



AGENDA DE INNOVACIÓN DE DURANGO

DOCUMENTOS DE TRABAJO

4.2. AGENDA DE ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN:

Recursos Naturales (Agua)

Septiembre 2014

Contenido

Introducción	6
1.1. Introducción a criterios de priorización utilizados	6
1.2. Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización	6
1.3. Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda	7
Caracterización de recursos hídricos en el estado y en el contexto nacional.....	8
2.1. Breve descripción de los recursos hídricos	8
2.2. Distribución de recursos hídricos en México	14
2.2.1. Clasificación del uso de agua.....	22
2.2.2. Infraestructura de agua potable y alcantarillado.....	26
2.3. Características de los recursos hídricos en el estado.....	30
2.3.1. Agua potable y saneamiento.....	39
2.3.2. Análisis de la política pública federal y estatal.....	42
2.4. Principales tendencias de la innovación en el sector a nivel mundial	44
Breve descripción del ecosistema de innovación	45
3.1. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación en Durango	47
3.2. Principales IES y centros de investigación y sus principales líneas de investigación en Durango.....	48
3.2.1. Instituciones de Educación Superior en el estado	48
3.2.2. Centros de investigación	49
3.3. Detalle de empresas RENIECYT del sector	49
Análisis FODA del sector.....	49
4.1. Fortalezas	50
4.2. Oportunidades	50
4.3. Debilidades.....	51
4.4. Amenazas	51
Marco estratégico y objetivos del área de especialización.....	52
Nichos de especialización.....	53
Caracterización de proyectos singulares y plan de proyectos.	54

7.1. Manejo sustentable del agua	54
Trabajos citados	57
Apéndices	60
Apéndice A: Mesas realizadas para el área de especialización	60

Índice de ilustraciones

Ilustración 1 Sectores seleccionados por el Grupo Consultivo del estado de Durango para el desarrollo de la Agenda Estatal de Innovación	7
Ilustración 2 Izquierda: extracción de agua en por país (km ³ /años). Derecha: distribución del uso del agua por país. Fuente: (FAO, 2014).....	9
Ilustración 3 Mapa de la escases del agua en el mundo. Fuente: (ONU, 2010)	10
Ilustración 4. Cobertura de agua potable en el mundo. Fuente: (CONAGUA, 2011)	12
Ilustración 5. Cobertura de saneamiento en el mundo. Fuente: (CONAGUA, 2011)	12
Ilustración 6 Cantidad total de los daños estimados por tipo de fenómeno y año (2000 a 2009) en millones de US\$ (precios 2009). Fuente (CONAGUA, 2011).....	14
Ilustración 7. Resumen de datos relevantes de cada una de las trece RHA. Fuente: (CONAGUA, 2013).....	15
Ilustración 8. Distribución de la precipitación histórica (1071 – 2000) en las diferentes RHA. Fuente: (CONAGUA, 2013)	17
Ilustración 9. Cuencas con sitios de monitoreo con clasificación fuertemente contaminados para DBO, DQO y/o SST. Fuente: (CONAGUA, 2013).....	19
Ilustración 23. Principales núcleos de población al 2030. Fuente: (CONAGUA, 2013)	21
Ilustración 10. Uso agrupado del agua por origen (superficial y subterráneo). Fuente: (CONAGUA, 2013).....	23

Ilustración 11. Volumen concesionado por región hidrográfico-administrativa, 2010-2011. Fuente: (CONAGUA , 2012).....	23
Ilustración 12. Grado de presión sobre el agua en México. Fuente: (CONAGUA, 2013).....	25
Ilustración 13. Presas en México 2012. Fuente: (CONAGUA, 2013).....	26
Ilustración 14. Población con cobertura de agua potable, por rangos de población. Fuente: (CONAGUA, 2013).....	27
Ilustración 15. Población con cobertura de alcantarillado, por rangos de población. Fuente: (CONAGUA, 2013).....	28
Ilustración 16. Distribución de plantas de tratamiento de agua residual por región hidrológico- administrativa. Fuente: (CONAGUA, 2013)	30
Ilustración 17 La división administrativa del país para la CNA y la CONAFOR. Fuente: (Gob. Durango, 2011)	31
Ilustración 18. Embalses más importantes del estado de Durango (superficie del espejo del agua en ha). Fuente: (Gob. Durango, 2011)	34
Ilustración 19. Histórico del Volumen almacenado en las principales presas de Durango. Fuente: (Gob. Durango, 2011)	35
Ilustración 20. Ríos y estaciones de monitoreo en cuerpos de agua superficial para el estado de Durango. Fuente: (Gob. Durango, 2011)	36
Ilustración 21 Acuíferos del Estado Durango y el agua que aportan a la extracción anual. Fuente: (CNA, 2011)	38

Índice de tablas

- Tabla 1 Agua renovable per cápita. Fuente: (CONAGUA, 2011)	10
- Tabla 2. Costo estimado de desastres por tipo de fenómeno y año (2000 a 2009) en millones de US\$ (precios 2009). Fuente: (CONAGUA, 2011). Nota: 'n.a' sin información. 13	
- Tabla 3. Agua renovable per cápita, por región hidrológico-administrativa. Fuente: (CONAGUA, 2013)	16
- Tabla 4. Características de los ríos principales jerarquizados por escurrimiento natural medio superficial. Fuente: (CONAGUA, 2013)	17
- Tabla 5. Población en los años 2012 y 2030, por región hidrológico-administrativa. Fuente: (CONAGUA, 2013)	20
- Tabla 5 Uso agrupado del agua por origen (superficial y subterráneo). Fuente: (CONAGUA, 2013)	22
- Tabla 6. Grado de presión sobre el recurso hídrico por región hídrico-administrativa. Fuente: (CONAGUA, 2013)	24
- Tabla 7. Cobertura de la población con servicio de agua potable y alcantarillado por región hidrológico-administrativa, serie de años censales de 1990 a 2010 (porcentaje). Fuente: (CONAGUA, 2013)	28
- Tabla 8. Plantas potabilizadoras en operación, por región hidrológico-administrativa, 2012. Fuente: (CONAGUA, 2013)	29
- Tabla 9. Regiones hidrológicas, cuencas y superficie relativa que ocupan en el estado de Durango. Fuente: (Gob. Durango, 2011)	31
- Tabla 10. Acuíferos de mayor importancia en el Estado de Durango. Fuente (Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento)	36
- Tabla 11 Municipios que concentran más de la mitad de tomas de agua para abastecimiento público, 2010. Fuente (INEGI, 2011)	39
- Tabla 12. Municipios que concentran el total de las descargas de agua residual sin tratamiento en ríos y arrollos. Fuente: (INEGI, 2011)	41

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción a criterios de priorización utilizados

La **Agenda Estatal de Innovación de Durango** tiene por objetivo identificar las principales áreas estratégicas en materia de innovación, para ser desarrolladas en los próximos años. El documento se integra por las **Agendas Sectoriales de Innovación**, correspondientes a cada *Área de Especialización* (sector económico), definida para el Estado, en función del desarrollo de capacidades que fomenten el mejoramiento de las condiciones económicas, políticas, educativas, sociales y ambientales de la población.

A su vez, las **Agendas Sectoriales** desarrollan las líneas de innovación para fortalecer cada *Área de Especialización* e impulsar los *Nichos* identificados, mediante la propuesta de proyectos específicos, apoyada en los recursos de la entidad.

La **Agenda Sectorial de Innovación del Agua en Durango** tiene por objetivo identificar los ejes estratégicos de acción para detonar actividades de innovación; para ello se toma en cuenta la vocación del Estado y las oportunidades de mercado que se vislumbran. Como resultado, se proponen *Nichos de Especialización* y proyectos específicos acordes con las fortalezas detectadas en materia de infraestructura, recurso humano, localización geográfica y capacidades tecnológicas para promover la innovación empresarial y la diversificación productiva con una perspectiva de mediano y largo plazo.

1.2. Aplicación de criterios para la selección de áreas de especialización

El punto de partida fue el reconocimiento de problemas y oportunidades para el desarrollo competitivo del Estado para, en función de éstos, priorizar la generación y aplicación de conocimiento en plataformas tecnológicas dentro de áreas de especialización que pudieran impactar la solución de problemas críticos del área, así como en el aprovechamiento de las oportunidades percibidas y jerarquizadas por los actores del ecosistema de innovación.

Para la selección de Áreas de Especialización se usó un modelo de priorización basado en indicadores económicos, sociales, de oportunidad de mercado y de desarrollo tecnológico (capacidades físicas y humanas, así como la experiencia y vocación del estado).

La participación del Comité de Gestión en la selección de las áreas fue relevante, sobre todo al proponer algunos rubros que no son considerados nichos de alta importancia económica, pero que por su trascendencia en la política de desarrollo del estado se les considera como un elemento importante dentro de la Agenda, por ejemplo el manejo integral del agua.

En las ocasiones en las que la valoración era eminentemente cualitativa, la decisión se tomó mediante un análisis específico del Comité de Gestión en función de la pertinencia para el Estado y dicha decisión fue validada por el Consejo Consultivo.

1.3. Áreas de especialización seleccionadas y gráfico representativo de la agenda

A través de la Agenda Estatal de Innovación, con cada uno de los sectores se busca hacer recomendaciones de política en materia de innovación y desarrollo tecnológico que ayuden a cerrar las brechas de desventajas en cada uno de los sectores. Así como promover un crecimiento inteligente, basado en el conocimiento y la innovación, un crecimiento sustentable, promoviendo una economía verde, eficiente y competitiva y un crecimiento incluyente, fomentando un alto nivel de empleo y logrando una cohesión económica, social y territorial.

Las áreas y nichos de especialización seleccionados por el Comité de Gestión y el Grupo Consultivo del estado de Durango para el desarrollo de la Agenda Estatal de Innovación son:

Ilustración 1 Sectores seleccionados por el Grupo Consultivo del estado de Durango para el desarrollo de la Agenda Estatal de Innovación



Fuente: CamBioTec

2. CARACTERIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS EN EL ESTADO Y EN EL CONTEXTO NACIONAL

El agua es un recurso natural sin el cual la vida es imposible. El agua puede considerarse un recurso natural renovable cuando se controla cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación y circulación. Si no se dan estas condiciones puede convertirse en un recurso no renovable en determinada localidad o región.

La “gestión” del agua no es exclusivamente un problema de carácter ingenieril o técnico, sino de política social, que reconoce que el conocimiento científico juega un papel clave en dicha gestión, pero le concede un papel prioritario a varias cuestiones, expresando la necesidad de transitar, desde una economía expansionista del agua basada en más embalses y trasvases hasta una nueva economía del agua preocupada por la “gestión integrada del agua y del territorio”(Aguilera Klink, 2006).

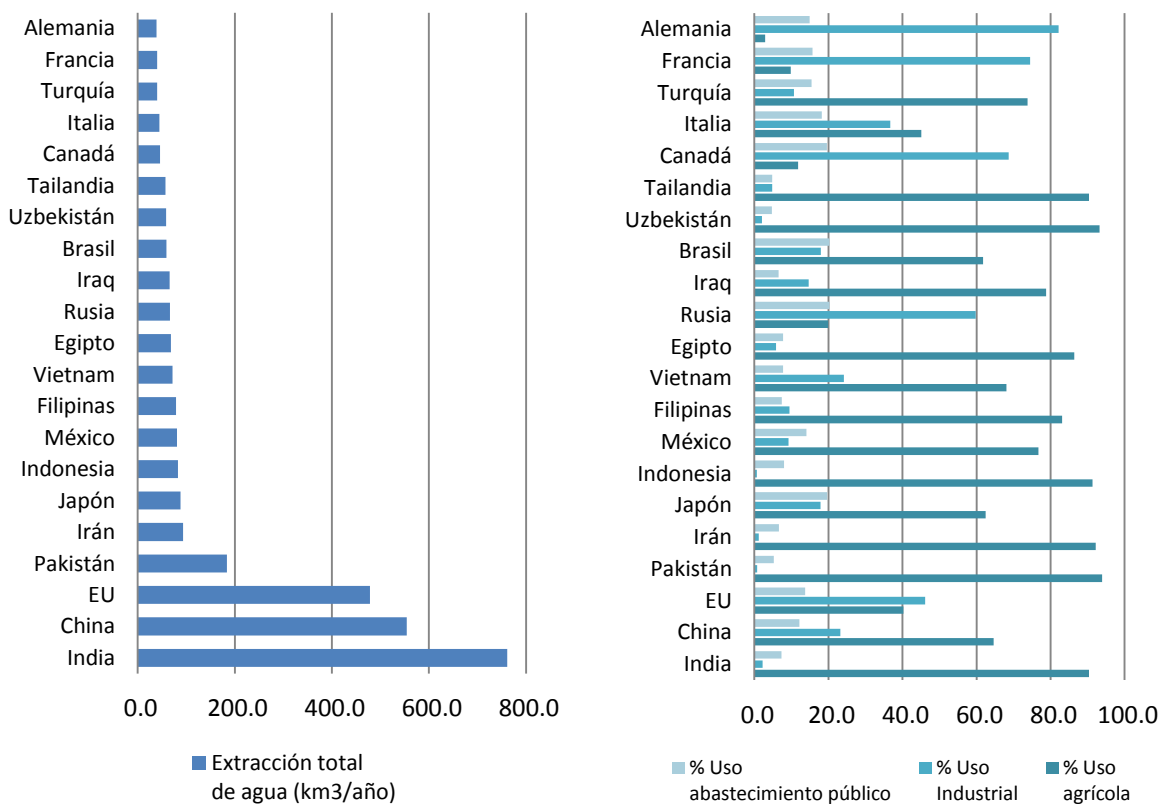
Si bien es inevitable mencionar en algún momento cuestiones referidas a estos aspectos, de aquí en adelante el presente documento se enfocará, de acuerdo con el propósito de las Agendas Estatales de Innovación, hacia los aspectos relacionados con los avances y necesidades en materia de innovaciones, mayormente tecnológicas, que contribuyan a mejorar los problemas que existen en este sector.

2.1. Breve descripción de los recursos hídricos

El 97.5% del agua se encuentra en los mares y océanos lo que la hace inútil para muchas actividades humanas, el 2.5% del agua restante es dulce, pero casi toda se encuentra en hielos de polos glaciales, en depósitos subterráneos o en otros lugares de difícil utilización. Por ello sólo un 0.26% de la masa total de agua en el planeta es fácilmente aprovechable para uso humano.

En el balance hídrico del planeta figura que la mayoría de los recursos hídricos se encuentran concentrados en sólo seis países: Brasil, Rusia, Canadá, Estados Unidos, China e India, dónde se encuentran más del 40% de los ríos del mundo. En el último siglo la población mundial se multiplicó tres veces, en tanto que las extracciones de agua crecieron seis veces, lo que se ha traducido en el incremento en el grado de presión sobre los recursos hídricos del mundo. México ocupa el octavo lugar con mayor extracción de agua en el mundo. Según estimación de la FAO, el sector agrícola ocupa el 72% de la extracción total a nivel mundial, en tanto que el sector industrial emplea 20%.

Ilustración 2 Izquierda: extracción de agua por país (km³/años). Derecha: distribución del uso del agua por país.



Fuente: (FAO, 2014)

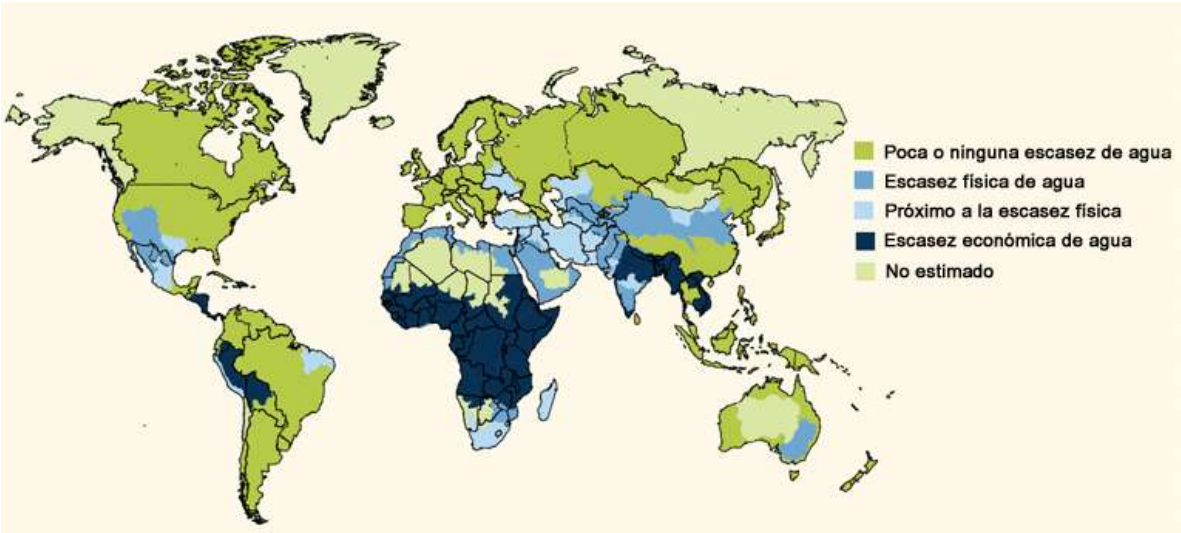
En cuanto a acceso al agua potable y sistemas de saneamiento de agua, de acuerdo con datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en 2008 alrededor de 884 millones de personas carecían de acceso a fuentes de abastecimiento de agua, en tanto que 2,600 millones no tenían acceso a servicios de saneamiento. Los países más afectados son los habitantes de Asia y África. Esta carencia se vincula estrechamente con la incidencia de enfermedades diarreicas, paludismo, hepatitis y tracoma, de especial impacto sobre la población infantil (CONAGUA, 2011).

Habitualmente, los hidrólogos miden la escasez de agua a través de la relación agua/población. Una zona experimentará estrés hídrico cuando su suministro anual de agua se encuentra por debajo de los 1,700 m³ por persona. Cuando ese mismo suministro anual cae por debajo de los 1,000 m³ por persona, entonces se habla de escasez de agua. Y de escasez absoluta de agua cuando la tasa es menor a 500 m³.

La escasez de agua se define como el punto en el que, el impacto agregado de todos los usuarios, bajo determinado orden institucional, afecta al suministro o a la calidad del agua, de forma que la

demanda de todos los sectores, incluido el medioambiental, no puede ser completamente satisfecha. La escasez de agua es pues un concepto relativo y puede darse bajo cualquier nivel de oferta o demanda de recursos hídricos. La escasez puede ser una construcción social (producto de la opulencia, las expectativas y unas costumbres arraigadas) o consecuencia de la variación en los patrones de la oferta, derivados, por ejemplo, del cambio climático (ONU, 2010).

Ilustración 3 Mapa de la escases del agua en el mundo.



Fuente: (ONU, 2010)

El agua renovable *per cápita* de un país resulta de la operación de dividir sus recursos renovables entre el número de habitantes. Según este criterio, Guyana Francesa es el país con mayor agua renovable *per cápita* 609,091 m³/hab/año, En México, el índice de escasez de agua sitúa al país como una región con disponibilidad de agua comprometida, dada su variación temporal y posible contaminación. Si no se desarrolla una administración adecuada de manejo, distribución y protección, se sufrirá escasez de agua. (Jiménez Cisneros, 2001),(CONAGUA, 2013).

Tabla 1 Agua renovable per cápita.

No.	País	Precipitación media (milímetros)	Agua renovable (miles de millones de m³)	Agua renovable <i>per cápita</i> (m³/hab/año)
1	Guayana F.	2 895	134	609 091
2	Islandia	1 940	170	539 683
3	Guyana	2 387	241	315 858
4	Surínam	2 331	122	236 893
5	Congo	1 646	832	230 152
6	Nueva Guinea	3 142	801	121 788

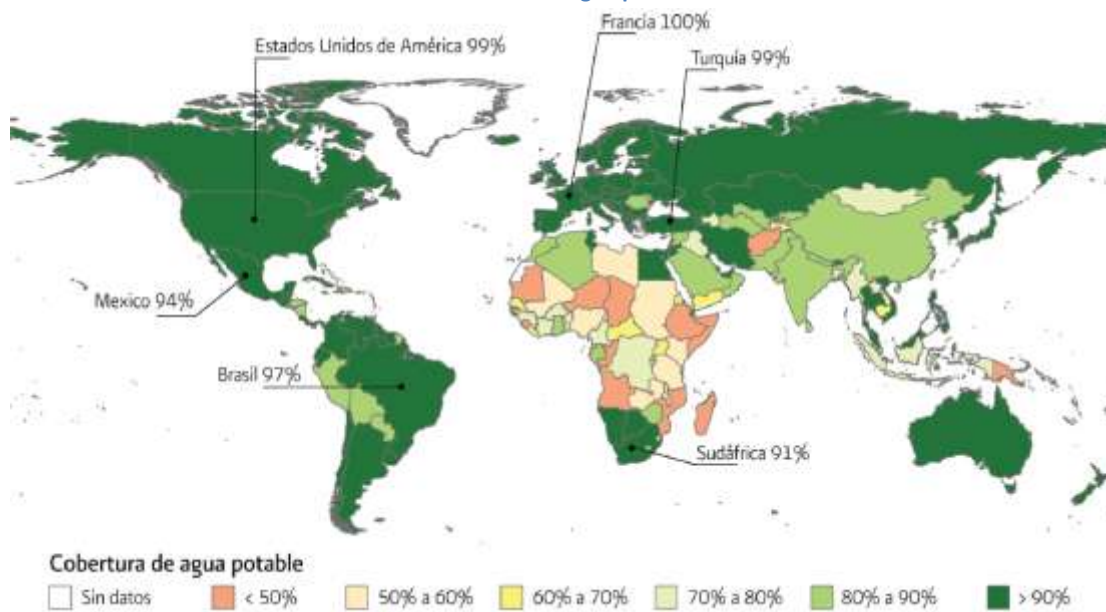
7	Bhután	2 200	78	113 537
8	Gabón	1 831	164	113 260
9	Islas Salomón	3 028	45	87 476
10	Canadá	537	2 902	87 255
11	Noruega	1 414	382	80 134
12	Nueva Zelanda	1 732	327	77 305
13	Perú	1 738	1 913	66 338
14	Bolivia	1 146	623	64 215
15	Belice	1 705	19	61 628
16	Liberia	2 391	232	61 165
17	Chile	1 522	922	54 868
18	Paraguay	1 130	336	53 863
19	Laos	1 834	334	53 747
20	Colombia	2 612	2 132	47 365
23	Brasil	1 782	8 233	42 886
86	México	760	460	4 263

Fuente: (CONAGUA, 2011)

En cuanto al saneamiento de aguas residuales, de acuerdo con la Organización de la Naciones Unidad (ONU), al 2008 México tenía una cobertura de agua potable del 94% (96% urbana y 87% rural), así como del 85% en saneamiento (90% urbana y 68% rural)¹. La Conagua reporta que al 2013 solamente se tratan el 49% de las aguas residuales generadas y colectadas del país. La distribución de agua potable y saneamiento de agua en el mundo se muestran en las ilustraciones 4 y 5.

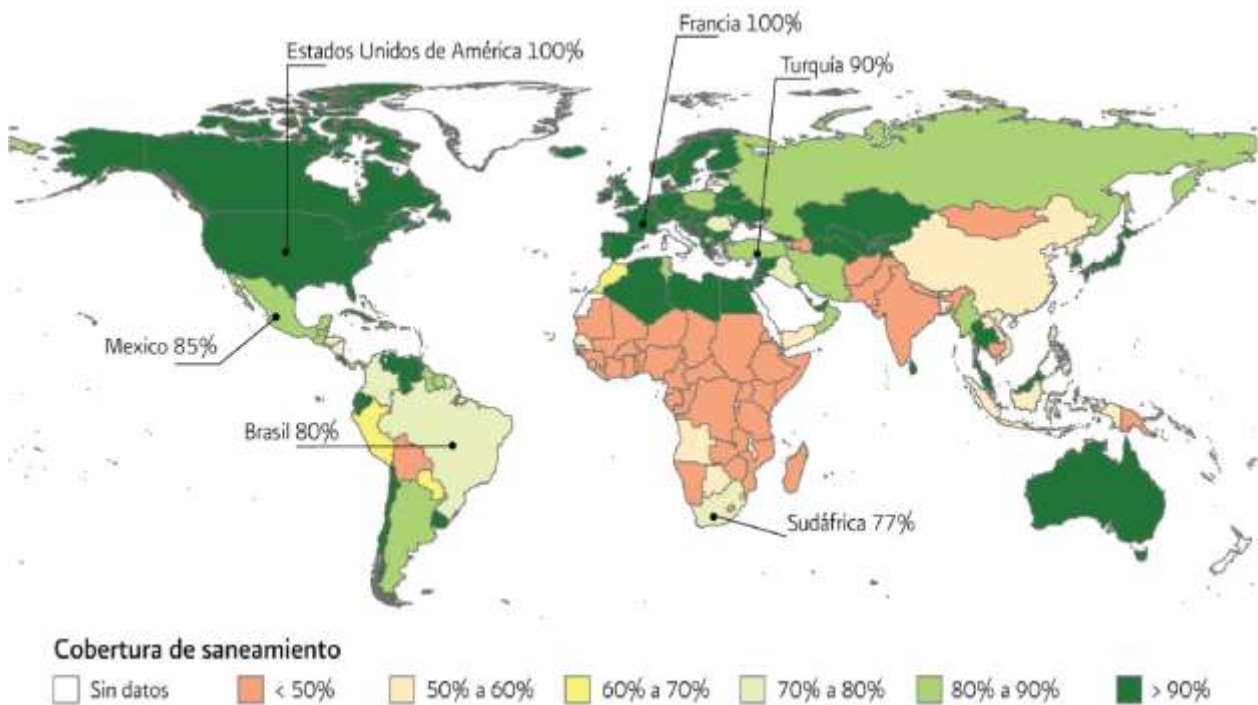
¹ Existe una íntima relación entre la salud y el agua, por ello es de gran importancia contar con una amplia cobertura del servicio de agua potable y saneamiento ya que éstas contribuyen a reducir la mortalidad por estos padecimientos.

Ilustración 4. Cobertura de agua potable en el mundo.



Fuente: (CONAGUA, 2011)

Ilustración 5. Cobertura de saneamiento en el mundo.



Fuente: (CONAGUA, 2011)

En cuanto a los fenómenos hidrometeorológicos, éstos influyen a nivel global en todas las regiones del mundo. Estos fenómenos van desde inundaciones a sequías. Su impacto depende de la magnitud de la vulnerabilidad de la región y del grado de preparación para prevenir y mitigar los efectos de los fenómenos meteorológicos. Los resultados por estos fenómenos en los países con mayor nivel de desarrollo pueden ser de carácter económico y ambiental, mientras que en países **subdesarrollados son de carácter altamente social como el hambre, reducción de la calidad de vida y migración**. Se espera que el cambio climático intensifique el estrés padecido por los recursos hídricos. Se estima que se alterará la estacionalidad de los flujos en regiones abastecidas por agua de nieve en las principales cordilleras, donde vive la sexta parte de la población mundial. Se considera que a finales del presente siglo la temperatura se incrementará de dos a cuatro grados centígrados. (CONAGUA, 2011).

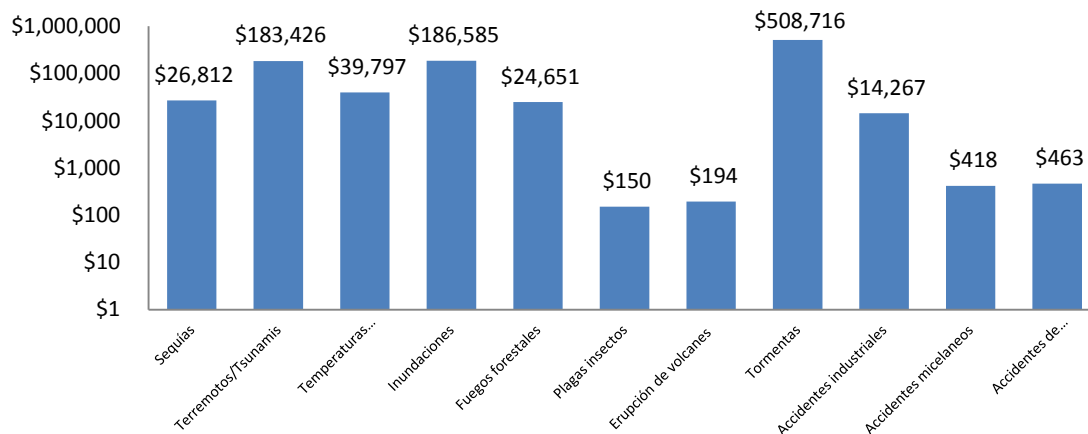
En el mundo, los desastres causados por el agua, cuando se analizan como porcentajes del PIB, afectan principalmente a países subdesarrollados. En 2009 se estima que los daños relacionados con el agua (origen climático e hidrometeorológico) sumaron 35,409 millones de dólares. El valor histórico de estos daños a nivel mundial se describe en la siguiente tablas (CONAGUA, 2011).

Tabla 2. Costo estimado de desastres por tipo de fenómeno y año (2000 a 2009) en millones de US\$ (precios 2009).
Nota: 'n.a.' sin información.

Desastre	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Sequías	\$ 5,107	\$ 2,787	\$ 9,884	\$ 863	\$ 1,700	\$ 2,149	\$ 3,337	\$ 524	\$ 216	\$ 245
Terremotos/Tsunamis	\$ 514	\$ 8,920	\$ 2,466	\$ 9,622	\$ 43,844	\$ 7,366	\$ 3,652	\$15,492	\$ 85,491	\$ 6,059
Temperaturas extremas	\$ 461	\$ 242	n.a	\$14,598	n.a	\$ 439	\$ 1,064	n.a	\$ 21,862	\$ 1,131
Inundaciones	\$32,148	\$ 5,757	\$31,990	\$24,152	\$ 11,965	\$ 19,707	\$ 8,307	\$25,181	\$ 19,655	\$ 7,723
Fuegos forestales	\$ 3,188	\$ 109	\$ 432	\$ 7,107	\$ 3	\$ 4,226	\$ 893	\$ 4,757	\$ 2,421	\$ 1,515
Plagas insectos	\$ 150	n.a	n.a.	n.a.	n.a	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a
Erupción de volcanes	\$ 3	\$ 20	\$ 11	n.a	n.a	n.a	\$ 160	n.a	n.a	n.a
Tormentas	\$15,523	\$17,589	\$17,597	\$24,874	\$ 95,616	\$ 202,996	\$18,839	\$30,584	\$ 60,457	\$24,641
Accidentes industriales	n.a	\$ 12	\$11,878	n.a	\$ 1,022	\$ 450	n.a	\$ 899	n.a	\$ 6
Accidentes misceláneos	\$ 326	\$ 6	\$ 74	n.a	n.a	\$ 11	\$ 1	n.a	n.a	n.a
Accidentes de transporte	n.a	n.a	n.a	n.a	\$ 463	n.a	n.a	n.a	n.a	n.a

Fuente: (CONAGUA, 2011).

Ilustración 6 Cantidad total de los daños estimados por tipo de fenómeno y año (2000 a 2009) en millones de US\$ (precios 2009).



Fuente (CONAGUA, 2011).

2.2. Distribución de recursos hídricos en México

En el territorio mexicano, debido a su geografía y clima, destacan dos grandes zonas de disponibilidad de agua. La primera de ellas comprende el sur y sureste, y la segunda el norte, centro y noroeste del país. La **disponibilidad natural de agua en el sur y sureste es siete veces mayor que en el resto del país**. En contraste, en la zona norte y centro del país, en donde se asienta el 77% de la población y se genera el 85% del PIB, sólo se cuenta con el 32% de la disponibilidad natural media de agua (Gob. Durango, 2011).

Para fines de administración y preservación de las aguas nacionales, a partir de 1997 el país se ha dividido en **trece Regiones Hidrológicas Administrativas (RHA)**, las cuales están formadas por agrupaciones de cuencas, consideradas las unidades básicas de gestión de los recursos hídricos; sus límites respetan los municipales para facilitar la integración de la información socioeconómica. La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), órgano administrativo y normativo es el encargado de la gestión del agua en México, desempeña sus funciones a través de trece organismos de cuenca, cuyo ámbito de competencia son las RHA (CONAGUA, 2013).

Cada una de las RHA presenta contrastes entre las características regionales. Por ejemplo: la región XIII Aguas del Valle de México, de gran aportación al PIB, representa por sí sola la quinta parte de la población nacional, en tanto que presenta baja cantidad de agua renovable. Por el contrario, la agrupación de las regiones hidrológico-administrativas I, II, III, IV, V, VII, IX, X y XI, con baja aportación al PIB, presenta la mayor cantidad de agua renovable del país, como se observa en la siguiente ilustración.

Ilustración 7. Resumen de datos relevantes de cada una de las trece RHA.



Fuente: (CONAGUA, 2013)

Las cuencas son unidades naturales del terreno, definidas por la existencia de una división de las aguas debida a la conformación del relieve. Para propósitos de administración de las aguas nacionales, la CONAGUA ha definido 731 cuencas hidrológicas². Las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas y a su vez se agrupan en las 13 RHA. En lo que se refiere a las aguas subterráneas, el país está dividido en 653 acuíferos que se delimitan dentro de las 13 RHA (CONAGUA, 2013).

En algunas regiones hidrológico-administrativas como en la I Península de Baja California, VI Río Bravo, VII Cuencas Centrales del Norte, VIII Lerma-Santiago-Pacífico y XIII Aguas del Valle de

² Al 31 de diciembre del 2012 se tenían publicadas 731 cuencas hidrológicas, conforme a la norma NOM-011-CONAGUA-2000.

México, el valor del agua renovable *per cápita* es preocupantemente bajo. En la siguiente tabla se muestran los valores de agua renovable en cada una de las regiones del país.

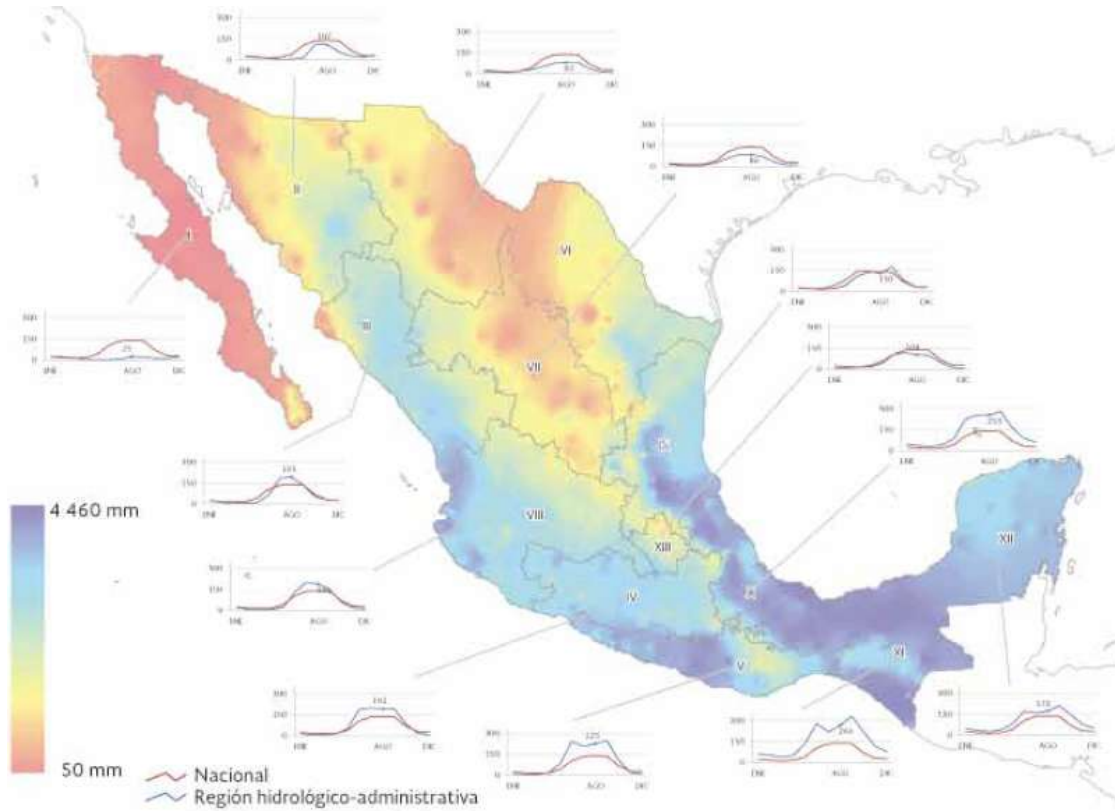
Tabla 3. Agua renovable per cápita, por región hidrológico-administrativa.

Región		Agua renovable (hm3/año) 2011-2018	Población 2012 a medio año (mill. hab.)	Agua renovable per cápita al 2012 (m3/hab/año)	Escurrimiento natural medio superficial totala (hm3/año) 2011-2018	Recarga media total de acuíferos (hm3/año) 2011-2018
I	Península de Baja California	4,999	4.21	1,187	3,341	1,658
II	Noroeste	8,325	2.73	3,055	5,073	3,251
III	Pacífico Norte	25,939	4.38	5,921	22,650	3,290
IV	Balsas	22,899	11.44	2,002	17,057	5,842
V	Pacífico Sur	32,351	4.95	6,541	30,800	1,551
VI	Río Bravo	12,757	11.84	1,077	6,857	5,900
VII	Cuencas Centrales del Noreste	8,065	4.42	1,826	5,745	2,320
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	35,754	23.29	1,535	26,005	9,749
IX	Golfo Norte	28,115	5.14	5,470	24,146	3,969
X	Golfo Centro	95,124	10.31	9,226	90,419	4,705
XI	Frontera Sur	163,845	7.39	22,185	141,128	22,718
XII	Península de Yucatán	29,856	4.34	6,874	4,541	25,316
XIII	Aguas del Valle de México	3,468	22.62	153	1,112	2,357

Fuente: (CONAGUA, 2013)

La precipitación normal del país en el periodo de 1971- 2000 fue de 760 milímetros. La distribución mensual de la precipitación acentúa los problemas relacionados con la disponibilidad del recurso, debido a que el 68% de la precipitación normal mensual ocurre entre los meses de junio y septiembre. Existe gran discrepancia en los valores de precipitación pluvial entre las trece RHA, por ejemplo en la región XI Frontera Sur, que recibe mayor cantidad de lluvia, la precipitación pluvial normal anual 1971- 2000 fue once veces mayor que en la región hidrológico-administrativa de la Península de Baja California que es la más seca.

Ilustración 8. Distribución de la precipitación histórica (1971 – 2000) en las diferentes RHA



Fuente: (CONAGUA, 2013)

Los ríos y arroyos del país constituyen una red hidrográfica de 633 mil kilómetros de longitud, en la que destacan cincuenta ríos principales por los que fluye el 87% del escurrimiento superficial del país y cuyas cuencas cubren el 65% de la superficie territorial continental del país. Por su superficie destacan las cuencas de los ríos Bravo y Balsas, y por longitud destacan los ríos Bravo y Grijalva-Usumacinta. Las características de los ríos más importantes de México se describen en la siguiente tabla.

Tabla 4. Características de los ríos principales jerarquizados por escurrimiento natural medio superficial.

Río	Región hidrológico-administrativa		Escurrecimiento natural medio superficial (millones de m3/año)	Área de la cuenca (km2)	Longitud del río (km)
Grijalva-Usumacinta	XI	Frontera Sur	115,535	83,553	1,521
Papaloapan	X	Golfo Centro	42,887	46,517	354

Coatzacoalcos	X	Golfo Centro	28,679	17,369	325
Pánuco	IX	Golfo Norte	19,673	84,956	510
Balsas	IV	Balsas	16,587	117,406	770
Tonalá	X	Golfo Centro	11,389	5,679	82
Santiago	VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	7,423	76,416	562
Tecolutla	X	Golfo Centro	6,098	7,903	375
Verde	V	Pacífico Sur	5,937	18,812	342
Ometepec	V	Pacífico Sur	5,779	6,922	115
El Fuerte	III	Pacífico Norte	5,024	33,590	540
Lermab	VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	4,742	47,116	708
Papagayo	V	Pacífico Sur	4,237	7,410	140
San Pedro	III	Pacífico	3,417	26,480	255
Yaqui	II	Noroeste	3,163	72,540	410
Culiacán	III	Pacífico Norte	3,122	15,731	875
Nazas-Aguanaval	VII	Cuencas central del Norte	1,912	89,239	1,081

Fuente: (CONAGUA, 2013)

Las aguas subterráneas permiten ser aprovechadas de manera versátil, pues funcionan como presas de almacenamiento y red de distribución, siendo posible extraer agua en cualquier época del año de prácticamente cualquier punto de la superficie del acuífero. Funcionan además como filtros purificadores, preservando la calidad del agua.

La importancia del agua subterránea se manifiesta en la magnitud del volumen utilizado por los principales usuarios. Alrededor del 38% del volumen total concesionado para usos consuntivos (31.8 mil millones de m³ por año al 2012), procede de agua subterránea. Para fines de administración del agua subterránea, el país se ha dividido en 653 acuíferos. Al 31 de diciembre de 2012 se reportan 106 acuíferos sobreexplotados, de ellos se extrae el 54.72% del agua subterránea para todos los usos³ (CONAGUA, 2013).

Por otra parte, la evaluación de la calidad del agua se lleva a cabo utilizando tres indicadores: la Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales (SST). La DBO5 y la DQO se utilizan para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua provenientes principalmente de las descargas de aguas residuales tanto de origen municipal como no municipal.

La DBO5 determina la cantidad de materia orgánica biodegradable en tanto que la DQO mide la cantidad total de materia orgánica. El incremento de la concentración de estos parámetros incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua con la consecuente

³ De acuerdo con los resultados de los estudios recientes, se define si los acuíferos se convierten en sobreexplotados o dejan de serlo, en función de la relación extracción/recarga

Estos parámetros permiten reconocer gradientes que van desde una condición relativamente natural o sin influencia de la actividad humana, hasta el agua que muestra indicios o aportaciones importantes de descargas de aguas residuales municipales y no municipales, así como áreas con deforestación severa. En 2012 CONAGUA identificó 208 sitios clasificados como fuertemente contaminados en algún indicador, en dos de ellos o en todos (DBO₅, DQO y SST). Estos sitios se muestran en la ilustración 9.

Sitios de monitoreo

Parámetros (número de sitios)

- DBO₅ (4)
- DBO₅ y DQO (49)
- DQO (86)
- DQO y SST (3)
- SST (61)
- DBO₅, DQO y SST (5)

Ríos principales

Regiones hidrologico-administrativas

Página 19

Por otra parte, en cuanto a la demanda de recursos hídricos, de acuerdo con las estimaciones de CONAPO, entre 2012 y 2030 la población del país se incrementará en 20.4 millones de personas, aunque las tasas de crecimiento tenderán a reducirse. Para el 2030 aproximadamente el 75.2% de la población total se asentará en localidades urbanas. Se calcula que para el periodo 2012-2030, más de la mitad del crecimiento poblacional ocurrirá en las regiones hidrológico-administrativas IV Balsas, VI Río Bravo, VIII Lerma-Santiago-Pacífico y XIII Aguas del Valle de México. En contraste, las cuatro regiones con menor crecimiento (II Noroeste, III Pacífico Norte, V Pacífico Sur y VII Cuencas Centrales del Norte) representarán solamente el 12.2% del crecimiento de dicho periodo.

Cabe destacar que algunas de las RHA para las que se espera mayor crecimiento poblacional son al mismo tiempo aquéllas donde ya existe un grado de presión mayor que el nacional. En contraste, en algunas RHA con menor grado de presión (V Pacífico Sur y X Golfo Centro) se espera un crecimiento menor.

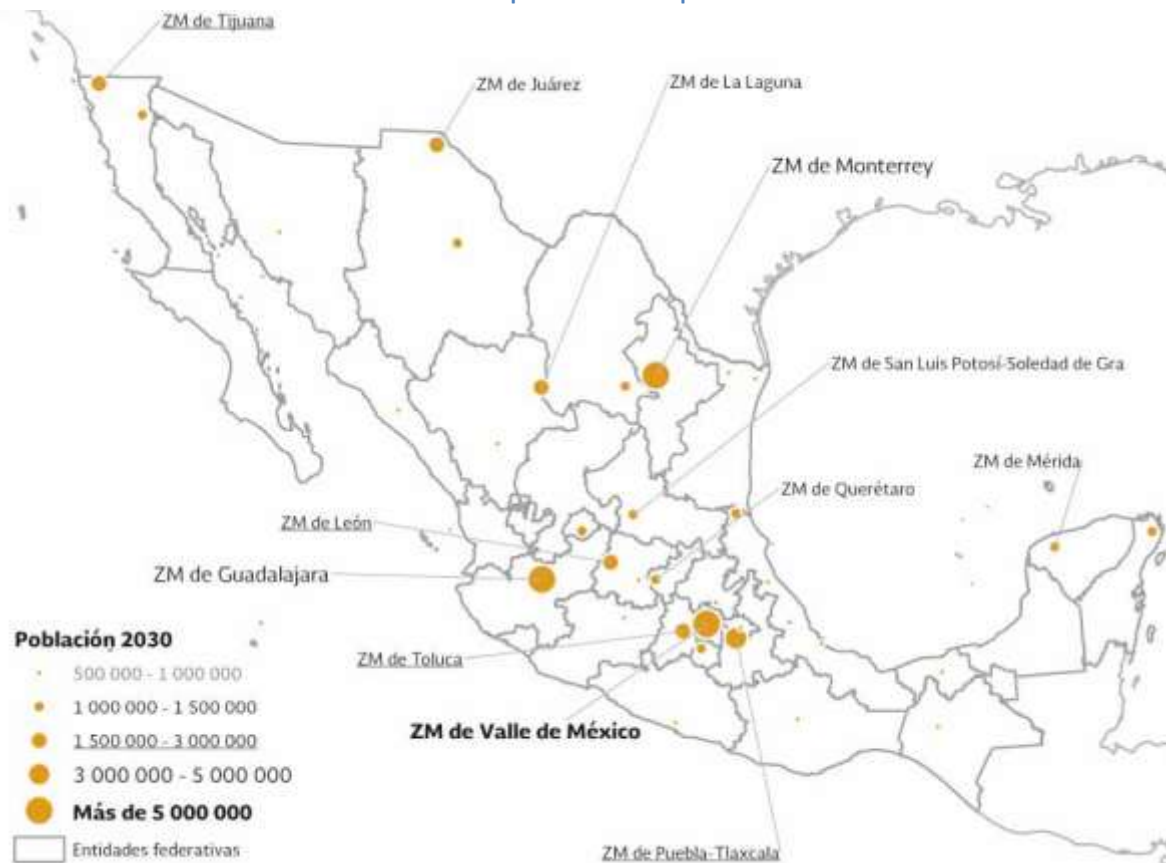
Tabla 5. Población en los años 2012 y 2030, por región hidrológico-administrativa.

Región hidrológico administrativa	Población en miles de habitantes		Incremento de población
	2012	2030	
I Península de BC.	4213	5513	31%
II Noroeste	2725	3357	23%
III Pacífico N.	4381	5057	15%
IV Balsas	11436	13315	16%
IX Golfo Norte	4946	5400	9%
V Pacífico Sur	11842	14368	21%
VI Río Bravo	4416	5125	16%
VII Cuencas C. del N.	23293	27699	19%
VIII Lerma Santiago p.	5140	5963	16%
X Golfo Centro	10311	11607	13%
XI Frontera Sur	7385	8844	20%
XI Península de Yuc.	4343	5834	34%
XI Valle de México	22622	25401	12%

Fuente: (CONAGUA, 2013)

En el año 2030 se espera que el 53.6% de los mexicanos se asienten en 38 núcleos de población con más de 500 mil habitantes. El incremento de la población ocasionará la disminución del agua renovable *per cápita* a nivel nacional. El decremento previsible se muestra en la ilustración 10.

Ilustración 10. Principales núcleos de población al 2030.



Fuente: (CONAGUA, 2013)

Al año 2030 en algunas de las RHA, el agua renovable *per cápita* alcanzará niveles cercanos o incluso inferiores a los mil m³/hab/año, lo que se califica como una condición de escasez grave. Las RHA I Península de Baja California, VI Río Bravo y XIII Aguas del Valle de México presentarán en el año 2030 niveles extremadamente bajos de agua renovable *per cápita*.

Se deberá tener especial cuidado con el agua subterránea, ya que su sobreexplotación ocasiona el abatimiento de los niveles freáticos, el hundimiento del terreno y que se perforen pozos a mayor profundidad, además, la mayor parte de la población rural, especialmente en zonas áridas, depende de manera significativa del agua subterránea. Con el fin de hacer frente a la disminución de la disponibilidad del agua en los próximos años, será necesario realizar acciones para reducir su demanda, a través del incremento en la eficiencia del uso del agua para riego y en los sistemas de distribución de agua en las ciudades. Además, deberán incrementarse significativamente los

volúmenes de agua residual tratada y su reúso, que aumenten la disponibilidad y calidad del agua para los usos a los que se destine.

Por otro lado, para seguir garantizando el desarrollo social, será necesario incrementar la cobertura en el ámbito rural, tanto de agua potable, alcantarillado, saneamiento, tratamiento de agua residual y su reúso.

2.2.1. Clasificación del uso de agua

El agua es empleada de diversas formas en todas las actividades humanas, ya sea para subsistir o producir e intercambiar bienes y servicios. En el Registro Público de Derechos de Agua (REPDa), se registran los volúmenes concesionados o asignados a los usuarios de aguas nacionales. El REPDa tiene clasificados los usos del agua en doce rubros que pueden agruparse de acuerdo con la descripción de la tabla siguiente. El 61.6% del agua utilizada proviene de fuentes superficiales (ríos, arroyos y lagos), mientras que el 38.4% restante corresponde a fuentes subterráneas (acuíferos).

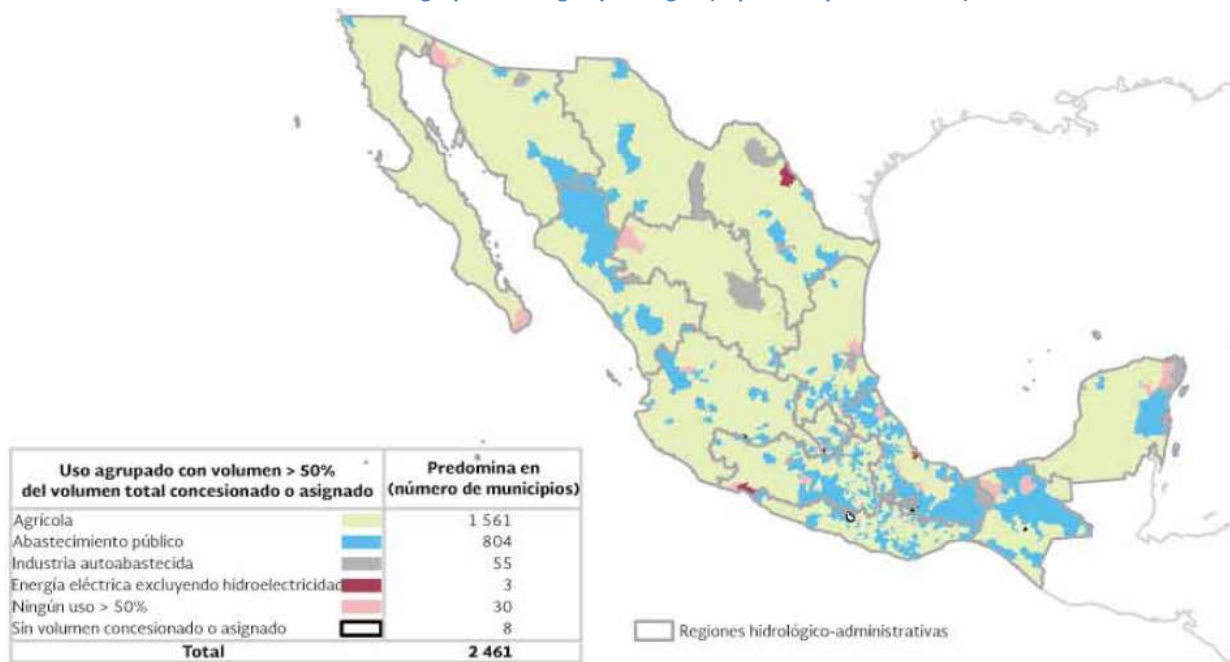
Tabla 6 Uso agrupado del agua por origen (superficial y subterráneo).

Uso agrupado	Rubros de clasificación del REPDa	Origen		Volumen Total (mil millones de m3)	Porcentaje de extracción
		Superficial (mil millones de m3)	Subterráneo (mil millones de m3)		
Agrícola	Agrícola, acuicultura, pecuario, usos múltiples, otros usos.	41.2	22.2	63.3	76.6%
Abastecimiento público	Doméstico, público urbano	4.7	7.3	12	14.5%
Industria autoabastecida	Agroindustrial, servicios, industrial, comercio.	1.4	1.9	3.3	4%
Energía eléctrica excluyendo hidroelectricidad	Industrial	3.6	0.4	4.1	4.9%

Fuente: (CONAGUA, 2013)

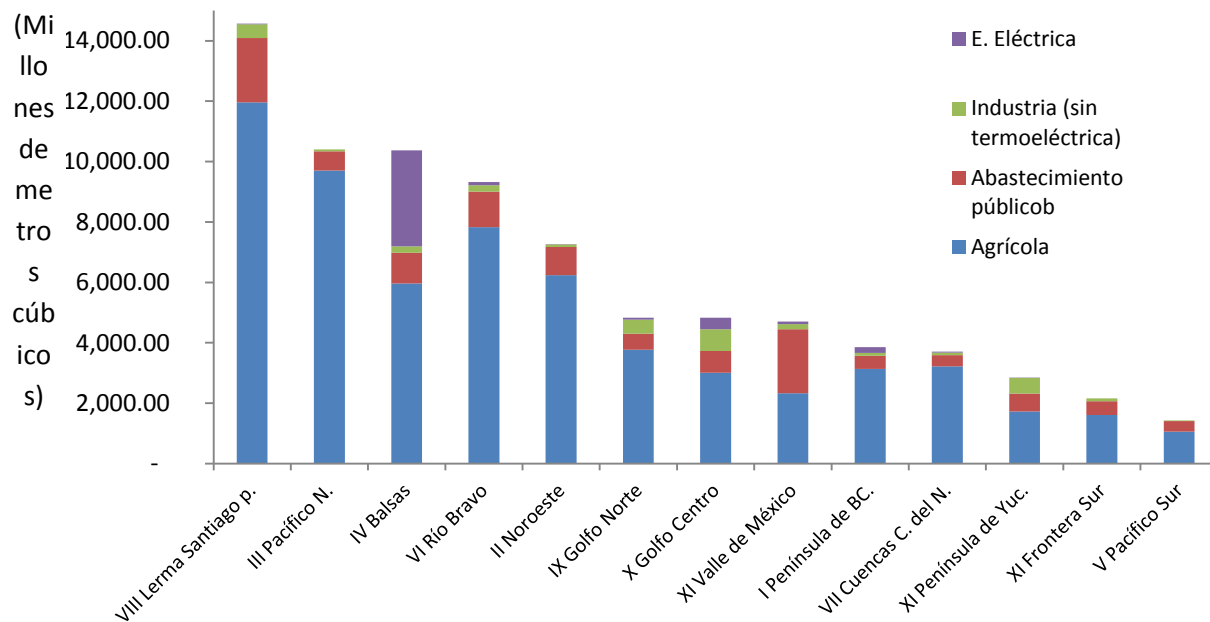
En la mayoría de los municipios de México predomina el uso agrupado agrícola, seguido por el uso agrupado para abastecimiento público, como se observa en el siguiente mapa.

Ilustración 11. Uso agrupado del agua por origen (superficial y subterráneo).



Fuente: (CONAGUA, 2013)

Ilustración 12. Volumen concesionado por región hidrográfico-administrativa, 2010-2011.



Fuente: (CONAGUA, 2012)

El porcentaje que representa el agua empleada en usos consuntivos⁴ respecto al agua renovable es un indicador del grado de presión que se ejerce sobre el recurso hídrico de un país, cuenca o región. Se considera que si el porcentaje es mayor al 40%, se ejerce un grado de presión alto o muy alto. A nivel nacional, México experimenta un grado de presión del 17.5%, lo cual se considera de nivel moderado; sin embargo, las zonas centro, norte y noroeste del país experimentan un grado de presión fuerte como se pudo apreciar en la siguiente tabla.

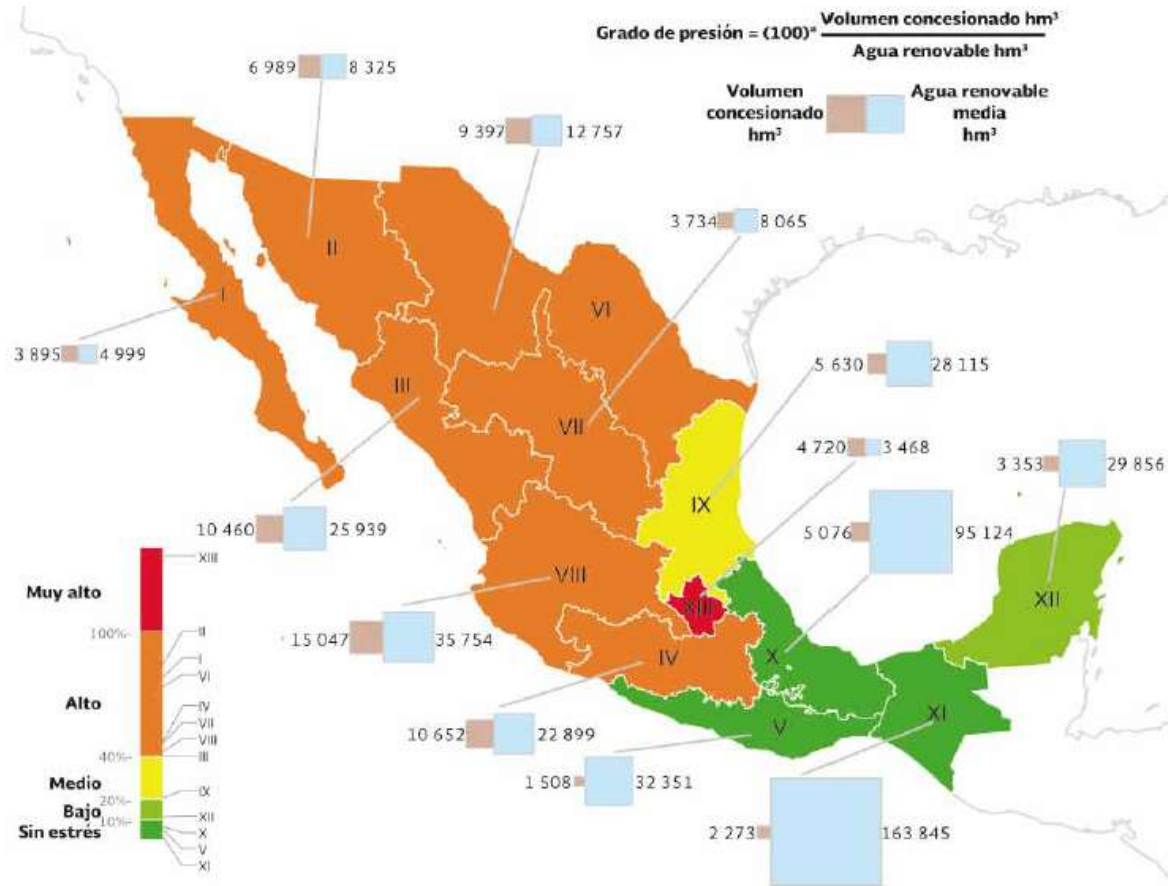
Tabla 7. Grado de presión sobre el recurso hídrico por región hídrico-administrativa.

Región hidrológico-administrativa	Volumen total del agua concesionada (hm3)	Agua renovable 2011-2018 (hm3/año)	Grado de presión	Clasificación del grado de presión
VIII Lerma Santiago p.	3,895.00	4,999.00	77.9%	Alto
III Pacífico N.	6,989.00	8,325.00	84.0%	Alto
IV Balsas	10,460.00	25,939.00	40.3%	Alto
VI Río Bravo	10,652.00	22,899.00	46.5%	Alto
II Noroeste	1,508.00	32,351.00	4.7%	Sin estrés
IX Golfo Norte	9,397.00	12,757.00	73.7%	Alto
X Golfo Centro	3,734.00	8,065.00	46.3%	Alto
XI Valle de México	15,047.00	35,754.00	42.1%	Alto
I Península de BC.	5,630.00	28,115.00	20.0%	Bajo
VII Cuencas C. del N.	5,076.00	95,124.00	5.3%	Sin estrés
XI Península de Yuc.	2,273.00	163,845.00	1.4%	Sin estrés
XI Frontera Sur	3,353.00	29,856.00	11.2%	Bajo
V Pacífico Sur	4,720.00	3,468.00	136.1%	Muy alto

Fuente: (CONAGUA, 2013)

⁴ Uso consuntivo: El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga (Ley de Aguas Nacionales).

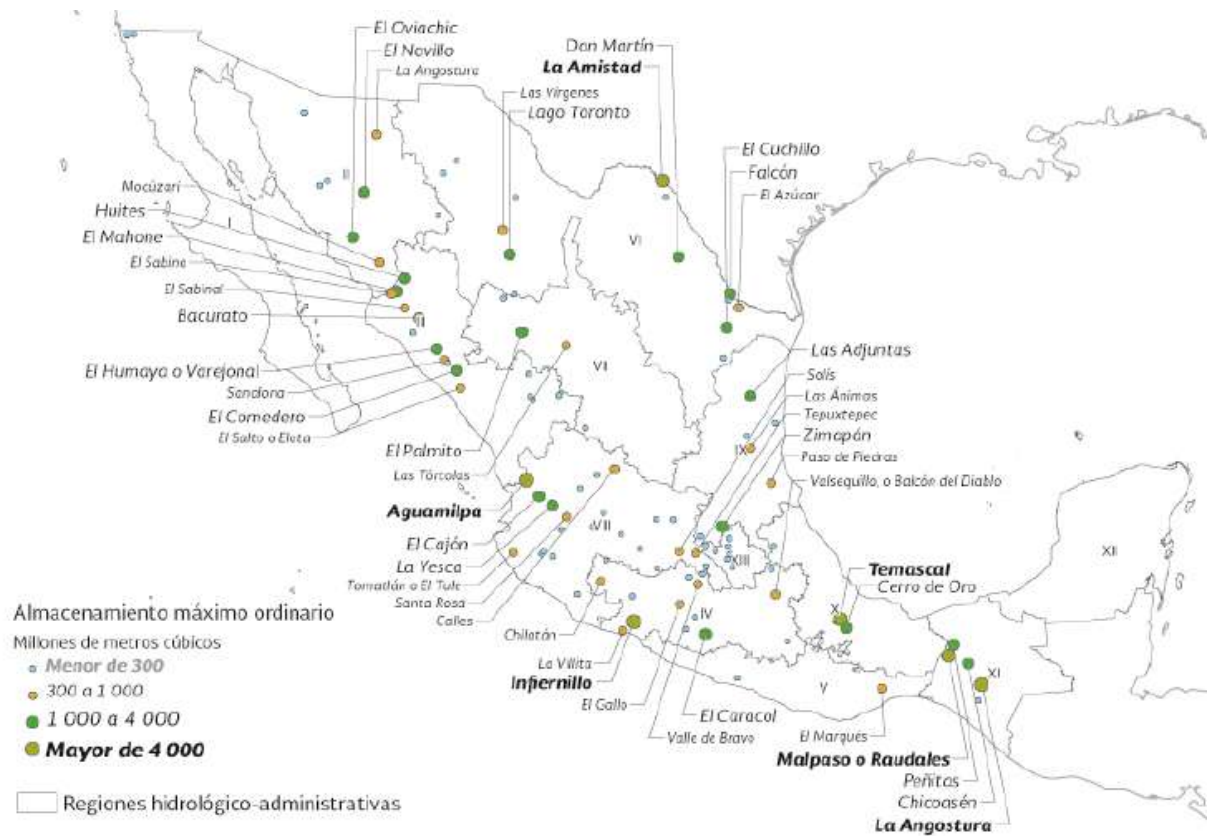
Ilustración 13. Grado de presión sobre el agua en México.



Fuente: (CONAGUA, 2013)

En México existen más de 5,163 presas y bordos, de ellos 667 se clasifican como grandes presas, de acuerdo con la definición de la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD, por sus siglas en inglés). En la ilustración 14 se muestra la ubicación de dichas presas.

Ilustración 14. Presas en México 2012.



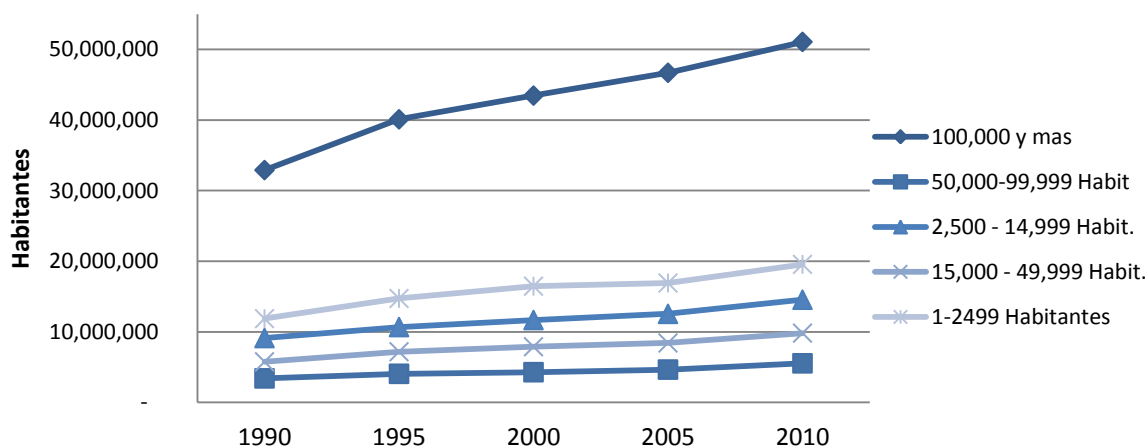
Fuente: (CONAGUA, 2013).

2.2.2. Infraestructura de agua potable y alcantarillado

La CONAGUA considera que la cobertura de agua potable incluye a las personas que tienen agua entubada dentro de la vivienda; fuera de la vivienda, pero dentro del terreno; de la llave pública; o de otra vivienda (CONAGUA, 2013). Tomando en cuenta esta definición y los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, al 25 de junio de ese año, el 90.9% de la población tenía cobertura de agua potable. La CONAGUA estima que al cierre de 2012, la cobertura de agua potable fue de 92%, desglosándose en **95.5% de cobertura en zonas urbanas y 80.3% en zonas rurales**.

La cobertura para la población en localidades grandes, mayores de 100 mil habitantes, se incrementa más rápidamente que en localidades más pequeñas. No obstante, debe tomarse en cuenta que el incremento de la población es mayor en las localidades urbanas, en tanto que la población rural crece a menor velocidad.

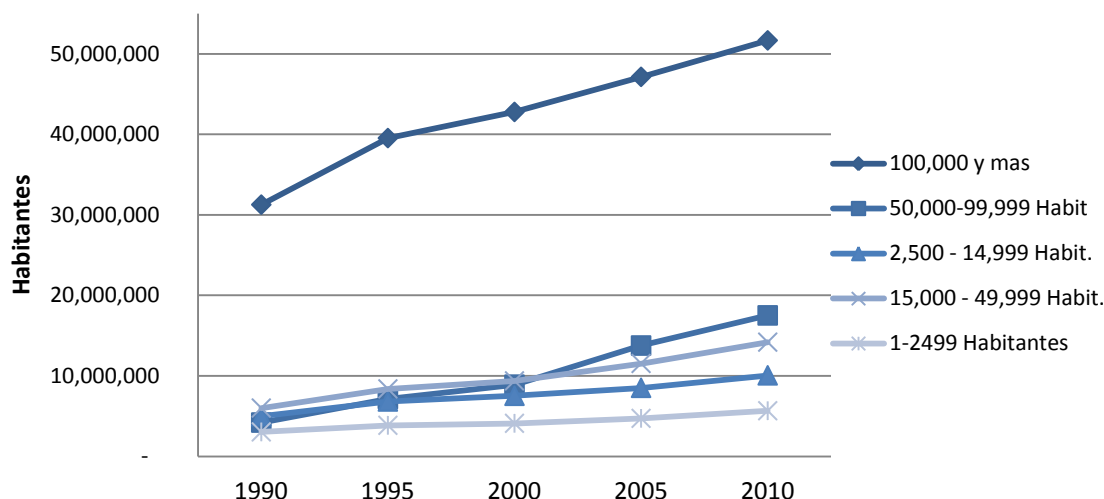
Ilustración 15. Población con cobertura de agua potable, por rangos de población.



Fuente: (CONAGUA, 2013)

Por otro parte, en cuanto a la población con infraestructura de alcantarillado, la CONAGUA considera que éstas incluyen a las personas que tienen conexión a la red de alcantarillado o una fosa séptica, o bien a un desagüe, barranca, grieta, lago o mar. Tomando en cuenta esta definición y los resultados del Censo de Población y Vivienda 2010, al 25 de junio de ese año el 89.6% de la población tenía cobertura de alcantarillado. CONAGUA estima que al cierre de 2012, la cobertura de alcantarillado fue de 90.5%, compuesta de 96.5% de cobertura en zonas urbanas y 70.1% en zonas rurales.

Ilustración 16. Población con cobertura de alcantarillado, por rangos de población.



Fuente: (CONAGUA, 2013)

Como en el caso del agua potable, la evolución de la población con cobertura de alcantarillado es también diferencial respecto del rango de población de la localidad. En este caso la población con cobertura de alcantarillado en localidades rurales se incrementó significativamente a partir del 2000.

En cuanto a las coberturas de agua potable y alcantarillado por región hidrológico-administrativa, los mayores rezagos en agua potable se presentan en las regiones V Pacífico Sur, IX Golfo Norte, X Golfo Centro y XI Frontera Sur; en tanto que para alcantarillado los rezagos se concentran en las regiones V Pacífico Sur, IX Golfo Norte, X Golfo Centro y XII Península de Yucatán. Las entidades federativas con mayores rezagos en cobertura de agua potable son Guerrero, Oaxaca y Chiapas; mientras que en términos de alcantarillado, son Oaxaca, Guerrero y Yucatán.

Tabla 8. Cobertura de la población con servicio de agua potable y alcantarillado por región hidrológico-administrativa, serie de años censales de 1990 a 2010 (porcentaje).

Región hidrológico administrativa	Agua potable					Alcantarillado				
	1990	1995	2000	2005	2010	1990	1995	2000	2005	2010
I Península de BC.	81.3	87.37	92.03	92.87	95.46	65.24	75.8	80.61	89.04	93.08
II Noroeste	89.73	93.25	95.25	94.78	96.28	62.57	71.48	76.47	84.06	88.08
III Pacífico N.	78.68	85.58	88.82	89.04	91.29	51.65	63.94	69.89	82.65	87.45
IV Balsas	72.84	81.08	83.23	84.45	85.76	48.84	63	67.52	81.35	86.87
IX Golfo Norte	59.16	69.02	73.24	73.48	75.6	33.31	46.48	47.36	63.28	72.55
V Pacífico Sur	91.78	94.42	96.09	96.12	97	73.93	83.96	88.24	93.76	95.42
VI Río Bravo	83.2	87.93	90.87	93.3	95.04	55.44	65.28	73.31	85.6	90.72
VII Cuencas C. del N.	84.16	90.29	92.21	93.36	94.86	67.98	79.78	82.51	90.08	93.05

VIII Lerma Santiago p.	57.65	67.76	75.49	80.86	84.94	33.94	42.16	49.98	65.26	72.98
X Golfo Centro	58.8	64.6	71.94	77.2	81.24	45.89	55.93	60.11	74.82	81.6
XI Frontera Sur	56.68	65.43	73.26	74.41	78.51	45.49	62.27	67.67	80.75	85.61
XI Península de Yuc.	73.98	84.85	91.89	94.1	94.22	45.06	57.54	63.17	76.34	84.48
XI Valle de México	92.52	96.26	96.86	96.53	96.79	85.86	93.14	94.4	97.21	97.82

Fuente: (CONAGUA, 2013)

En cuanto a las plantas potabilizadoras municipales, éstas condicionan la calidad del agua de las fuentes superficiales y/o subterráneas al uso público urbano. En 2012 se potabilizaron 96.4 m³/s en las 699 plantas en operación del país. La distribución de las plantas potabilizadoras por región hidrológico-administrativa se muestra en la siguiente tabla.

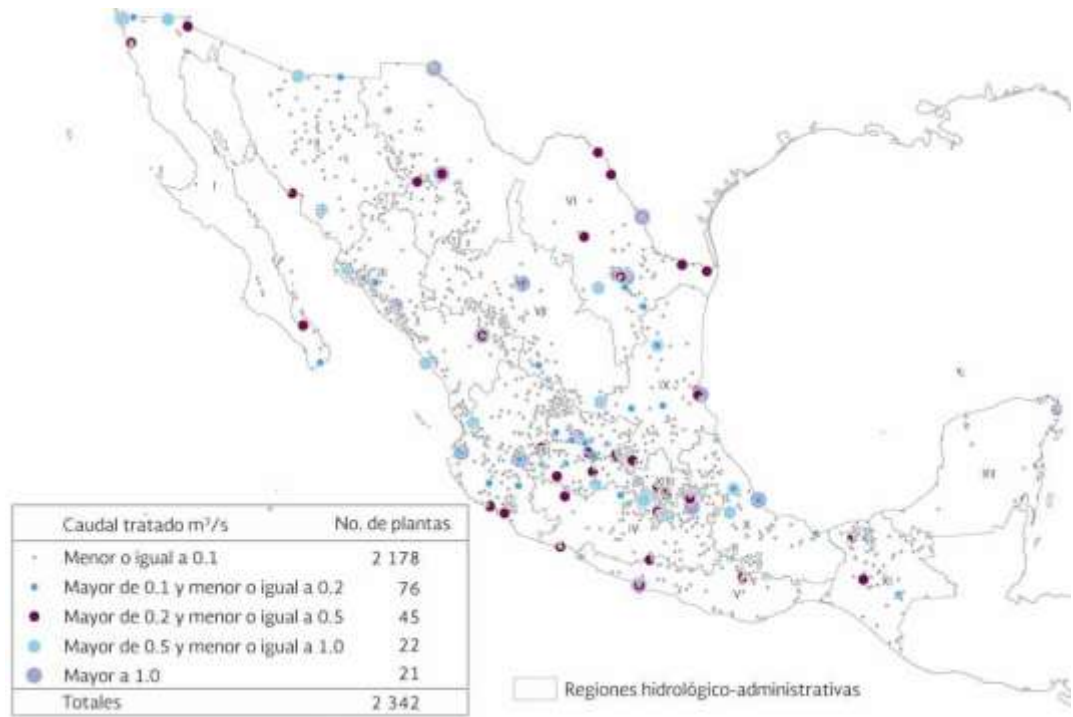
Tabla 9. Plantas potabilizadoras en operación, por región hidrológico-administrativa, 2012.

Región hidrológico administrativa	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m3/s)	Caudal potabilizado (m3/s)
I Península de BC.	48	12.37	6.85
II Noroeste	23	4.03	1.99
III Pacífico N.	158	9.64	8.37
IV Balsas	23	22.89	17.25
IX Golfo Norte	9	3.23	2.61
V Pacífico Sur	59	26.44	16.42
VI Río Bravo	87	0.56	0.4
VII Cuencas C. del N.	128	20.04	15.05
VIII Lerma Santiago p.	44	8.16	7.24
X Golfo Centro	11	6.84	4.34
XI Frontera Sur	46	14.64	11.07
XI Península de Yuc.	1	0.01	0.01
XI Valle de México	62	6.27	4.86

Fuente: (CONAGUA, 2013)

Las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales e industriales. La Conagua registra como municipales a las que son manejadas en los sistemas de alcantarillado urbanos y rurales, en tanto que las segundas son aquellas descargadas directamente a los cuerpos receptores de propiedad nacional, como es el caso de la industria autoabastecida. En la siguiente imagen (Ilustración 17) se muestran las plantas de tratamiento de aguas residuales en operación por región hidrológico-administrativa.

Ilustración 17. Distribución de plantas de tratamiento de agua residual por región hidrológico-administrativa.

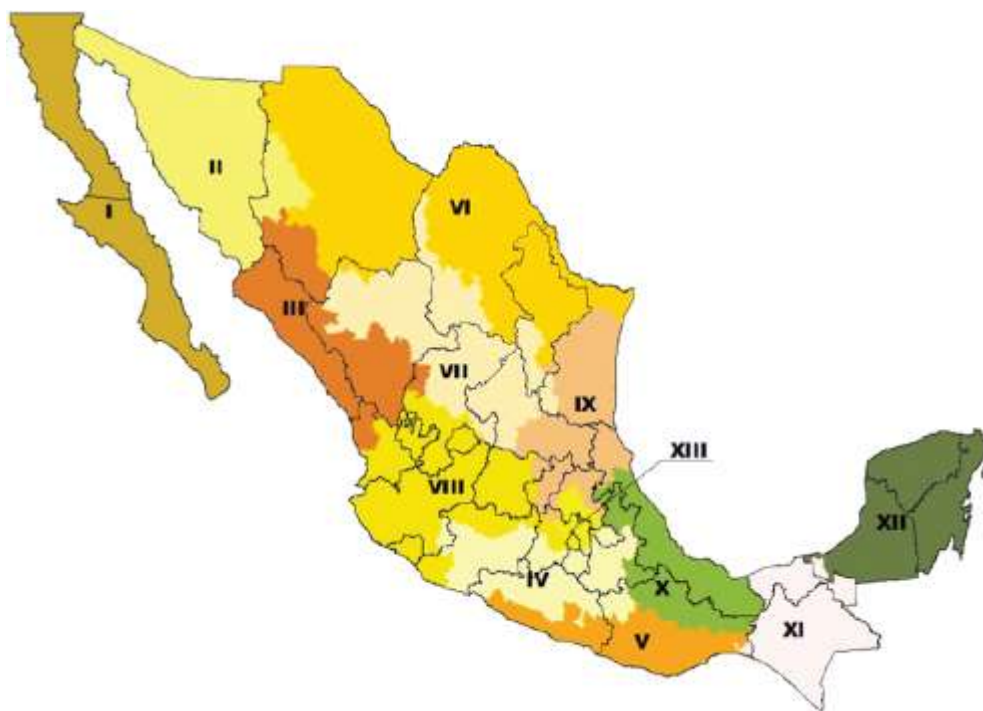


Fuente: (CONAGUA, 2013)

2.3. Características de los recursos hídricos en el estado

De acuerdo con la división expuesta anteriormente, el territorio de Durango forma parte de tres regiones hidrológicas: III Pacífico Norte (46.2%); VI Río Bravo (4.7%); y VII Cuencas Centrales del Norte (49.1%) (Gob. Durango, 2011).

Ilustración 18 La división administrativa del país para la CNA y la CONAFOR.

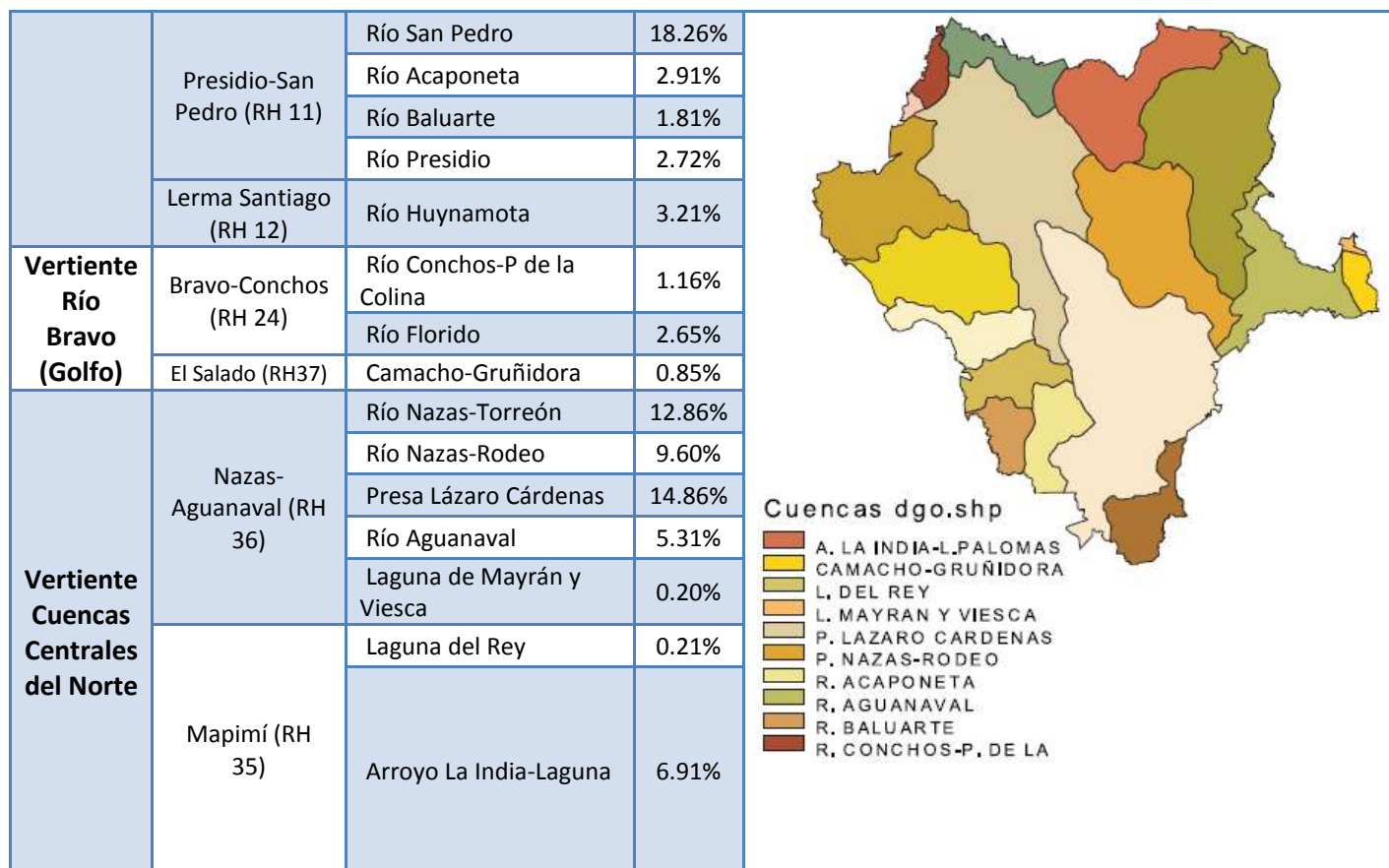


Fuente: (Gob. Durango, 2011)

El territorio del estado de Durango forma parte de siete regiones hidrológicas: El Salado (RH37), Nazas-Aguanaval (RH36), Mapimí (RH35), Bravo-Conchos (RH24), Lerma-Santiago (RH12) Presidio-San Pedro (RH11) y Sinaloa (RH10). Estas siete regiones incluyen 19 cuencas hidrológicas.

Tabla 10. Regiones hidrológicas, cuencas y superficie relativa que ocupan en el estado de Durango.

Vertiente	Región (No)	Cuenca	Sup. Estatal (%)	
Vertiente Pacífico Norte	Sinaloa (RH 10)	Río Piaxtla-R. Elota-R.	3.13%	
		Río San Lorenzo	6.27%	
		Río Culiacán	7.59%	
		Río Fuerte	0.29%	



Fuente: (Gov. Durango, 2011)

En las partes altas de la Sierra Madre Occidental tienen su origen numerosos ríos que van a desembocar a las tres vertientes: a) del Océano Pacífico, b) del interior y c) del Golfo de México.

Los ríos que drenan dentro de la vertiente del Océano Pacífico se caracterizan porque siguen su trayecto por grandes depresiones que forman barrancas profundas y que por tal motivo impiden que sus aguas sean aprovechadas para los diferentes usos dentro del estado de Durango. Los ríos que forman la vertiente interior del Estado atraviesan la región de los valles centrales de Durango y Chihuahua y la parte central del Altiplano Mexicano, permitiendo el aprovechamiento de su caudal para satisfacer los usos público, industrial, ambiental y agrícola dentro del Estado. Los principales ríos que forman la vertiente del Océano Pacífico desembocan al mar por los estados de Sinaloa y Nayarit. En las partes altas, a lo largo de la Sierra Madre Occidental, se presenta una precipitación media anual superior a los 1000 mm para descender esta cantidad a medida que se baja a la Planicie Costera del Pacífico, hasta alcanzar los 500-600 mm de lluvia anual en la zona de la planicie. De igual manera, la cantidad de precipitación anual desciende desde la parte alta del

sistema montañoso hacia el Altiplano Mexicano hasta alcanzar los 200-300 mm en la zona noreste del Estado. Los ríos más importantes de la vertiente interior son el **Nazas** y el **Aguanaval** (Gob. Durango, 2011).

El caudal de los ríos durante época de lluvias importantes origina problemas de inundaciones debido a la extraordinaria cantidad de agua que puede presentarse, a la topografía de los cauces y en ocasiones al deterioro que presentan las cuencas. Las zonas del estado de Durango susceptibles a sufrir inundaciones por avenidas debidas a eventos de lluvia extraordinarios son principalmente dos: las riveras del **Río Nazas**, donde se presentan avenidas extraordinarias, con ciclos aproximados de 20 años; y la zona del **valle del Guadiana**, donde confluyen los ríos **La Sauceda**, **El Tunal** y el **Arroyo de la Vaca**. El caudal que transita por los cauces de los principales ríos presenta variaciones muy elevadas debido a la dimensión de las cuencas y al balance hidrológico determinado principalmente por la precipitación y la evapotranspiración que varían fundamentalmente en las dos vertientes divididas por el macizo montañoso (Gob. Durango, 2011).

La disponibilidad de agua total y per cápita en las dos principales regiones hidrológicas administrativas del estado de Durango es de **24,839 hm y 6,038 m³** por año en la región Pacífico Norte; mientras que estos mismos datos para la región Cuencas Centrales del Norte son bastante más bajos: **6,841 hm y 1,726 m³** respectivamente.

En cuanto al grado de presión ejercido sobre el recurso hídrico, la región Pacífico Norte tiene un volumen de 24,839 hm y concesionados 10,491, lo cual da como un indicador de presión de 42%, mientras que en la región que ocupa Durango en Cuencas Centrales del Norte existe un volumen de 6,841 hm, con un volumen concesionado de 3,745 que representa el 55% de presión sobre el recurso agua.

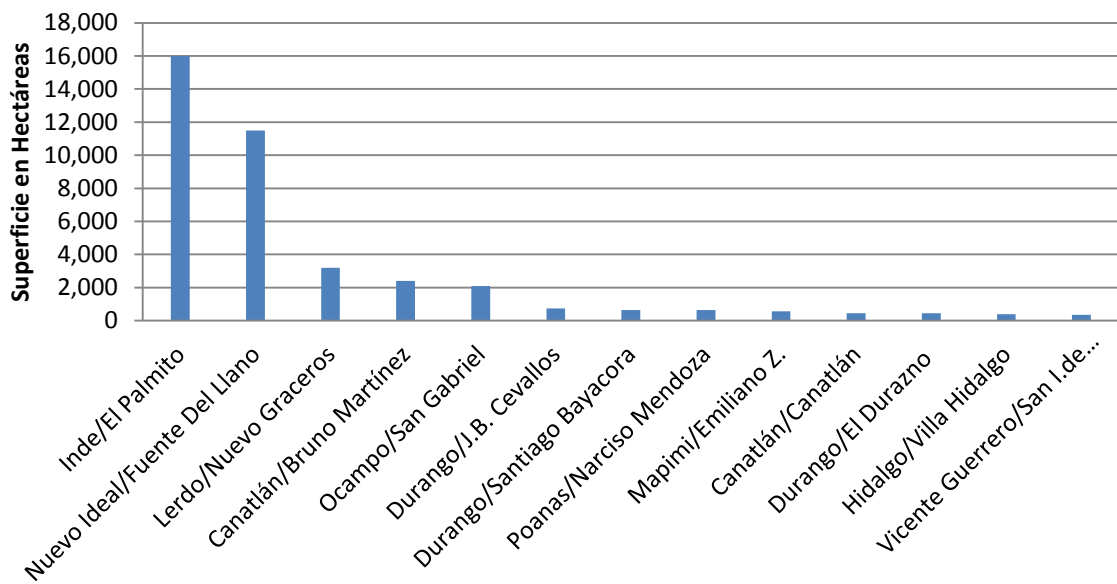
En la región administrativa **Pacífico Norte**, el **94% del agua se utiliza para fines agrícolas**, el **5% para uso urbano** y el **1% para uso industrial**; mientras que en las **Cuencas Centrales del Norte** el **87% del agua es para uso agrícola**, el **12% para abastecimiento público** y el **2% para uso industrial**, ya que las regiones industrializadas de Durango se encuentran en esta última región administrativa.

En el **Pacífico Norte**, el **90%** (8,900 hm³) del agua utilizada **proviene de las aguas subterráneas** y el 10% (981 hm³) proviene de las aguas superficiales. En la parte de la región administrativa **Cuencas Centrales del Norte** ocupada por el estado de Durango, el **63%** (2,052 hm³) proviene de **pozos** y el 37% (1,223 hm³) de aguas superficiales.

Los principales embalses disponibles para almacenar agua en el estado de Durango son: **Presa Lázaro Cárdenas** (El Palmito) con una superficie de 16,000 ha y nivel máximo ordinario de

almacenamiento –NAMO⁵– de 3,336 millones de m³; **Presa Francisco Zarco**, con una superficie de espejo de agua de 3,200 ha y NAMO de 438 M m³, y Presa Santiago Bayacora, con superficie de espejo de agua de 640 ha y NAMO de 100 M m³. También existen algunas lagunas interiores, dentro de las cuales destacan la Laguna Santiaguillo.

Ilustración 19. Embalses más importantes del estado de Durango (superficie del espejo del agua en ha).

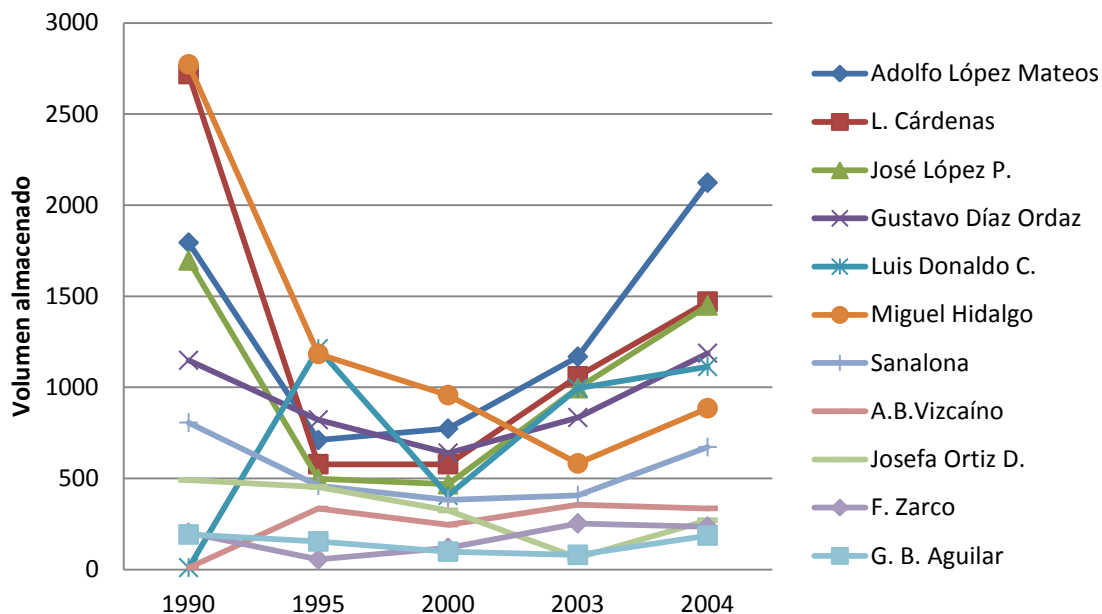


Fuente: (Gob. Durango, 2011)

Los almacenamientos de las principales presas son altamente variables principalmente por la presencia de sequías y los usos del agua. Destaca el bajo almacenamiento en los años 1995 y 2000 cuando el norte de México se encontraba dentro de una de las sequías más intensas del último siglo.

⁵ NAMO: Nivel de Aguas Máximas Ordinarias. La operación de la presa se lleva a cabo entre el NAMINO (Nivel de Aguas Mínimas de Operación) y el NAMO, que es el máximo nivel con que se puede operar la presa para satisfacer las demandas.

Ilustración 20. Histórico del Volumen almacenado en las principales presas de Durango.



Fuente: (Gob. Durango, 2011)

En cuanto a la **calidad del agua** en las corrientes superficiales del estado, de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas residuales en aguas y bienes, destaca la presencia de **concentraciones altas de coliformes fecales** (1,735 NMP/100 ml) en ríos como **Tepehuanes y Santiago Papasquiaro**, afluentes del alto Nazas. Los sólidos suspendidos totales rebasan en casi todos los casos la Norma, que establece como límites 75 promedios diarios y 150 promedios mensuales para uso público. Las estaciones de monitoreo presentan concentraciones en promedio de 104 mg l⁻¹; sólo los cuerpos de los municipio de Indé, Francisco Primo de Verdad y Villa Unión presentan niveles por debajo de la Norma. La demanda bioquímica de oxígeno, así como el contenido de nitrógeno y fósforo, se encuentran dentro de los niveles permitidos en todos los cuerpos de agua del estado (2.3 de promedio).

La contaminación de las aguas superficiales se debe principalmente a las descargas puntuales que se originan por los municipios (101 millones de metros cúbicos anuales), de los cuales, 84 millones de metros cúbicos son domésticos, 14 millones son industriales, 2 millones son del sector de servicios y la diferencia del total se descarga por el exceso de irrigación en el sector agrícola. Las aguas que se descargan a los ríos y presas reciben tratamiento a través principalmente de las

lagunas de oxidación con un volumen tratado anual de 83 millones de metros cúbicos (Gob. Durango, 2011).

Ilustración 21. Ríos y estaciones de monitoreo en cuerpos de agua superficial para el estado de Durango.



Fuente: (Gob. Durango, 2011)

En cuanto al agua subterránea, el estado de Durango cuenta con 29 grandes acuíferos (uno compartido con el estado de Coahuila). El agua extraída de éstos es utilizada en mayor proporción para riego agrícola, le siguen en proporción el uso industrial, doméstico, y en menor escala, otros servicios. Cabe mencionar que existen otros acuíferos de menor importancia, tanto interiores como compartidos con otros Estados. La explotación de los cuerpos de agua subterráneos se realiza por medio de COTAS (Comité Técnico de Aguas Subterráneas) y Distritos de Riego como entidades emergentes de la Ley de Aguas Nacionales. De los 29 acuíferos que se tienen identificados para el Estado, solamente se conoce la disponibilidad para 5 de ellos.

Tabla 11. Acuíferos de mayor importancia en el Estado de Durango.

Nombre del Acuífero	Área aprox. Km2	Municipios	
---------------------	-----------------	------------	--

Principal-Región Lagunera	14,548	Gómez Palacio, Lerdo, Tlahualilo en Durango; Francisco I. Madero y San Pedro de las Colonias en Coahuila
Ceballos	9,091	Mapimí y Tlahualilo
Oriente-Aguanaval	8,591	Mapimí, Tlahualilo, Lerdo, Cuéncame, Gral. Simón Bolívar, San Juan de Guadalupe Santa Clara y parte de Coahuila
Tepehuanes-Santiago	6,941	Tepehuanes, Guanaceví, Santiago Papasquiaro, Nuevo Ideal, Canatlán, San Dimas y Durango
Valle del Guadiana	4,826	Durango
Vicente Suárez	4,494	San Pedro del Gallo, Indé, San Luís del Cordero, Nazas, Mapimí, Lerdo, Cuéncame, Peñón Blanco, San Juan del Río y Rodeo
Vicente Guerrero-Poanas	3,776	Vicente Guerrero, Nombre de Dios, Poanas y Súchil
Matalotes-El Oro	3,715	Ocampo, Guanaceví, San Bernardo, El Oro e Indé
La Victoria	3,675	Rodeo, San Juan del Río, Coneto de Comonfort, El Oro e Indé

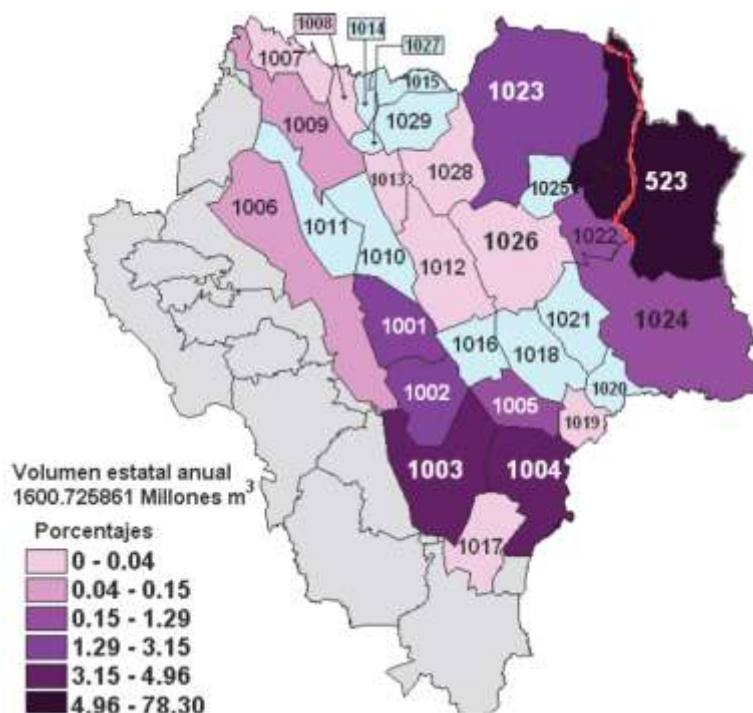


Fuente (Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento)

De los 29 acuíferos, se reconoce a cuatro de ellos como de tipo libre o acuíferos sin confinamiento, esto significa que no existen barreras que impidan el movimiento del agua en el subsuelo y que para su aprovechamiento se utilizan sistemas de bombeo. Por otra parte, cuando el acuífero presenta en algunos de sus lados materiales impermeables, se llama acuífero confinado. Dicho confinamiento puede ser de diferentes grados, de tal forma que para otros tres acuíferos del estado, su situación colinda entre ser un acuífero libre, semiconfinados o confinados. **De los 22 acuíferos restantes, no se cuenta con información para identificar sus características** de confinamiento (Gob. Durango, 2011). El nivel de los mantos freáticos es variable, los más profundos se presentan en la región de la Laguna, con valores de hasta 100m; y los más someros, de tan solo 3m, ocurren en el Valle de Santiaguillo, Valle de Canatlán y Valle del Guadiana. Dichos niveles varían dentro de un mismo acuífero de acuerdo con la topografía y la cantidad de extracciones, por los conos de depresión o deformación, además de estar ligadas a situaciones de sequías. De acuerdo con esto, los abatimientos del manto acuífero varían de 1 a 20 metros como en el Valle de Santiaguillo, hasta el más drástico que es el de la Laguna con 60 a 70 m de abatimiento.

La cantidad de agua utilizada para los diferentes fines es concesionada por el derecho público del agua: en algunos casos, la extracción es mayor al volumen concesionado, esto ocurre principalmente en los municipios del Estado con mayor población humana y mayor utilización de agua para la agricultura como: **Lerdo, Gómez Palacio, Durango, Nuevo Ideal, Canatlán, Poanas y Vicente Guerrero**. Esto es un indicador de sobre explotación y son además vulnerables a contaminarse por efectos de abatimientos del manto acuífero como es caso de los municipios de la Laguna donde el arsénico de aguas profundas es un problema de salud importante y el municipio de Durango, donde las concentraciones de flúor del 95% del agua de los pozos sobrepasan la norma para este parámetro. El total de agua subterránea extraída anualmente de los acuíferos del estado de Durango es de 1,601 millones de metros cúbicos y la proporción que cada acuífero aporta está representado en la siguiente ilustración.

Ilustración 22 Acuíferos del Estado Durango y el agua que aportan a la extracción anual.



Fuente: (CNA, 2011)

El uso que se le da a las extracciones de agua en el estado de Durango es para la irrigación de cultivos agrícolas, cuyo sector utiliza la mayor parte (83% del total), seguido por el sector público (9.3% del total), el sector de servicios múltiples (3.45 % del total), el sector industrial (2.6 % del total), y finalmente el doméstico y pecuario (1.6 % del total).

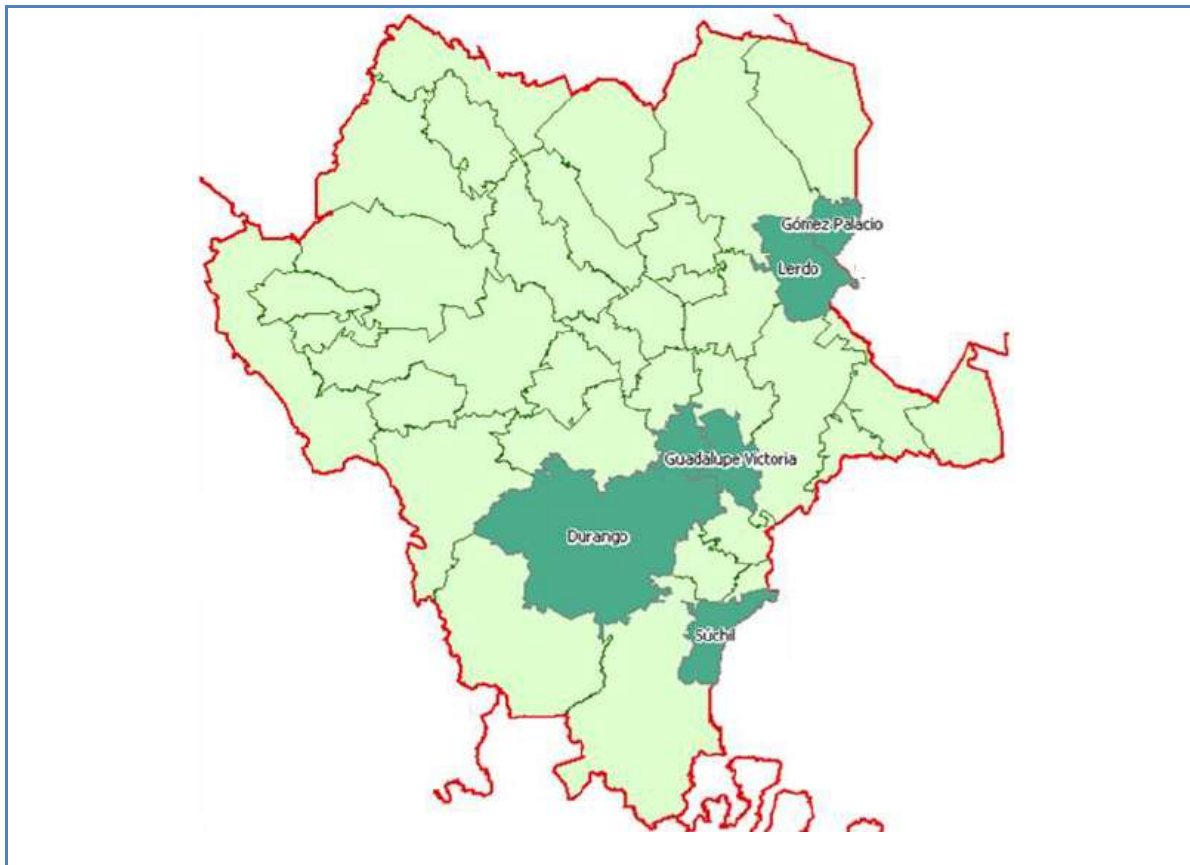
2.3.1. Agua potable y saneamiento

En Durango, 37 municipios tienen agua potable de la red pública; 97% de los municipios que cuentan con agua también cuentan con servicio de alcantarillado de la red pública; y de éstos últimos, el 67% dan tratamiento al menos a una parte de sus aguas residuales (INEGI, 2011).

En Durango, se reportaron 262 tomas de captación de agua para abastecimiento público; de ellas, el 90% son pozos; y en el 48% de todas las fuentes de captación se cuenta con macro medidor funcionando, lo que permite cuantificar la cantidad de agua que se extrae. En tres municipios del estado, ubicados en la región centro: **Durango** y oriente: **Gómez Palacio y Lerdo**, reside el **64% de la población, y se concentra el 46% de todas las fuentes de captación**; destacando entre éstos el municipio de Durango, con 87 tomas; en tanto que en **Gómez Palacio, Súcil, Pánuco de Coronado, Guadalupe Victoria y Lerdo la cifra es de 10 a 25 tomas.**

Tabla 12 Municipios que concentran más de la mitad de tomas de agua para abastecimiento público, 2010.

Municipio	Tomas	% respecto al total de tomas en la entidad
Durango	87	33.2%
Gómez Palacio	25	9.5%
Guadalupe Victoria	10	3.8%
Lerdo	10	3.8%
Pánuco de Colorado	24	9.2%
Suchil	10	3.8%
TOTAL 6 municipios	166	63.3%



Fuente (INEGI, 2011)

El cuanto al tratamiento de las aguas residuales, solamente en 24 municipios del estado se cuenta con infraestructura para tratar toda o una porción de las aguas residuales. Esta depuración de carga contaminante se realiza en 30 plantas de tratamiento, donde en su mayoría (90%) se realizan procesos de los denominados de tipo primario (tratamiento por medios físico), así como el 10% de tipo secundario o convencional.

En 2010, el estado registró 12 puntos de descargas de aguas residuales sin tratamiento en la entidad; de los que 42% son directamente al suelo o barrancas. Los municipios que concentran los puntos de descargas de aguas residuales sin tratamiento en ríos y arroyos son: **Pueblo Nuevo, Santa Clara, Topia y Vicente Guerrero**. En Barrancas o suelo: **Guanaceví, Mapimí, Ocampo** (con 2) y **Coneto de Comonfort**. Descargan a lagos o lagunas: **Guadalupe Victoria, El Oro y Otáez**. En 26 municipios de la entidad se factura por la prestación del servicio de agua de la red pública; 17 de ellos lo hacen a través de cuota fija que no considera la cantidad de agua consumida y 9 combinan servicio medido y cuota fija (INEGI, 2011).

Tabla 13. Municipios que concentran el total de las descargas de agua residual sin tratamiento en ríos y arroyos.

Municipio	Descargas en ríos y arroyos	% de población respecto al total estatal
Pueblo Nuevo	1	3%
Santa Clara	1	0.4%
Topia	1	0.5%
Vicente Guerrero	1	1.2%
Total: 4 municipios	4	5.1%



Fuente: (INEGI, 2011)

2.3.2. Análisis de la política pública federal y estatal

En México, desde 1946, el sector hídrico ha estado bajo una autoridad única. Este esquema se vio reforzado cuando se creó el 16 de enero de 1989 la Comisión Nacional del Agua (CNA), como órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Las actividades de la CNA se enmarcaron en un Cuerpo Jurídico, fundamentalmente, la Ley de Aguas Nacionales, de 1 de Diciembre de 1992 (Dourojeanni & Jouravlev, 2001).

En un primer momento, la CNA nace como órgano desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; sin embargo, en 1994 se constituye en órgano desconcentrado de la recién creada Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) que se transforma en el 2000 en la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

En 1992, después de la reforma constitucional, se promulgó la Ley de Aguas Nacionales como reglamentaria del Artículo 27, que sostiene como objetivos fundamentales la “administración integral del agua; la mayor participación usuaria y privada en el financiamiento, construcción y operación; la seguridad jurídica sobre los aprovechamientos, y el desarrollo integral sustentable del agua, sus bienes y sus servicios.” Por lo que respecta a la participación de empresas privadas, la ley ofrece el marco jurídico base para su participación en obras y proyectos hidráulicos que sean responsabilidad del Gobierno Federal. La ley considera la posibilidad de que la iniciativa privada participe en el financiamiento, construcción y operación de infraestructura hidráulica federal, así como en la prestación de los servicios correspondientes. Esta legislación representa un cambio central en relación con la anterior en materia de agua, porque precisa las responsabilidades gubernamentales en la materia y porque señala que el esfuerzo del sector público se puede complementar con la participación e inversión privadas, con el financiamiento, construcción y operación de infraestructura hidráulica federal.

Con las reformas legales de 1992 se crean y consolidan los mecanismos diseñados para transferir la construcción, administración, distribución y conservación de los recursos hídricos a las instancias sociales y privadas, luego de un largo periodo de centralización estatal de los servicios. Las reformas a la ley también fortalecieron la política de modernización del sector hidráulico, iniciado desde fines de los años ochenta. Conjuntamente, se profundizaron las políticas de descentralización y participación privada en el sector, reorientando de manera radical el papel de las instituciones públicas en el manejo y administración del recurso. En este contexto se llevó a cabo la transferencia de los distritos de riego a los usuarios de los mismos. Los distritos se dividieron en módulos de riego de acuerdo a la red secundaria, redes y caminos y en cada uno de ellos se constituyó una Asociación de Usuarios a los que la CNA otorgó un Título de Concesión de Agua y de Uso de la Infraestructura.

Actualmente, existen alrededor de 309 asociaciones, que operan el servicio para riego en la red secundaria y parcelaria y seis Sociedades de Responsabilidad Limitada, que operan la red primaria, en las que se agrupan 316,000 usuarios organizados, en una superficie de 2,386,809 hectáreas.

En el caso del agua para uso urbano-industrial, la transformación no ha sido menos radical. En este sector se ha acentuado un proceso de descentralización de las instancias federales hacia las entidades federativas y la conformación de instancias a nivel regional.

Por otro lado, se modificaron las funciones de los organismos operadores de agua potable y alcantarillado y sus instancias de administración. Asimismo se instrumentaron distintas formas de concesión a la iniciativa privada, por ejemplo la concesión del servicio en los casos de Aguascalientes, Cancún y Puebla, la contratación de servicios en el Distrito Federal, y las concesiones a empresas paramunicipales.

Por una parte, el modelo buscaba superar la crisis financiera del sector público para la construcción de la infraestructura hidráulica mediante la incorporación del capital privado y, por el otro, la creación de nuevos espacios de gestión y concertación de intereses con la incorporación de componentes sociales y privados, ya no exclusivamente estatales, como es el caso de las Asociaciones de Usuarios de los Distritos de Riego, los Consejos de Cuenca, o los Comités de Solidaridad para la dotación de servicios de agua potable o drenaje.

Las reformas a la Ley de Aguas Nacionales buscaban consolidar a la CNA como organismo descentralizado y autónomo con el objetivo de implementar mecanismos institucionales que permitan aumentar la eficiencia distributiva en la gestión de los recursos hídricos mediante la asignación de derechos de propiedad privados sobre el agua y mediante un sistema de precios que incentive la inversión.

En el nuevo modelo de gestión propuesto, aún cuando el agua sigue siendo un bien del dominio público de la federación a cargo del gobierno federal, los usuarios tendrían un mayor espacio de gestión bajo la supervisión de la CNA. Por ejemplo, el otorgamiento de títulos privados de propiedad sobre el agua busca la creación de mercados de agua, en los cuales se espera que la competencia entre distintos usos introduzca incentivos para aumentar la eficiencia en la asignación del recurso. Este modelo busca establecer nuevas bases para refundar la relación entre la sociedad y el estado en la gestión de los recursos hídricos, a través de la cual la CNA se plantea el reto de promover una mayor participación de los usuarios y una nueva cultura del agua ya no basada en el usuario como derechohabiente de un Estado paternalista sino como propietario privado y consumidor de los bienes y servicios asociados con el agua.

Es importante mencionar que las transformaciones esperadas a partir de las reformas institucionales mencionadas no se han materializado aún, mientras que problemas cruciales tales como la conflictividad social por el recurso y sus servicios se han incrementado de manera significativa en los últimos años.

En particular, a medida que se acelera la expansión urbana, junto con ella crece la presión social por el recurso y los servicios con una demanda cada vez más fuerte por mayor participación por parte de la población. Las respuestas del estado a esta demanda creciente han asumido formas diversas. Por una parte, la CNA ha comenzado a impulsar un modelo de gestión integral de los recursos hídricos, en afinidad con el consenso predominante en el campo internacional sobre la materia (el modelo de *Integrated Water Resources Management*, IWRM), en el cual la participación ciudadana ocupa formalmente un lugar central. Como parte de esta política se crea el Movimiento Ciudadano por el Agua, una institución que busca promover la educación de la población y contribuir a establecer una nueva cultura del agua y que ha dado lugar a una serie de iniciativas tales como el Consejo Consultivo del Agua y los Consejos Ciudadanos Estatales, que actúan en distintos niveles de coordinación con el Estado a través de la propia CNA, la SEMARNAT, la SEP, y la Secretaría de Salud entre otros.

Si bien las reformas iniciadas en el sector del agua desde la década de los ochenta en México han estado formalmente orientadas a promover y facilitar la participación social en la gestión del recurso y en la resolución de los conflictos en torno a dicha gestión y a la de los servicios de agua y saneamiento, en la práctica dichas políticas no han logrado el impacto esperado (Academia Mexicana de Ciencias , 2004).

2.4. Principales tendencias de la innovación en el sector a nivel mundial

Son tres las vertientes de mayor relevancia en cuanto al análisis de la necesidad de innovación relacionadas con el agua: los **usos domésticos del Agua**, en los que hay que considerar que a pesar de los avances tecnológicos de la infraestructura hidráulica, cerca de 1.2 mil millones de seres humanos no tienen acceso al agua limpia, y su contaminación ocasiona la muerte de cerca de 25 millones de seres humanos, entre ellos 7 millones de niños, en todo el mundo; **los problemas que enfrenta actualmente la agricultura irrigada** que se sitúa entre las mayores dificultades que enfrenta la humanidad; y la **Calidad del Agua** en donde mucha de la infraestructura científica y tecnológicas para enfrentar este grave problema se orientan al estudio de la química de las aguas de desecho, y no consideran los procesos y tecnologías de producción que generan los

contaminantes ni el conocimiento del funcionamiento y la hidrodinámica de los ecosistemas receptores. (Toledo, 2002)

Desde 1994, el Programa de Modernización del manejo del agua (PROMMA) se planteó el objetivo de “contribuir a establecer y consolidar la capacidad tecnológica que requiere México para el desarrollo y manejo integrado de sus recursos hídricos”. El mismo estudio previó la modernización de los Sistemas de medición y manejo de datos e información de cantidad y calidad del agua y estudios, modernización de la operación, seguridad de presas y manejo de acuíferos.

Un resultado importante fue el Modelo dinámico de simulación, denominado LERMA, desarrollado por el IMTA, para el análisis de escenarios hidrológicos prospectivos que permitan explorar y evaluar cursos de acción factible y conveniente para el manejo del agua en la cuenca, como instrumento de gestión en la revisión y formulación de nuevas reglas para la asignación del agua superficial. (Barragán, Wagner, Hernández, & Guitron, 2001)

Sobre el tratamiento de las aguas servidas, se plantea que salvo casos aislados, como el Plan de Saneamiento Hídrico de Chile, la situación no había cambiado significativamente hasta el 2004. México fue situado, junto a Argentina, Brasil, Colombia, y Venezuela, entre los otros países latinoamericanos que habían avanzado en la expansión de los sistemas de tratamiento de las aguas servidas. (Jouravlev, 2004)

Algunas nuevas tecnologías de nueva generación anunciadas en el Portal del Agua de México son por ejemplo: Purificador de agua que, por primera vez, convierte agua contaminada en plasma, desarrollado en Chile por Alfredo Zolezzi, al frente de los laboratorios del *Advance Innovation Center* (AIC) de Viña del Mar; software para ahorrar agua de riego, plantas ahorradoras de agua y resistentes a la sequía, nuevos dispositivos de LED ultravioleta para detectar hidrocarburos en el agua, entre otros.

3. BREVE DESCRIPCIÓN DEL ECOSISTEMA DE INNOVACIÓN

A nivel federal, una acción muy importante realizada por el Gobierno Mexicano, en materia de investigación y desarrollo tecnológico, fue la creación en 1986, del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). El IMTA de SEMARNAT se propone “perfilar nuevos enfoques en materia de investigación y desarrollo tecnológicos para proteger el recurso y asignarlo de manera eficiente y equitativa entre los distintos usuarios”.

El IMTA reporta que en México existe una necesidad general en todo el país de desarrollar sistemas de tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades que sean fáciles de operar y mantener toda vez que muchas de las plantas que se construyen para poblaciones menores de 5000 habitantes con tecnologías convencionales, no tienen personal adecuado (calificado) para operarlas y además tampoco cuentan con el presupuesto para su mantenimiento, por lo cual, con el paso del tiempo los sistemas fallan por ser mal operados y al requerirse reparaciones y no haber el dinero necesario, estos entran en un estado de abandono y dejan de funcionar. En otros casos, no se tiene ni siquiera el presupuesto para cubrir la energía eléctrica que se necesita para hacerlos funcionar desde el principio. Un ejemplo de este tipo, que se repite frecuentemente, es la falta de dinero para operar los sistemas de aireación, en las plantas de lodos activados en pequeñas y medianas comunidades. Por otra parte, en vastas regiones de México la topografía del país hace difícil y sobre todo muy costoso el construir sistemas de recolección y conducción de las aguas residuales para enviarlas a una planta de tratamiento. Lo mismo ocurre en comunidades donde la población está dispersa. Por lo cual también son necesarias alternativas para solucionar este grave problema. Una opción es la de desarrollar y diseñar sistemas de tratamiento para pequeños volúmenes de agua a los cuales se les daría un tratamiento *in situ*. El IMTA menciona que la tecnología de biofiltración sobre cama orgánica se presenta como una opción viable en este contexto ya que se trata de una tecnología no convencional de bajo costo de operación y mantenimiento. Con la gran ventaja de requerir de una mínima operación y poco mantenimiento no especializados. (IMTA,2006).

Algunos de los logros del IMTA en cuanto a desarrollos son los siguientes: “Desarrollo y transferencia de tecnología de medición en sistemas urbanos y de riego, desarrollo y transferencia de tecnología de bajo costo para desinfección solar del agua, desarrollo y transferencia de tecnología de bajo costo para eliminación de fierro y manganeso en fuentes de agua, desarrollo de métodos biológicos para el control de malezas acuáticas, desarrollo de un protocolo para eliminar fugas en sistemas de agua potable, modelos de simulación de inundaciones, desarrollo de modelos dinámicos para las cuencas Lerma-Chapala, Bravo y Valle de México, así como la publicación de la revista Ingeniería Hidráulica en México, incluida en 17 índices internacionales, entre los que destaca el Science Citation Index y el índice de revistas de excelencia de Conacyt” (IMTA, 2014).

Entre otras organizaciones y asociaciones en México relacionadas con el agua, se encuentran las siguientes:

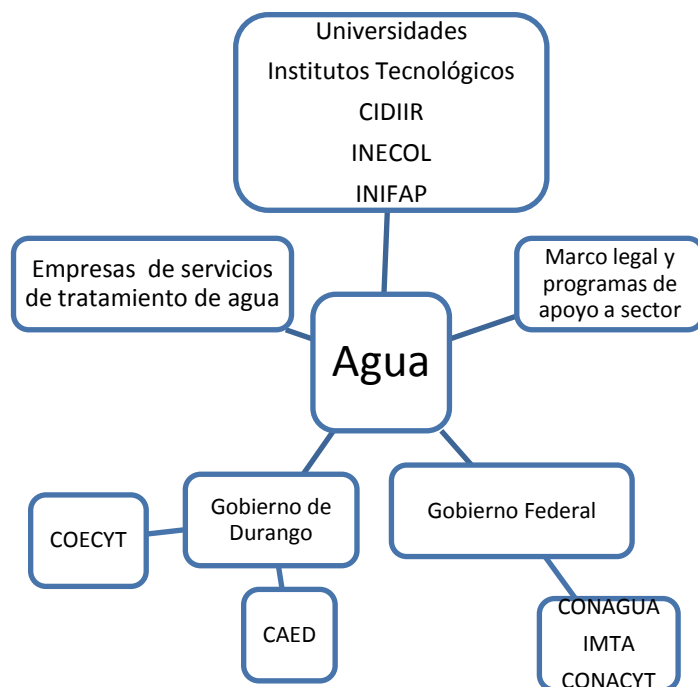
- La (Red Mexicana de Acción por el Agua) (FANMex) que agrupa organizaciones civiles para promover el fortalecimiento de las capacidades locales mediante: Intercambio de experiencias, talleres para el desarrollo de capacidades, fomento a la apropiación de tecnologías apropiadas, divulgación y difusión de sus actividades, experiencias y logros.

- La Asociación Nacional de Empresas de Aguas y Saneamiento (ANEAS) tiene como Misión “Promover y contribuir al desarrollo operativo, técnico, administrativo, legal y financiero de los organismos públicos, concesionados o mixtos, prestadores de los servicios de suministro de agua potable, saneamiento y tratamiento de aguas residuales, para que alcancen parámetros óptimos de eficiencia financiera, operativa y desarrollo sustentable a través de la gestión y representación de los asuntos que les impacten ante los tres órdenes de gobierno y la vinculación con organizaciones e instituciones nacionales, extranjeras e internacionales afines de los sectores público, privado y social.”

3.1. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación en Durango

El ecosistema de innovación de los recursos hídricos en Durango es limitado, apenas se integra por una Universidad, organismos de soporte y programas de apoyo al sector como se puede apreciar en la siguiente ilustración.

Ilustración 23. Mapa de los agentes del ecosistema de innovación en Durango.



Fuente: CamBioTec

3.2. Principales IES y centros de investigación y sus principales líneas de investigación en Durango

3.2.1 Instituciones de Educación Superior en el estado

En el estado de Durango solamente la Universidad Juárez del Estado ofrece una licenciatura relacionada con recursos hídricos: Ingeniero Agrónomo con especialidad en uso y conservación del Agua. Es la Universidad Juárez prácticamente la única institución que ofrece servicios de vinculación de su comunidad universitaria con la sociedad a través de servicios y análisis en áreas como control de fumigaciones, alimentos, aguas, servicios toxicológicos y bioquímico-clínicos.

Adicionalmente, el Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, el Instituto Tecnológico Superior de Santiago Papasquiaro y la Universidad Politécnica de Durango ofrecen la formación en Ingeniería Ambiental, el Instituto Tecnológico de Durango la maestría en Sistemas Ambientales, la Universidad Tecnológica de Rodeo la licenciatura en Química y Tecnología Ambiental, el Instituto Politécnica Nacional - Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral

Regional- Unidad Durango (IPN-CIIDIR-DGO) la maestría en ciencias en Gestión Ambiental y los doctorados en ciencias en Biotecnología Ambiental y en Patrimonio Paisajístico.

3.2.2 Centros de investigación

En el estado no se encuentran instalados centros de investigación relacionadas directamente con el agua. No obstante, en las Instituciones de Educación Superior existen grupos de investigación relacionados con el tema, por ejemplo en el IPN-CIIDIR_DGO existe la Academia de Ciencias Ambientales que cuenta con 6 investigadores dedicados a la calidad, tratamiento y reúso del agua; ejemplos similares se pueden encontrar en: en el ITD, UNIPOLI-DGO, entre otros. Además se cuenta con el “Comisión de Agua del Estado de Durango (CAED)”, dependencia responsable de coordinar a los organismos municipales y regionales, operadores de los servicios de agua potable y alcantarillado. Su función es fundamentalmente reguladora, por lo que no enfrenta directamente las contingencias que pudieran derivarse de la operación de los organismos.

La CAED es la responsable de coordinar la aplicación del Programa de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento en Zonas Urbanas (APAZU), cuyo objetivo es apoyar las acciones de construcción, rehabilitación y conservación de la infraestructura hídrica, incluyendo plantas de tratamiento de agua residual.

El INIFAP tiene programas de investigación sobre sistemas de riego y optimización del usos del agua en explotaciones agropecuarias.

3.3. Detalle de empresas RENIECYT del sector

En el estado se cuenta con 69 organizaciones públicas y privadas con Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) vigente, de ellas 47 son empresas pero ninguna se relaciona con actividades de investigación y desarrollo con recursos hídricos (SIICYT, 2014).

4. ANÁLISIS FODA DEL SECTOR

Como parte de la metodología utilizada para el desarrollo de la Agenda de Innovación en el estado, se efectuaron diferentes entrevistas a profundidad y talleres de consulta con

representantes líderes de opinión de los sectores empresarial, académico y gubernamental⁶. El punto de partida para estas actividades fue el reconocimiento de problemas y oportunidades para el desarrollo competitivo del sector. Como resultados de los talleres y entrevistas a profundidad, se presentan un listado de las problemáticas más sobresalientes relacionadas con el aprovechamiento de los recursos hídricos en Durango.

4.1. Fortalezas

Las ventajas que el estado presenta en relación al aprovechamiento de los recursos hídricos son:

- El estado cuenta con una Comisión de Agua del Estado de Durango (CAED).
- El estado cuenta con programas de licenciatura en ingeniería agronómica con especialidad en uso y conservación del Agua (Universidad Juárez de Durango) e ingeniería ambiental.
- El estado cuenta con grupos de investigadores en los diferentes centros de educación superior que se dedican a realizar investigación básica y aplicada (desarrollos tecnológicos) en el área de calidad y tratamiento del agua.
- El estado se encuentra por encima de la media nacional en cuanto al manejo sustentable del agua (tratamiento de agua residual) porque trata las aguas de las ciudades más densamente pobladas.
- Relativa buena disponibilidad de agua en varias presas y mantos freáticos del estado.
- Existe un programa de aprovechamiento de agua superficial para consumo urbano, llamado “Agua Futura”.

4.2. Oportunidades

En cuanto a las áreas de oportunidad del sector en el estado, se tiene las siguientes:

- La prioridad que tiene el manejo integral del agua
- Interés del gobierno estatal por elevar la eficiencia del riego en cultivos, así como programar los cultivos y riegos con mayor apego a los volúmenes disponibles, a la rentabilidad económica y a la equidad social.
- El interés de la población en cuanto al mejor aprovechamiento de los recursos hídricos es cada vez mayor.
- El carácter prioritario asignado a esta área de especialización por parte del gobierno estatal
- Las inversiones crecientes en investigación y desarrollo tecnológico por parte del gobierno federal.

⁶ En documento anexo se enlistan los participantes en talleres y entrevistas y, se describe con detalle los resultados y propuestas resultado de la metodología implementada.

- La creciente inversión federal en ciencia y tecnología
- Desarrollar tecnologías apropiadas de tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades, adaptadas al contexto socio-económico de la región y apoyar la instalación a escala real para la evaluación y validación de este tipo de sistemas.

4.3. Debilidades

Las situaciones presentes en el estado que detonan una debilidad son:

- Escasos recursos para investigación
- Falta de empresas dedicadas al manejo del agua con capacidades de innovación
- En el estado existen un limitado número de Plantas de tratamiento de aguas residuales de las cuales el 90% hace un tratamiento incompleto.
- En estado existen muy pocos núcleos con alta densidad de población urbana la mayoría se encuentra en comunidades con menos de 1000 habitantes; lo que hace más difícil dotar de redes de alcantarillado y plantas de tratamiento.
- Falta de programas de investigación en materia de agua en las instituciones del estado
- Existe un sobre “concesionamiento” de las aguas subterráneas, lo que implica la sobre explotación de los acuíferos. Un hecho que agrava esta sobreexplotación son los casi nulos procesos de medición y control de extracciones.
- Mala calidad del agua para consumo humano, que es básicamente subterránea, por contaminantes como arsénico.
- Se presenta baja eficiencia en riego en los distritos de riego y las unidades de riego.
- No existen suficientes estudios geo-hidrológicos para la emisión de vedas y mejor control de acuíferos. Por ello las medidas para conservar bosque, suelo y agua para ecosistemas podrían mejorar en su eficiencia.
- Insuficiente mantenimiento preventivo de conservación y de rehabilitación de infraestructura hidráulica.
- Deficiente planeación de la extracción de aguas subterráneas en el estado.
- Falta de cultura del aprovechamiento del agua en la población y escaso tratamiento de la misma.

4.4. Amenazas

En cuanto a las situaciones externas al sector que lo afectan de manera negativa se encuentran:

- Competencia de otros estados por los recursos para investigación e innovación
- Crecimiento de la demanda en cobertura de agua potable, alcantarillado y saneamiento dentro de los próximos años, por el aumento de la población en las principales ciudades del estado.
- Problemas de salud y de deterioro del medio ambiente en las pequeñas poblaciones que no cuentan con servicios de agua potable y tratamiento de aguas residuales. El 31% (506,000 habitantes) viven en comunidades con menos de 2500 habitantes.
- Presencia recurrente de sequías, que alteran tanto el aspecto hidrológico regional como los compromisos y demandas de agua, creando serios desequilibrios tanto ambientales como económicos.
- Competencia entre usos, usuarios y entidades federativas por el agua: en la RHA se tienen claros ejemplos de competencia por el agua de primer uso entre el uso agrícola y el público-urbano o el industrial, que posiblemente se agudizarán con el transcurso de los años.

Los problemas en los recursos hídricos del estado son relevantes, sobre todo en los acuíferos del Nazas Durango, en los cuales adquieren dimensiones de verdaderas limitantes al desarrollo local, por ser las áreas que concentran la mayor población y la mayor concentración de actividades económicas. Destaca el problema en la Región Lagunera, que cada vez adquiere más importancia debido sobre todo a la sobre explotación de los acuíferos, siendo esto una manifestación presente del uso no sustentable y de las consecuencias que tiene en la población, específicamente en los aspectos de salud.

5. MARCO ESTRATÉGICO Y OBJETIVOS DEL ÁREA DE ESPECIALIZACIÓN

El déficit regional de agua superficial se ha tratado de remediar haciendo un uso más intensivo de las aguas subterráneas, para lo cual se han perforado múltiples pozos, algunos con su concesión debidamente legalizada, y otros de manera ilegal. No obstante, en ambos casos, la falta de medición y control de las extracciones ha provocado un sensible abatimiento de la calidad y la cantidad del agua extraída, deteriorando seriamente esta fuente de suministro hasta niveles en algunos casos alarmantes. Esta sobreexplotación de los acuíferos es, con mucho, uno de los problemas más serios, que requiere atención inmediata y a fondo, ya que los diversos sectores usuarios hacen uso indiscriminado del agua.

En este sentido, el objetivo sectorial para mejorar el aprovechamiento integral de los recursos hídricos en Durango es:

Generar capacidades para impulsar el desarrollo de mejoras tecnológicas en la cadena de abastecimiento de los recursos hídricos en el estado, para conseguir el mejor aprovechamiento a partir de la demanda, basados en la generación de capacidades técnicas, recursos humanos e infraestructura tecnológica de valor agregado para el sector.

6. NICHOS DE ESPECIALIZACIÓN

Un factor que ha limitado de manera significativa el desarrollo del sector hídrico ha sido la inversión y financiamiento insuficiente para ampliar, mantener y operar la infraestructura hidráulica en el estado y en general en el país, así como para llevar a cabo las acciones de gobierno del agua e implementar mejoras tecnológicas para el sector.

Por otra parte, la gran mayoría de las cuencas en nuestro país se encuentra en una situación no sustentable en donde la demanda crece día con día conforme crece la población y sus necesidades.

Para el caso particular de Durango, la extracción es mayor al volumen concesionado en los municipios con mayor población y mayor utilización de agua para la agricultura como: **Lerdo, Gómez Palacio, Durango, Nuevo Ideal, Canatlán, Poanas y Vicente Guerrero** (en Gómez Palacio y Lerdo reside el 64% de la población y se concentra el 46% de todas las fuentes de captación de agua).

En este sentido, a partir de un análisis profundo de las propuestas entre los integrantes del ecosistema de innovación del sector en el estado, el consenso de nichos de especialización identifica como prioritario el **Manejo Sustentable del Agua**, mismo que incluye por ejemplo:

- Consumo de agua potable
- Detección de fugas en las redes de distribución de agua
- Drenaje, tratamiento y reúso del agua residual tratada
- Protección de áreas de alto valor ambiental

El tema del agua debe abordarse desde diferentes enfoques como el social, económico y de medioambiente, es por ello que se propone en esta Agenda de Innovación el siguiente proyecto integral que conjunta los diferentes nichos de especialización identificados.

7. CARACTERIZACIÓN DE PROYECTOS SINGULARES Y PLAN DE PROYECTOS.

7.1. Manejo sustentable del agua

Los objetivos del proyecto para el “manejo sustentable del agua” es el revertir el deterioro de los recursos naturales en el estado, aumentar la eficiencia en el sector hidro-agrícola, mejorar la cobertura del servicio de agua potable, alcantarillado, saneamiento, tratamiento y reúso de agua residual (en cantidad y calidad) y finalmente promover el fortalecimiento institucional para la valoración de los recursos hídricos.

En este sentido se propone el diseño de **un programa que desarrolle estrategias integrales para el manejo de los recursos hídricos del estado, un programa de manejo sustentable del agua que cubra desde la conservación de las fuentes de abastecimiento, la lluvia, acuíferos, lagos y ríos, los bosques, la agricultura, la ganadería, su utilización por los poblado y la industria y hasta el tratamiento y reúso de las aguas residuales.**

En este sentido se propone que se realicen proyectos específicos innovadores de desarrollo tecnológico que promuevan un manejo sustentable y que tomen en cuenta soluciones de manejo integral de los recursos hídricos del estado. Los proyectos deberán contemplar dos o más de los aspectos siguientes: la conservación de las fuentes de abastecimiento (la lluvia, acuíferos, lagos y ríos, los bosques) el uso eficiente del agua en diferentes actividades (urbana, la agricultura, la ganadería y la industria) el tratamiento de aguas residuales y el reúso de las aguas residuales tratadas.

Se plantea un manejo integral y sustentable del agua que cumpla las siguientes demandas:

- En cuanto a la **recarga de acuíferos** se debe frenar el crecimiento de la superficie urbana en suelo de conservación y sobre todo en zonas de infiltración de acuíferos. Se debe buscar maximizar el potencial de recarga natural de acuíferos a través del manejo integral de las microcuencas, mediante acciones como restauración ecológica, retención de suelo, reforestación, reconversión productiva de plantaciones, impulsar la recarga artificial del acuífero con agua de lluvia y con agua residual tratada a fin de contribuir al

restablecimiento gradual del equilibrio de los acuíferos del estado. Se deben efectuar acciones de protección como: prevención física y combate de incendios forestales, ordenamiento de la ganadería en libre pastoreo y el establecimiento de áreas naturales protegidas.

- En cuanto al **consumo de agua potable**, para lograr satisfacer la demanda futura, es necesario reducir el consumo de agua en casas y oficinas. Para lo anterior es necesario promover entre los usuarios el hacer un uso eficiente del agua, así como el reúso de la misma. Por otra parte, es necesario reducir pérdidas de agua en la red de distribución, hogares y oficinas favoreciendo el ahorro de agua.
- En cuanto a la **detección de fugas en las redes de distribución de agua**, se debe reducir el índice de fugas que presenta actualmente la red de distribución de agua potable mejorando el servicio a la población y garantizado el abastecimiento sin recurrir a fuentes externas adicionales, reduciendo al mismo tiempo la extracción de acuíferos locales para disminuir su sobreexplotación.
- Para el **drenaje, tratamiento y reúso del agua residual tratada**, las siguientes estrategias
 - 1.- En las concentraciones urbanas con alta densidad de población se debe desarrollar tecnologías económicas para el monitoreo y mantenimiento de la infraestructura hidráulica de drenaje que permita captar mayor caudal y nueva agua residual para conducirla a plantas de tratamiento mecanizadas que cumplan con los estándares de calidad establecidos para tal fin y fomentar su reúso seguro en muebles sanitarios, mingitorios, riego de áreas verdes, riego agrícola y llenado de lagos recreativos y canales.
 - 2.- En las poblaciones con 5000 o menos habitantes, se deberán desarrollar tecnologías apropiadas de tratamiento de aguas residuales para pequeñas comunidades, donde es necesario considerar el contexto social ya que cuando la gente no tiene mucha conciencia de su entorno, el construir una planta que maneje su agua residual no guarda mucho sentido, ya se ha visto que son abandonadas y destruidas al poco tiempo de iniciar operaciones; por lo que ecotecnias individuales (por casa) podrían dar un mejor servicio ya que los responsables de la operación y el mantenimiento son los mismos generadores, por lo que puede ser optativo un sistema a nivel comunidad o individual en ambos casos deben ser fáciles de manejar, de bajo costo de operación y mantenimiento que no requieran de personal altamente calificado, que estén adaptadas al contexto socio-económico de la región.
 - 3.- Se debe promover el desarrollo de plantas de tratamiento de agua residual eficientes, que cumplan con las normas oficiales.

- 4.- Se debe capacitar personal técnico-operativo calificado, acorde con las necesidades que requiere cada caso para el manejo de la infraestructura y en los procesos de tratamiento previstos que deberán tener las plantas de tratamiento.
- 5.- Finalmente se deberá desarrollar sistemas para mejorar la producción y distribución del agua tratada.

Para **proteger y restaurar áreas de alto valor ambiental**, se debe brindar a la población las herramientas para que pueda mantener una relación estable con su entorno y con ello ayudar a mantener los servicios ambientales que brindan. Uno de los desafíos más importantes es mejorar el uso, la eficiencia y el suministro del agua, así como mejorar la gestión de cuencas y acuíferos del estado.

Ilustración 24. Mapa de ruta. Programa de manejo sustentable del agua.



Fuente: CamBioTec

8. TRABAJOS CITADOS

Academia Mexicana de Ciencias . (2004). *El agua en México vista desde la Academia*. Obtenido de <http://www.staff.ncl.ac.uk/j.e.castro/AMCCastro17.pdf>

Aguilera Klink, F. (2006). *Hacia una nueva economía del agua: cuestiones fundamentales*. Obtenido de <http://polis.revues.org/5044>

Asociación Nacional de Empresas de Aguas y Saneamiento (ANEAS). (s.f.). Obtenido de <http://www.aneas.com.mx/perfil.html>

Barragán, M. d., Wagner, M., Hernández, A., & Guitron, A. (2001). *Análisis comparativo de asignación del agua superficial en la cuenca Lerma Chapala utilizando el modelo dinámico de simulación "Lerma"*. Obtenido de http://scholar.google.es/scholar?start=100&q=agua+tecnologia+prospectiva+mexico&hl=es&as_sdt=

Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, México. *Ley de Aguas Nacionales*. (2013). Recuperado el 1 de Mayo de 2014, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/16.pdf>

CNA. (2011). *Comisión Nacional del Agua*. Obtenido de Gerencia Regional Cuencas Centrales: <http://www.cna.gob.mx/eCNA/Espaniol/Directorio/Default.aspx>

Comisión del Agua del Estado de Durango. (s.f.). Obtenido de <http://caed.durango.gob.mx/>

Comisión Estatal de Aguas y Saneamiento. (s.f.). Obtenido de <http://www.ceascoahuila.gob.mx/>

CONAGUA . (2012). *Atlas Digital del Agua México* . Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/atlas/usosdelagua34.html>

CONAGUA. (2009). *Semblanza histórica del agua en México*. Obtenido de <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-28SemblanzaHist%C3%B3ricaM%C3%A9xico.pdf>

CONAGUA. (2011). *Agua en el Mundo*. Recuperado el 2014, de Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) : <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?n1=3&n2=60&n3=87&n4=37>

CONAGUA. (2013). *Estadísticas del Agua en México*. DF: CONAGUA.

- Cotler, H. (2004). *El manejo integral de cuencas en México: estudios y reflexiones para orientar la política ambiental*. México DF: Instituto Nacional de Ecología.
- Dourojeanni, A., & Jouravlev, A. (2001). *Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua: desafíos que enfrenta la implementación de las recomendaciones contenidas en el capítulo 18 del Programa 21 (Vol. 35)*. CEPAL. Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsarg/e/fulltext/crisis/crisis.pdf>
- FAO. (2014). AQUASTAT. Recuperado el 2014, de <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/index.html?lang=es>
- Fundación Gonzalo Ríos Arronte I.A.P. (s.f.). Obtenido de <http://www.fgra.org.mx/>
- Gob. Durango. (2011). *Ordenamiento Ecológico de l Estado de Durango*. Recuperado el 2014
- Hernández Ordaz, G., Segura Castruita, M. A., Alvarez González Pico, L. C., Aldaco Nuncio, R., Fortis Hernández, M., & González Cervantes, G. (2013). Comportamiento del arsénico en suelos de la región lagunera de Coahuila, México. *Terra Latinoamericana*, 31(4), 295-303.
- IMTA. (2014). *CONAGUA PRESENTA PLAN NACIONAL HÍDRICO 2014-2018*. Obtenido de <http://www.imta.gob.mx/conagua-presenta-plan-nacional-hidrico-2014-2018>
- INEGI. (2011). *BOLETÍN DE PRENSA NÚM. 133/13*. Obtenido de INEGI: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/tabgeneral.aspx?s=geo&c=2365>
- Jiménez Cisneros, B. E. (2001). *La contaminación ambiental en México*. Obtenido de <http://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8MVxlyJGokIC&oi=fnd&pg=PA29&dq=agua+tecnologia+prospectiva+mexico&ots=ITvAVMLEFA&sig=vp98Ax7Km06kGeGlbAsg4yFe3BU#v=onepage&q=agua%20tecnologia%20prospectiva%20mexico&f=false>
- Jouravlev, A. (2004). *Los servicios de agua potable*. Obtenido de <http://www.eclac.org/publicaciones/xml/9/19539/lcl2169e.pdf>
- La Laguna, región más grave de arsénico en el país*. (s.f.). Obtenido de <http://www.eldiariodecoahuila.com.mx/notas/2014/5/14/laguna-region-grave-arsenico-pais-investigador-433795.asp>
- Leal, M. T., & Gelover, S. (2002). *Evaluación de la calidad del agua subterránea de fuentes de abastecimiento en acuíferos prioritarios de la región Cuencas Centrales del Norte*. Obtenido de <http://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:fc32yw6Q0rUJ:scholar.google.com/+coahuila+calidad+del+agua&hl=es&>

ONU. (2010). *Decenio Internacional para la Acción 2005 - 2015*. Obtenido de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/scarcity.shtml>

Red Mexicana de Acción por el Agua. (s.f.). Obtenido de <http://www.fanmexico.net/>

Toledo, A. (2002). El agua en México y el mundo. *Gaceta ecológica*(64), 9-18.

9. APÉNDICES

Apéndice A: Mesas realizadas para el área de especialización

Para el desarrollo de la agenda estatal, en primera instancia se efectuó un estudio bibliográfico y análisis de la situación actual del entorno ligado al área de especialización, posteriormente, con objeto de conocer a fondo el contexto y el ambiente del área de especialización (recopilación de información no documentada), se efectuaron entrevistas a profundidad con miembros del ecosistema de innovación y dos talleres que fungieron como una investigación de campo para conocer con detalle el contexto estatal y apoyar a líderes de opinión de Durango (en el área), para definir las líneas de especialización para la agenda. Los participantes a esta actividad se enlistan en la siguiente tabla:

CARGO/PUESTO	INSTITUCIÓN/EMPRESA
Universidad Autónoma de Chapingo Uruza	Representantes de la Dirección de Investigación
CIIDIR - IPN. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional del Instituto Politécnico Nacional Unidad Durango	Profesores e Investigadores
Universidad Tecnológica de Rodeo	Docentes y responsables de la Carrera Química Ambiental
Universidad Politécnica de Durango	Profesores e Investigadores de la Carrera de Ingeniería en Tecnología Ambiental
ProMéxico	Dirección Regional
Instituto Tecnológico de Durango	Profesores e Investigadores
INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	Representantes de la Dirección
Universidad Autónoma de Chapingo	Profesores e Investigadores

Uruza	
UJED. Universidad Juárez del Estado de Durango	Profesores e Investigadores