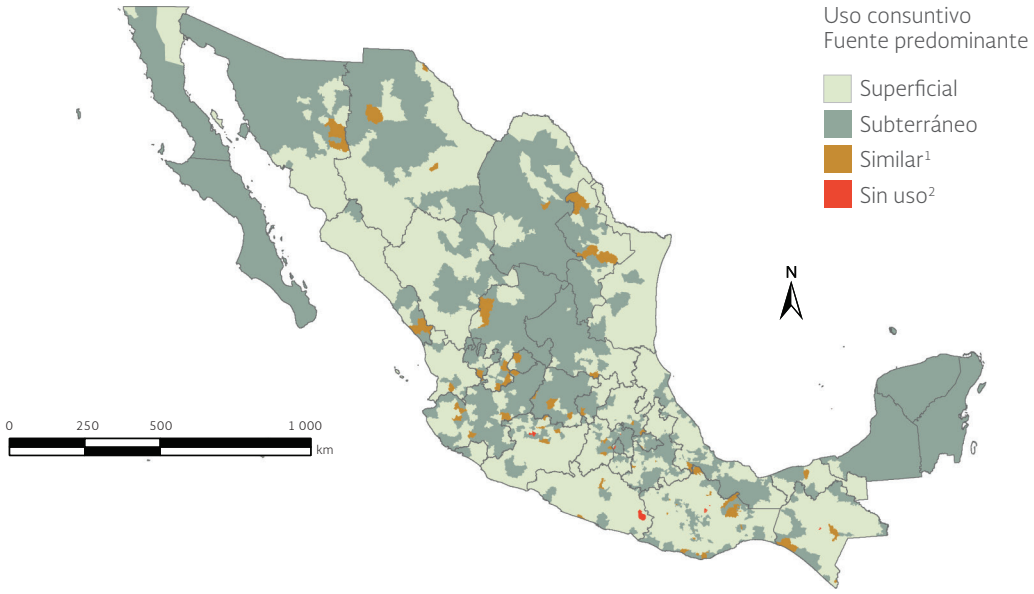
Fuente:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2014.* Conagua, Semarnat. México. 2014.

Mapa 6.7 | *Volumen de agua concesionado anual por municipio, 2015*



Fuente:
SINA, Conagua, Semarnat. *Usos del agua.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

Mapa 6.8 | *Fuente predominante para usos consuntivos por municipio, 2015*



Notas:
[1] Cuando existe una diferencia menor al 50% entre fuentes supeficiales y subteráneas, entonces no existe fuente predominante y se desigan como fuentes similares.
[2] Sin uso consuntivo inscrito en el Registro Público de Derechos de Agua.

Fuente:
SINA, Conagua, Semarnat. *Usos del agua.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

En 2013, de acuerdo al origen del agua concesionada, en 1 408 municipios (57.3% del total) la principal fuente provino de las aguas superficiales, mientras que en 978 (casi 40% de los municipios) fue la subterránea; en el resto de los municipios (71; casi el 3%) no hubo una fuente predominante (Mapa 6.8).

El agua en la agricultura

En México, la agricultura es el sector que más agua consume en el país (Conagua, 2014b; Shah, 2005 en WWAP, 2015). Hasta 2014 fue la mayor beneficiada en la concesión de volúmenes de agua de uso consuntivo (76.7% del volumen, 65 155 hm^3), principalmente para riego (en este uso consuntivo se incluyen también a las actividades pecuarias y acuícolas). La demanda de líquido por este sector se incrementó entre 2001 y 2014 en 15.4% (Figura 6.11a). El 64.5 % del agua para uso agrupado agrícola proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 35.5% procede de fuentes subterráneas (acuíferos), ver el recuadro Agua virtual en México.

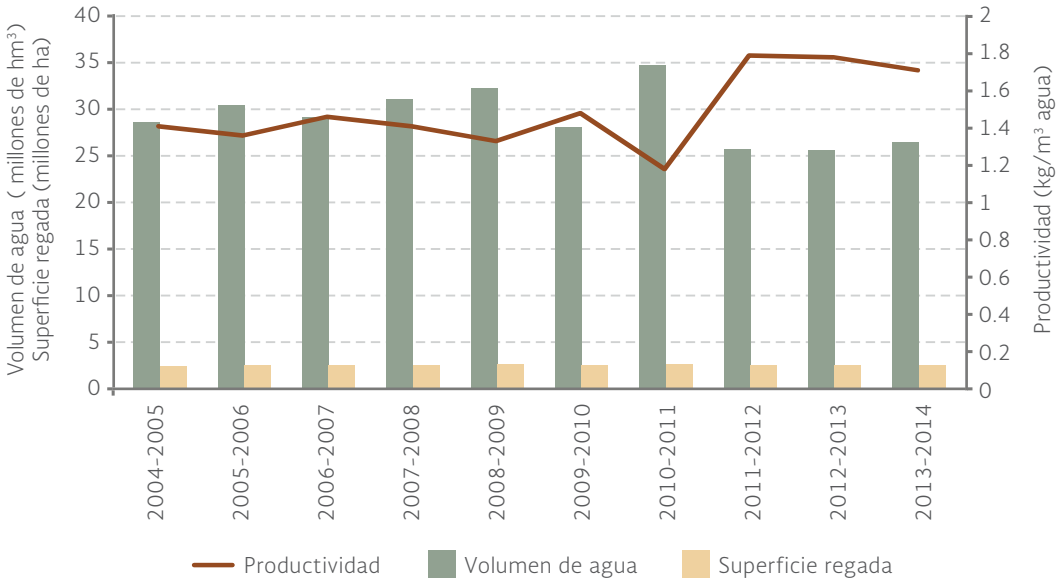
El líquido que se concesiona a la agricultura se destina a distritos de riego, los cuales cubren el 20.7% del área total agrícola (27.9 millones de hectáreas; Conagua, 2015c; Siacon 1980-2013) y produjeron, en 2013, cerca del 80% de la producción nacional[11].

[11] Con datos del Siacon 1980-2013.

Uno de los aspectos de mayor relevancia para avanzar hacia un uso adecuado del agua es aumentar la eficiencia en el sector agrícola, esto es, reducir el consumo de líquido en relación a la producción obtenida. Aumentar la eficiencia en el uso del líquido podría contribuir a detener el crecimiento de su demanda y a reducir la competencia entre los sectores consumidores y la presión sobre las fuentes de abasto. En México, existe una figura denominada distrito de riego[12], que ocupa alrededor de 3.25 millones de hectáreas, en la cual se han hecho evaluaciones sobre la eficiencia en el uso del agua en términos de la productividad agrícola y su relación con el consumo de agua[13] (Conagua, 2015a). El seguimiento de este indicador en el periodo 2004-2014 mostró una ligera tendencia a la alza. Los valores mínimo y máximo se registraron en los años agrícolas 2010-11 con 1.18 kg/m^3 de agua distribuida y en 2011-12 con 1.79 kg/m^3. En promedio se obtuvieron 1.49 kilogramos por metro cúbico de agua empleado en el periodo citado y la superficie regada se mantuvo más o menos constante, fluctuando entre 2.4 y 2.6 millones de hectáreas en los diferentes años agrícolas (Figura 6.12).

La productividad del agua en los distritos de riego es un indicador para evaluar la eficiencia con la que se utiliza el agua para la producción de alimentos, ésta depende de la conducción desde la fuente de abastecimiento hasta las parcelas y su utilización (Conagua, 2015a). La Figura 6.13 muestra

Figura 6.12 | *Volumen concesionado para uso agrícola en los distritos de riego en México, 2004 - 2014*



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
SINA, Conagua, Semarnat. *Usos del agua.* Disponible en: www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60. Fecha de consulta: diciembre de 2015.

[12] De acuerdo con la Conagua, los distritos de riego son áreas geográficas en donde se proporciona el servicio de riego mediante obras de infraestructura hidroagrícola como vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros.

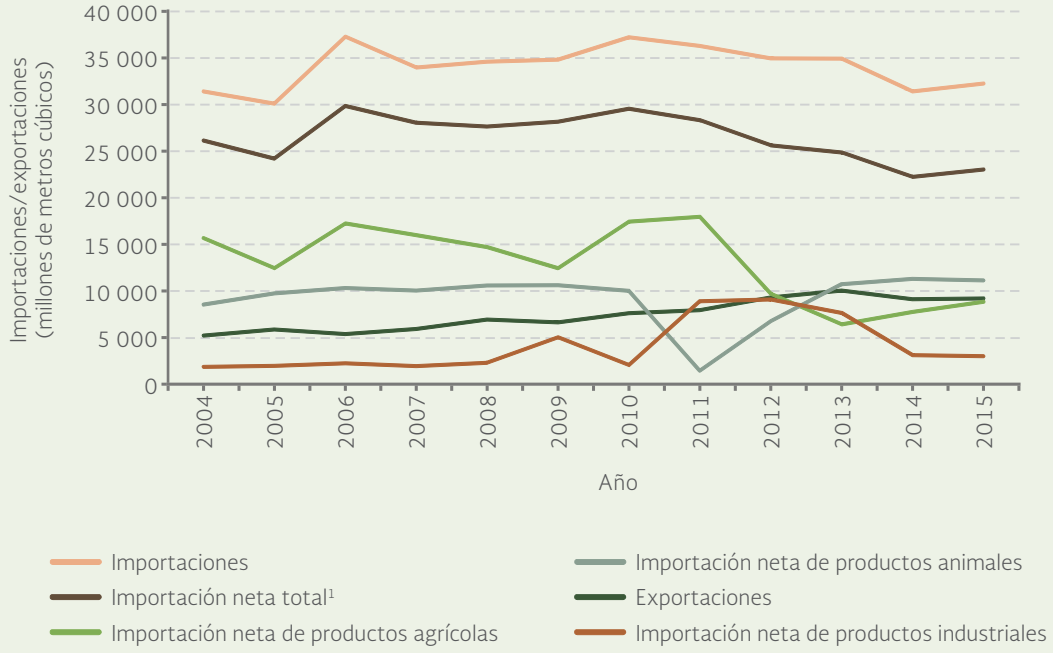
[13] La eficiencia en el uso del agua en los distritos de riego mide la producción (por año agrícola) en kilogramos, por unidad de volumen de agua distribuido (metro cúbico).

Recuadro | Agua virtual en México

Para producir una gran parte de los bienes y servicios que la sociedad demanda se requieren insumos de agua, ya sea directa o indirectamente. El volumen total de agua involucrada en el proceso de producción, embalaje y distribución de bienes y servicios de consumo se denomina "agua virtual", esto debido a que una proporción del agua requerida no está presente en el producto final. La cantidad de agua virtual que contiene un producto depende de varios factores, tanto ambientales como específicos de sus métodos de producción; por ejemplo, para producir una tonelada de maíz se requieren, en promedio a nivel mundial, alrededor de 1 222 litros de agua, mientras que en México se necesitan 1 860 litros (Conagua, 2015).

El estudio del agua virtual incorporada en los productos de una región o país resulta de utilidad, entre otros aspectos, como indicador de la presión sobre los recursos hídricos disponibles, tanto a nivel nacional como internacional (esto último debido a la importación de productos).

Figura a | *Importaciones y exportaciones de agua virtual en México, 2004 - 2015*



Nota:
[1] La importación neta es la diferencia entre importaciones y exportaciones.

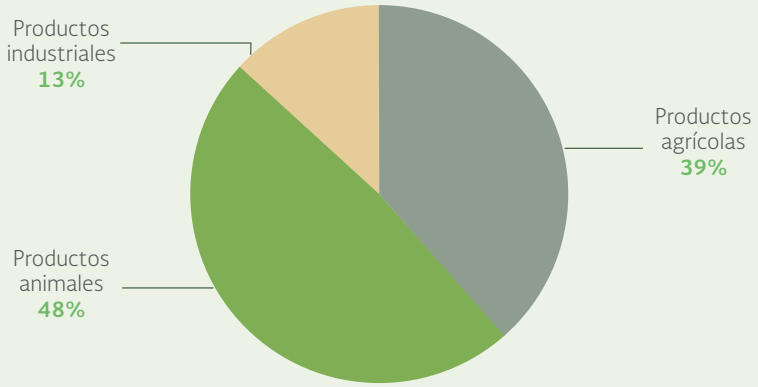
Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua virtual/Huella hídrica*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

Cuando un país demanda productos con volúmenes de agua virtual por encima del volumen de agua que contiene los productos que exporta, constituye un importador neto de agua virtual. En el caso opuesto, los países se constituyen como exportadores netos de agua.

México es un importador neto de agua virtual. En el periodo 2004-2015, la importación de agua se ha mantenido alrededor de los 33 930 millones de metros cúbicos anuales en promedio, mientras que en el caso de las exportaciones, éstas promediaron 7 454 millones (Figura a). En 2015, la importación neta de agua, es decir, la diferencia entre las importaciones y exportaciones de agua, ascendió a 23 033 millones de metros cúbicos de agua.

En 2015, el mayor contenido de agua virtual en las importaciones netas provinieron de los productos animales (4% del total), seguido por la contenida en las importaciones de productos agrícolas (39%) y por los productos industriales (13%; Figura b). Esta tendencia se observa desde 2013, puesto que con anterioridad, la importación neta de agua virtual de los productos agrícolas dominaba a la de los productos de origen animal.

Figura b | *Importación de agua virtual en México por tipo de producto, 2015*



Fuente:
SINA. Conagua, Semarnat. *Agua virtual/Huella hídrica.* Disponible en: http://201.116.60.25/SINA/Default.aspx. Fecha de consulta: diciembre de 2015.

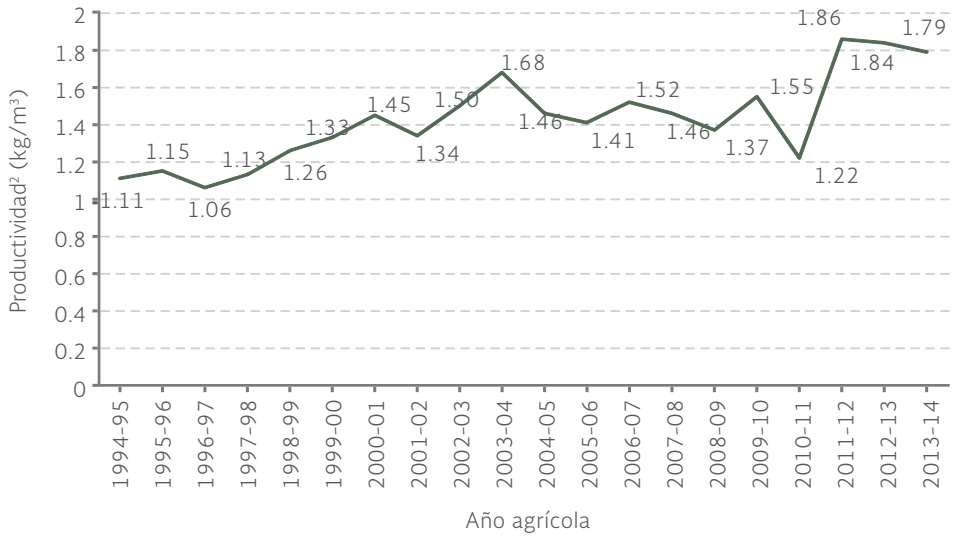
Referencias:

Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

SINA, Conagua, Semarnat. *Agua virtual/Huella hídrica.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

Hoekstra, A.Y. y M.M. Mekonnen. The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(9): 3232-3237. 2011.

Figura 6.13 | *Eficiencia del uso del agua en los distritos de riego por año agrícola[1], 1994 - 2014*



Notas:
[1] El año agrícola en México comprende el periodo de octubre a septiembre del siguiente año.
[2] El cálculo emplea el volumen de agua bruto utilizado en los distritos de riego correspondiente al ciclo vegetativo, por lo que no coincide con los volúmenes anuales utilizados.

Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
Gerencia de Distritos de Riego, Conagua, Semarnat. Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Disponible en: http://edistritos.com. Fecha de consulta: diciembre de 2015.

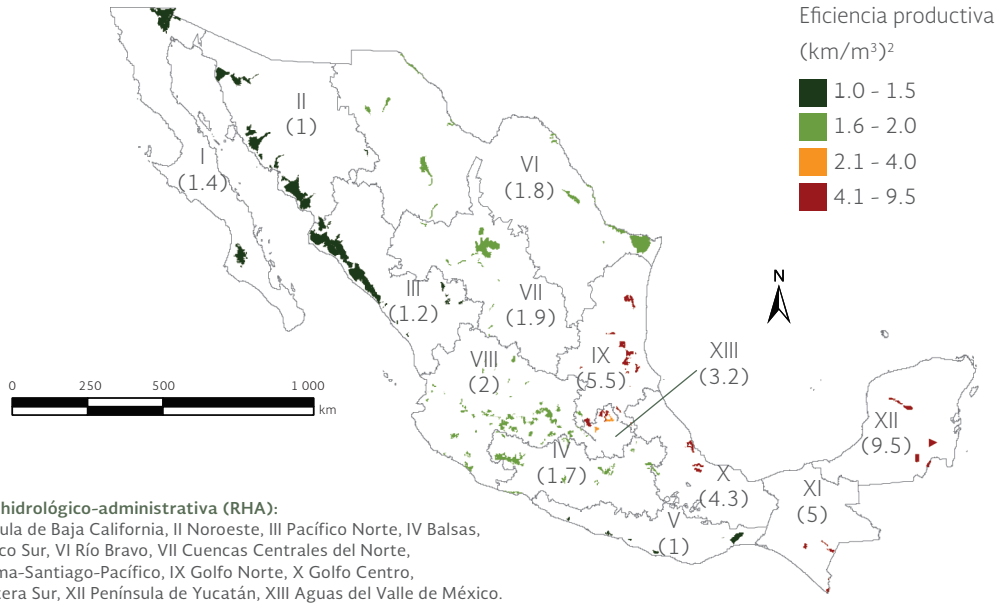
la evolución de la productividad (en el ámbito de los distritos de riego, considerando solamente cultivos de riego y no de temporal) para el periodo de años agrícolas de 1994-95 a 2013-14. Durante el año agrícola 2013-2014 los distritos de riego con menor eficiencia productiva fueron los ubicados en la región V Pacífico Sur (1.02 kg/m^3), seguidos de los localizados en la región II Noroeste (1.04 kg/m^3); mientras que los más productivos fueron los ubicados en las regiones XII Península de Yucatán, IX Golfo Norte y XI Frontera Sur (con 9.49, 5.51 y 4.97 kg/m^3, respectivamente; Mapa 6.9).

Abastecimiento público

Este uso corresponde al agua entregada por las redes de agua potable y que abastece a los usuarios domésticos, así como al sector público urbano. Es el sector con el segundo mayor consumo de agua en el país: en 2015 utilizó el 14% del volumen total concesionado (Conagua, 2015a y b). Su principal fuente de abasto son los acuíferos (60% del volumen, 7 290 hm^3 en 2015), aunque durante el periodo 2001-2014 la demanda de agua superficial asignada a este sector creció 44% (pasó de 3 306 a 4 760 hm^3; Figura 6.14).

Si se analiza por regiones hidrológico-administrativas, en 2015, la región XIII Aguas del Valle de México fue la región que mayor porcentaje destinó al abastecimiento público (casi 45% del

Mapa 6.9 | *Productividad en los distritos de riego en México, 2014*[1]

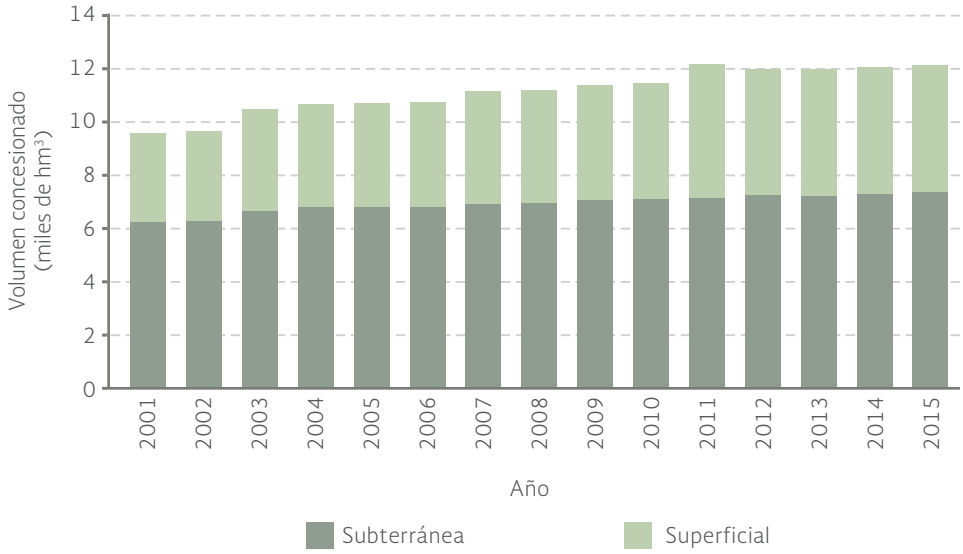


Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Notas:
[1] Entre paréntesis se muestra la productividad agrícola en kilogramos por metro cúbico de agua de los DR que se encuentran en cada región hidrológico-administrativa para el año agrícola 2013-2014.
[2] La Conagua define distrito de riego como el área geográfica donde se proporciona el servicio de riego mediante obras de infraestructura hidroagrícola tales como vaso de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros.

Fuente:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015.* Conagua, Semarnat. México. 2015.

Figura 6.14 | *Volumen concesionado de uso agrupado abastecimiento público por tipo de fuente, 2001 - 2015*



Fuentes:
CNA, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Ediciones 2002, 2003, 2004.* CNA, Semarnat. México, 2002, 2003, 2004.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del agua en México. Síntesis 2005.* Conagua, Semarnat. México, 2005.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Ediciones 2006-2008, 2010, 2011, 2013-2015.* Conagua, Semarnat. México, 2006-2008, 2010-2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Usos del agua.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

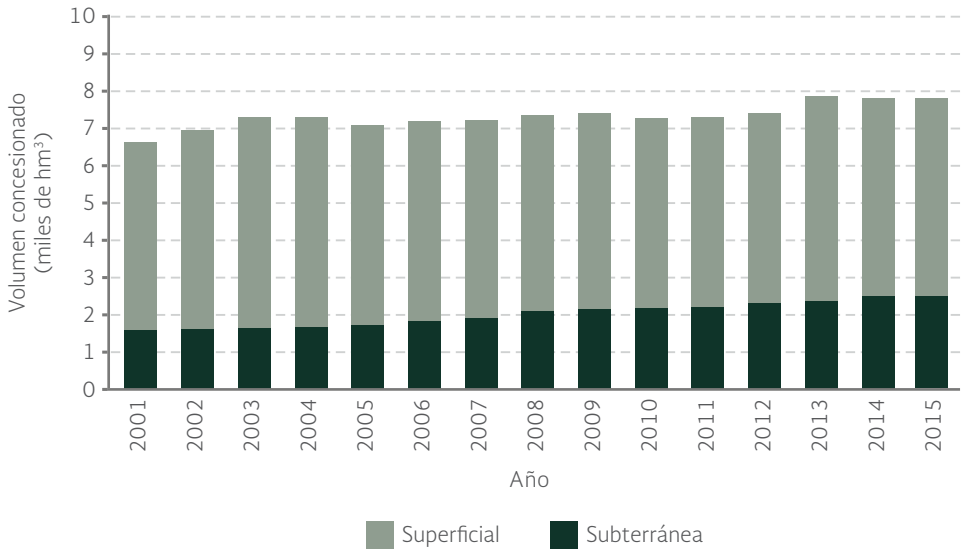
volumen total concesionado); mientras que III Pacífico Norte fue la que menos agua destinó al uso de la población (alrededor del 6%). El resto de las regiones fluctuaron entre alrededor del 9 y 27% (Conagua, 2015a y b).

Uso industrial del agua

El sector de la industria autoabastecida y energía eléctrica[14] utilizan la menor proporción del volumen de agua concesionado en el país, con alrededor del 4 y 5% del total en 2015, respectivamente (Conagua, 2015a y b). A pesar de que en el periodo 2001-2015, el volumen de aguas subterráneas cobró importancia, con un incremento de alrededor del 55% del volumen concesionado para el sector industrial (que en 2015 empleó poco más del 32%, alrededor de 2 460 hm^3), éste sector utiliza predominantemente fuentes superficiales con una proporción que en el periodo fluctuó alrededor del 68 y 77% (entre 5 074 y 5 659 hm^3) respecto al volumen total concesionado al uso industrial (Figura 6.15).

Respecto a la variación entre regiones hidrológicas, la del IV Balsas es la única que destina a la industria casi una tercera parte del volumen concesionado (32%), de cerca le sigue la región X Golfo Centro (con 22%). Por el contrario la región III Pacífico Norte es la que menor proporción destina a este uso (apenas 0.6%), seguida por la región V Pacífico Sur (con el 1.5%; Conagua, 2015a).

Figura 6.15 | *Volumen concesionado[1] a la industria autoabastecida por tipo de fuente, 2001 - 2015*



Nota:
[1] Incluye los volúmenes concesionados a energía eléctrica, excluyendo hidroelectricidad.

Fuentes:
CNA, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Ediciones 2002, 2003, 2004*. CNA, Semarnat. México. 2002, 2003, 2004.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del agua en México. Síntesis 2005*. Conagua, Semarnat. México. 2005.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Ediciones 2006-2008, 2010, 2011, 2013-2015*. Conagua, Semarnat. México, 2006-2008, 2010-2015.
SINA, Conagua, Semarnat. Usos del agua. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

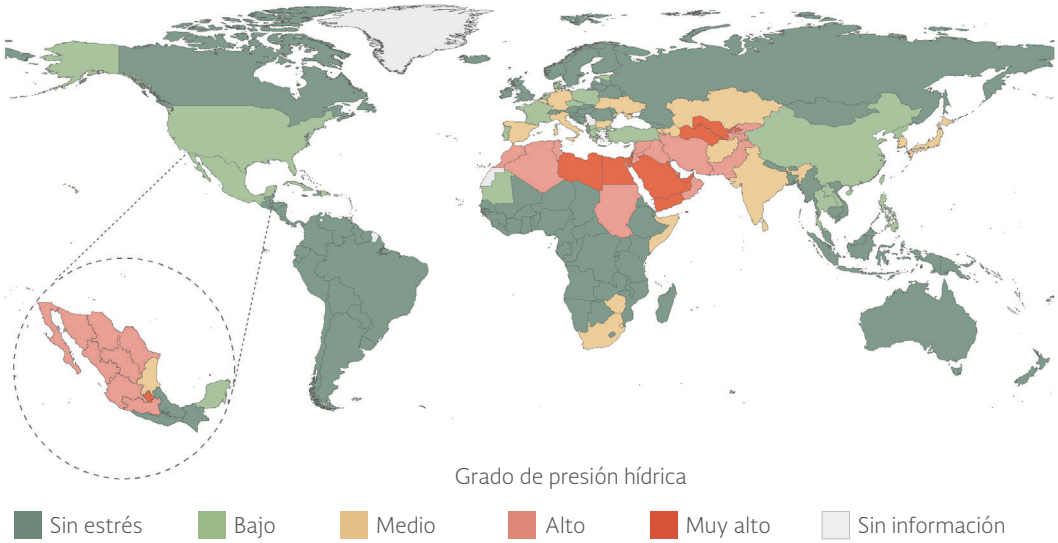
[14] No se incluye hidroelectricidad. Las hidroeléctricas emplearon un volumen de 112.8 kilómetros cúbicos de agua (esto es 38% más de lo que se emplea en todos los usos consuntivos del agua) para generar 27.4 TWh de electricidad (10.6% de la generación nacional de electricidad) en ese mismo año.

GRADO DE PRESIÓN E INTENSIDAD DE USO

El grado de presión del recurso hídrico (GPRH) es un indicador de la sostenibilidad de la extracción de los recursos hídricos a largo plazo y se emplea como una medida de la vulnerabilidad frente a la escasez del líquido. Se calcula dividiendo extracción del recurso destinada a los diversos usos consuntivos, entre el agua renovable, y se expresa en porcentaje. Para México, la Conagua clasifica el grado de presión en 5 categorías[15]: sin estrés, bajo, medio, alto y muy alto. Para 2015, nuestro país reportó un valor de GPRH de 19.2%, lo que representaba una presión de categoría baja de acuerdo a la propia clasificación de la Conagua, pero superior al promedio estimado para los países de la OCDE (11.5%; Conagua, 2012). A nivel mundial, México ocupa el lugar 53 de los países con mayores grados de presión (Mapa 6.10; Conagua, 2015).

Es importante mencionar que el relativamente bajo GPRH nacional está influido por la alta disponibilidad de agua en el sur del país, de donde se extrae menos del 8% del agua disponible. Sin embargo, en amplias zonas del país la situación es distinta (Conagua, 2015e). En 2015 en las regiones I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte y VIII Lerma-Santiago-Pacífico, se presentaron grados de presión altos (de 40 a 100%). El caso más extremo es la región XIII Aguas del Valle de México, que tuvo una presión sobre los recursos hídricos de 138.7% en el mismo año, es decir, rebasó en poco más del 38% la disponibilidad de agua existente en esa región, por lo cual se cataloga con grado de presión muy alto (Mapa 6.11).

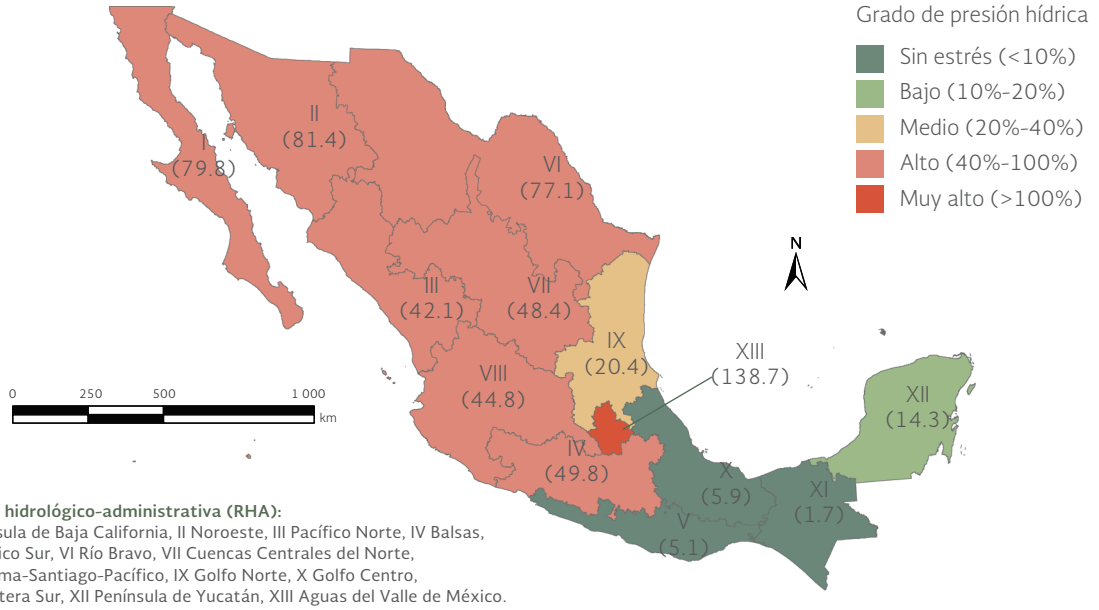
Mapa 6.10 | *Grado de presión sobre los recursos hídricos en el mundo, 2015*



Fuente:
Conagua, Semarnat. *Atlas del Agua en México 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

[15] Los rangos utilizados por la Conagua en las categorías de grado de presión del recurso hídrico son: sin estrés (menor al 10%), bajo (entre 10 y 20%), medio (entre 20 y 40%), alto (entre 40 y 100%) y muy alto (mayor a 100%).

Mapa 6.11 | *Grado de presión sobre los recursos hídricos por región hidrológico-administrativa, 2015*[1]



Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Nota:
[1] Los números entre paréntesis corresponden al grado de presión hídrica en porcentaje.

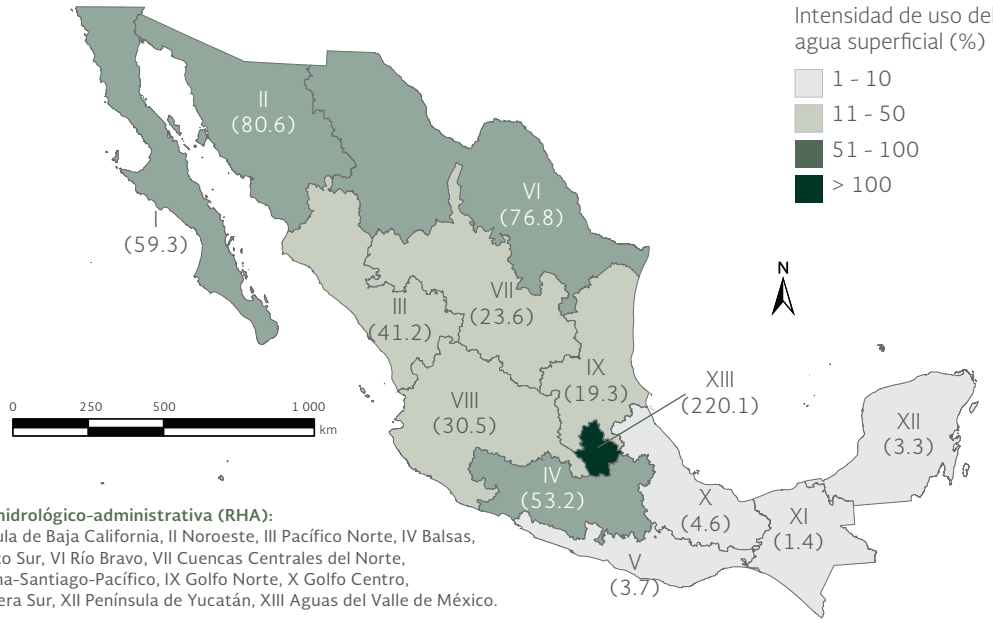
Fuente:
SINA, Conagua. Semarnat. *Agua renovable.* Disponible en http://201.116.60.25/sina/index_jquery-mobile2.html?tema=aguaRenovable. Fecha de consulta: septiembre de 2016.

Aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas

La sostenibilidad del uso de los recursos hídricos superficiales puede medirse a través de la intensidad de uso, que se calcula como el cociente de la extracción de agua superficial respecto del escurrimiento natural medio total. Entre 2001 y 2015, en México, la intensidad de uso del agua superficial aumentó poco más del 21%, pasando de 11% a casi el 15%. En 2015, la región XIII Aguas del Valle de México constituyó un caso excepcional, ya que el uso consuntivo sobrepasó más del doble al escurrimiento natural medio (Mapa 6.12). En las regiones Río Bravo, Noroeste y Península de Baja California, el agua utilizada sobrepasó la mitad del escurrimiento natural medio superficial total (con alrededor del 80, 79 y 61%, respectivamente); mientras que en las regiones Frontera Sur, Península de Yucatán, Pacífico Sur y Golfo Centro, el uso fue de entre 1.3 y 4.3%.

La llamada intensidad de uso subterránea se calcula como el cociente de la extracción de agua subterránea por la recarga media de los acuíferos. Entre 2001 y 2015, en el país la intensidad de uso del agua subterránea disminuyó ligeramente, pasando de alrededor de 37 a 36%. Sin embargo, en 2015, en las regiones I Península de Baja California, VII Cuencas Centrales del Norte y XIII Aguas del Valle de México, el agua utilizada excedió la recarga total de acuíferos (121, 106 y 101%, respectivamente); en contraste, en la región XI Frontera Sur el uso fue de apenas 3% y en el resto de las regiones la intensidad de uso varió entre 15 y 90% (Mapa 6.13).

Mapa 6.12 | *Intensidad de uso del agua superficial por región hidrológico-administrativa, 2015*[1]

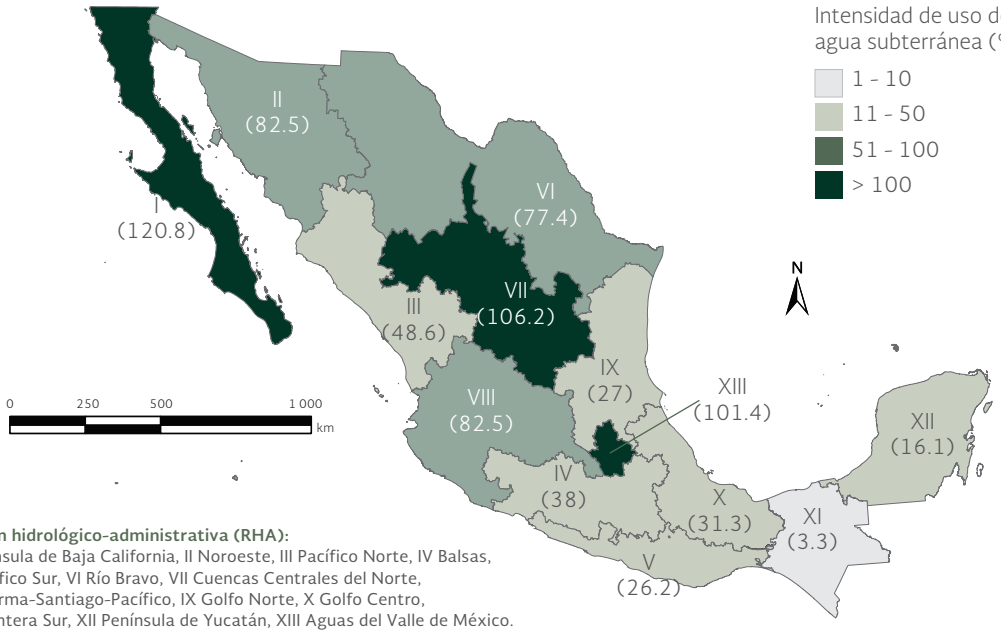


Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Nota:
[1] Los números entre paréntesis corresponden a la intensidad de uso de agua en porcentaje.

Fuente:
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua renovable*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2016.

Mapa 6.13 | *Intensidad de uso del agua subterránea por región hidrológico-administrativa, 2015*[1]



Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Nota:
[1] Los números entre paréntesis corresponden a la intensidad de uso de agua en porcentaje.

Fuente:
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua renovable*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2016.

La creciente demanda de agua por los distintos usos consuntivos es uno de los principales factores que amenaza la sustentabilidad de la explotación de los acuíferos. En México, el número de acuíferos sobreexplotados se incrementó considerablemente en las últimas cuatro décadas: en 1975 había 32 de ellos, para 1981 la cifra se había elevado a 36 y en 2015 ya sumaban 105 (es decir, 16% de los 653 acuíferos registrados en el país). Los acuíferos sobreexplotados se concentran en las regiones hidrológicas Lerma-Santiago-Pacífico, Cuencas Centrales del Norte, Río Bravo, Península de Baja California y Noroeste; de ellos se extrae el 58% del agua subterránea para todos los usos consuntivos (Tabla 6.3).

Algunos de los acuíferos sobreexplotados presentan, además, condiciones de salinización por intrusión marina o aguas subterráneas salobres. En extensas zonas de riego, sobre todo en las áreas costeras, la sobreexplotación de los acuíferos ha provocado un descenso de varios metros en los niveles de agua subterránea, y con ello se ha favorecido la intrusión del agua marina, con el consecuente deterioro de la calidad de sus aguas. En 2015, 18 acuíferos presentaron problemas de intrusión salina, en las regiones I Península de Baja California y II Noroeste. Las regiones I Península de Baja California, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte y XII Península de Yucatán tienen, en conjunto, 32 acuíferos con problemas de salinización y aguas subterráneas salobres (Tabla 6.3; Mapa 6.14).

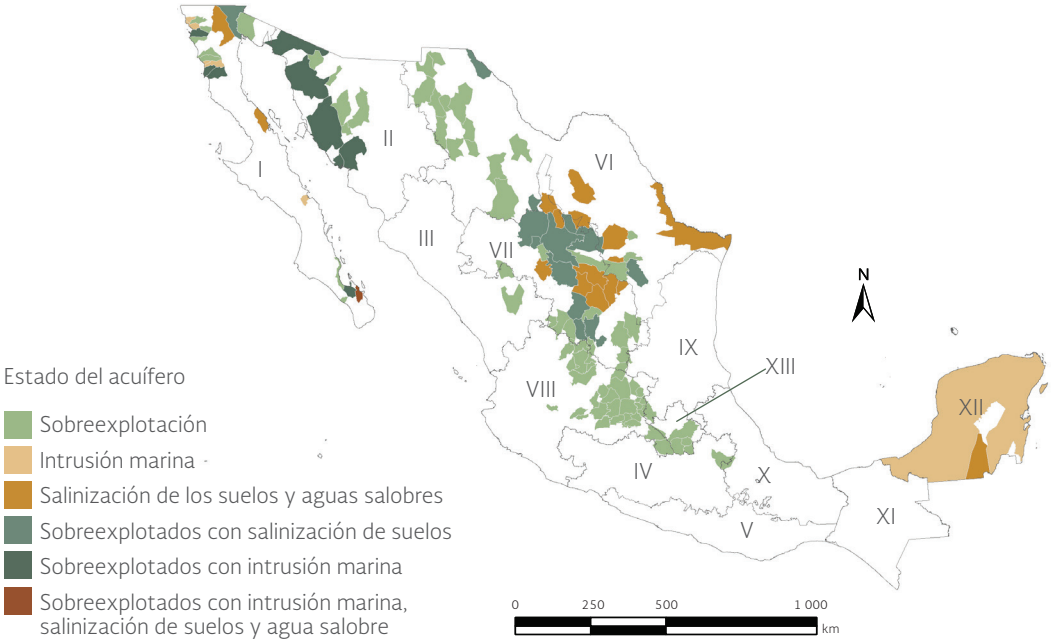
Tabla 6.3 | *Condición de los acuíferos[1] por región hidrológico-administrativa, 2015*

Región hidrológico-administrativa		*Sobreexplotado*	*Con intrusión marina*	*Salinización de suelos y aguas subterráneas salobres*	*Sin problemas*	*Total de acuíferos*
I	Península de Baja California	14	11	5	58	88
II	Noroeste	10	5	0	47	62
III	Pacífico Norte	2	0	0	22	24
IV	Balsas	1	0	0	44	45
V	Pacífico Sur	0	0	0	36	36
VI	Río Bravo	18	0	8	76	102
VII	Cuencas Centrales del Norte	23	0	18	24	65
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	32	0	0	96	128
IX	Golfo Norte	1	0	0	39	40
X	Golfo Centro	0	0	0	22	22
XI	Frontera Sur	0	0	0	23	23
XII	Península de Yucatán	0	2	1	1	4
XIII	Aguas del Valle de México	4	0	0	10	14
	Total nacional	**105**	**18**	**32**	**498**	**653**

Nota:
[1] De acuerdo con la Conagua, para fines de la administración del agua subterránea, el país está divido en 653 acuíferos.

Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México.* Edición 2015. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Acuíferos.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default.aspx. Fecha de consulta: septiembre de 2016.

Mapa 6.14 | *Condición de los acuíferos en México, 2015*



Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Acuíferos*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2016.

CALIDAD DEL AGUA

En el agua de los ríos, arroyos y lagos se disuelven una gran cantidad de elementos y compuestos químicos; también se mantienen en suspensión diversas sustancias sólidas insolubles y líquidos no miscibles, y albergan una multitud de especies de microorganismos. En condiciones naturales existen procesos físicos, químicos y biológicos que permiten mantener relativamente en equilibrio las concentraciones de dichas sustancias, partículas y microbiota (Gómez *et al.*, 2013). Sin embargo, las actividades humanas pueden modificar la composición química de muchos cuerpos de agua, debido a la descarga de aguas residuales sin tratamiento que provienen de diversas fuentes, las cuales alteran su equilibrio dinámico. Por ejemplo, cuando aumenta el contenido de nutrientes en el agua, especialmente fosfatos, nitratos y amonio, el crecimiento de las macroalgas y del fitoplancton tiende a incrementarse. Si la condición se agrava, el oxígeno disuelto en el agua se reduce significativamente y afecta a otros organismos. La extinción local de distintas especies, además de tener repercusiones en la biodiversidad, también puede provocar la degradación o desaparición de los servicios ambientales de los cuerpos de agua. En algunos casos, además de nutrimentos, las aguas pueden contaminarse con compuestos químicos tóxicos que empeoran su condición, afectan la vida silvestre e impiden su uso para consumo humano (Barba, 2002; Gómez *et al.*, 2013).

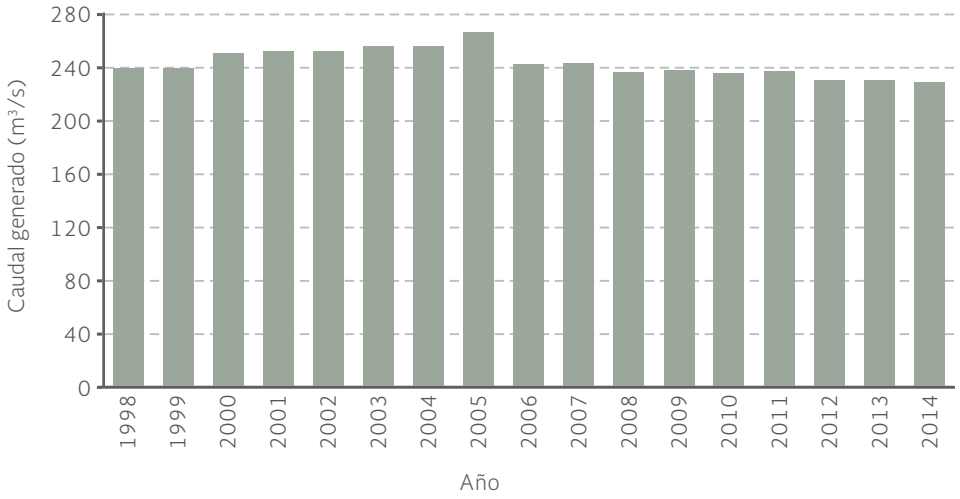
La calidad del agua es una medida de las propiedades físicas, químicas y biológicas del líquido (Peters *et al.*, 2009) que resulta fundamental conocer para poder aprovechar adecuadamente y de forma segura el líquido. Para medirla se definen estándares específicos en función de los usos que pretende dársele (p. ej. agua potable, para el uso agrícola o industrial; UNDP *et al.*, 2000). Algunos utilizan parámetros que pueden medirse fácilmente, como la temperatura, conductividad, turbidez, pH y oxígeno disuelto. Otras medidas se enfocan en los nutrientes, sólidos disueltos totales, metales pesados, patógenos y compuestos orgánicos.

DESCARGAS DE AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales domésticas, industriales, agrícolas y pecuarias contienen elementos y sustancias químicas disueltas, así como sólidos suspendidos, en concentración variable, que si son vertidas sin tratamiento causan la contaminación de los cuerpos de agua superficiales. Se estima que a nivel mundial entre 85 y 95% del agua residual se descarga directamente a los ríos, lagos y océanos sin recibir tratamiento previo (Conagua, 2015).

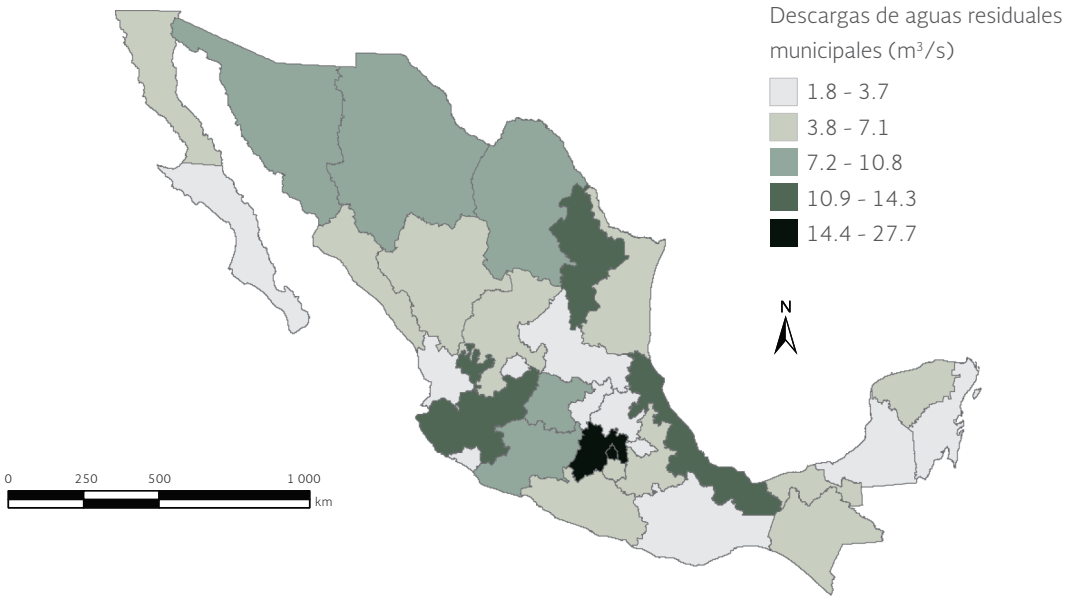
Las aguas residuales de origen municipal provienen de descargas de aguas de las viviendas, edificios públicos y de las escorrentías; estas aguas residuales son colectadas por el drenaje. Sus principales contaminantes son el nitrógeno, fósforo, compuestos orgánicos, bacterias coliformes fecales y materia orgánica, entre muchos otros (Jiménez *et al.*, 2010). A nivel nacional, entre los años 2000 y

Figura 6.16 | *Descargas de aguas residuales municipales a nivel nacional, 1998 - 2014*



Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2010*. Conagua, Semarnat. México, 2010.
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento*. Ediciones 1998-2013. Conagua, Semarnat. México. 1998-2013.
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, Conagua, Semarnat. México. Agosto de 2013.
Semarnap, INEGI. *Estadísticas del Medio Ambiente 1999*. Semarnap, INEGI. México. 2000.
SINA, Conagua, Semarnat. *Descarga de aguas residuales*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: octubre de 2015.

Mapa 6.15 | *Descarga de aguas residuales de origen municipal por entidad federativa, 2014*[1]



Nota:
[1] La estimación del caudal generado por entidad federativa fue con base a la cantidad de caudal tratado de aguas residuales municipales y cobertura del servicio de alcantarillado por entidad.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

2005 el volumen de aguas residuales municipales descargadas aumentó cerca del 6% (pasando de 250 a 265.6 m³/s); tendencia que se revirtió a partir de 2006 (Subdirección General de Planeación; Conagua, 2015a y d; Figura 6.16; **IB 2.2-1**). Para 2014, el volumen de aguas residuales provenientes de las descargas municipales fue de aproximadamente 7.2 miles de hectómetros cúbicos al año, equivalente a 228.7 metros cúbicos por segundo, de las cuales se colectaron en los sistemas de alcantarillado 6.65 miles de hectómetros cúbicos al año (211 m³/s) y se trataron 3.51 miles de hectómetros cúbicos en el mismo periodo (111.3 m³/s; Conagua, 2015a, b y d).

En 2014, las entidades que generaron los mayores caudales de aguas residuales municipales fueron el estado de México (27.7 m³/s), Distrito Federal (22.5 m³/s), Jalisco (14.3 m³/s), Veracruz (13.4 m³/s) y Nuevo León (12.9 m³/s; Conagua, 2014a; Conagua, 2015a y d), que en conjunto aportaron alrededor del 39% del volumen nacional generado para ese año (Mapa 6.15).

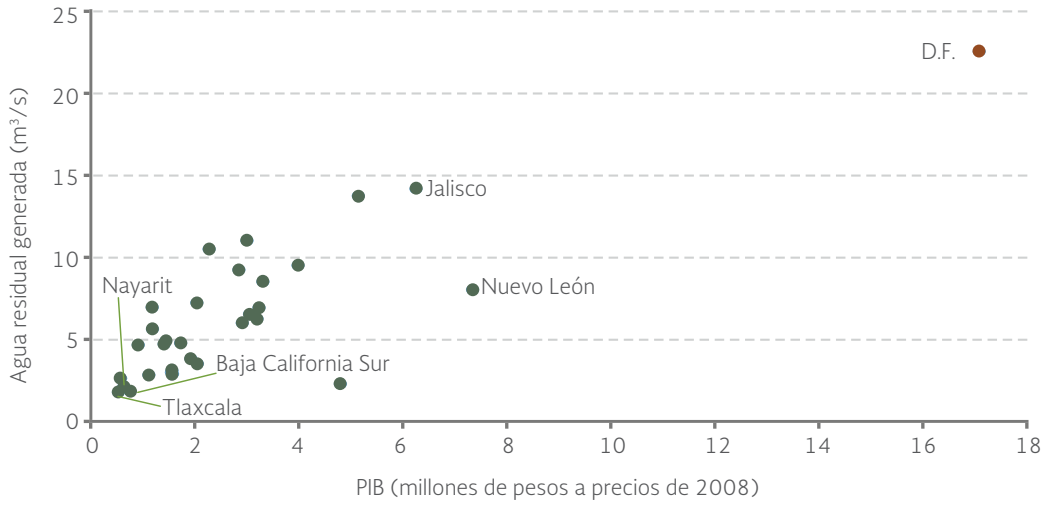
Las entidades que contribuyen con el mayor porcentaje al PIB nacional también fueron las que generaron mayores descargas de aguas residuales, como en los casos del Distrito Federal y estado de México; aquellas con el menor porcentaje de aportación al PIB nacional (Baja California Sur, Chiapas, Colima, Guerrero, Nayarit y Oaxaca; INEGI, 2015c) generaron la menor cantidad de aguas residuales de origen municipal (Figura 6.17).

Al analizar la generación de aguas residuales a nivel per cápita, entre 2014 y 2015[16] cada mexicano generó alrededor de 60 metros cúbicos al año. Las entidades que en 2013[17] presentaron valores per cápita superiores a los 100 m^3/hab/año fueron Colima, Sonora, Morelos y Durango, mientras que los habitantes de Chiapas y Oaxaca fueron los que generaron el menor caudal (< 30 m^3/hab/año).

Respecto a las aguas residuales industriales[18], entre 2000 y 2014 su descarga hacia los cuerpos de agua se incrementó 19.6%, pasando de 169.9 a 211.4 metros cúbicos por segundo. En este último año, las descargas fueron de alrededor de 6.67 miles de hectómetros cúbicos al año (211.4 m^3/s), de los cuales se trataron 2.07 miles de hectómetros cúbicos al año (65.6 m^3/s) (Figura 6.18, **IB 2.2-2**).

Por otro lado, el número de plantas de tratamiento también se ha incrementado y estabilizado en número, año con año. En 1992 sólo había 394 plantas municipales en operación, para 2009 eran ya 2 020 plantas municipales y 2 186 plantas industriales; en 2010 existían 2 186 municipales y 2 850 industriales, en 2012 había 2 342 plantas municipales y 2 520 industriales; mientras que en 2014 estaban operando 2 337 plantas municipales y 2 639 plantas industriales (Conagua, 1998-2015d).

Figura 6.17 | *PIB estatal y generación de aguas residuales de origen municipal, 2014*



Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales. Disponible en: www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibt/. Fecha de consulta: diciembre de 2015.

[16] Se tomó como referencia la estimación de la población residente en viviendas particulares habitadas (119 530 753 millones) hasta el 15 de marzo de 2015, de la Encuesta Intercensal 2015 de INEGI.
[17] Conagua no presenta información desagregada para 2014.
[18] Incluye aguas provenientes de descargas de usos industrial, comercial, pecuario y agrícola.

Figura 6.18 *Descargas de aguas residuales no municipales, incluyendo la industria, 2000 - 2014*

Fuentes:
Elaboración propia con base en:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2010.* Conagua, Semarnat. México, 2010.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015.* Conagua, Semarnat. México, 2015.
Conagua, Semarnat. Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Ediciones 1998-2015. Conagua, Semarnat. México. 1998-2015.
Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, Conagua, Semarnat. México. Agosto de 2013.
Semarnap, INEGI. Estadísticas del Medio Ambiente 1999. Semarnat, INEGI. México. 2000.
SINA, Conagua, Semarnat. *Descarga de aguas residuales.* Disponible en: http://201.116.60.25/SINA/Default.aspx. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

RED DE MONITOREO E INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL: DBO_5, DQO y SST

La Conagua mide la calidad de los recursos hídricos a través de la Red Nacional de Monitoreo (RNM). En 2014, la Red contaba con 5 000 sitios distribuidos en el país, de los cuales 2 514 correspondían a la red superficial y los 2 486 restantes a los cuerpos de agua subterránea, cuerpos costeros y de descarga, principalmente. Los sitios con monitoreo de calidad del agua se ubican en los principales cuerpos de agua del país, en su mayor parte en zonas con alta influencia antropogénica (Tabla 6.4; Cuadro D3_R_AGUA05_03).

Los indicadores que la Conagua utiliza para reportar la calidad del agua son la demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO_5), la demanda química de oxígeno (DQO) y la concentración de sólidos suspendidos totales (SST; Conagua, 2015e y d).

Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5)

La DBO_5 es ampliamente utilizada para determinar el grado de contaminación del agua por materia orgánica biodegradable[19], tanto en aguas residuales domésticas como industriales. La descarga de aguas con gran cantidad de materia orgánica a los cuerpos de agua naturales ocasiona que

[19] En esta prueba se mide la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias aerobias cuando consumen la materia orgánica biodegradable presente en el agua que se analiza. Se inocula con bacterias aerobias la muestra de agua a analizar y después de cinco días se mide la concentración de oxígeno residual. La cantidad de oxígeno consumido se determina midiendo el oxígeno disuelto al inicio y al término de la prueba.

las bacterias y otros microorganismos ahí presentes dispongan de una fuente de nutrimentos que acelera su reproducción. La abundancia de microorganismos consume el oxígeno disuelto en el agua, lo que puede ocasionar que bajen sus niveles hasta umbrales en los que peces y otros organismos acuáticos mueren por asfixia, una condición conocida como hipoxia (Conagua, 2015e).

Entre 2012 y 2014, el porcentaje de sitios con excelente calidad disminuyó 22.8%, en contraste, aumentaron los sitios considerados como contaminados y fuertemente contaminados (que en conjunto lo hicieron en 33%). En 2014, el 31.4% de los sitios de monitoreo reportó valores inferiores a los 3 miligramos por litro (límite máximo permitido para una calidad excelente), un decremento importante si se compara con el valor reportado para el año 2012 donde el 40.7% de los sitios monitoreados fueron clasificados con calidad del agua excelente (Mapa 6.16). En el otro extremo, a nivel nacional, cerca de 7.9% de los sitios registró valores mayores a 30 miligramos por litro de DBO_5 (categorías contaminada y fuertemente contaminada), valor que se considera el límite máximo permisible para protección de la vida acuática en ríos. Los sitios con altos valores de DBO_5 (mayores a 30 mg/L y que se consideran contaminados y fuertemente contaminados) se concentraron en las zonas más pobladas de las regiones I Península de Baja California, XIII Aguas del Valle de México y IV Balsas (de 34.3, 19.4 y 18.4 de sus sitios, respectivamente; Mapa 6.16; Figura 6.19; **IB 2.2-8** e **IC 12**).

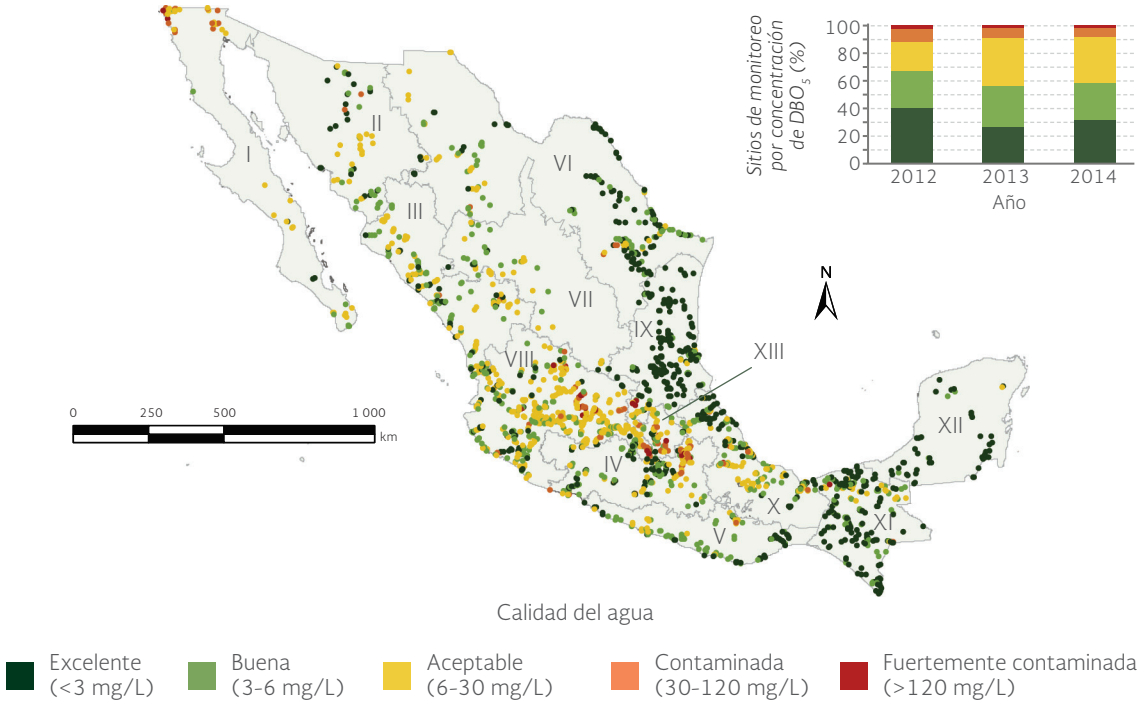
Tabla 6.4 | *Sitios de muestreo de la Red Nacional de Monitoreo, 2014*[1]

Red	*Número de sitios*
Superficial (cuerpos de agua superficiales)	2 514
Subterránea (cuerpos de agua subterráneos)	1 084
Estudios especiales en cuerpos de agua superficiales	35
Cuerpos costeros (zonas costeras)	1 053
Descargas superficiales	301
Descargas subterráneas	13
Total	**5 000**

Nota:
[1] De acuerdo a la Ley de Aguas Nacionales (Art. 3. Fracc. XXII) "Descarga" es la acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor.

Fuente:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

Mapa 6.16 *Distribución de sitios de monitoreo de calidad del agua para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) en cuerpos de agua superficiales, 2014*



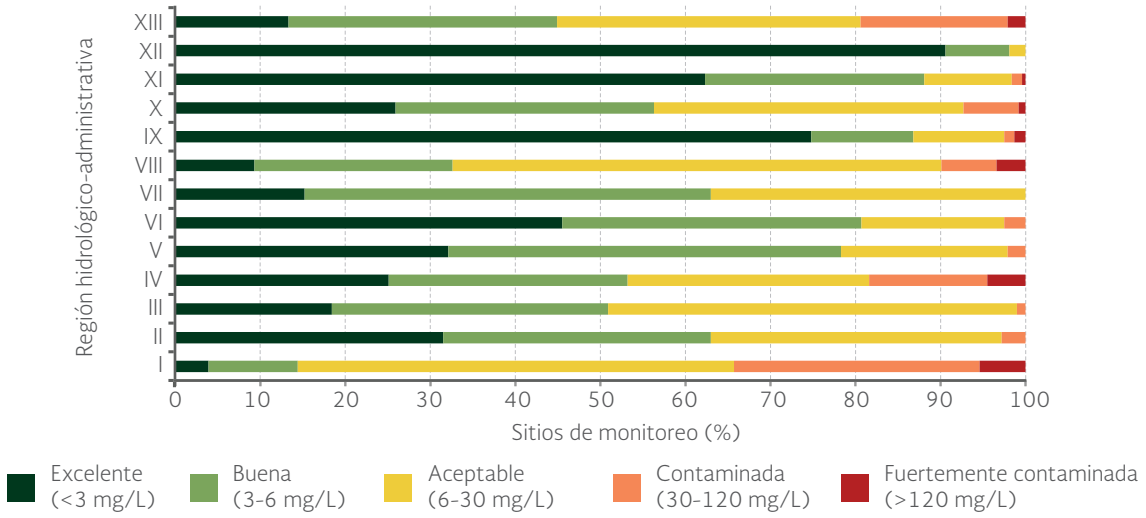
Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Atlas del Agua en México. Edición 2015.* Conagua, Semarnat. México. 2015.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015.* Conagua, Semarnat. México. 2015.

Demanda química de oxígeno (DQO)

La demanda química de oxígeno es un indicador que mide la cantidad de materia orgánica que es susceptible de ser oxidada por medios químicos (SE, 2012). Los valores superiores a 40 miligramos por litro sugieren la presencia de descargas de aguas residuales sin tratamiento. El aumento de la concentración de materia orgánica puede significar una reducción en el contenido de oxígeno disuelto en el agua, lo que afecta considerablemente a los organismos y a los ecosistemas acuáticos. Es aplicable a muestras de aguas naturales crudas no salinas, tanto epicontinentales, como subterráneas y pluviales, aguas residuales crudas municipales e industriales y aguas residuales tratadas municipales e industriales y es de aplicación nacional (SE, 2012).

En el periodo de 2012 a 2014, el porcentaje de sitios con excelente calidad disminuyó de 32.1 a 3.7%; mientras que en el otro extremo los contaminados pasaron de 5.5 a 5% (Mapa 6.17; Figura 6.20). En 2014, el 45.2% de los sitios superó el límite máximo permitido (40 mg/L). En las regiones I Península de Baja California, IV Balsas, VIII Lerma-Santiago-Pacífico y XIII Aguas del Valle de México se obtuvieron entre el 50 y el 72.7% de los sitios de monitoreo con concentraciones promedio anuales superiores a los 40 miligramos por litro; y el 6% registró valores promedio superiores a los 200 miligramos por litro (Mapa 6.17).

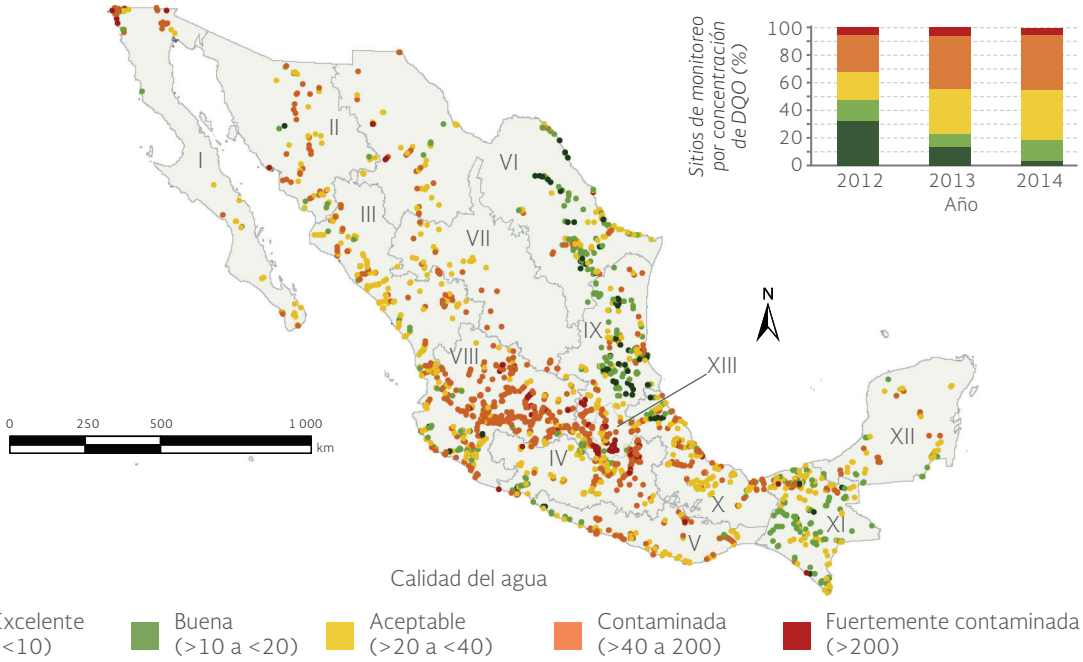
Figura 6.19 *Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales para demanda bioquímica de oxígeno a cinco días (DBO_5) por región hidrológico-administrativa, 2014*



Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

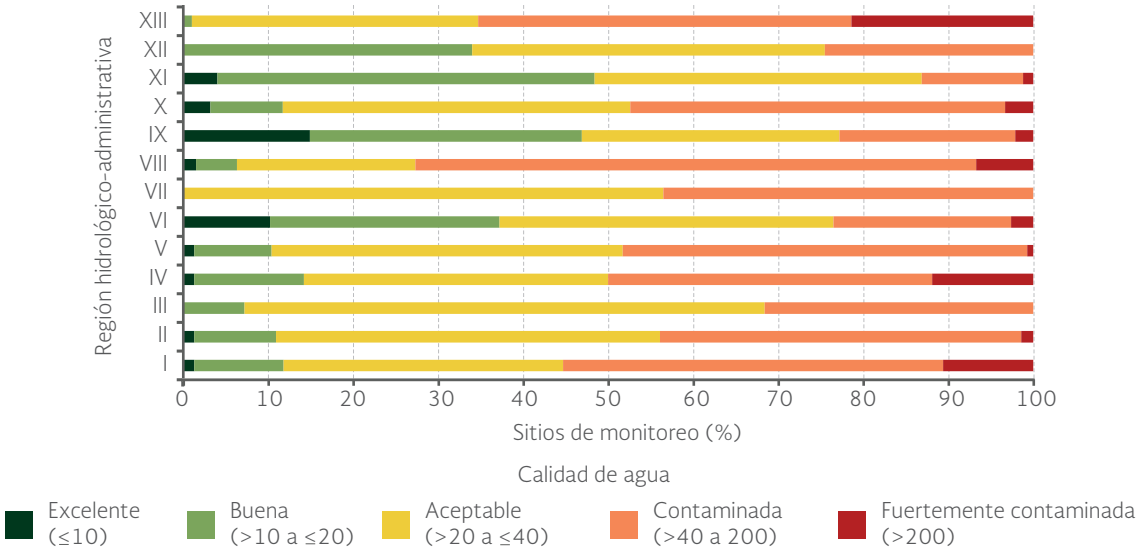
Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Calidad del agua*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

Mapa 6.17 *Distribución de sitios de monitoreo de calidad del agua para la demanda química de oxígeno (DQO) en cuerpos de agua superficiales, 2014*



Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Atlas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

Figura 6.20 | *Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales para demanda química de oxígeno (DQO) por región hidrológico-administrativa, 2014*



Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Calidad del agua*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

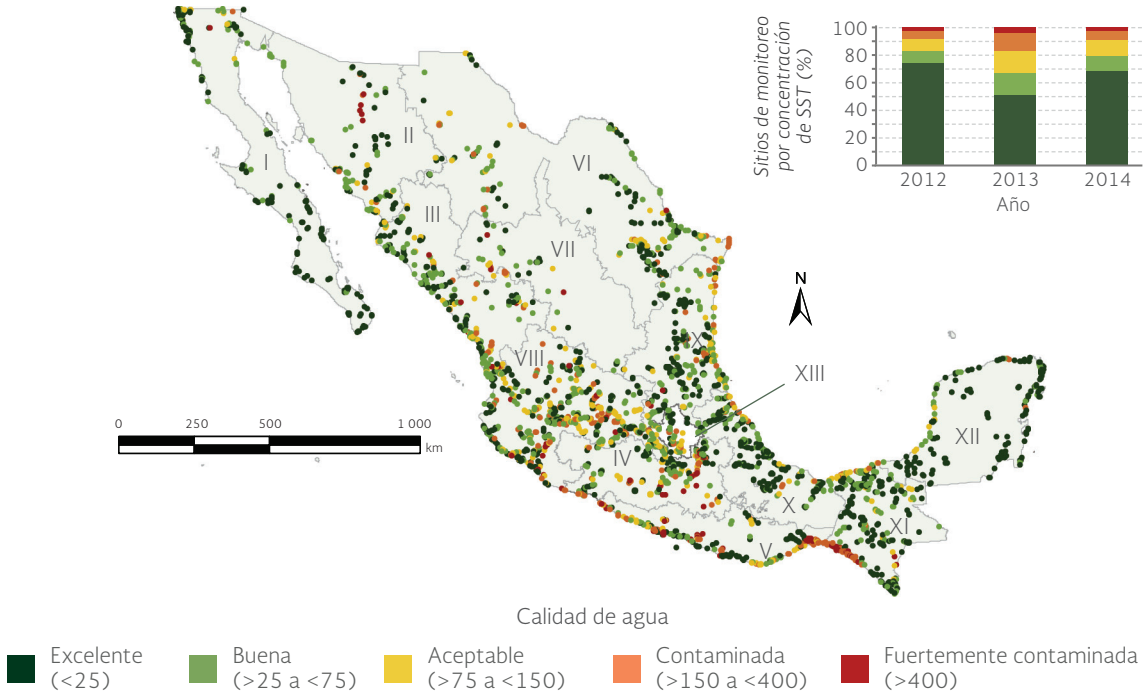
Sólidos suspendidos totales (SST)

Los sólidos en suspensión son materiales presentes en el agua en forma de coloides o partículas muy finas que causan su turbidez; el aumento en su cantidad disminuye la penetración de la luz solar e impide el desarrollo de la vegetación acuática natural, ocasionando daños a la biodiversidad. A mayor contenido de sólidos en suspensión, mayor es el grado de turbidez[20]. La turbidez aumenta con el crecimiento excesivo de algas, con la actividad de algunos organismos y, en el caso de ríos, con los cambios en el flujo. Sin embargo, también el incremento de sólidos suspendidos puede originarse por la descarga de aguas residuales y por las partículas del suelo que provienen de la erosión en las cuencas de captación de los cuerpos de agua (Gómez *et al.*, 2013).

El porcentaje de sitios con excelente calidad, durante el periodo de 2012 y 2014 fluctuó entre 43.3 y 57.7% (Mapa 6.18). En 2014, el 6.8% de los sitios de monitoreo se consideraron contaminados y fuertemente contaminados (sobrepasaron el límite de 150 mg/L). Las regiones hidrológico-

[20] A diferencia de los sólidos disueltos, éstos pueden separarse por procesos mecánicos como la sedimentación y la filtración. Las partículas o sólidos suspendidos se componen de material orgánico e inorgánico. El material orgánico está compuesto principalmente de algas o microorganismos y el inorgánico de arcillas, silicatos y feldespatos, entre otros.

Mapa 6.18 | *Distribución de sitios de monitoreo de calidad del agua para los sólidos suspendidos totales (SST) en cuerpos de agua superficiales, 2014*



Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Atlas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

administrativas con el mayor porcentaje de sitios con contaminación de las aguas superficiales (SST >150 mg/L) fueron V Pacífico Sur (13.1%) y IV Balsas (con 15%). Mientras que las regiones con el mayor porcentaje de sitios en aguas superficiales con excelente calidad fueron XII Península de Yucatán (89.1%), I Península de Baja California (79.1%) y VII Cuencas Centrales del Norte (69.5%; Figura 6.21 y Mapa 6.18).

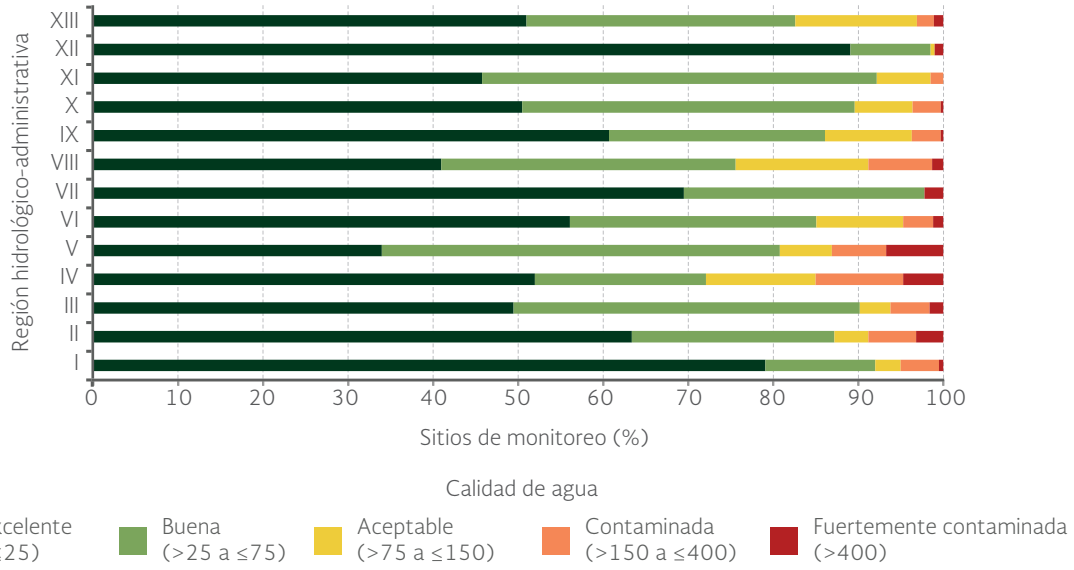
Calidad bacteriológica del agua de mar en playas

Las descargas de aguas residuales que se vierten a ríos y arroyos y que desembocan en las zonas costeras pueden también afectar la calidad del agua marina. A ellas deben sumarse las descargas de aguas residuales de las poblaciones de las zonas costeras que, si se vierten sin tratamiento, también deterioran su calidad. La contaminación del agua marina puede tener efectos en los ecosistemas costeros y en la salud humana. En el caso de los ecosistemas costeros, el exceso de nutrimentos en el agua y la presencia de sustancias químicas tóxicas pueden producir desde fenómenos ocasionales como la proliferación masiva de algas (las llamadas mareas rojas), hasta la pérdida de la biodiversidad. Estos efectos no sólo tienen impactos en el ambiente, pueden alcanzar a la economía local y por tanto, dañar el bienestar de las comunidades que dependen de los recursos costeros para su subsistencia. En el caso de sus efectos sobre la salud

humana, los daños más comunes se producen al nadar en aguas contaminadas, provocando enfermedades gastrointestinales, la irritación en la piel e infecciones en ojos y oídos (Conagua, 2015a; Conagua, 2015e; Laureano-Nieves, 2005; SE, 2012).

Los estándares de calidad del agua son establecidos y regulados por una serie de normas oficiales[21]. Entre los diversos parámetros utilizados para medir si la calidad del agua es adecuada para uso recreativo[22] está la cuantificación de los microorganismos patógenos, es decir, los que están asociados a los aportes de aguas residuales, cuya relevancia se debe a los riesgos que representan para la salud por causar enfermedades infecciosas (Larrea-Murrell *et al.*, 2013; James, 1979 en Wong y Barrera, 1996). Entre las pruebas más utilizados está la medición de coliformes fecales (su presencia es evidencia de contaminación fecal; Conagua, 2014a) y los enterococos[23], que se emplean principalmente en el análisis de aguas marinas o salobres (Cofepris, 2015; Laureano-Nieves, 2005; Larrea-Murret *et al.*, 2013).

Figura 6.21 | *Distribución porcentual de sitios de monitoreo en cuerpos de agua superficiales para sólidos suspendidos totales (SST) por región hidrológico-administrativa, 2014*



Región hidrológico-administrativa (RHA):
I Península de Baja California, II Noroeste, III Pacífico Norte, IV Balsas, V Pacífico Sur, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico, IX Golfo Norte, X Golfo Centro, XI Frontera Sur, XII Península de Yucatán, XIII Aguas del Valle de México.

Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Calidad del agua*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

[21] Las Normas Oficiales Mexicanas 001-Semarnat-1996, 002-Semarnat-1996 y 003-Semarnat-1997 se aplican a las aguas en general.

[22] EL uso recreativo, de acuerdo a la OMS (2002), se clasifica en: a) aguas de contacto directo en las que una persona se mantiene sumergida, e implica un riesgo de ingestión de agua y b) aguas de contacto indirecto, relacionadas con actividades acuáticas en las cuales sólo se tiene contacto accidental con el agua.

[23] El límite máximo permitido, de acuerdo con COFEPRIS, para considerar una playa apta para uso recreativo es de 200 enterococos (NMP/100 ml).

Para vigilar la calidad bacteriológica del agua de mar en los destinos turísticos de playa del país, en 2003 inició el Programa Integral de Playas Limpias y el Sistema Nacional de Información sobre la Calidad del Agua en Playas Mexicanas; en él participan las Secretarías de Marina, Medio Ambiente y Recursos Naturales, Salud y Turismo. El programa monitorea la calidad del agua de mar de acuerdo con los criterios descritos por la Organización Mundial de la Salud para fines recreativos en destinos de los 17 estados costeros. De acuerdo con sus criterios de calificación, las muestras con un contenido superior a los 200 enterococos en 100 mililitros no son recomendables para uso recreativo.

En 2003 se monitoreaban 226 playas en 35 destinos turísticos de las costas del país, aumentando en 2014 a 267 playas en 63 destinos turísticos, con un total de 364 sitios de muestreo. En general, desde que inició el programa, la mayoría de las entidades han registrado buena calidad del agua en sus playas. En 2003, el 93.7% del total de las playas cumplían con los criterios de calidad del agua; al cierre del primer trimestre de 2015 esta cifra ascendía al 99.5%. No obstante estos resultados, se ha observado que algunas de las playas de destinos turísticos en Tonalá (Chiapas), Acapulco y Zihuatanejo (en Guerrero) y Puerto Vallarta (Jalisco) no han sido aptas, en su calidad del agua, en más de la mitad del periodo que lleva el programa. Al cierre del primer trimestre de 2015 las entidades que registraron playas con menor calidad del agua fueron Campeche (playas de Campeche), Colima (playa Armería y Manzanillo) y Guerrero (playas de Acapulco, de Ixtapa y de Zihuatanejo; Mapa 6.19). Los resultados del programa pueden consultarse en la página www.gob.mx/semarnat/articulos/programa-playas-limpias.

SERVICIOS BÁSICOS RELACIONADOS CON EL AGUA

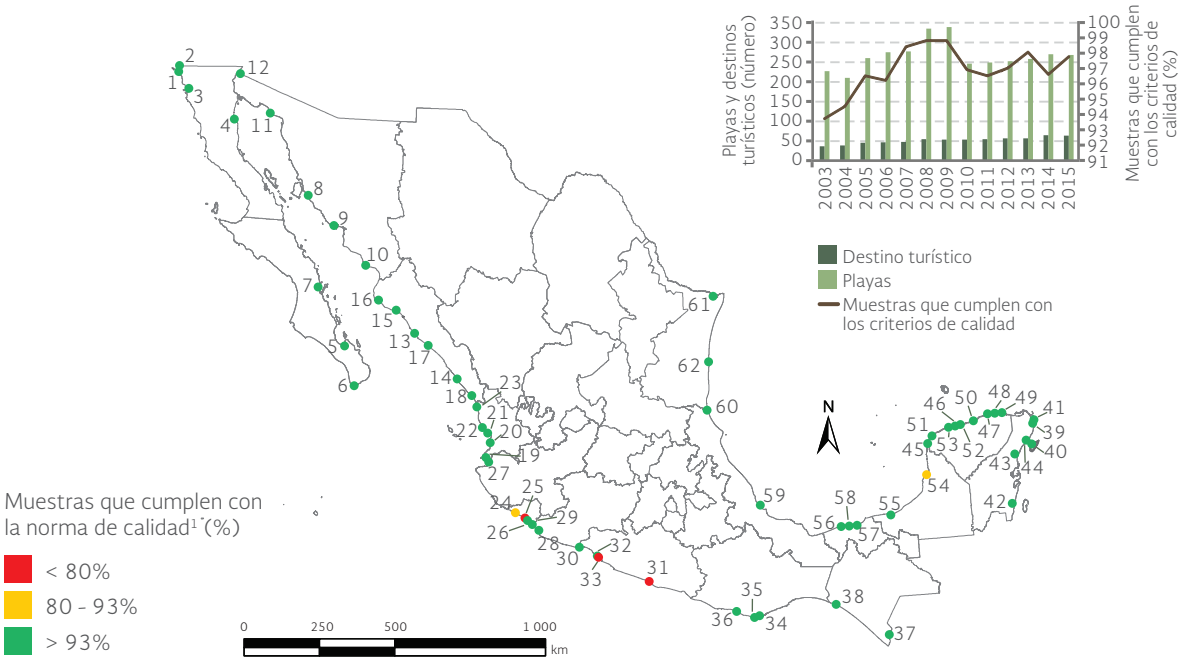
Agua potable

Tener acceso al agua potable es un derecho fundamental, imprescindible para el bienestar de la población. El consumo de agua no potable puede traer consigo la presencia de diversas enfermedades (como el cólera y la tifoidea, entre otras; Conagua 2014 y Conagua 2015a) causantes de morbilidad y muerte en los países en desarrollo. Para mayores detalles respecto a la incidencia de enfermedades relacionadas con la mala calidad del agua, ver el capítulo Población y medio ambiente de este Informe. Para evitar los problemas de salud a la población, se procura que el agua suministrada se someta a procesos de desinfección y/o potabilización que le garanticen las características adecuadas para su uso y consumo.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, la meta mundial de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) relativa al agua potable se alcanzó antes de lo previsto. Se tenía proyectado que para 2015, el 88% de la población mundial debería tener acceso a este recurso, sin embargo, aunque esta cifra se alcanzó y superó en 2010 (UNICEF-WHO, 2015), se estima que hay alrededor de 663 millones de personas que carecen del acceso a agua potable en todo el mundo (Figura 6.22 y Mapa 6.20)[24], de los cuales el 4% corresponde a población urbana y, en contraste, el 16%

[24] La regionalización mostrada en la gráfica 6.22 y el mapa 6.20 corresponde a la utilizada en los Objetivos de Desarrollo del Milenio. El mismo criterio se aplica para la gráfica 6.25 y el mapa 6.24 que aparecen en la sección de alcantarillado de este mismo capítulo.

Mapa 6.19 | *Calidad bacteriológica de las playas en los destinos turísticos de México, 2015*



Destinos turísticos

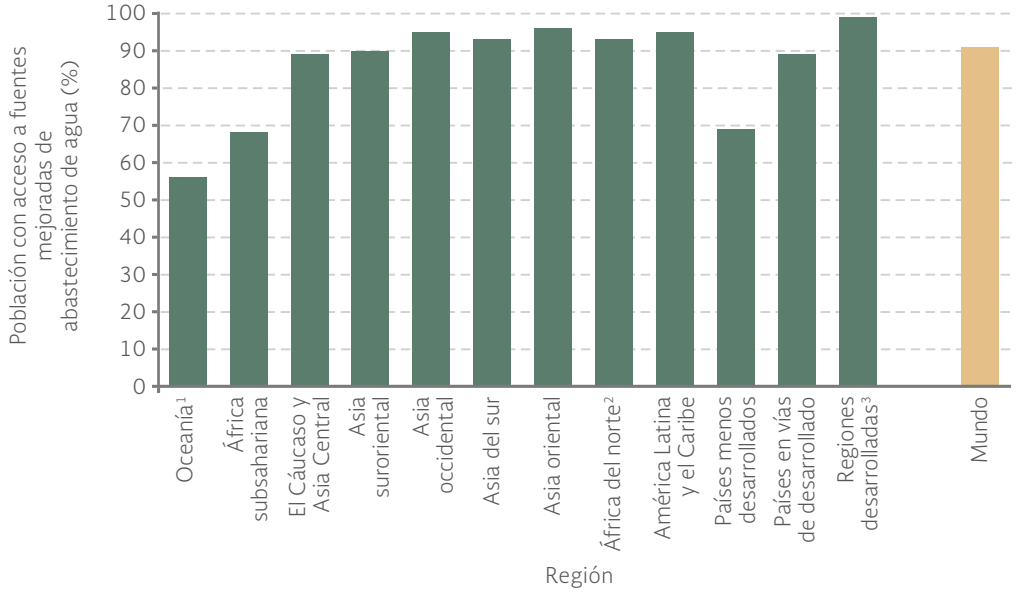
1 Rosarito
2 Tijuana
3 Ensenada
4 San Felipe
5 La Paz
6 Los Cabos
7 Loreto
8 Bahía de Kino
9 Guaymas
10 Huatabampo
11 Puerto Peñasco
12 San Luis Río Colorado
13 Bahía de Altata Navolato
14 Mazatlán
15 Guasave
16 Los Mochis
17 Culiacán
18 Escuinapa
19 Bahía de Banderas
20 Compostela
21 San Blas
22 Santiago Ixcuintla
23 Tecuala
24 Manzanillo
25 Armería
26 Tecomán
27 Puerto Vallarta
28 Aquila
29 Coahuayana
30 Lázaro Cárdenas
31 Acapulco
32 Ixtapa
33 Zihuatanejo
34 Huatulco
35 Puerto Ángel
36 Puerto Escondido
37 Tapachula
38 Tonalá
39 Cancún
40 Cozumel
41 Isla mujeres
42 Othón P. Blanco
43 Tulum
44 Riviera Maya
45 Celestún
46 Dzemul
47 Dzidzantun
48 Dzilam
49 Ría Lagartos
50 Sinanché
51 Sisal
52 Telchac
53 Progreso
54 Campeche
55 Ciudad del Carmen
56 Cárdenas
57 Centla
58 Paraíso
59 Veracruz
60 Ciudad Madero
61 Matamoros
62 Soto La Marina

Nota:
[1] Los datos corresponden al primer semestre de 2015.

Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
Conagua, Semarnat. *Atlas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua. Conagua, Semarnat. México. 2015.

es población que habita en zonas rurales. Esto se traduce en que ocho de cada diez personas que carecen de este servicio, viven en áreas rurales. En 2015, sólo tres países (Angola, Guinea Ecuatorial y Papua Nueva Guinea) tenían un porcentaje menor al 50% de su población con acceso a agua potable, en contraste con los 23 países que se encontraban en esta situación en 1990. En términos de la población mundial, esto significa que en 2015, el 91% de la población mundial ya contaba con acceso a una fuente de agua potable mejorada, en contraste con el 76% que había en 1990 (UNICEF-WHO, 2015).

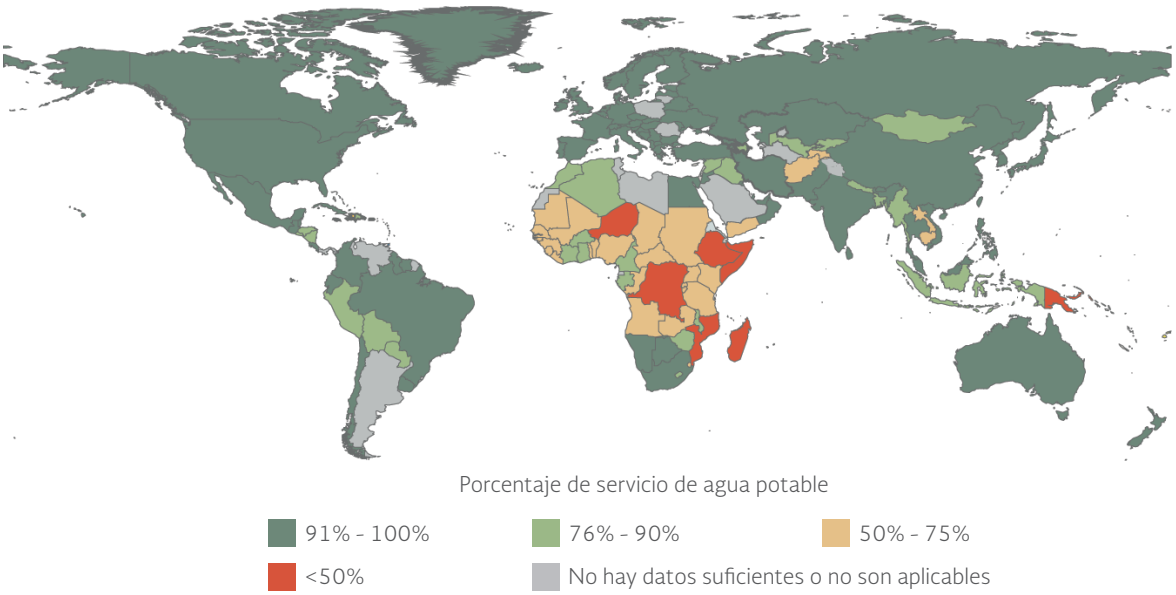
Figura 6.22 | *Cobertura mundial de agua potable, 2014*



Notas:
[1] Incluye solamente las islas que forman parte de los archipiélagos de Melanesia, Polinesia y Micronesia.
[2] Incluye países de África septentrional.
[3] Incluye Estados Unidos, Canadá, Unión Europea, Australia, Japón, Corea del Sur y Rusia.

Fuente:
OMS y UNICEF. *Progresos en materia de agua potable y saneamiento. Informe de actualización 2014.* OMS, UNICEF. Luxemburgo. 2014.

Mapa 6.20 | *Cobertura de agua potable, 2012*



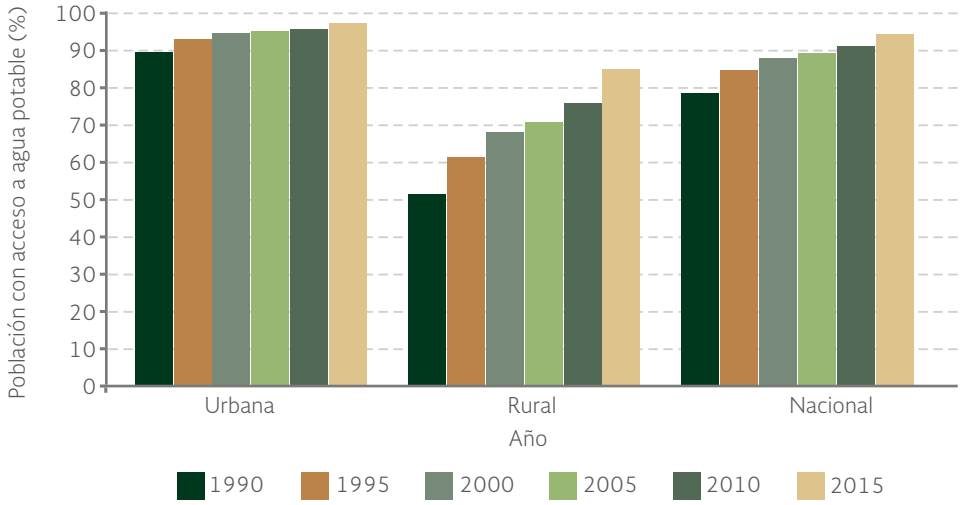
Fuente:
OMS y UNICEF. *Progresos en materia de agua potable y saneamiento. Informe de actualización 2014.* OMS y UNICEF. Luxemburgo. 2014.

Para el caso de México, en 2015 la cobertura nacional de agua potable[25] (Figura 6.23) alcanzó 90.9% de la población, valor superior al promedio mundial (89%) pero inferior al observado para América Latina y el Caribe (94%) y para países como Estados Unidos, Francia y Canadá, que prácticamente cubren a su población total (OMS, 2016; UNICEF, 2015). Entre 1990 y 2015, el porcentaje de cobertura de viviendas que disponen de agua entubada pasó de 78.4% a 95.3%, lo que equivaldría en 2015 a alrededor de 112.72 millones de personas (INEGI, 2015a y b). Durante dicho periodo, en las zonas urbanas la cobertura pasó de 89.4 a 97.8%, mientras que en las rurales el cambio fue de 51.2 a 86.9%.

Por otro lado, a nivel de entidad federativa, en 2015 de acuerdo con la Conagua, las entidades con el mayor acceso a fuentes de agua mejorada fueron Aguascalientes (99%) y Distrito Federal (98.5%), mientras que aquellas con el menor porcentaje fueron Guerrero, Oaxaca y Chiapas (con 86, 85 y 84%, respectivamente; Mapa 6.21).

A nivel nacional en 2015, se suministró un promedio diario de 250 litros de agua por habitante, un volumen superior al mínimo recomendado por la ONU que asciende a 150 litros diarios: 50 litros para cubrir las necesidades básicas mínimas de alimento y aseo y 100 litros más para cubrir las necesidades generales (FNUAP, 2001). A nivel estatal la situación varía ampliamente: en ese mismo

Figura 6.23 | *Cobertura de agua potable[1], 1990 - 2015*

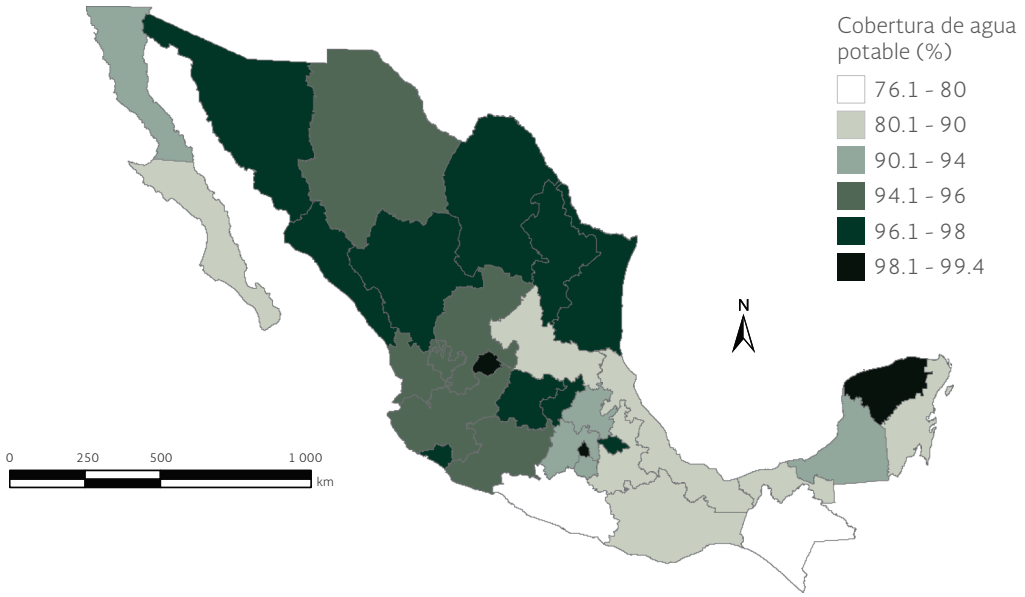


Nota:
[1] Incluye a los ocupantes en viviendas particulares habitadas con agua entubada dentro de la vivienda o en el predio, de un hidrante público o de otra vivienda, respecto al total de ocupantes.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015
INEGI. *Censo de Población y Vivienda 1990, 2000 y 2010; Conteos de Población y Vivienda 1995 y 2005*. INEGI. México.
INEGI. *Encuesta Intercensal 2015. Tabulados*. INEGI. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua potable y alcantarillado*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2016.

[25] Incluye (en términos porcentuales) a los ocupantes en viviendas particulares habitadas con agua entubada dentro de la vivienda o el predio, de un hidrante público o de otra vivienda, respecto al total de ocupantes en viviendas particulares habitadas, en las zonas rurales y no rurales.

Mapa 6.21 | *Cobertura de agua potable por entidad federativa, 2015*[1]



Nota:
[1] Los datos de cobertura de agua potable corresponden a la población que cuenta con el servicio o en servicio.

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua potable y alcantarillado*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

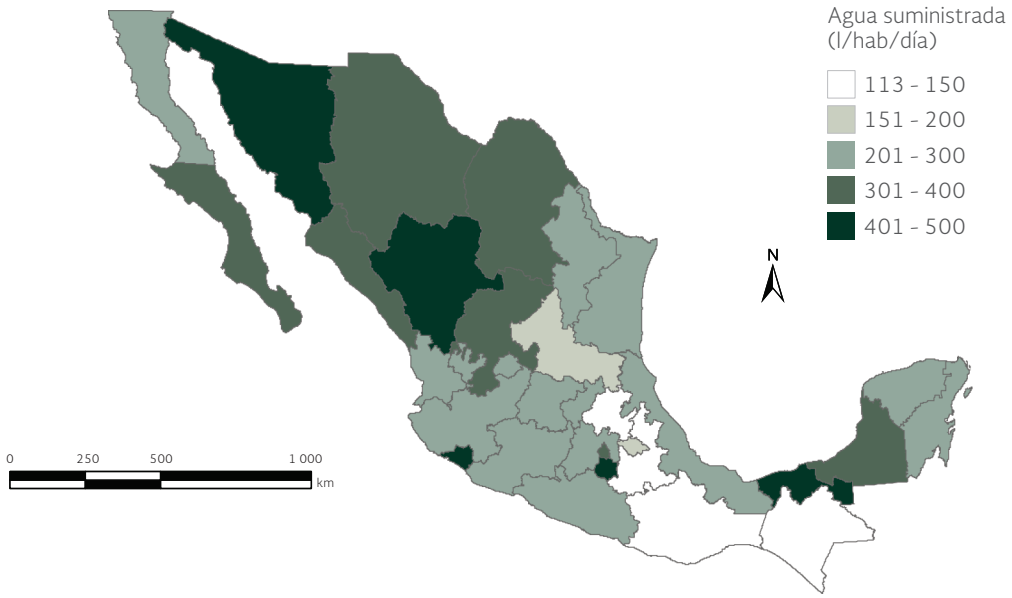
año los habitantes de Colima, Durango, Morelos, Sonora y Tabasco recibieron un suministro de agua mayor a los 400 litros diarios por habitante, en tanto que los habitantes de Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla y Tlaxcala recibieron en promedio 141 litros diarios (Mapa 6.22).

Además de contar con acceso al agua, es importante que su suministro sea de buena calidad, lo que puede conseguirse por medio de sistemas de potabilización[26] o desinfección. Su objetivo es producir agua: 1) sin compuestos químicos ni patógenos que pongan en riesgo la salud de los consumidores, 2) sin sabor o color desagradable, 3) libre de turbidez, 4) razonablemente blanda (de manera que no se requiera de grandes cantidades de detergentes y jabones para la ducha o para lavar), y 5) no corrosiva al sistema de distribución (IMTA-Conagua, 2007). En 2014, en el país el proceso de desinfección del agua para consumo humano alcanzó alrededor del 97% del caudal suministrado (equivalente a 328 367 l/s de agua potabilizada[27] de 337 908 l/s de agua producida). A nivel de entidad federativa, 14 entidades lograron desinfectar caudales por arriba del 98%; en contraste, Baja California Sur, Chiapas, Guerrero, Michoacán, Quintana Roo, San Luis Potosí, Tamaulipas y Yucatán registraron porcentajes de desinfección menores al 95% del agua producida (Mapa 6.23).

[26] Potabilización es el conjunto de operaciones y procesos, físicos y/o químicos que se aplican al agua en los sistemas de abastecimiento público o privado, a fin de hacerla apta para uso y consumo humano (NOM-127-SSA1-1994). Una planta potabilizadora es un conjunto de estructuras, instalaciones, procesos y operaciones que mejoran la calidad del agua, haciéndola apta para uso y consumo humano.

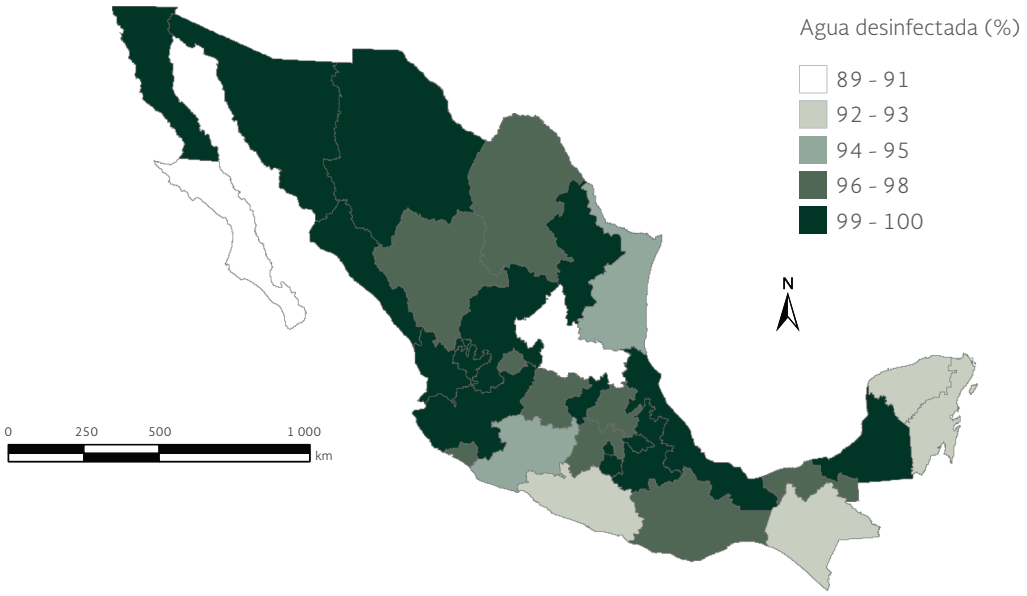
[27] De acuerdo con la Conagua, el dato presentado es parcial, por diversas dificultades con el flujo de información.

Mapa 6.22 | *Suministro de agua potable per cápita por entidad federativa, 2014*



Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

Mapa 6.23 | *Porcentaje de agua desinfectada por entidad federativa, 2014*[1]



Nota:
[1] El porcentaje fue estimado a partir del caudal (l/s) de agua desinfectada entre el caudal (l/s) de agua producida por entidad federativa.

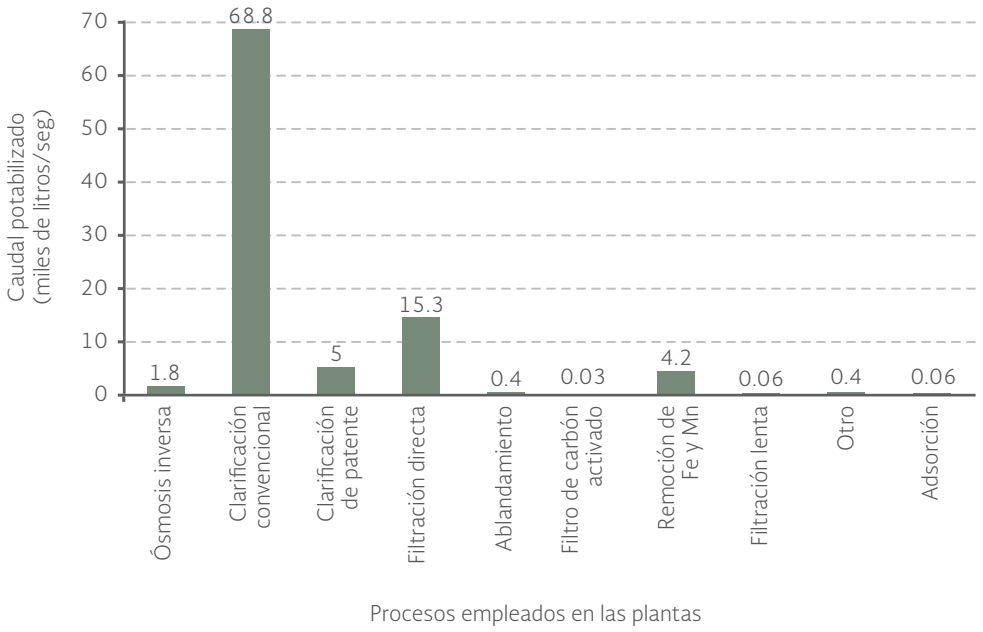
Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

En 2014 había en operación 779 plantas potabilizadoras, con una capacidad instalada de 138 metros cúbicos por segundo. Las plantas en operación potabilizaron un caudal de alrededor de 96.3 metros cúbicos por segundo (69.8% de la capacidad instalada). En ese año se tuvo una cobertura de agua desinfectada del 97.2%, es decir, de 338 metros cúbicos por segundo de agua suministrada a la población a nivel nacional, se desinfectaron 328 metros cúbicos por segundo, esto es, 5 litros por segundo más que en el año 2013 (Conagua, 2015d).

De los 338 metros cúbicos por segundo de agua suministrada a nivel nacional, se estima que casi 63% provienen de fuentes subterráneas; el resto se obtiene de fuentes superficiales y se procesan para su potabilización 89 metros cúbicos por segundo (Conagua, 2015d).

La infraestructura de potabilización no se encuentra repartida de manera regular en el territorio; algunas entidades cuentan con más plantas y por tanto pueden potabilizar mayores caudales de líquido. En 2014, destacaban en este rubro Jalisco y el estado de México, con caudales superiores a los 12 mil litros por segundo (con 43 y 11 plantas, respectivamente). Esta situación contrasta con la de Morelos y Colima que potabilizaron caudales menores a los 10 litros por segundo; entidades como Nayarit, Quintana Roo, Tlaxcala y Yucatán carecen de plantas potabilizadoras (Conagua, 2015d).

Figura 6.24 | *Plantas potabilizadoras por proceso y caudal potabilizado, 2014*



Fuente:
SINA, Conagua, Semarnat. *Plantas potabilizadoras*. Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

Tabla 6.5 | *Procesos empleados en las plantas potabilizadoras en México, 2014*

Proceso de potabilización	*Descripción*	*Caudal potabilizado (en l/s) y número total de plantas*
Ósmosis inversa	Remoción de iones y moléculas disueltas en el agua, por medio de altas presiones que fuerzan su paso a través de una membrana semipermeable que retiene las partículas mayores a 0.0001 µm.	1 810 (240)
Clarificación convencional	Se emplea para aguas superficiales con alta turbiedad, color y/o microorganismos. Reduce la concentración de materia suspendida. A menudo emplea filtros de arena con tamaño del grano mayor de 0.5 mm.	68 810 (213)
Clarificación de patente	Puede ser convencional, filtración directa y filtros lentos, que se modifica en alguna de sus partes y se considera de fabricación exclusiva por un fabricante.	5 090 (157)
Filtración directa	Se emplea para aguas con niveles bajos de turbidez, color y/o microorganismos. Se emplea con o sin pretratamiento de filtración directa; elimina los sólidos presentes originalmente en el agua, o los precipitados. Consiste de una mezcla rápida de reactivos químicos, filtración y desinfección.	15 340 (76)
Ablandamiento	Reduce o elimina la dureza del agua por presencia de iones calcio y magnesio de formaciones geológicas. Normalmente por precipitación química, pero puede ser por intercambio iónico u otro proceso.	470 (18)
Filtro de carbón activado	Gran capacidad de adsorción de diversos elementos, eliminación del cloro libre y compuestos orgánicos. Se emplea en las depuraciones de agua subterránea, purificaciones del caudal final de las estaciones de tratamiento de agua potable.	30 (35)
Remoción de Fe y Mn	El ablandamiento con cal también sirve para remover fierro y manganeso. Particularmente útil cuando estos elementos se encuentran con componentes que no son fácilmente oxidables.	4 200 (11)
Filtración lenta	Para aguas crudas con bajos contenidos de turbidez y color, que no requiere tratamiento químico; generalmente para pequeños sistemas de abastecimiento. Se usa filtración y desinfección, su limpieza es manual, extrayendo la capa más superficial del filtro con la materia retenida.	60 (10)
Adsorción	Remoción de iones y moléculas de una solución que presentan afinidad a un medio sólido adecuado, de forma tal que son separados de la solución.	60 (3)
Otro	Sin información específica.	410 (16)

Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Edición 2007*. Conagua, Semarnat. México. 2007.
SINA, Conagua, Semarnat. *Plantas potabilizadoras.* Disponible en: www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60. Fecha de consulta: diciembre 2015.

En 2014[28], el proceso de potabilización más utilizado por el número de plantas que lo aplicaban fue el de ósmosis inversa (240 plantas, que representan el 30.8% del total), seguido por el de clarificación convencional (en 213 plantas) y el de clarificación de patente (157 plantas; Figura 6.24; Tabla 6.5). Las plantas con el proceso de ósmosis inversa trataron 1 810 litros por segundo, las de clarificación convencional 68 810 litros por segundo y las que utilizan el proceso de clarificación de patente trataron 5 090 litros por segundo (Tabla 6.5).

[28] No se cuenta con información desagregada por entidad federativa, para 2014.

Alcantarillado

El alcantarillado es otro de los servicios públicos básicos para lograr el bienestar de la población. El acceso a este servicio reduce la incidencia de enfermedades de origen hídrico causadas por el consumo de agua contaminada con patógenos o componentes químicos derivados del mal manejo de las aguas residuales (Conagua, 2014a; ver el capítulo de Población y medio ambiente). En México se estima que el alcantarillado evita cada año la muerte de 2.2 millones de niños y reduce también los gastos en salud pública y la productividad por enfermedades y muertes prematuras (Conagua, 2011a y b). Paralelamente, el alcantarillado disminuye la presión que las aguas residuales de origen municipal ejercen sobre la calidad de las fuentes de suministro de agua, al permitir su recolección y tratamiento (Conagua, 2014a).

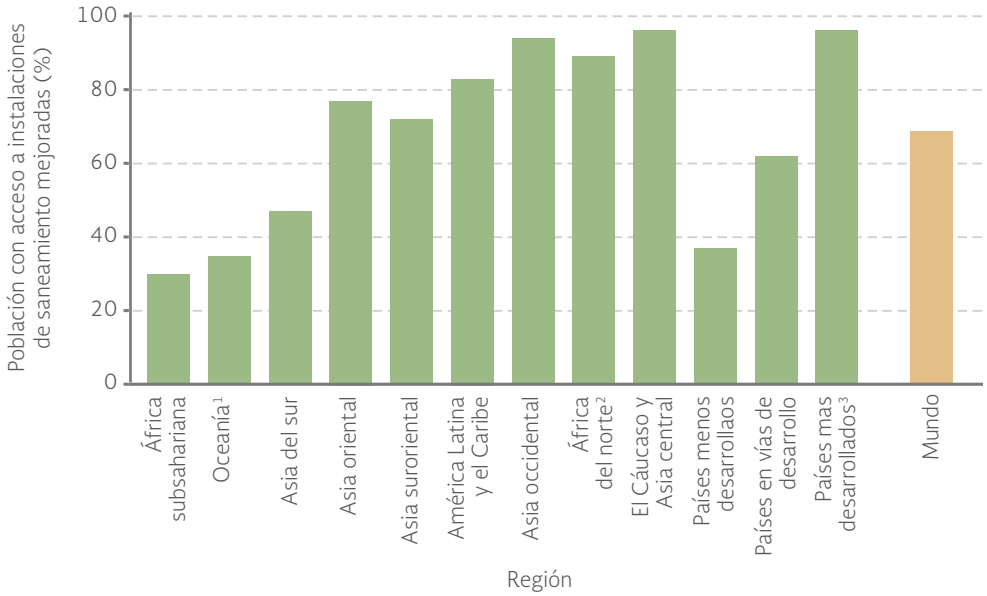
A nivel mundial, a partir de los Objetivos de Desarrollo del Milenio se pretendía reducir a la mitad la población sin acceso a servicios básicos de saneamiento mejorado[29] entre 1990 y 2015; lo que implicaba extender su cobertura de 54 a 77% de la población mundial. Sin embargo, a diferencia del acceso al agua potable, esta meta no se alcanzó pues en 2015 la población con acceso a saneamiento mejorado fue de 68%. Los nueve puntos porcentuales restantes para alcanzar la meta mundial planteada en los ODM representarían la cobertura de aproximadamente 700 millones de personas más. Cabe señalar que aunque la meta no se cumplió completamente, el avance registrado entre 1990 y 2015 significó proveer a 2 100 millones de personas de este servicio en todo el mundo (UNICEF-WHO, 2015). Al igual que con el acceso a agua potable, la tendencia en la cobertura de saneamiento mejorado es mayor en las regiones urbanas que en las rurales, con 82 y 51%, respectivamente. Además se estima que 9 de cada 10 personas que todavía practican la defecación al aire libre, viven en zonas rurales.

El acceso a los servicios de saneamiento mejorado no es homogéneo en el mundo. En la Figura 6.25 se observa que el grupo de los países desarrollados, aunque tienen la mayor cobertura quedaron un punto porcentual por debajo de su meta regional para 2015, que era de 97%. La misma diferencia se presentó en la región de América Latina y el Caribe, la cual quedó en 83%. La región de África Subsahariana apenas alcanzó el 30%, y la de Oceanía el 35%, quedando muy por debajo de sus metas regionales que eran de 62% y 68% respectivamente. Las regiones del Cáucaso y Asia Central, Asia oriental, África septentrional y Asia occidental fueron las que alcanzaron sus metas regionales (UNICEF-WHO, 2015; Figura 6.25 y Mapa 6.24).

En el periodo 1990-2015, en México la población que no contaba con alguna fuente de saneamiento mejorado disminuyó 32%. En 2015 se registró una cobertura nacional de

[29] En el contexto internacional enmarcado en los Objetivos de Desarrollo del Milenio, la OMS y la UNICEF definen al saneamiento mejorado como tecnología de más bajo costo que permite eliminar higiénicamente las excretas y las aguas residuales, lo cual permite tener un medio ambiente limpio y sano tanto en la vivienda como en los usuarios. La cobertura al saneamiento mejorado se refiere al porcentaje de personas que utilizan servicios de saneamiento a partir de conexión a alcantarillas, a sistemas sépticos y letrinas (OMS, s/a). Los datos mostrados en la figura 6.25 y el mapa 6.20 corresponden a estos criterios y no son directamente comparables con los mostrados específicamente para México por la Conagua, a partir de la información recabada por INEGI en los Censos y Conteos de Población y Vivienda, y para 2015 por la Encuesta Intercensal, ya que incluye dentro de su concepto "cobertura de alcantarillado" a las personas que cuentan con conexión a la red de alcantarillado o una fosa séptica, o bien a un desagüe, barranca, grieta, lago o mar.

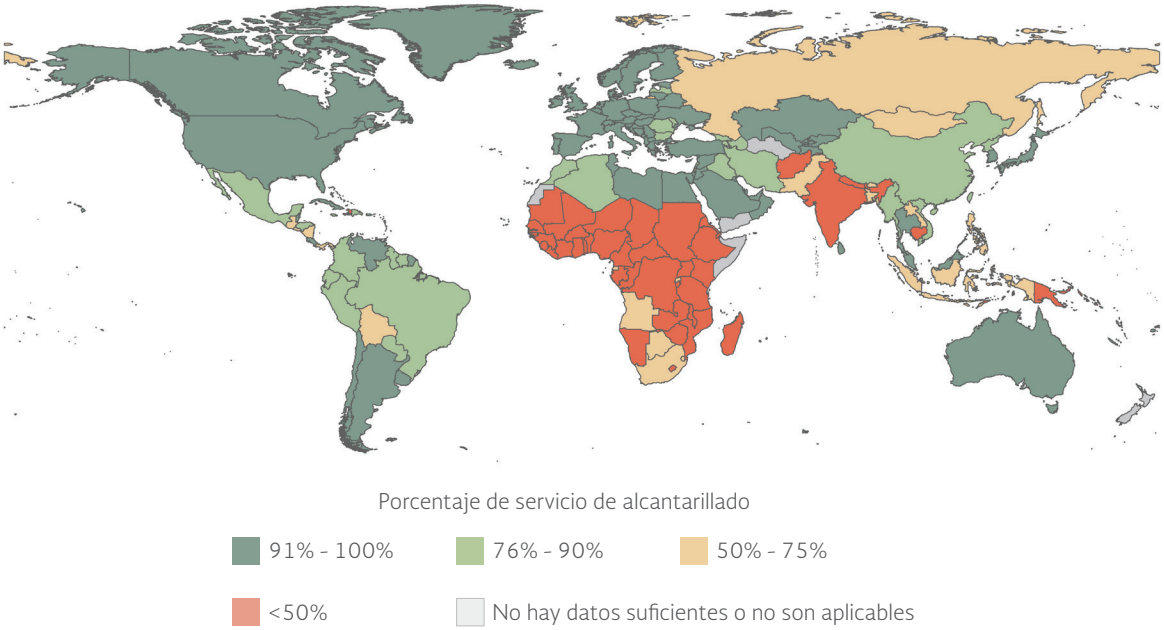
Figura 6.25 | *Cobertura mundial de instalaciones de saneamiento mejorado, 2015*



Notas:
[1] Incluye solamente las islas que forman parte de los archipiélagos de Melanesia, Polinesia y Micronesia.
[2] Incluye países de África septentrional.
[3] Incluye Estados Unidos, Canadá, Unión Europea, Australia, Japón, Corea del Sur y Rusia.

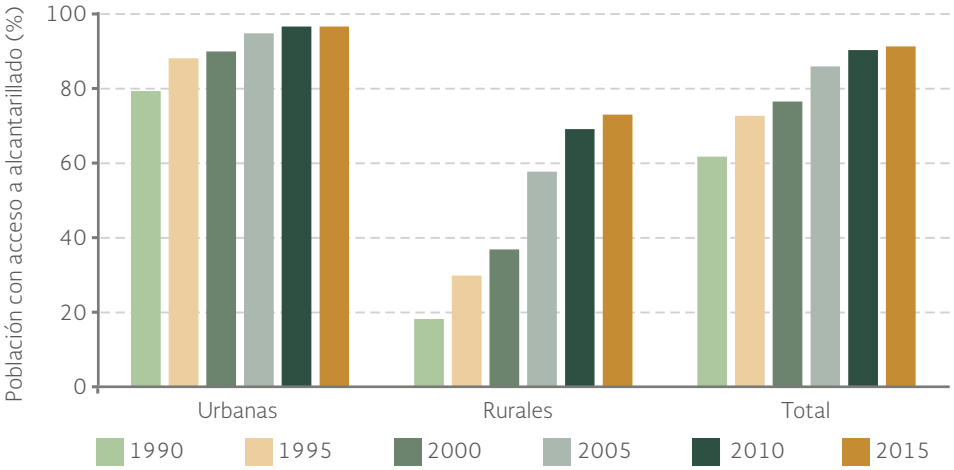
Fuente:
OMS y UNICEF. *Progresos en materia de agua potable y saneamiento. Informe de actualización 2014.* OMS y UNICEF. Luxemburgo. 2015.

Mapa 6.24 | *Cobertura de alcantarillado en el mundo, 2015*



Fuente:
UNICEF y WHO. *Progress on sanitation and drinking water. 2015 update and MDG assessment.* UNICEF y WHO. USA. 2015

Figura 6.26 | *Cobertura de alcantarillado[1], 1990 - 2015*



Nota:
[1] Incluye las descargas conectadas a un alcantarillado, tanque o letrina de pozo mejorado y ventilado.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015.* Conagua, Semarnat. México. 2015.
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento Edición 2015.* Conagua, Semarnat. México. 2015
INEGI. *Censo de Población y Vivienda 1990, 2000 y 2010; Conteos de Población y Vivienda 1995 y 2005.* INEGI. México.
INEGI. *Encuesta Intercensal 2015. Tabulados.* INEGI. México. 2015.
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua potable y alcantarillado.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2016.

alcantarillado del 91% (Figura 6.26); poco más de 10 millones de habitantes aún no cuentan con el servicio[30]. A nivel de entidad federativa, 19 tienen una cobertura superior al promedio nacional (93%), de éstas destacan el Distrito Federal y Morelos con coberturas del 99.9 y 98%, respectivamente. En contraste, Oaxaca y Yucatán tienen coberturas inferiores al 80% (Mapa 6.25). También con diferencias muy marcadas entre las zonas urbanas y rurales: las primeras alcanzaron una cobertura de 97.4% mientras que en las rurales la cobertura fue del 77.5% de la población (Figura 6.26).

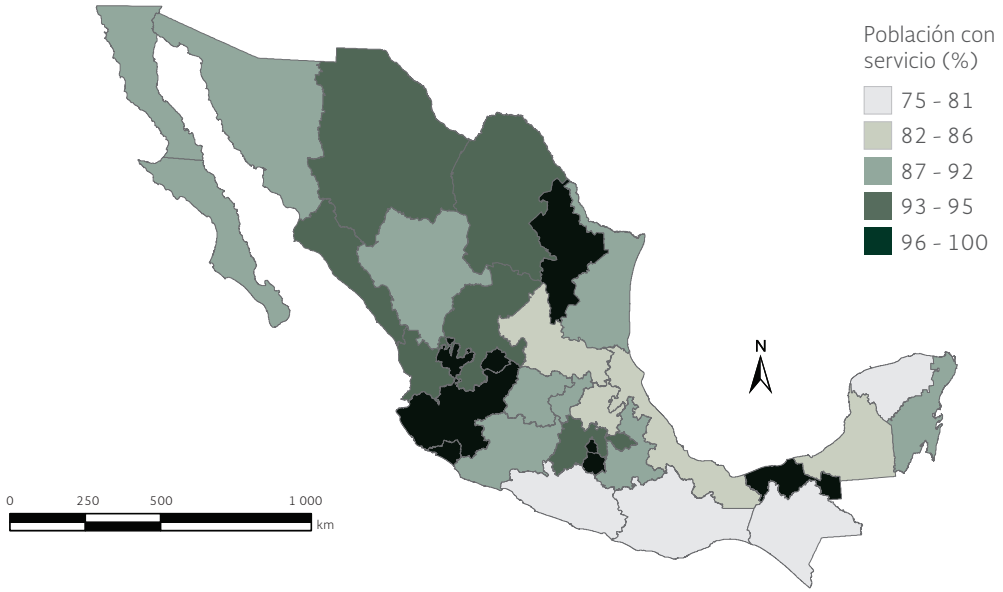
Además, la cobertura por el tipo de saneamiento también ha cambiado; la población que contaba con un sistema conectado a la red de alcantarillado alcanzó 78 millones de habitantes en el 2010, lo que equivalía al 70.6% de la población con el servicio de alcantarillado; mientras que la población sin saneamiento mejorado, es decir, cuya descarga va a dar hacia barrancas, grietas, ríos, lagos o al mar era de aproximadamente de 2 millones, lo que representaba menos del 2% de la población (Figura 6.27).

La evolución de la población con cobertura de alcantarillado ha evolucionado a diferente ritmo si se considera el tamaño de la localidad. En las localidades rurales[31], la población con cobertura de alcantarillado se incrementó cerca de 65% en el periodo 1990-2010; y en las urbanas que van de 15 000 a 49 999 habitantes, tuvieron un aumento del 70% (Figura 6.28).

[30] Para efectos del presente informe, se considera como cobertura de alcantarillado sólo a población con la conexión a la red de alcantarillado o a una fosa séptica, tanque séptico, letrinas de pozo mejoradas ventiladas, por lo que los datos difieren de los reportados por la Conagua (2015a y d).

[31] Las localidades rurales comprenden menos de 2 500 habitantes, y las urbanas 2 500 y más habitantes. Sin embargo, para INEGI, existe una categoría intermedia denominada localidades mixtas o en transición, que comprende entre 2 500 y 14 999 habitantes.

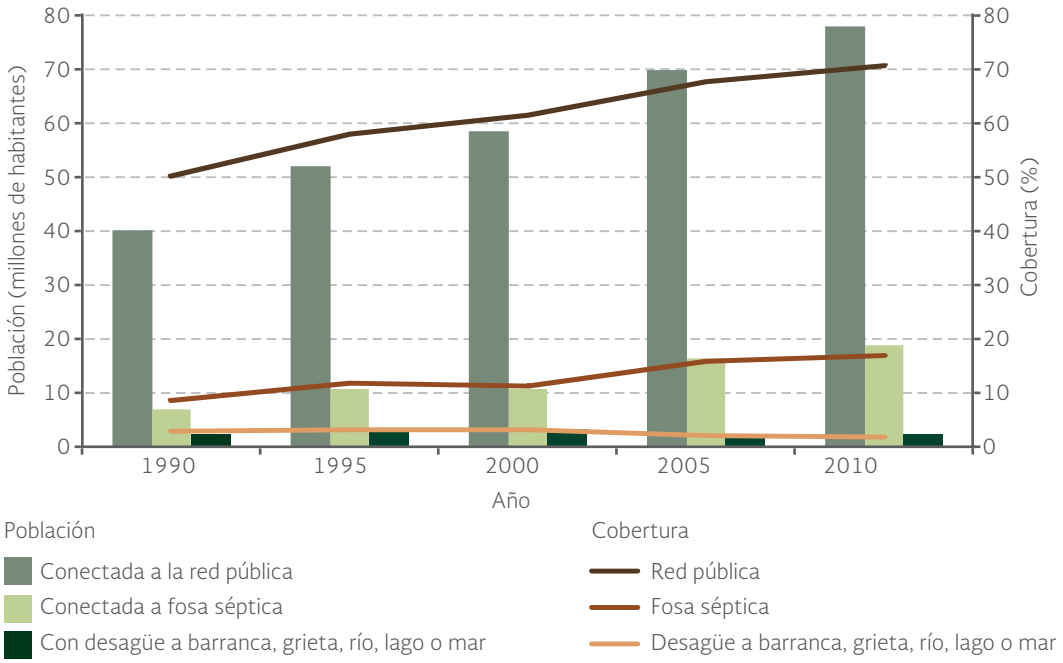
Mapa 6.25 | *Cobertura de alcantarillado por entidad federativa, 2015*[1]



Nota:
[1] Los datos de cobertura de alcantarillado corresponden a la población que cuenta con desagüe a la red pública o a fosa séptica, tanque séptico o letrina de pozo mejorado ventilado.

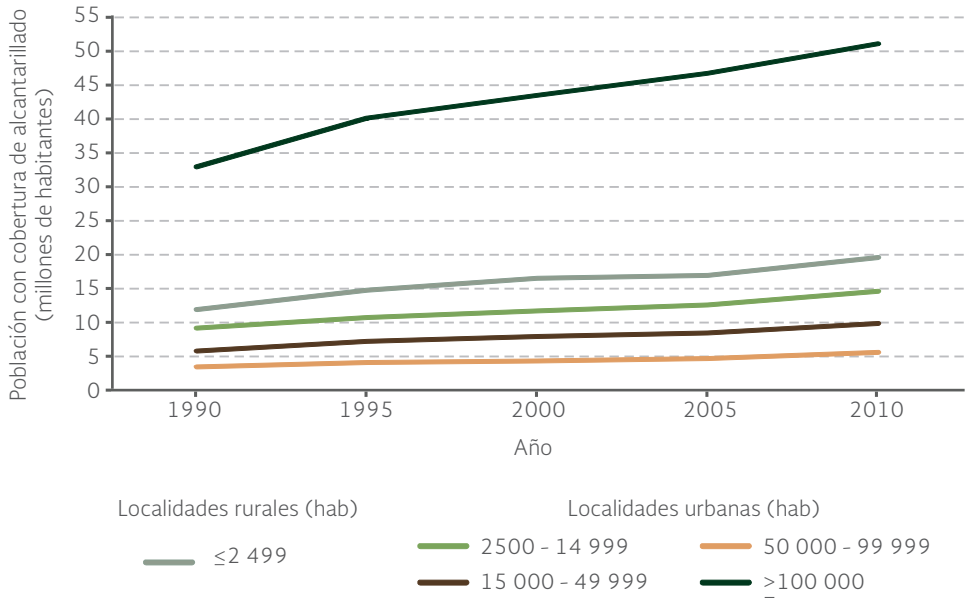
Fuente:
Elaboración propia con datos de:
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua potable y alcantarillado.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: abril de 2016.

Figura 6.27 | *Población con acceso a alcantarillado por tipo de drenaje, 1990 - 2010*



Fuentes:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México.* Ediciones 2007 y 2008. Conagua, Semarnat. México. 2007 y 2008.
INEGI. *Censo de Población y Vivienda 2010.* INEGI. México. 2011.
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua potable y alcantarillado.* Disponible en: www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60. Fecha de consulta: diciembre 2015.

Figura 6.28 | *Población con cobertura de alcantarillado por tamaño de población, 1990 - 2010*[1]



Nota:
[1] Las localidades rurales comprenden menos de 2 500 habitantes y las urbanas 2 500 y más habitantes. Sin embargo, para INEGI, existe una categoría intermedia denominada localidades mixtas o en transición, que comprende entre 2 500 y 14 999 habitantes.

Fuente:
SINA, Conagua, Semarnat. *Agua potable y alcantarillado*. Disponible en: www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60. Fecha de consulta: diciembre 2015.

Tratamiento de aguas residuales

El incremento en el consumo de agua en los distintos sectores genera como resultado un mayor volumen de aguas residuales. Los efectos negativos de la contaminación del agua no sólo afectan a los cuerpos de agua y a los ecosistemas, sino también representan un riesgo para la salud humana cuando el agua se emplea para consumo directo de la población, se vierte sin tratamiento a cuerpos de agua que son utilizadas directamente por la población o bien, se utiliza en otras actividades relacionadas con ella (p. ej., actividades agropecuarias).

El tratamiento de aguas residuales en el país se realiza a través de diversos procesos físicos, químicos y biológicos que buscan eliminar los principales contaminantes presentes, lo que permite que después del proceso puedan ser vertidas en los cuerpos naturales sin graves impactos, aprovechando también la capacidad de los ecosistemas acuáticos de absorberlos, diluirlos y procesarlos.

Para remover los contaminantes en las aguas residuales municipales existen diversos procesos, entre los que se emplean en México se incluyen los lodos activados, lagunas de estabilización, lagunas aireadas, filtros biológicos, dual y otros.

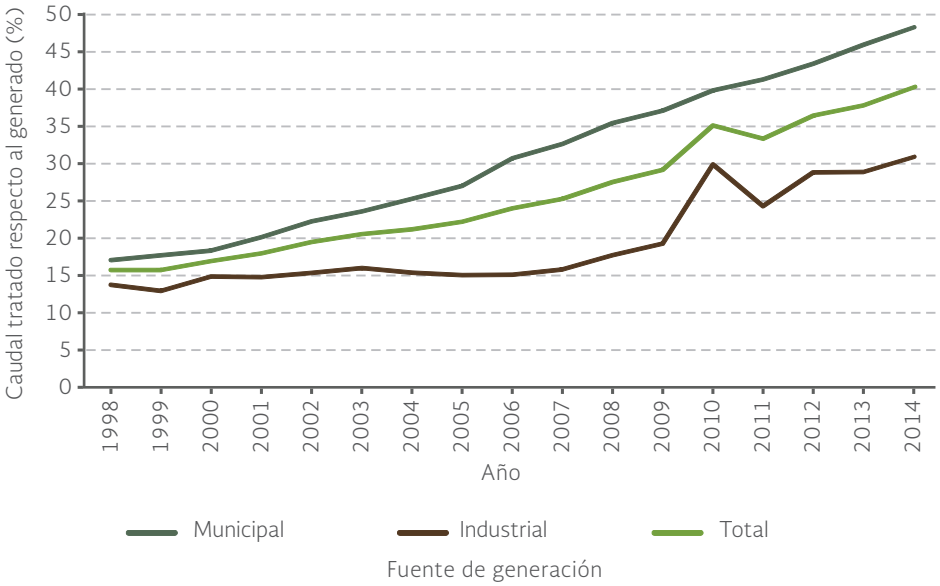
En 2014 se trataron en el país 111.3 y 65.6 metros cúbicos por segundo de aguas residuales en 2 337 plantas municipales y 2 639 plantas industriales, lo que representa en promedio cerca de del 40% del total del caudal de aguas residuales generado, esto representa un incremento de

alrededor del 155% respecto al volumen tratado en 1998 (Figura 6.29). El valor de 2014 está por debajo de países como Bosnia y Herzegovina, Croacia, Polonia, Reino Unido, Rumania y Suiza (que en 2012 trataron en promedio más del 93% de sus aguas residuales), pero por arriba de los países como Iraq, Siria, Tailandia y Vietnam que trataron menos del 10% en el mismo año.

Existe una variación importante entre entidades federativas respecto al porcentaje de aguas residuales municipales que se tratan en relación al caudal generado: en 2013[32], Aguascalientes y Nuevo León trataron todo el caudal de agua residual generado, mientras que en Yucatán, Campeche e Hidalgo fue menor al 10% (Mapa 6.26).

En el caso del tratamiento de las aguas residuales industriales, la proporción del caudal generado que se trata es menor. En 2014 sólo se trataba alrededor del 31% del volumen generado de aguas industriales; aunque el volumen de tratamiento representa más del doble de lo tratado en 1998, aún resulta insuficiente dados los volúmenes de estas aguas que se descargan a los cuerpos de agua superficiales (Figura 6.29).

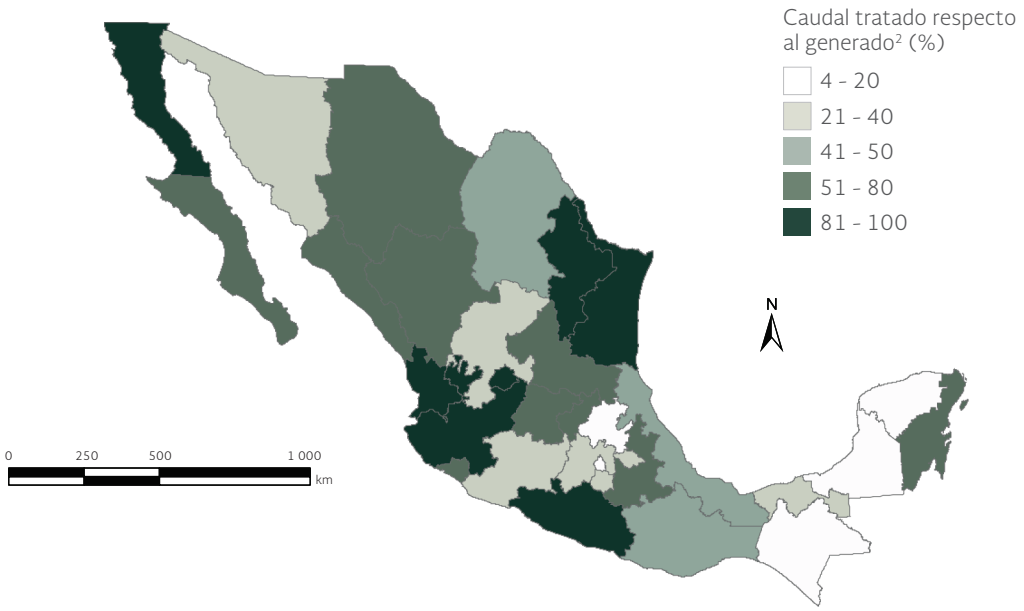
Figura 6.29 | *Tratamiento de aguas residuales respecto al caudal generado, 1998 - 2014*



Fuentes:
Elaboración propia con base en:
Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México.* Edición 2010. Conagua, Semarnat. México, 2010.
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.* Ediciones 1998-2013. Conagua, Semarnat. México. 1998-2013.
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2015.* Conagua, Semarnat. México. 2015.
Gerencia de Saneamiento y Calidad del Agua, Conagua, Semarnat. México. Agosto de 2013.
Semarnap e INEGI. *Estadísticas del Medio Ambiente 1999.* Semarnat e INEGI. México. 2000.
SINA, Conagua, Semarnat. *Plantas de tratamiento de aguas residuales.* Disponible en: http://201.116.60.25/sina/Default4.aspx?tab=47. Fecha de consulta: septiembre de 2015.

[32] Conagua no ha publicado la información desagregada por entidad federativa en 2014, por lo que se presenta la de 2013.

Mapa 6.26 | *Tratamiento de aguas residuales municipales, 2014*[1]



Notas:
[1] El caudal generado fue estimado en función de los parámetros: población, suministro de agua, aportación y cobertura.
[2] El caudal excedente de agua residual tratada se debe a que existen usuarios con fuentes de abastecimiento propias que descargan al alcantarillado municipal.

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015.

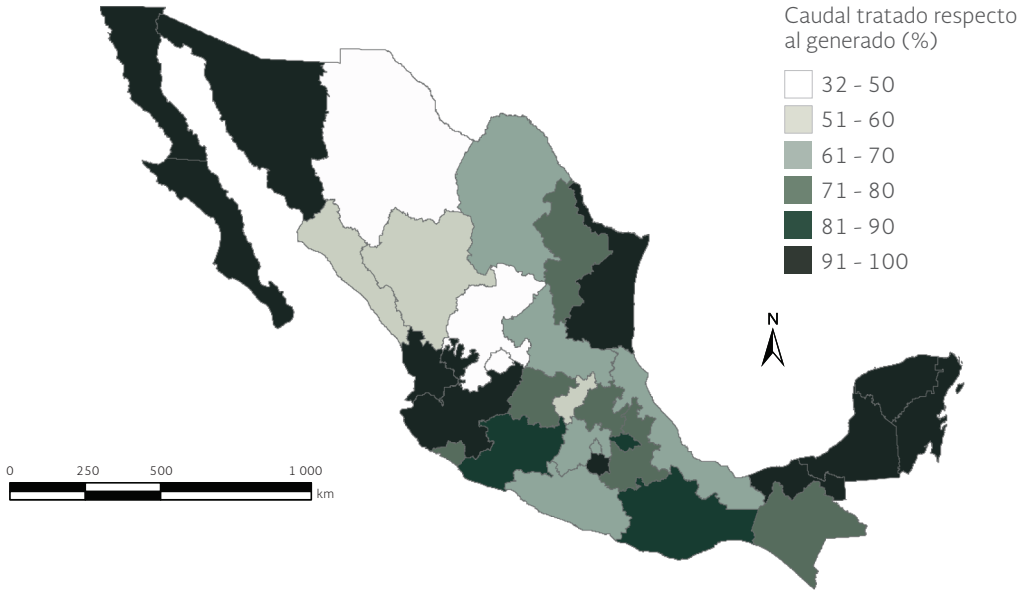
Plantas de tratamiento de aguas residuales

En 2015 se trataron casi 120.9 metros cúbicos por segundo de aguas residuales de origen municipal en 2 447 plantas. Se estima que el sistema de alcantarillado municipal colectó por segundo alrededor de 230 metros cúbicos de agua, de este volumen se trató el 52.6% (120.9 m^3/s). A nivel municipal se tiene una capacidad instalada de casi 178 metros cúbicos por segundo, pero sólo se trataron alrededor de 121 metros cúbicos por segundo (67.9% de la capacidad instalada). La diferencia entre la capacidad instalada y la de operación puede explicarse debido a que no todas las plantas operan a su capacidad total, algunas tienen una operación no óptima (entre otras razones por azolvamiento), otras permanecen inoperantes por mantenimiento, rehabilitación o por falta de presupuesto (Conagua, 2011a y b, Conagua, 2015a).

Para el tratamiento de las aguas de origen industrial, en 2015 se tenían registradas 2 832 plantas industriales, las cuales trataron 70.5 metros cúbicos por segundo de aguas residuales. La capacidad instalada industrial es de 87.6 metros cúbicos por segundo, por lo que se trató el 80.4% (70.5 m^3/s) del total del caudal (Conagua, 2015a). Estas plantas removieron alrededor de 1.3 millones de toneladas de DBO_5, un volumen correspondiente al 19% de la carga orgánica de las aguas industriales generadas.

Por otro lado, las entidades que trataron un caudal de aguas residuales cercano a su capacidad instalada fueron Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Querétaro y Sinaloa. Por su parte, Baja California Sur, Campeche, Jalisco, Nayarit y Tabasco trataron casi el 100% del caudal suministrado respecto a su capacidad instalada en 2014 (Mapa 6.27).

Mapa 6.27 | *Tratamiento de aguas residuales industriales, 2014*[1]



Nota:
[1] El agua residual industrial en México es saneada bajo tres tipos de tratamiento: primario, secundario y terciario. El tratamiento más utilizado es el secundario y se aplica en 1 549 plantas que tienen un gasto de operación de 31.6 metros cúbicos por segundo.

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015

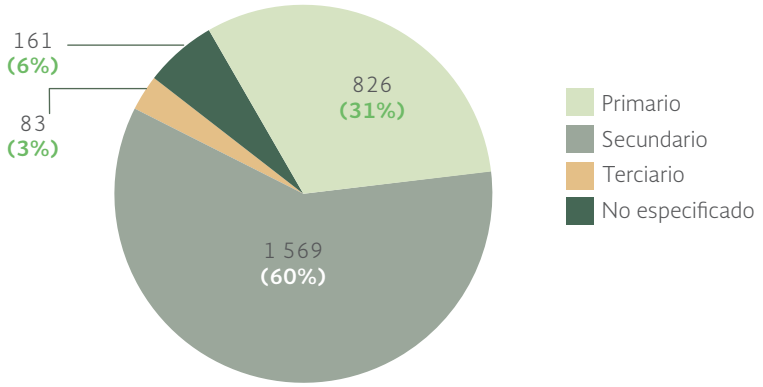
Las aguas residuales industriales son tratadas en tres niveles: primario, secundario y terciario (en la Tabla 6.6 se describen los tipos de tratamiento), de los cuales el más utilizado es el secundario, empleado en 1 569 plantas (Figura 6.30). Este nivel de tratamiento, además del cribado y la sedimentación que se realiza en el proceso primario, implica un proceso biológico en el que el material orgánico se digiere y convierte en células o tejido celular y otros subproductos inocuos como bióxido de carbono y agua. En el tratamiento secundario se puede obtener una remoción de entre 80 y 95% de la DBO original, lo que permite que el agua vertida con estas condiciones no tenga impactos significativos en el cuerpo de agua receptor (Conagua, 2013).

Tabla 6.6 | *Tipos de tratamiento de aguas residuales industriales*

Tratamiento	*Características*
Primario	Ajustar el pH y remover materiales orgánicos y/o inorgánicos en suspensión con tamaño igual o mayor a 0.1 mm.
Secundario	Remover materiales orgánicos coloidales y disueltos.
Terciario	Remover materiales disueltos que incluyen gases, sustancias orgánicas naturales y sintéticas, iones, bacterias y virus.
No especificado	

Fuentes:
Conagua. Semarnat. Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón. Conagua, Semarnat. México. 2013
SINA, Conagua, Semarnat. *Plantas de tratamiento de aguas residuales.* Disponible en: www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60. Fecha de consulta: diciembre 2015.

Figura 6.30 | *Plantas de tratamiento de aguas residuales industriales, por nivel de tratamiento, 2014*[1]



Nota:
[1] Los números corresponden a la cantidad de plantas por tratamiento, los números entre paréntesis indican el porcentaje por tratamiento con relación al total de plantas.

Fuentes:
Conagua, Semarnat. Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2015. Conagua, Semarnat. México.
SINA, Conagua, Semarnat. *Plantas de tratamiento de aguas residuales.* Disponible en: www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60. Fecha de consulta: diciembre 2015.

SERVICIOS AMBIENTALES DE LOS ECOSISTEMAS ACUÁTICOS
PESCA

Los ecosistemas acuáticos marinos y continentales suministran servicios ambientales fundamentales para la sociedad; además del agua dulce para el abasto doméstico y uso agrícola e industrial, proveen de alimentos y materiales de construcción. Aunado a ello debe agregarse su importante papel en la regulación del clima y del ciclo hidrológico, el secuestro de carbono y la protección de las zonas costeras, entre muchos otros.

La pesca es uno de los servicios ambientales más importantes de los ecosistemas marinos y los de aguas continentales (FAO, 2014). A pesar de que se ha practicado desde milenios atrás, no ha sido sino hasta la segunda mitad del siglo pasado que la producción creció a un nivel que puso en riesgo, en distintas regiones, algunas de sus pesquerías más importantes. La sobreexplotación de las pesquerías no sólo tiene consecuencias ecológicas adversas, también afecta el bienestar social y económico de las comunidades que dependen de ellas y que, en muchos casos, son las de menores ingresos, particularmente en los países en desarrollo y en los pequeños estados insulares. Además del impacto directo por la pesca, los sistemas acuáticos sufren por la presión que causa el desarrollo urbano, el embalse y desvío de las corrientes superficiales, la extracción de cantidades importantes de agua para el riego, por la pérdida y degradación de los ecosistemas, la contaminación del agua por el vertido de aguas residuales sin tratamiento y la inadecuada disposición de los residuos, entre otros factores que alteran sus procesos ecológicos (Vázquez, 1998; Duffy, 2010; Fisher *et al.*, 2015).

En 2012, la producción pesquera mundial, considerando captura y acuacultura, alcanzó casi 158 millones de toneladas: 79.7 millones en aguas marinas (50.5% del total), 11.6 millones en las zonas continentales (7.3%), mientras que en el ámbito de la acuacultura la producción fue de 66.6 millones de toneladas (42.2% del total): 24.7 millones de toneladas en aguas marinas y 41.9 millones en las

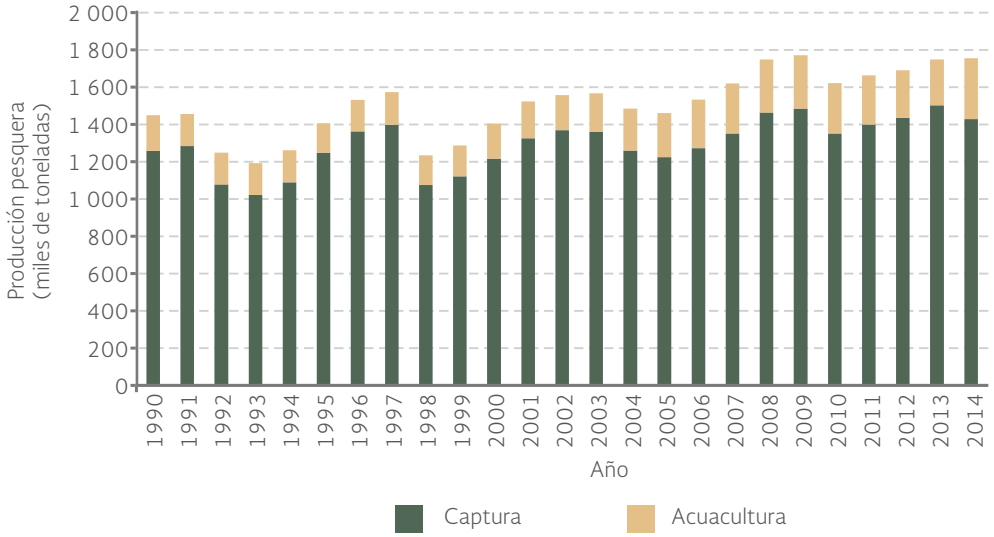
zonas continentales (15.6 y 26.5% respectivamente). Destaca en los últimos años el crecimiento de la producción acuícola: mientras que en 2007 contribuía con 35.5% a la producción global, en 2012 alcanzó el 42.2% (FAO, 2014).

En el caso nacional, aunque la pesca contribuye con un porcentaje bajo del Producto Interno Bruto (PIB; en 2014 contribuyó con alrededor del 0.057%; INEGI, 2015), es relevante para la economía local de muchas zonas y para la subsistencia de diversas comunidades en el país: en 2013 poco menos de 300 mil pescadores y 12 millones de personas, directa o indirectamente, se vinculaban con las actividades pesqueras (Conapesca, 2013).

En el periodo 1990-2014, la producción pesquera en México registró un promedio anual cercano a las 1.5 millones de toneladas, con variaciones entre 1.2 y poco menos de 1.8 millones (Figura 6.31), lo que lo ubica en el lugar 16 entre los mayores productores a nivel mundial, con más del 1.8% de la captura total en 2012 (FAO, 2012). En cuanto a la acuacultura, nuestro país ocupa el sitio 22 a nivel mundial (FAO, 2014).

Los estados del litoral del Pacífico aportaron el 77% de la producción nacional[33] entre 1990 y 2014, con un promedio anual de 1.2 millones de toneladas. Por su parte, los estados del Golfo de México y mar Caribe aportaron 20.4% de la producción (en promedio 307 521 toneladas) y la parte continental aportó el 2.6% (38 610 toneladas en promedio; Cuadro D2_PESCA01_01; **IB 8-1**; Figura 6.32).

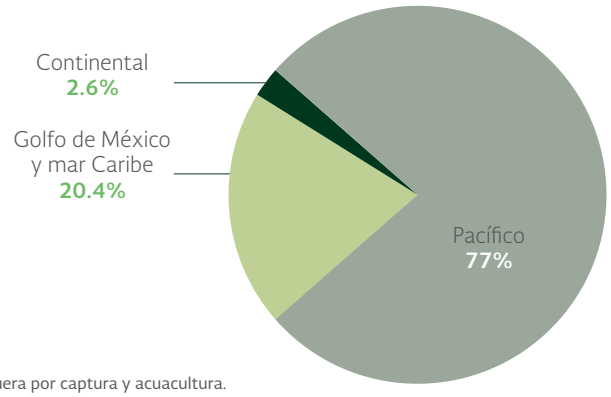
Figura 6.31 | *Producción pesquera nacional, 1990 - 2014*



Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Conapesca, Sagarpa. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca. 2003-2010.* Conapesca, Sagarpa. México, 2004-2011.
Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación (DGPPE), Conapesca, Sagarpa. México. 2010-2015.
Sagarpa. *Anuario Estadístico de Pesca. 2000-2002.* Sagarpa. México, 2001-2003.
Semarnap. *Anuario Estadístico de Pesca. 1997-1999.* Semarnap. México, 1998-2000.

[33] Incluye captura y acuacultura.

Figura 6.32 | *Producción pesquera promedio según origen, 1990 - 2014*[1]



Nota:
[1] Se incluye la producción pesquera por captura y acuacultura.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación (DGPPE), Conapesca, Sagarpa. México. Julio de 2014 y mayo de 2015.
Conapesca, Sagarpa. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca.* 2003 - 2010. Conapesca, Sagarpa. México, 2004-2011.
Sagarpa. *Anuario Estadístico de Pesca.* 2000-2002. Sagarpa. México, 2001-2003.
Semarnap. *Anuario Estadístico de Pesca.* 1997-1999. Semarnap. México, 1998-2000.

En tanto, la producción acuícola alcanzó 325 mil toneladas, con poco más de 216 mil en el litoral del Pacífico (66.6% de la producción acuícola total), seguido por el Golfo de México y mar Caribe con 68 mil toneladas (21%) y las entidades sin litoral con más de 40 mil toneladas (12.4%). La aportación de la acuacultura se incrementó de 13.2 a 18.6% entre 1990 y 2014 (DGPPE, 2015; **IB 8-1**).

Las cuatro entidades con mayor producción pesquera en 2014 fueron Sonora (507 736 toneladas; 29% del total nacional), Sinaloa (339 227 toneladas; 19.4%), Baja California Sur (188 836 toneladas; 10.8%) y Baja California (159 670 toneladas; 9.1%); en total, la suma de la producción en estas entidades corresponde al 68.3% de la producción nacional (CuadroD2_PESCA01_01; Mapa 6.28).

Respecto a la acuacultura, los estados con mayor producción fueron Sinaloa (52 269 toneladas; 16.1% del total nacional), Jalisco (37 037 toneladas; 11.4%), Veracruz (35 470 toneladas; 10.9%), Sonora (31 538 toneladas; 9.7%) y Michoacán (28 572 toneladas; 8.8%); en conjunto, estos cinco estados aportaron el 56.9% de la producción acuícola total en el país.

En 2014, las pesquerías con mayor contribución a la producción nacional fueron las de sardina[34], atún y camarón con 920 326 toneladas, lo que corresponde al 52.5% de la producción nacional pesquera. De éstas, la que posee un mayor volumen de producción fue la de sardina (34.2% de la producción nacional; 599 777 toneladas), le sigue el atún (9.3%; 162 422 toneladas) y después la de camarón (9%; 158 128 toneladas; DGPPE, 2015).

Uno de los principales factores que aumentan la presión sobre las pesquerías a nivel global es el incremento del esfuerzo pesquero. En la medida que crecen las flotas y su acceso a los recursos no se regula adecuadamente, la tendencia general es hacia la sobreexplotación de las reservas pesqueras. En el caso de México, en las últimas décadas la flota pesquera (integrada por embarcaciones para pesca de altura y ribereña) no ha crecido de manera importante; entre 1990 y 2014 aumentó

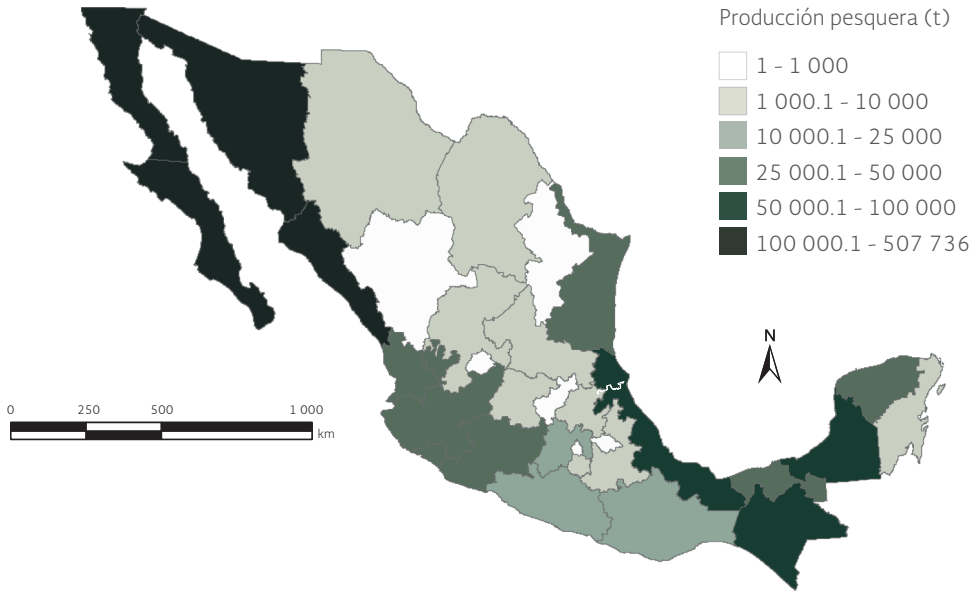
[34] Incluye sardina para consumo directo e indirecto (sardina industrial).

sólo 1.6%, y pasó de 74 572 a 75 741 embarcaciones (**IB 8-2**). De las embarcaciones, 2 016 embarcaciones correspondían a la flota de altura (2.7% del total) y 73 725 a embarcaciones eran utilizadas para la pesca ribereña (97.3%; DGPPE, 2015).

Hasta el año 2014 la flota de altura en el litoral del Pacífico ascendía a 1 080 unidades, con la mayor cantidad en Sinaloa (548 unidades; 50.7% del total del litoral), Sonora (324; 30%) y Baja California (106; 9.8%); en el litoral del Golfo de México y mar Caribe sumó 936 embarcaciones en total, con Yucatán (522 embarcaciones; 55.8% del total del litoral), Tamaulipas (176; 18.8%) y Campeche (140; 15%) como las entidades con mayor número de unidades. Respecto a las embarcaciones de pesca ribereña, el mayor número se encontró en el litoral del Pacífico (44 515 unidades en total) y se concentraba en Sinaloa (10 761 embarcaciones; 24.2% del total del litoral), Chiapas (6 120; 13.6%) y Michoacán (5 745; 12.9%); mientras que en el Golfo de México y mar Caribe se contabilizó un total de 25 398 embarcaciones ribereñas y los estados con mayor número de ellas fueron Veracruz (9 148; 36% del litoral), Tabasco (5 247; 21.4%) y Campeche (3 593; 14.2% del total; Mapa 6.29).

Considerando el número total de embarcaciones en 2014, las entidades que registraron un mayor número en el litoral del Pacífico fueron Sinaloa (548 embarcaciones de altura y 10 761 ribereñas), Chiapas (3 de altura y 6 120 ribereñas), Michoacán (5 745 embarcaciones ribereñas), Jalisco (5 028 embarcaciones ribereñas) y Sonora (324 de altura y 3 943 ribereñas; Mapa 6.29). En el litoral del Golfo de México y mar Caribe las cinco entidades con mayor número de embarcaciones ese año fueron Veracruz (57 embarcaciones de altura y 9 148 embarcaciones ribereñas), Tabasco (28 de altura y 5 427 ribereñas), Campeche (140 de altura y 3 593 ribereñas), Yucatán (522 de altura y 3 093 ribereñas) y Tamaulipas (176 embarcaciones de altura y 3 307 ribereñas).

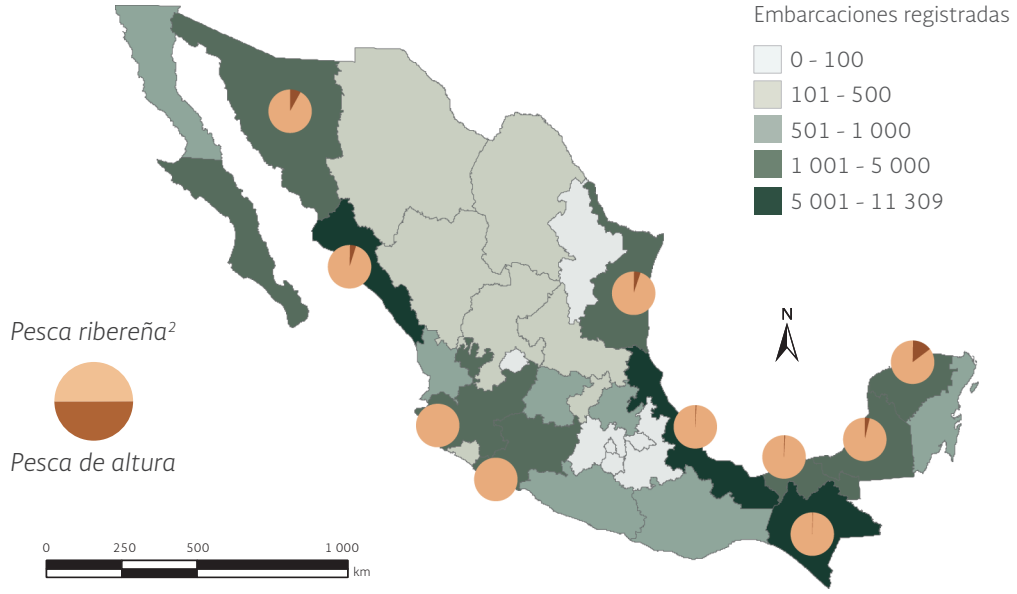
Mapa 6.28 | *Producción pesquera por entidad federativa, 2014*[1]



Nota:
[1] Se incluye la producción pesquera por captura y acuacultura.

Fuente:
Elaboración propia con datos de:
Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación, Conapesca, Sagarpa. Mayo de 2015.

Mapa 6.29 | *Embarcaciones registradas por tipo de pesca por entidad federativa, 2014*[1]



Notas:
[1] Las entidades sin litoral no tienen gráfica puesto que toda su flota es ribereña. En Chiapas, Tabasco y Veracruz, la flota de altura es menor al uno por ciento del total de la flota estatal.
[2] Pesca ribereña: embarcaciones cuya actividad pesquera es principalmente comercial y cuya eslora es igual o menor a 10 m.

Fuente:
Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación (DGPPE), Conapesca. Sagarpa. México. Mayo de 2015.

Con respecto a la composición de la flota pesquera, en 2014 había 1 156 embarcaciones camaroneras, 834 en el litoral del Pacífico (72.1% del total) y el resto en el litoral del Golfo de México y mar Caribe (322 barcos, 27.9%). En ese mismo año, las atuneras sumaban 86 unidades; 60 de ellas en el Pacífico (69.8%) y 26 (30.2%) en el Golfo de México; mientras que toda la flota destinada a la pesca de sardina se ubicó en el litoral del Pacífico (67 embarcaciones; DGPPE, 2015).

Estado de las pesquerías

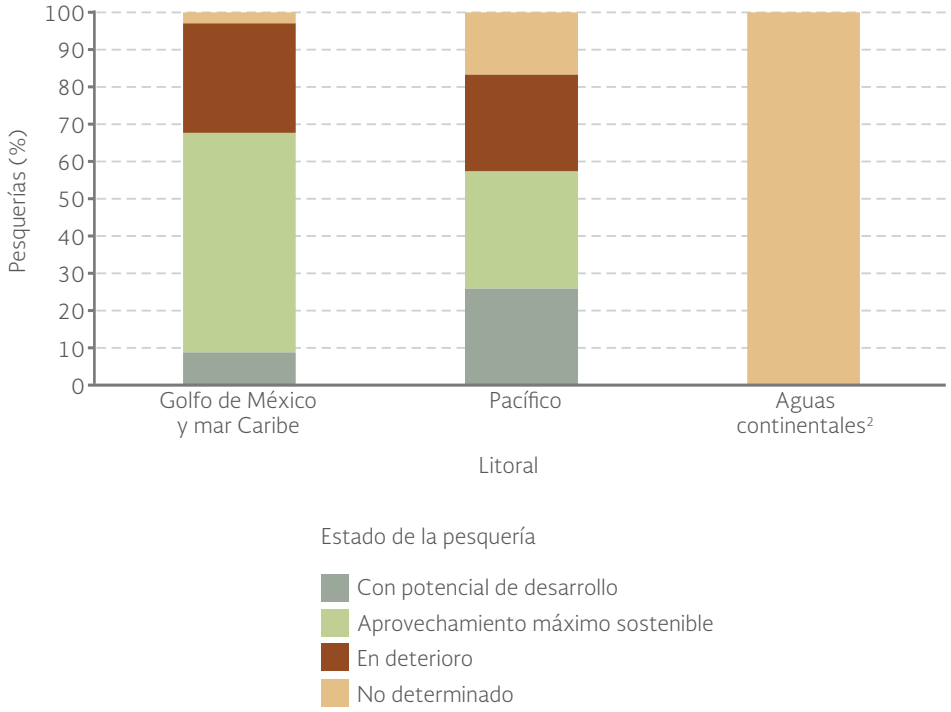
El estado de las pesquerías brinda información importante para el manejo de los recursos pesqueros. Indirectamente también puede ofrecer información acerca del estado de los ecosistemas marinos: entre más pesquerías de una región se encuentren en condición de sobreexplotación o deterioro, mayores pueden ser los daños en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, tanto por sus efectos sobre las especies objetivo, como sobre las que se capturan de incidental e, incluso, por la alteración misma del hábitat por algunas prácticas pesqueras (p. ej. como el arrastre de redes). La información más reciente sobre el estado de las pesquerías nacionales se reporta en la Carta Nacional Pesquera publicada en 2012 (DOF, 2012). Según dicha fuente, en 2010 en el litoral del Pacífico el 31.5% de las pesquerías se encontraban en aprovechamiento máximo, el 25.9% en deterioro y el 25.9% mostraba potencial de desarrollo, mientras que para el 16.7% restante no se determinó su estado (Figura 6.33). En el litoral del Golfo de México, 58.8% de las pesquerías se

reportaban en aprovechamiento máximo sostenible, 29.4% en deterioro y sólo 8.8% con potencial de desarrollo, mientras que no se determinó el estado en el 2.9% restante. En el caso de los cuerpos de agua continentales, la Carta Nacional Pesquera no determina la situación de la sustentabilidad de los recursos pesqueros (DOF, 2012; **IB 8-5**).

Otro indicador útil para evaluar el estado de las pesquerías de una región o país es el rendimiento pesquero. Éste se calcula comparando la captura obtenida a través de un esfuerzo pesquero particular respecto a un año usado como estándar (FAO, 2000). Un rendimiento superior al 100% se interpreta como un recurso pesquero susceptible de aumentar su extracción, en tanto que si es menor, se infiere un posible deterioro del recurso.

De acuerdo con los datos observados, en el litoral del Pacífico las pesquerías de atún y escama mostraron una tendencia decreciente entre 1990 y 2012, después de lo cual han mostrado una recuperación importante: en el año 2014 sus rendimientos fueron de 141 y 218% respectivamente. La pesquería de camarón ha mostrado importantes fluctuaciones desde 1990: a partir de 2012 el rendimiento ha tenido un aumento substancial y en 2014 alcanzó un rendimiento de 303%. En el caso de la sardina-anchoveta, el rendimiento se ha incrementado desde 1993: en 2014 registró un rendimiento de 208% (Figura 6.34a y b; **IB 8-4**).

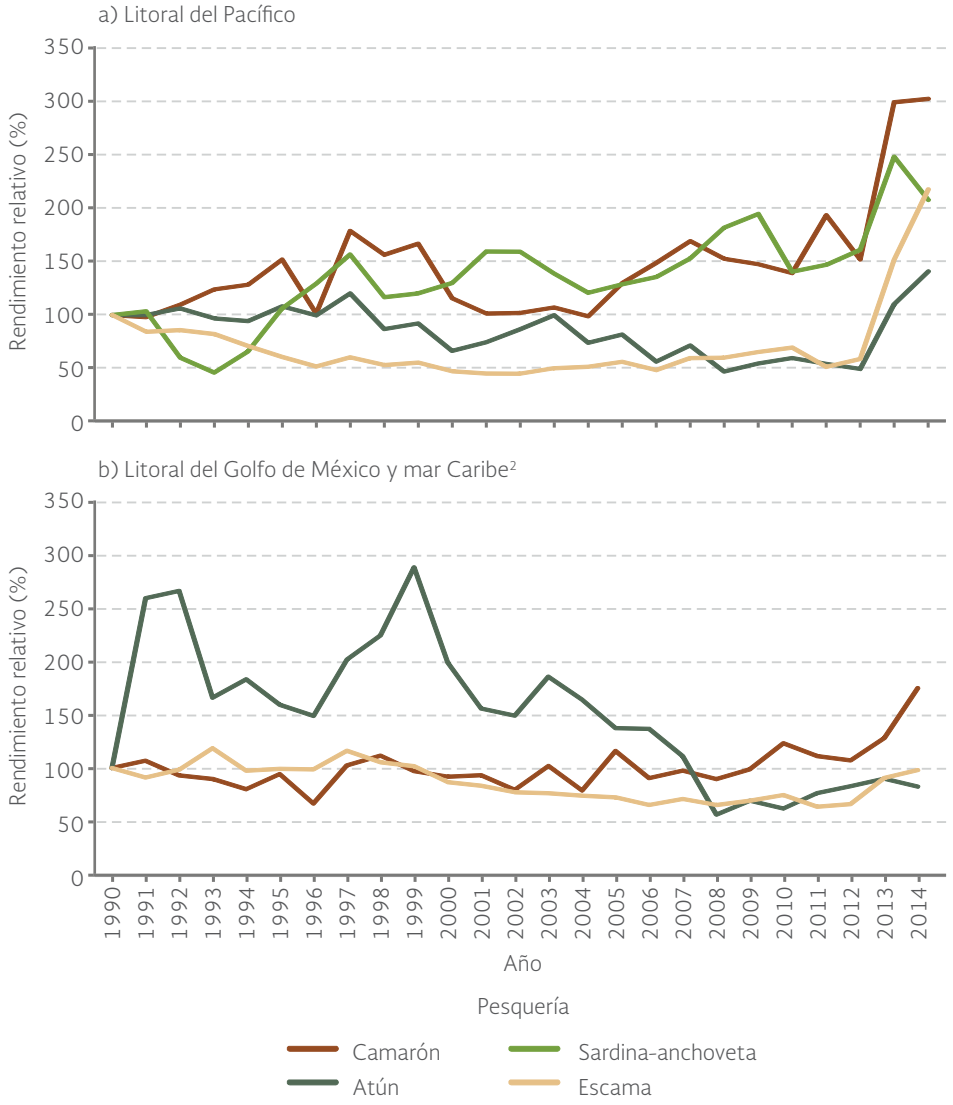
Figura 6.33 | *Estado de sustentabilidad de los recursos pesqueros en México, 2012*[1]



Notas:
[1] Los porcentajes están calculados hasta 2010 y con respecto al total de grupos o especies por litoral.
[2] Los datos para las aguas continentales no se refieren a especies o grupos de especies, sino a cuerpos de agua.

Fuente:
DOF. *Carta Nacional Pesquera 2012*. Diario Oficial de la Federación. DOF. México. 2012 (24 de agosto).

Figura 6.34 | *Rendimiento relativo de las pesquerías de altura mexicanas, 1990[1] - 2014*



Notas:
[1] Año base: 1990.
[2] No se reportan datos para la sardina-anchoveta en este litoral, pues no se cuenta con datos del número de embarcaciones involucradas en su pesca.

Fuentes:
Elaboración propia con datos de:
Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación (DGPPE), Conapesca, Sagarpa. México. Julio de 2014 y mayo de 2015.
Conapesca, Sagarpa. *Anuario Estadístico de Acuacultura y Pesca.* 2003-2010. Conapesca, Sagarpa. México, 2004-2011.
Sagarpa. *Anuario Estadístico de Pesca.* 2000-2002. Sagarpa. México, 2001-2003.
Semarnap. *Anuario Estadístico de Pesca. 1997-1999.* Semarnap. México, 1998-2000.

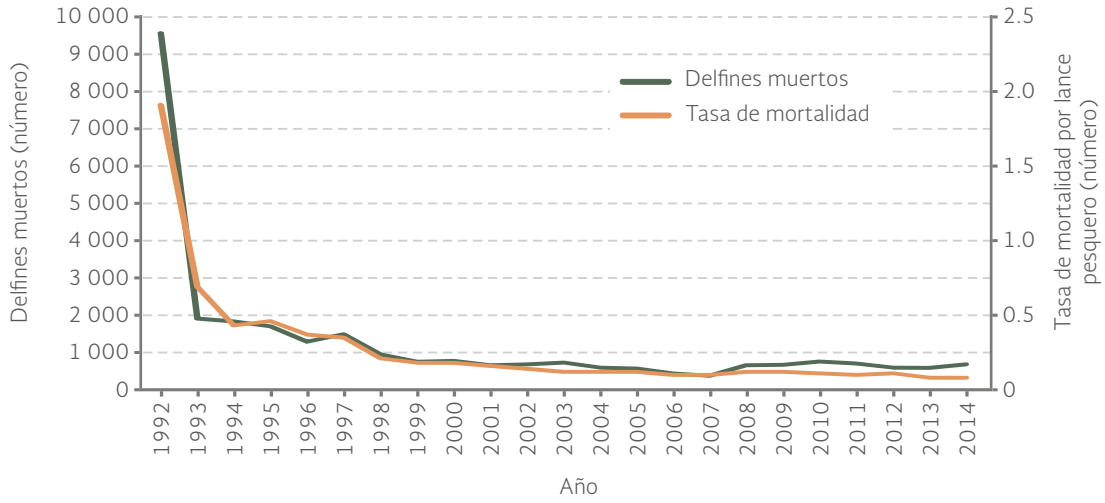
En el litoral que comprende el Golfo de México y el mar Caribe, el rendimiento pesquero del atún muestra una tendencia decreciente a partir de 1999, con un rendimiento menor al 100% desde 2008 que persiste hasta el año 2014 (83%; Figura 6.34b; **IB 8-4**). En la misma forma, la pesquería de escama ha permanecido con valores menores al 100% desde 1999. Por su parte, la pesquería de camarón ha mostrado oscilaciones importantes en el periodo, sin embargo, desde 2013 muestra una importante recuperación.

El aprovechamiento pesquero puede tener impactos no sólo en las especies objetivo, sino también sobre otras especies asociadas a ellas o que se encuentran presentes en los ecosistemas en los que se realizan las capturas. Este efecto, denominado "captura incidental", se deriva básicamente de la falta de selectividad de las artes pesqueras, lo que produce que organismos de especies sin interés comercial (que pueden ser mamíferos, peces, reptiles e invertebrados) sean capturados y mueran sin ser aprovechados, afectando con ello sus poblaciones silvestres.

Uno de los casos más graves de captura incidental es el de la mortalidad de delfines asociada a la pesquería del atún. En México desde 1991 esta pesquería ha estado sujeta a supervisión, con el objeto de asegurar la reducción de la captura incidental de estos mamíferos (Conapesca, 2004; Conapesca, 2011). Para ello se instrumentaron dos programas de monitoreo que han reducido significativamente su mortalidad: mientras que en 1992 murieron 9 562 animales, en 2014 esta cifra bajó a 680 (Figura 6.35; Cuadro D2_PESCA04_02; **IB 6.4.1-6**), de tal forma que la tasa de mortalidad disminuyó de 1.91 a 0.08 delfines muertos por lance pesquero en ese período.

En México, la pesca incidental también era una de las principales causas de mortalidad entre las tortugas marinas. Las pesquerías que producían mayor impacto negativo eran las de camarón, la de tiburón y, en menor medida, la pesca de atún con redes de enmalle en el país y palangre en el Golfo de México (Márquez-Millán *et al.*, 2014). Para atender esta problemática el gobierno federal - a través de diferentes instituciones como la Semarnat, Profepa, Conabio, Sagarpa, Conapesca y otras - ha puesto en marcha programas cuyo objetivo es la protección, conservación y recuperación

Figura 6.35 | *Muerte incidental de delfines por la pesquería del atún en México, 1992 - 2014*



Fuente:
Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación (DGPPE), Sagarpa, Conapesca. México. Mayo de 2015.

de las poblaciones de las tortugas marinas. En este sentido, de forma histórica, en el marco de los programas binacionales Mexus-Golfo y Mexus-Pacífico, el personal del Programa Nacional de Investigación en Tortugas Marinas participó desde 1977 hasta 2001 en reuniones para establecer y regular el uso de los dispositivos excluidores de tortugas (DET)[36] en las redes camaroneras, así como en otros aspectos de la captura incidental de tortugas marinas. Así mismo, se participó en la consulta técnica sobre la problemática de la captura del camarón y su impacto sobre las poblaciones de tortugas marinas, realizada en Panamá en 1991 y auspiciada por la Organización Latinoamericana de Desarrollo Pesquero (OLDEPESCA).

A partir del 1 de abril de 1993 se decretó el uso de los DET en la costa atlántica mexicana (DOF, 1993) y desde el primero de abril de 1996 en el Pacífico (DOF, 1996). Para adaptar estos artefactos a las necesidades de los pescadores mexicanos, se realizaron seminarios y talleres en los que participaron la Semarnat y el Instituto Nacional de Pesca. En años recientes se organizó un programa de observadores a bordo de algunas embarcaciones para evaluar el uso de estos instrumentos, así como sistemas de rastreo satelital para determinar las áreas de pesca. En 2010 se pretendía cubrir 50% de los viajes con 60 observadores (Márquez-Millán *et al.*, 2014).

Investigadores del Instituto Nacional de Pesca han experimentado también con diferentes tipos de anzuelos y carnadas para reducir la captura incidental de tortugas; algunos resultados han mostrado que los anzuelos circulares permiten liberar a las tortugas con daños mínimos (a diferencia de los rectos) debido a que no se enganchan en la garganta de los animales (Santana-Hernández y Valdez 2004). Desde el año 2000 se ha realizado talleres auspiciados por la Conapesca, el Servicio Nacional de Pesquerías Marinas (siglas en inglés: NMFS) de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (siglas en inglés: NOAA) de los Estados Unidos y la Semarnat para fomentar el uso de anzuelos circulares en las flotas palangreras[37] de tiburón y otros peces pelágicos mayores.

De acuerdo al Informe de Actividades de Profepa (2015) y en relación a los DET, en los meses de enero a abril de 2015 se certificaron[38]17 embarcaciones que corresponden a la temporada de pesca de camarón 2014-2015. Para la temporada de pesca 2015-2016, la cual inició el 15 de agosto de 2015 en el Golfo de México y el 9 de septiembre en el Océano Pacífico, se habían certificado 1 148 embarcaciones camaroneras.

No obstante los esfuerzos del gobierno federal y de la sociedad civil para conservar y proteger a las tortugas marinas, algunos estudios muestran que la pesca a pequeña escala[39] hoy en día es una de las principales causas de mortalidad incidental de tortugas marinas en México (Peckham *et al.*, 2007) y en otras partes del mundo (Wallace *et al.*, 2013).

---

[36] Los DET son aditamentos que se incluyen en las redes de arrastre de camarón de la flota mexicana mayor, su propósito es que cualquier ejemplar de tortuga marina que pudiese entrar en alguna de las redes tenga la posibilidad de liberarse y no morir por ahogamiento. La construcción y uso de los DET esta descrita en la NOM-061-PESC-2006; corresponde a Profepa su verificación y certificación.

[37] Esta técnica es utilizada para capturar peces pelágicos mayores (tiburones, atunes y picudos, entre otros) y es común que algunas tortugas de talla pequeña o en estado juvenil (se ha observado en especies como *Lepidochelys olivacea* y *Chelonia mydas*) se enganchen en los anzuelos y se ahoguen, o queden tan lastimadas que la probabilidad de que sobrevivan es mínima (Santana-Hernández y Valdez, 2004).

[38] La certificación consiste en la verificación del cumplimiento de las especificaciones descritas en la NOM-061-PESC-2006 en todas las embarcaciones camaroneras y la expedición de un certificado por embarcación que haya cumplido con la legislación vigente.

[39] La pesca a pequeña escala incluye la pesca artesanal, tradicional y de subsistencia. Este tipo de pesca ocurre en aguas de la costa, principalmente en países en vías de desarrollo. No se tiene un registro exacto de la cantidad de embarcaciones o de la captura por operación. Hasta el año 2000 se tenía un estimado de que alrededor del 99% de los pescadores del mundo (aproximadamente 51 millones) practicaban este tipo de pesca (ver Peckham *et al.*, 2007).

REFERENCIAS

Barba, H.L.E. *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de medición*. Universidad del Valle, Facultad de Ingenierías, Escuela de ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Santiago de Cali, Colombia. 2002.

Cofepris, Secretaria de Salud. Normas oficiales mexicanas, agua. www.cofepris.gob.mx/MJ/Paginas/NormasPorTema/Agua.aspx. Cofepris. México. 2015.

Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 1998*. Conagua, Semarnat. México. 1998-2011.

Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2011*. Conagua. Conagua, Semarnat. México. 2011a.

Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2011*. Conagua, Semarnat. México. 2011b.

Conagua, Semarnat. *Atlas del Agua en México. Edición 2012*. Conagua, Semarnat. México. 2012.

Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2012-2013*. Conagua, Semarnat. México. 2012-2013.

Conagua. Semarnat. *Manual de sistemas de tratamiento de aguas residuales utilizados en Japón*. Conagua, Semarnat. México. 2013.

Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2014*. Conagua, Semarnat. México. 2014a.

Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2014*. Conagua, Semarnat. México. 2014b.

Conagua, Semarnat. *Estadísticas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015a.

Conagua, Semarnat, SINA. www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=60. Conagua, Semarnat, SINA. México. 2015b.

Conagua, Semarnat. *Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. Año Agrícola 2013-2014*. Conagua, Semarnat. México.2015c.

Conagua, Semarnat. *Situación del Subsector de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015d.

Conagua, Semarnat. *Atlas del Agua en México. Edición 2015*. Conagua, Semarnat. México. 2015e.

Conapesca. *Programa de Ordenamiento Pesquero del Atún Aleta Amarilla en el Pacífico Mexicano*. Sagarpa. Conapesca. México. 2011.

Conapesca. Sagarpa. *La pesca y acuacultura en cifras 2013*. Conapesca. México. 2014.

Conapesca. Sagarpa. *Plan de Acción Nacional para el Manejo y Conservación de Tiburones, Rayas y Especies Afines en México*. Mazatlán. Conapesca. Sagarpa. México. 2004.

Dirección General de Planeación, Programación y Evaluación (DGPPE), Conapesca, Sagarpa. México. Mayo de 2015.

DOF. *Norma Oficial Mexicana NOM-002-PESC-1993, Para ordenar el aprovechamiento de las especies de camarón en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos*. DOF. México. 1993 (31 de diciembre).

DOF. *Norma Oficial Mexicana NOM-002-PESC-1996, Por la que se establece el uso obligatorio de dispositivos excluidores de tortugas marinas en redes de arrastre durante las operaciones de pesca del camarón en el Océano Pacífico incluyendo el Golfo de California*. DOF. México. 1996 (28 de agosto).

DOF. *Norma Oficial Mexicana NOM-029-PESC-2006, Pesca responsable de tiburones y rayas. Especificaciones para su aprovechamiento*. DOF. México. 2007a (14 de enero).

DOF. *Norma Oficial Mexicana NOM-061-PESC-2006, Especificaciones técnicas de los excluidores de tortugas marinas utilizados por la flota de arrastre camaronera en aguas de jurisdicción federal de los Estados Unidos Mexicanos*. DOF. México. 2007b (22 de enero).

DOF. *Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación*. DOF. México. 2010 (diciembre de 2010).

DOF. *Carta Nacional Pesquera. Diario Oficial de la Federación*. DOF. México. 2012 (24 de agosto).

Duffy, J.E. *El futuro de los recursos pesqueros marinos*. Actionbioscience.org. 2010. Disponible en: www.actionbioscience.org/esp/ambiente/duffy.html. Fecha de consulta: noviembre de 2015.

EEA. *Europe´s Environment: the Third Assessment*. Copenhague. 2003.

FAO. *El estado mundial de la pesca y acuicultura 2014*. ONU Roma. 2014. Disponible en: www.fao.org/3/a-i3720s.pdf. Fecha de consulta: octubre de 2015.

FAO. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2008*. FAO. Roma. 2009.

FAO. *El Estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012*. ONU. Roma. 2012. Disponible en: www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s.pdf. Fecha de consulta: octubre de 2015.

FAO. *Fish stock assessment manual*. FAO. Roma. 2003. Disponible en: www.fao.org/3/a-x8498e.pdf.

FAO. *Indicadores para el desarrollo sostenible de la pesca de captura marina. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable no 8*. FAO. Roma. 2000.

FAO. *Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces*. FAO. España. 1971. Disponible en: www.fao.org/docrep/x5685s/x5685s00.htm.

FAO-Aquastat. Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura y el medio rural de la FAO. 2015. Disponible en: www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm. Fecha de consulta: febrero de 2016.

Fischer, J., J. Jorgensen, H. Josupeit, D. Kalikoski y C.M. Lucas (Eds.). *Fischer´s Knowledge and The Ecosystem Approach to Fisheries. Applications, experiencies and lessons in Latin America*. FAO. Fisheries and Aquaculture Technical Paper 591. Roma. 2015.

FNUAP. *El estado de la población mundial 2001*. Huellas e hitos: población y cambio del medio ambiente. FNUAP. 2001.

Galindo, I. *Dinámica de población y desarrollo sustentable. En*: Toledo, G. y M. Leal (Eds.). Destrucción del hábitat. UNAM-Programa Universitario del Medio Ambiente. México. 1998.

Godo, O. R., A. Rijnsdorp, U. Dieckmann y M. Heino. *The effects of fishing on the genetic composition of living marine resources*. ICES Annual Report for 2002. Copenhague. 2003.

Gómez S., L.R. Páez y A. Flores-Díaz. *Comportamiento de los sólidos en suspensión y sediméntales en cuerpos de agua: búsqueda de métodos aplicables al monitoreo comunitario. En*: Memorias del Tercer Congreso Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas. UNAM, Centro de Investigaciones en Geografía Ambienta l. México. 2013.

Groombridge, B. y M. D. Jenkins. *World Atlas of Biodiversity*. UNEP-WCMC. University of California Press. USA. 2002.

ICOLD. Comité Mexicano de Grandes Presas. 2015. www.icold-cigb.org/GB/ICOLD/icold.asp. Fecha de consulta noviembre 2015.

IMTA, Conagua, Semarnat. *Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Diseño de planta potabilizadoras tipo de tecnología simplificada*. IMTA, Conagua, Semarnat. México. 2007.

INEGI. *Carta de Uso del Suelo y Vegetación Serie V (2011), escala 1:250 000*. INEGI. México. 2013.

INEGI. PIB y Cuentas Nacionales. PIB trimestral Tabulados. INEGI. México. 2015. Disponible en: www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabdirecto.aspx?c=33704. Fecha de consulta: octubre de 2015.

INEGI. *Principales resultados de la Encuesta Intercensal 2015 Estados Unidos Mexicanos*. INEGI. México. 2015a.

INEGI. Tabulados de la Encuesta Intercensal 2015. INEGI. México. 2015b. Disponible en: www.inegi.org.mx/est/contenidos/Proyectos/encuestas/hogares/especiales/ei2015/. Fecha de consulta: enero de 2016.

INEGI. Sistema de Cuentas Nacionales. INEGI. México. 2015c. Disponible en: www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/cn/pibt/. Fecha de consulta: julio de 2015.

Jiménez, C.B., J.C. Durán, J.M. Méndez y C. Calidad. *En*: Jiménez C., M.L. Torregrosa y L. Aboites (Eds.). *El Agua en México: cauces y encauces*. AMC, Conagua. México. 2010.

Larrea-Murrell, J.A, M.M. Rojas-Badía, B. Romeu-Álvarez, N.M. Rojas-Hernández y M. Heydrich-Pérez. *Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura. CENIC Ciencias Biológicas* 44(3): 24-34. 2013.

Laureano-Nieves, K. *La calidad ambiental en las playas de Manzanillo, Colima*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias Marinas. Universidad de Colima. 2005.

Márquez-Millán, R., M. del C. Jiménez-Quiroz, C. Peñaflores-Salazar y J. Díaz-Flores. Programa Nacional de Investigación de Tortugas Marinas. INP-Conapesca (Eds.). *En*: Márquez-Millán, R. y M. Garduño-Dionate. Tortugas Marinas. INP. México. 2014.

OMS. Programas y proyectos. Agua, saneamiento y salud. Disponible en: www.who.int/water_sanitation_health/mdg1/es/. Fecha de consulta: febrero de 2016.

Pauly, D., R. Froese y V. Christensen. How pervasive is 'Fishing down marine food webs': response to Caddy *et al. Science* 282:1383. 1998.

Peckham, S.H, D.M. Diaz, A. Walli, G. Ruiz, L.B. Crowder y W.J. Nichols. Small-Scale Fisheries Bycatch Jeopardizes Endangered Pacific Loggerhead Turtles. *PLoS ONE* 2(10). 2007. e1041. doi:10.1371/journal.pone.0001041

Peters, E.; J. Campoy F. y K. Flessa (Eds.). *Ciénega de Santa Clara. Comprehensive Monitoring Program.* Publicación especial del Instituto Nacional de Ecología, México. 2009.

PNUMA, GEMS. *Program Water Quality Outlook. PNUMA Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente, Programa del Agua, Instituto Nacional de Investigación sobre el Agua.* Canadá. 2007.

Pusceddu, A., S. Bianchelli, J. Martín, P. Puig, A. Palanques, P. Masqué y R. Danovaro. Chronic and intensive bottom trawling impairs deep-sea biodiversity and ecosystem functioning. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(24): 8861-8886. 2014.

Santana-Hernández, H y J. Valdéz. Efectos sobre la selectividad y eficiencia de los palangres de deriva, obtenidos mediante la experimentación con tres tipos de anzuelo y dos tipos de carnada. Informe técnico (Documento interno). Instituto Nacional de la Pesca. México. 2004.

SE. *NMX-AA-030/1-SCFI-2012. Análisis de agua – Medición de la Demanda Química de Oxígeno en aguas naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba - Parte 1 – Método de reflujo abierto - (cancela a la NMX-AA-030-SCF-2001).* México. 2012.

Semarnat. *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México Edición 2012*. Semarnat. México. 2013.

Shah, T. 2005. Groundwater and Human Development: Challenges and Opportunities in Livelihoods and Environment. *Water, Science & Technology,* 51(8): 27-37.

UNDP, UNEP, WB y WRI. *World Resources 2000-2001.* WRI. 2000.

UNICEF, WHO. *Progress on sanitation and drinking water.* 2015 update and MDG assessment. USA. 2015.

Vázquez, L.C. *Administración pesquera y desarrollo sustentable en México. Comercio Exterior*. México. 1998.

Wallace, B.P., C.Y. Kot, A.D. DiMatteo, T. Lee, L.B. Crowder y R.L. Lewison. Impacts of fisheries bycatch on marine turtle populations worldwide: toward conservation and research priorities. *Ecosphere* 4(3): 1-49. 2013. http://dx.doi.org/10.1890/ES12-00388.1.

Wong, I. y G. Barrera. Niveles de contaminación microbiológica en el Golfo de México. *En*: Botello, A.V., J.L. Rojas, J. Benítez y D. Zárate (Eds). *Golfo de México, Contaminación e Impacto Ambiental: Diagnóstico y Tendencias. EPOMEX Serie Científica 5*. Universidad Autónoma de Campeche. México. 1996.

WWAP. *The United Nations World Water Development Report 3: Water in a Changing World.* Paris: UNESCO, and London: Earthscan. 2015.