



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Filosofía y Letras

División de Estudios de Posgrado

***EL PROCESO DE DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE
INFORMACIÓN DEL AGUA EN MÉXICO (SINA). AVANCES,
LIMITANTES Y RETOS***

Correspondiente a la modalidad de titulación por presentación de examen
para obtener el grado de

MAESTRÍA EN GEOGRAFÍA

Presenta

Luz del Carmen Velázquez Simental

Tutora: Dra. María Perevochtchikova

México D.F. 2012.



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	i
LISTA DE ACRÓNIMOS	iii
RESUMEN	v
INTRODUCCIÓN.....	1
Capítulo 1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO	
1 Marco Conceptual	
1.1 Degradación ambiental y recursos hídricos	4
1.2 Sustentabilidad	5
2.3 Agenda internacional de sustentabilidad	6
2 Marco Teórico	
2.1 Teoría General de Sistemas	7
2.2 Pirámide de información y conocimiento	9
3 Marco Metodológico	
3.1 Estado del Arte	11
3.2 Técnicas utilizadas	14
3.3 Propuesta metodológica	14
3.3.1 Data Warehouse	15
3.3.2 Extracción Transformación y Carga	17
3.3.3 Sistema de Información Geográfica	17
3.3.4 Inteligencia de Negocios	18
4. Observaciones	18

Capítulo 2. DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DEL AGUA (SINA)	
1. Antecedentes y marco legal	20
2. Desarrollo del SINA 2004-2012	23
3. Operación y estado actual	30
4. Áreas de oportunidad	35
Capítulo 3. CASO DE ESTUDIO DE ESTUDIO “EL ATLAS DEL AGUA EN MÉXICO”	
1 Antecedentes del Atlas del Agua en México	37
2.Contenido del Atlas del Agua en México	40
3.Metodología	41
4. Ejemplo de uso	44
5.Áreas de oportunidad	51
CONCLUSIONES	53
BIBLIOGRAFÍA	55
ANEXO I. Diseño conceptual del Sistema Nacional de Información del Agua ...	60
ANEXO II. Despliegue de información del Atlas Digital del Agua 2010	62
ANEXO III. Atlas digital del Agua, México 2010 (Disco compacto)	86

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pirámide de información	9
Figura 2. Modelo de data warehouse	15
Figura. 3. Organización de la información dentro de la data warehouse	16
Figura 4. Documento de Situación de los Recursos Hídricos en Brasil	21
Figura 5. Esquema de organización general del SINA y los SIRA's	23
Figura 6. Procesos técnicos del SINA	24
Figura 7. Metas propuestas para el SINA en el periodo 2006-2012	25
Figura 8. Documento de Análisis de la Información del Agua de los Censos y Conteos 1990 a 2005 y de la portada del disco compacto de Cubos portátiles de información, 2008	27
Figura 9. Sección del SINA en la página de Conagua en Internet	32
Figura 10. Diseño conceptual del Sistema informático del Sistema Nacional de Información del Agua	34
Figura 11. Portada del Compendio de planos del Agua	36
Figura 12. Ejemplo de plano y tabla que conforman el Compendio de planos del agua 2001	37
Figura. 13. Ejemplo de mapas que ilustran el documento de Estadísticas del Agua en México	38
Figura 14. Ejemplo del diseño de contenido y mapas en el Atlas del agua impreso	39
Figura 15. Ejemplo de mapa con división de regiones hidrológico administrativas de Conagua	41
Figura 16. Portada del disco del Atlas digital del agua, México 2010	41
Figura 17. Ejemplo de consulta en Atlas Digital del Agua en la página Web de Conagua	42
Figura 18. Mapa de ríos principales	44

Figura 19. Mapa de acuíferos, mostrando en rojo los que tiene la condición de sobreexplotados	44
Figura 20. Mapa de cuencas hidrográficas	20
Figura 21. Distribución de la precipitación pluvial normal de 1971 a 2000	46
Figura 22. Mapa que muestra localización de distritos de riego	46
Figura 23. Mapa que muestra el volumen promedio de agua disponible por persona para el año 2008	47
Figura 24. Mapa de contraste regional entre el desarrollo económico y la disponibilidad de agua	48
Figura 25. Mapa sobre calidad del agua con el indicador de Demanda Bioquímica de Oxígeno	48
Figura 26. Mapa de índice de desarrollo humano por municipio	49
Figura 27. Ejemplo de metadato de mapa de índice de desarrollo humano	49
Figura 28. Mapa de cobertura de servicio de agua potable por municipio	50
Figura 29. Cobertura de servicio de agua potable en el mundo	50

LISTA DE ACRÓNIMOS

ANA	Agencia Nacional de Aguas
BI	Inteligencia de negocios
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CETAGUA	Comité Técnico Especializado en Información en Materia de Agua
CNUMAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo
Colmex	Colegio de México
Conafor	Comisión Nacional Forestal
Conagua	Comisión Nacional del Agua
COP	Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
CTEIGSMARN	Comité Técnico de Estadística y de Información Geográfica del Sector Medio Ambiente
DW	Data warehouse
EAM	Estadísticas del Agua en México
EPA	Environmental Protection Agency
ETL	Extracción transformación y Carga
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GDB	Geobase
GTA	Grupo Temático del Agua
IFAI	Instituto Federal de Acceso a la Información
IMTA	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua
INE	Instituto Nacional de Ecología
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
OLAP	Proceso analítico en línea
ONU	Organización de las Naciones Unidas
PIB	Producto Interno Bruto
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

RAISON	Regional Analysis System ON
RIEA	Recomendaciones internacionales para las estadísticas del agua
REPDA	Registro Público del Agua
SAGARPA	Secretaría de Agricultura Ganadería y Pesca
SEMARNAP	Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SGP	Subdirección General de Programación
SI	Sistema de Información
SIG	Sistema de Información Geográfica
SINA	Sistema Nacional de Información del Agua
SIRA	Sistema Regional de Información del Agua
SNIARN	Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales
SNIR	Sistema Nacional de Información sobre Recursos Hídricos
SQL	Lenguaje de Consulta Estructurada
SUIBA	Sistema de Información Básica del Agua
TGS	Teoría General de Sistemas
TIC's	Tecnologías de Información y Comunicación
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura
UNICEF-OMS	Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia- Organización Mundial de la Salud
UNSD	División de Estadísticas de las Naciones Unidas
WCED	Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo
WWAP	Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos
WWDR	Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo del Agua

RESUMEN

El agua es un elemento esencial para el desarrollo humano, de la sociedad y de los ecosistemas en general, por consiguiente es un recurso muy importante para el desarrollo del país. El conocimiento sobre los recursos hídricos y de las condiciones de calidad, cantidad, uso, distribución y explotación es de suma importancia para organizar la política del agua en México y delinear los programas sectoriales para contribuir al desarrollo de nuestro país.

Por lo anterior es común que usuarios, instituciones, centros de educación y organizaciones de diversa índole requieran de información actualizada y accesible sobre la problemática, avances, políticas y estrategias que se plantean en el sector hídrico.

El integrar, administrar, analizar y difundir información es una tarea clave para realizar actividades de reglamentación y planificación, así como para brindar a la sociedad elementos que le ayuden a una mejor participación en la elaboración e implantación de las políticas públicas.

El Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) es un instrumento básico de la política hídrica nacional, es un sustento de la planificación y programación nacional hídrica y de las cuencas hidrológicas, de acuerdo con la Ley de Aguas Nacionales. Para cumplir con este propósito, el SINA requiere del acopio de información estadística y geográfica, proveniente de diferentes áreas de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) y de otras instituciones relacionadas con el sector, en los aspectos de agricultura, medioambiente, demografía, economía y salud.

Para cubrir la difusión de información el SINA cuenta con publicaciones como las Estadísticas del Agua en México, El Atlas del Agua y una sección en la página web de la Conagua, así como atención a requerimientos de información por parte de usuarios vía correo electrónico.

El SINA está conceptualizado en la teoría de sistemas como sistema de información, tiene un enfoque interdisciplinario e incluye personas, información y recursos tanto materiales como informáticos y lleva a cabo actividades encaminadas para cumplir como un instrumento básico de la política hídrica nacional.

En este trabajo se presentan los antecedentes que dieron lugar a la creación del SINA y a la forma en que ha logrado cumplir con su propósito, incluyendo la descripción de uno de sus principales productos de difusión de información el Atlas del Agua y el planteamiento de retos y áreas de oportunidad que deberán abordarse en una siguiente etapa del Sistema.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales más importantes que desde siempre ha definido la ubicación de los asentamientos humanos, debido a que de ella depende la vida en el planeta y el bienestar de los seres vivos y los ecosistemas.

Su distribución global en el mundo es irregular, sólo el 2.5 % del total sobre la tierra es agua dulce y de ella casi el 70% se encuentra congelada en los glaciales, alrededor del 30% esta almacenada en aguas subterráneas y menos del 1% se encuentra sobre la superficie de la tierra en lagos, ríos y humedales (Clark and King, 2004). El agua es un recurso dinámico, difícil de medir y evaluar, particularmente en México, el agua presenta variaciones espaciales y temporales, debido a la ubicación geográfica y al relieve del país

Después de la revolución industrial el aumento en la tasa de natalidad, los avances en la medicina y en el sector salud, han traído consigo un aumento en la población mundial que ha llevado al incremento de problemas por la demanda de agua así como por la contaminación, la distribución y escasas del recurso, por mencionar algunos ejemplos.

La problemática gira en torno a que es un recurso finito afectado por el crecimiento poblacional y económico que provocan el incremento en la demanda y competencia por el recurso. En muchas regiones la disponibilidad natural del agua es crítica y la calidad es inapropiada; los servicios de agua potable y saneamiento son insuficientes y las inversiones económicas quedan cortas para cubrir los rezagos y atender las demandas crecientes por el agua. Convirtiéndose en una problemática severa y común tanto a nivel regional como global.

El conocimiento sobre los recursos hídricos es un factor básico y de suma importancia para la solución a los problemas ambientales, el planteamiento de medidas preventivas, la planeación estratégica para la administración del recurso así como para la generación de políticas públicas. Para lograr el conocimiento es indispensable contar con los datos, que por si solos no tienen la capacidad de comunicar un significado, sin embargo cuando éstos se procesan y asocian dentro de un contexto se transforman en información.

La información es de un alto valor, con ella se hacen análisis para formación de conocimiento, creación de capital intelectual y es útil para la toma de decisiones. La información es capaz de cambiar la forma en que el receptor percibe la realidad, impactando sobre sus juicios de valor y su comportamiento.

La difusión y socialización de la información es fundamental para enterar a la sociedad sobre la importancia del agua como recurso natural finito, que forma parte integral de los ecosistemas y genera una fuerza motriz en el desarrollo social y económico del país.

En una sociedad informada se crea conciencia en el uso racional del recurso, evitando así que se alteren las condiciones que llevan a su renovación, permitiendo que en el futuro se mantengan las funciones del ecosistema.

En México la información sobre el agua es generada por instituciones gubernamentales a nivel federal como la Comisión Nacional del Agua (Conagua), a nivel estatal en las oficinas ambientales de gobierno de los estados, empresas privadas, universidades, instituciones académicas y organizaciones de la sociedad civil. La información que se produce generalmente, responde a fines específicos; los gobiernos estatales integran información dentro de su ámbito territorial, las instituciones académicas, privadas o civiles, generalmente lo hacen en forma local para satisfacer requerimientos concretos de investigación u operación.

La información sobre la situación de los recursos hídricos como son su localización, distribución espacio-temporal y disponibilidad son de suma importancia tanto para las acciones reglamentarias, la planeación y la formulación de políticas en el sector hídrico, como para la toma de decisión sobre la gestión del agua en los diferentes ordenes de gobierno y las autoridades locales, las cuales tienen la necesidad de disponer permanentemente de información confiable, actualizada y oportuna sobre el agua.

La obtención de datos, su procesamiento, la producción de información suficiente, confiable y disponible oportunamente es un reto para todos aquellos interesados en la formación de conocimiento y los involucrados en la planeación para administrar y conservar los recursos.

Este informe se basa en la experiencia adquirida, al trabajar en el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) a cargo de la Comisión Nacional del Agua.

El propósito es presentar como ha operado el Sistema desde sus inicios a la fecha, la forma en que se han superado los obstáculos para cumplir con sus objetivos, el como se han aprovechado las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) para contar en un futuro cercano con un sistema informático muy completo. No se puede dejar de describir, como en un afán de mejora continua han cambiado los documentos y productos de difusión de información especialmente el Atlas del Agua en México.

El trabajo se integra de una introducción, tres capítulos, un anexo, conclusiones y bibliografía. En la introducción se trata brevemente la teoría de sistemas y como los problemas ambientales se aborda desde una perspectiva interdisciplinaria con un enfoque sistémico, haciendo énfasis en la importancia de la información para la generación del conocimiento que contribuye a la solución de los problemas ambientales, específicamente los relacionados con el agua.

En el Capítulo I Marco Teórico Conceptual y Metodológico se describe el inicio de la problemática ambiental a finales del siglo XIX y su acelerado incremento en el siglo XX, los programas que han operado para remediar los problemas y los pobres resultados que se han obtenido.

Se presentan los programas internacionales que integran y sistematizan la información relevante del sector hídrico a nivel mundial, así como la forma en que las instituciones nacionales se ocupan de la misma actividad y la problemática a la que se enfrentan ambos grupos, para integrar y difundir la información.

La propuesta metodológica trata los tópicos relacionados con las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's), las bases de datos estadísticos y geográficos modernas, los procesos, las herramientas y las tecnologías de punta como los Sistemas de Información Geográfica y de Inteligencia de Negocios utilizados para el desarrollo del sistema informático del Sistema Nacional de Información del Agua.

En el capítulo II Desarrollo del Sistema Nacional de Información del Agua (SINA), se presentan los antecedentes institucionales, el marco legal bajo el cual se desarrolla y opera el Sistema desde sus inicios a la fecha, así como las áreas de oportunidad que se presentan en este momento.

El Sistema se ocupa, entre otras cosas, de la difusión de información relevante sobre el sector hídrico a diferentes audiencias, en este informe se desarrolla en el capítulo III el caso de estudio "El Atlas del Agua en México"; se describen sus antecedentes, la forma en que se desarrolló y el contenido del atlas impreso y digital, terminando con las áreas de oportunidad que se tienen para este tipo de productos de difusión de información sobre el agua. Se incluye un anexo con ejemplos en imágenes de cada sección del Atlas.

Se termina este informe con una sección de conclusiones sobre como el Sistema Nacional de Información del Agua se ha ocupado de integrar y difundir información del sector, siendo parte de un proceso elemental para cumplir con el propósito de ser un instrumento básico de la política hídrica nacional. Se abordan los retos a los que se enfrenta el SINA para garantizar la calidad y continuidad de la información, así como la necesidad de contar al interior de la Comisión Nacional del Agua con una política institucional de información.

Capítulo 1. MARCO TEÓRICO, CONCEPTUAL Y METODOLÓGICO

1.1 Marco Conceptual

1.1.1 Degradación ambiental y de recursos hídricos

Desde siempre la humanidad ha hecho uso de los recursos naturales para su subsistencia, pero no fue hasta la Revolución Industrial cuando se desató el auge económico, científico y técnico, propagándose el uso intensivo, extensivo e irracional de los recursos naturales en pro de modelos de crecimiento económico. Siendo estos sucesos catalizadores de los procesos de deterioro ambiental y depredación.

Las primeras manifestaciones sobre la conciencia ecológica que muestran la tendencia exponencial de la degradación y la extinción de los recursos naturales aparecen con la publicación de *La Primavera Silenciosa*, de Carson (1962). La obra hace referencia a las afectaciones al medio ambiente y sus terribles consecuencias, a modo de continuación del proceso de degradación producido por la contaminación ambiental. En su libro, Carson alude a las alteraciones causadas por pesticidas como el DDT, que llevan a la prohibición del uso de este producto en los Estados Unidos de América y posteriormente en otros países como México.

Fue en los años 70 cuando los problemas del deterioro del medio ambiente y sus consecuencias en la sociedad son abordados por grupos de científicos, políticos, agrupaciones sociales y civiles que cuestionan la irracionalidad de los modelos de crecimiento y alertan sobre el creciente deterioro ambiental. Esta situación llama la atención de las organizaciones internacionales (Godínez, 2004) y origina los movimientos ambientalistas, que desde entonces se han manifestado en múltiples foros. No obstante, después de 50 años parece que se hace muy poco para tratar de encontrar una estrategia que permita salvaguardar al planeta ante el desarrollo económico.

En el mundo moderno, la sobrepoblación, el crecimiento económico y la cultura del consumismo están estrechamente relacionados con varios problemas: la contaminación atmosférica producto del uso masivo de combustibles fósiles, el deterioro de los suelos productivos causados por tecnologías y prácticas agrícolas enfocadas a la producción masiva de alimentos, la alteración de los ecosistemas naturales con fines de explotación de recursos energéticos que en muchas ocasiones lleva a la pérdida de la biodiversidad y a la escasez del agua.

El agua es uno de los recursos naturales indispensables para la vida y los ecosistemas, el cual por mucho tiempo se pensó como un recurso natural renovable e infinito; sin embargo, al analizar los hechos y las cifras encontramos que se ha convertido en un factor limitante para la producción de alimento, el desarrollo industrial, el mantenimiento de ecosistemas naturales y para la biodiversidad, incluso para la estabilidad social y política de las naciones.

En México la disponibilidad natural del agua depende en mucho de la ubicación geográfica del país y del relieve del territorio. Dos terceras partes del territorio se consideran áridas y semiáridas, con precipitaciones menores a 500 mm anuales siendo estas regiones donde se ubica la mayor densidad de población y se genera el mayor producto interno bruto (PIB), en tanto que en el sureste se presentan condiciones de mayor humedad y precipitación media anual superior a los 2,000 mm.

Las actividades humanas como la construcción de presas y el desvío de cauces de ríos han ocasionado la extinción local de especies y la alteración de los ecosistemas; la deforestación que conlleva la erosión de suelos y el azolvamiento o disminución del cauce de los ríos, ha provocado que muchos de ellos dejen de ser permanentes. Más del 70 % de los cuerpos de agua presentan algún grado de contaminación y alrededor de 15% de los acuíferos se encuentren sobreexplotados. El aumento de la población ha disminuido la disponibilidad de agua per cápita de 17,825 millones de metros cúbicos en 1950 a 4,097 millones de metros cúbicos en 2010 (Calva y Aguayo, 2007; Conagua 2011b; Monge, 2004)

En otras palabras la disponibilidad natural del agua es crítica, su calidad para consumo es inapropiada, los servicios de agua potable y saneamiento son insuficientes, las actividades productivas compiten por el agua y los conflictos sociales que se originan por la competencia se incrementan en número y severidad, tanto a nivel local como global. Para dar solución a la problemática del agua es necesario pensar y actuar con base en un enfoque integral y hacer uso de nuevas herramientas e instrumentos técnicos, legales, normativos, institucionales y económicos que guíen la formulación de políticas públicas en materia de agua.

1.1.2 Sustentabilidad

Después de la publicación de la “La Primavera Silenciosa” en los Estados Unidos de América se comenzaron a formar asociaciones defendiendo los derechos por un ambiente sano y limpio, de tal forma que en 1970 se crea la primera agencia gubernamental dedicada exclusivamente al cuidado del medio ambiente, la EPA (Environmental Protection Agency).

En 1972, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) declara que existe “peligro de seguridad alimentaria mundial”, derivado de prolongadas sequías que afectan fuertemente diversas partes del mundo. En ese mismo año, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo, se presentaron 26 principios comunes que ofrecen a los pueblos del mundo inspiración y guía para preservar y mejorar el medio humano (García, 2006). Entre esos principios se encuentra el que:

“Los recursos naturales de la Tierra, incluidos el aire, el agua, la tierra, la flora y la fauna, y especialmente muestras representativas de los ecosistemas naturales, deben preservarse en

beneficio de las generaciones presentes y futuras, mediante una cuidadosa planificación u ordenación, según convenga”.

De esa manera se siembra la semilla de lo que más tarde se reconocerá como *sustentabilidad* y se inicia en las altas esferas internacionales las manifestaciones sobre la importancia del medio ambiente, lo que se expresa en la creación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA, 1972)

La Comisión Mundial de Ambiente y Desarrollo (de siglas en inglés WCED), creada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en 1983, después de analizar la situación del mundo de ese momento presentó su primer informe en 1987 conocido como el "Informe Brundtland", el cual demostró que el camino que había tomado la sociedad global estaba destruyendo el ambiente y dejando a la gente cada vez más en la pobreza y la vulnerabilidad. La importancia de este documento es el haber lanzado el concepto de "*desarrollo sostenible*", que "*satisface las necesidades de la generación actual sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*", y haberlo incorporado en todos los programas de la ONU, con acciones enfocadas en lo económico, lo ambiental y lo social.

1.1.3 Agenda internacional por la sustentabilidad

En 1988 la Comisión Mundial convocó a la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (CNUMAD), también conocida como la "Conferencia de Río" o la "Cumbre de la Tierra". El evento tenía como objetivo lograr un equilibrio justo entre las necesidades económicas, sociales y ambientales de las generaciones presentes y futuras, y sentar las bases para una asociación mundial entre los países desarrollados y los países en desarrollo; asimismo, lograr la comprensión de las necesidades y los intereses comunes entre los gobiernos y los sectores de la sociedad civil.

La CNUMAD celebrada en Río de Janeiro en 1992, llevó a la creación de la Comisión sobre el Desarrollo Sostenible alrededor de la cual se aprobaron tres acuerdos importantes, entre ellos el "Programa 21". En este programa de acción mundial para promover el desarrollo sostenible se habla de la protección de la calidad y el suministro de los recursos de agua dulce, así como de la integración del medio ambiente y el desarrollo en la adopción de decisiones (Godínez, 2004).

En ese mismo año en Dublín, la Conferencia Internacional sobre el Agua y el Medio Ambiente estableció cuatro Principios, entre los que destacan:

- "El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, esencial para sostener la vida, el desarrollo y el medio ambiente"

- “El aprovechamiento y la gestión del agua debe inspirarse en un planteamiento basado en la participación de los usuarios, los planificadores y los responsables de las decisiones a todos los niveles”.

Luego de estas acciones concretas se comenzó a explotar una conciencia global acerca de la importancia de esta temática y así se crearon decenas de consejos consultivos, organismos, asociaciones e investigaciones relacionadas con la sustentabilidad (Calvente, 2007; WWAP, 2003).

La década de los 90' marca el arribo definitivo de las vertientes proteccionistas no sólo a nivel de foros internacionales, sino a niveles de gobierno y como elemento fundamental en la planeación del desarrollo. Se plantea la lucha nacional, regional e internacional, dándose matices ecológicos a los acuerdos comerciales y a las rondas internacionales de comercio (Godínez, 2004).

En el contexto internacional, los efectos de la sequía favorecieron acciones políticas para la atención de los problemas ambientales que repercutían en la sociedad y la economía. Aún así, tardaron 20 años en integrar al “agua dulce” en los programas de protección al medio ambiente y apenas se espera que en este año sea incluida en la Agenda de la COP (Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).

1.2 Marco Teórico

1.2.1 Teoría General de Sistemas

La atención a los problemas ambientales se logró después de que sequías prolongadas en todo el mundo afectaron a un gran número de personas provocando estragos sociales y económicos. Es entonces que los expertos consideran diversos elementos que en conjunto se interrelacionan creando propiedades, que por separado no tienen sus elementos, por ejemplo la localización y administración de los recursos, los asentamientos humanos, las actividades productivas y las políticas públicas. Observan interacciones complejas entre factores físicos, biológicos, políticos, sociales, culturales y económicos, de esta forma que buscan soluciones a los problemas ambientales considerándolos como Sistemas Complejos cuya atención implica un trabajo interdisciplinario que involucra diferentes escuelas de pensamiento y tecnologías en busca de la solución del problema.

Puesto que se habla de sistemas, es obligado considerar su base de sustentación, que es “La Teoría General de Sistemas (TGS)”, la cual puede definirse como una forma ordenada y científica de aproximación y representación del mundo real, así como una orientación para el trabajo transdisciplinario. Es el resultado del movimiento sobre la investigación general de los sistemas y se basa en la búsqueda de la *ley y el orden en el universo*. De hecho de lo que se trata es de *la*

búsqueda de un Orden de órdenes y de una Ley de leyes, razón por la cual se llamó Teoría General de Sistemas (Areitio y Areitio, 2009).

La idea de “*sistema*” nace a fines de los años 20 en el siglo pasado, proveniente del método de investigación de Von Bertalanffy *Biología Organísmica*, el que considera que los organismos son “*cosas*” organizadas y deben estudiarse como tal, y trata de explicar la teoría de sistemas de los organismos. Bertalanffy se refiere a la exploración científica y a la teoría de los sistemas en las diferentes ciencias Física, Biología, Psicología etc., postulando así la Teoría General de Sistemas como un área lógico-matemática cuya tarea es la formulación de los principios que son aplicables a los sistemas en general (Von Bertalanffy, 2006).

A partir de la Teoría General de Sistemas, han aparecido varias tendencias que buscan su aplicación práctica a través de las ciencias aplicadas, entre las que podemos nombrar: la cibernética; la teoría de la información o teoría matemática de la información; la teoría de los juegos; la teoría de las decisiones; la topología o matemática racional que incluye campos no métricos tales como las teorías de las redes y de las gráficas; el análisis factorial; la ingeniería de sistemas; la ingeniería humana; y la investigación de operaciones. Así podemos decir que el enfoque de la teoría de sistemas en la ciencia tiene un paralelismo en la tecnología (Von Bertalanffy, 2006).

Un “*sistema*” es la representación de un “*fragmento*” de la realidad conceptualizado como una totalidad organizada en la cual los elementos no son separables y por tanto no pueden ser estudiados aisladamente (García, 2006).

Para Von Bertalanffy un “*sistema*” es un modelo de naturaleza general. El concepto de sistema se refiere a las características muy generales compartidas por una gran cantidad de entes que son tratados convencionalmente en diferentes disciplinas; de aquí la naturaleza interdisciplinaria de la TGS.

El Enfoque de Sistemas, es una forma ordenada de evaluar una necesidad humana de índole compleja y consiste en observar la situación desde todos los ángulos y determinar los elementos diferenciados en el problema; asimismo, evalúa la relación de causa y efecto que existe entre ellos, las funciones específicas que cumplen en cada caso y los intercambios que se requerirán entre los recursos, una vez que se definan (Schoderbek *et.al*, 1984).

Como se dijo en párrafos anteriores, los problemas ambientales son sistemas complejos que representan un recorte de la realidad en un tiempo y espacio determinado. Para estudiarlos se deben definir sus objetivos y establecer sus límites, los cuales nos van a permitir saber lo que esta adentro y lo que esta fuera del sistema. Los elementos al interior del sistema tienen la característica de estar relacionados, lo que les confieren la estructura y propiedades que no tienen los elementos por separado y hacen que funcione como un “*todo organizado*”. De esa forma, la estabilidad del sistema depende de su estructura.

Al interior de un sistema, la organización de sus elementos puede conformar subsistemas cuya definición, con mucha frecuencia, depende de la escala tanto de los fenómenos como del tiempo. Al interior de los sistemas existen procesos de primero, segundo o tercer nivel que describen los cambios de que son objeto y se analizan de acuerdo a su nivel, de lo cual se ocupa la dinámica de sistemas (García, 2006).

Tomando en consideración que en la literatura hay varias definiciones de “sistema”, para este trabajo se adoptó la siguiente definición: *Se trata de un fragmento delimitado de la realidad, conformado por elementos que interactúan entre ellos y que pueden o no tener interacción con el ambiente exterior, y que consta de procesos de entradas y salidas, de comunicación, regulación y retroalimentación.* Para poder estudiar y analizar cualquier sistema es indispensable contar con información veraz en forma oportuna.

1.2.2 Pirámide de información y conocimiento

La información es un elemento básico para cualquier actividad productiva y de investigación, en el estudio de los problemas ambientales es indispensable para generar propuestas de medidas preventivas, estrategias, políticas públicas y en general para la toma de decisiones. La información es la base para la formación y comunicación del conocimiento, se produce a partir de datos procesados y asociados dentro de un contexto. Para llegar a la generación del conocimiento, es necesario circular desde la generación de datos a la producción de información que se representa en la pirámide de información (figura 1).



Figura 1. Pirámide de información (Fuente: modificado de Hammond *et.al.* 1995).

En la base de la pirámide se presentan las fuentes primarias conformadas por datos procedentes de registros administrativos, de estudios, censos, sistemas institucionales etc., por ejemplo: la temperatura, el volumen de agua almacenado en las presas, la precipitación, el caudal de los ríos, los volúmenes de agua concesionados, las concentraciones de oxígeno y los contaminantes en el agua, el número de habitantes, etc. Estos datos son básicos y útiles a los niveles operativos y su generación requiere de grandes esfuerzos económicos y humanos (Martínez-Lagunes 2009b).

Cuando los datos se contrastan y analizan para darles un contexto dentro de la realidad se transforman en información, por ejemplo, el número de habitantes con cobertura de agua potable y alcantarillado en cada municipio, la cantidad de agua renovable en un área determinada, los sitios más contaminados en un área específica, etc. Esta información es utilizada por conocedores del tema, directivos, investigadores y analistas, para identificar áreas de oportunidad o para propósitos específicos como la planeación y diseño de políticas.

La parte superior de la pirámide es ocupada por información que ha tenido un procesamiento previo y mucha de ella se convierte en indicadores que muestran la situación de un proceso o de un aspecto definido en un momento determinado

El SINA opera de la parte media a la parte superior de la pirámide y se encarga de seleccionar datos y coordinar a los especialistas productores de los mismos que se ubican en la base, a su vez se comunica con los actores de la parte superior de la pirámide para detectar la información e indicadores necesarios para evaluar la situación del agua en México y contar con los elementos necesarios para el soporte en la toma de decisiones, la planeación, el diseño y la evaluación de políticas públicas. Así mismo el SINA se ocupa de socializar la información a través de diferentes productos de difusión.

Los sistemas informático por su capacidad de registrar, almacenar, organizar y procesar grandes volúmenes de datos han sido instrumentos eficaces para generar información y hacerla útil a diferentes audiencias y actores. Sin embargo en el caso de la información del agua, la labor de lograr los datos de la base de la pirámide se ha dificultado en la última década debido a la disminución del número de estaciones de medición y monitoreo por falta de presupuesto, mantenimiento, operarios, vandalismo etc. No obstante, la demanda de información en la parte intermedia y superior de la pirámide se ha incrementado, bajo la presión de contar oportunamente con indicadores fundamentados en información validada a diferentes escalas geográficas y de niveles de agregación, utilizados por tomadores de decisiones y especialistas dedicados a la planeación y definición de políticas públicas enfocadas a la sustentabilidad.

1.3 Marco Metodológico

1.3.1 Estado del Arte

La protección y conservación de los recursos naturales implica cambios en la sociedad, la economía, la industria, la tecnología, la investigación y la política. La planeación, las medidas preventivas y la solución a los problemas ambientales, incluyendo el agua, dependen de muchos factores. Uno de los más relevantes es el conocimiento de la situación del recurso para lo cual se requiere de información histórica y actual, como factor crítico para la toma de decisiones políticas y cambios de actitud en la sociedad.

El conocimiento sobre la situación de los recursos hídricos, incluyendo su localización, distribución espacio-temporal y disponibilidad, es de suma importancia para organizar la política del agua en México. También lo es para las acciones reglamentarias y de planificación, para la asociación del público a la toma de decisión sobre la gestión, actores en los diferentes órdenes de gobierno y autoridades locales que tienen necesidad de disponer permanentemente, de información confiable, actualizada y oportuna sobre el agua. La obtención de datos, su procesamiento y la producción de información suficiente, confiable y oportuna es un reto para todos aquellos involucrados en la planeación y conservación de los recursos naturales. Estas actividades son abordadas bajo diferentes enfoques, desde organizaciones internacionales hasta actores locales interesados en los recursos hídricos.

A nivel internacional, el programa insignia de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en el tema del agua es el "Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos (WWAP por su siglas en inglés)", el cual es una fuente de información sobre el agua dulce y se utiliza para proporcionar recomendaciones, desarrollar estudios de casos, reforzar la capacidad de evaluación a escala nacional e informar sobre el proceso de toma de decisiones. Su principal producto, el informe trianual sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo (WWDR por su siglas en inglés), es una reseña amplia y periódica que ofrece una visión fiable, basada en conclusiones científicas sobre la situación de los recursos de agua dulce del planeta y que se enfoca a desarrollar mecanismos que permitan alcanzar los Objetivos del Milenio.

Uno de los principales sistemas de información mundial sobre el agua y la agricultura es el Aquastat, sistema que en 1993 inició la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO por sus siglas en inglés), su base de datos ofrece al usuario una amplia información de la situación de la gestión del agua para la agricultura con énfasis en el riego y en el sub-sector drenaje en todo el mundo, sobre todo en los países en desarrollo y en los países en transición, está dirigido a los usuarios interesados en el análisis nacional, regional y mundial.

La información que contiene la base de datos de Aquastat es proporcionada por instituciones oficiales en cada país dependiendo del tipo de información, por ejemplo para el caso de México la

información directamente relacionada con el agua y su infraestructura la proporciona Conagua, la de agricultura la SAGARPA y la relacionada con salud la Secretaría de Salud. A pesar que la información es la misma, la metodología con que cada país la genera puede no serlo. La FAO consciente de ello y con el interés de proporcionar información precisa, fiable y coherente para hacer comparables los datos, puso en práctica un ejercicio que dejó ver la necesidad de discutir las estrategias para gestionar los problemas que se presentan en la colección, interpretación y análisis de la información relacionada con el agua (FAO, 2009), sin embargo a la fecha no se ha reportado algún resultado específico del taller.

La Comisión Económica para América Latina (CEPAL) emite las Recomendaciones Internacionales para las Estadísticas del Agua (RIEA), donde se establecen principios, conceptos y definiciones coherentes para la recolección y la compilación de estadísticas del agua sobre una base comparable. Estas son las primeras recomendaciones internacionales que se publican en materia de estadísticas del medio ambiente y se articulan con el conjunto de documentos de ese tipo que fueron publicados por la División de Estadística de las Naciones Unidas.

Cabe destacar que la información de la base de datos del Aquastat y las Recomendaciones Internacionales para las Estadísticas del Agua de la CEPAL ha servido de guía para integrar el contenido de la base de datos del SINA.

Aún con esfuerzos tan relevantes como los de la FAO y la CEPAL, la Organización de las Naciones Unidas reconoce que a nivel mundial el conocimiento sobre los recursos hídricos y el uso del agua es escaso, existen algunos países de los cuales no hay información, en otros los datos son escasos y están desagregados, en tanto en otros países la información es deficiente en validez y homogeneidad. Los sistemas de información del agua en los diferentes países muestran deficiencias, siendo las más comunes:

- Las estadísticas sobre las extracciones de agua suelen estimarse en lugar de basarse en datos medidos o recopilados a partir de censos y encuestas.
- El nivel de incertidumbre varía, aunque es especialmente alto en el caso de la agricultura.
- Las clasificaciones de usuarios del agua no están definidas de manera homogénea ni están bien desagregadas.
- Las series de datos históricos adecuados son poco comunes y no siempre resultan explícitas las fechas de las estadísticas disponibles (UNESCO-WWAP y UNSD. 2012).

A estas deficiencias hay que agregar la falta de una terminología común, la discrepancia en las metodologías empleadas y en la interpretación de la información, lo cual redundará en diferencias en la compilación, el análisis y comparabilidad de datos. Estas carencias e inconsistencias se convierten en un problema para aquellos que se ocupan de analizar los datos e información para la toma de decisiones, tanto al exterior como al interior de los mismos países.

En América Latina, Brasil y México han marcado la pauta para el desarrollo de sistemas de información específicos sobre el agua. Mientras que en Brasil se está desarrollando el Sistema Nacional de Información sobre Recursos Hídricos (SNIR), en México se trabaja el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA). Ambos sistemas tienen la misma filosofía y plataforma técnica pero con estrategias diferentes de operación.

En México diferentes instituciones han hecho esfuerzos para integrar la información sobre el agua, cuyo nivel de detalle y enfoque dependen mucho de los propósitos de la institución u organismo que la integre. Así, podemos contar con información procedentes de fuentes oficiales a nivel federal o local, también de universidades y de organizaciones de la sociedad civil conocidas también como ONG 's.

La información sobre el agua se difunde mediante medios de comunicación muy variados, como son:

- Informes de investigación como ejemplo se puede mencionar el "Arc Hydro, GIS for Water Resources" (Maident, 2002).
- Artículos en revistas especializadas como la Revista Científica de Ingeniería Hidráulica y Ambiental
- Documentos impresos por ejemplo El Ambiente en Números, compilación con información de la base de datos del SNIARN (SEMARNAT, 2011).
- Páginas Web de instituciones como el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), en la que se presenta la información de sus estudios y proyectos
<http://www.imta.gob.mx/>
 - El Servicio Meteorológico Nacional, que difunde información especializada <http://smn.cna.gob.mx/>
 - El Instituto Nacional de Ecología (INE), presenta información del sector hídrico de manera escueta y enfocada a propósitos propios del Instituto <http://www.ine.gob.mx/> y <http://cuencas.ine.gob.mx>.
 - El INEGI, institución que maneja información cartográfica y visores como el Mapa digital de México (<http://gaia.inegi.org.mx>) y el Simulador de flujos de aguas de cuencas hidrográficas (<http://antares.inegi.org.mx>).
 - La SEMARNAT presenta el Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales (SNIARN) <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental>.

Cabe destacar que la información sobre el agua difundida a través de los medios señalados, en ocasiones es generada por las propias instituciones, en otros casos, por la Conagua que es la institución federal encargada de administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes para lograr su uso sustentable, en su página web se encuentra el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) que presenta información analizada e interpretada con el apoyo de tablas, gráficos y mapas simplificados e interactivos, además ofrece la información en formato

digital a través de archivos en formato Excel para que el usuario pueda hacer su propia interpretación.

Un documento relevante en el tema del agua es el de Estadísticas del Agua en México, producido periódicamente por la Conagua, en él se integra información a nivel nacional y regional. Este documento impreso es de distribución gratuita, también está disponible en la página Web de la Institución para descargar en formato pdf con archivos Excel.

1.3.2 Técnicas utilizadas

El manejo de información ya sea en grandes volúmenes o en amplia diversidad, implica el uso de metodologías y técnicas propias como las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC's). Éstas incluyen equipos, programas informáticos y medios de comunicación que permiten reunir, almacenar, procesar, transmitir y presentar información en formato de voz, datos, textos o imágenes. Si bien las TIC's tienen su despunte en la década de los 90, las aplicaciones de cómputo para procesar información ambiental se han utilizado desde la década de los 50. Hoy en día la mayoría de los países desarrollados las utilizan ampliamente por ejemplo, en sistemas de monitoreo ambiental (Hilty *et.al.* 2005).

En un mundo cambiante y globalizado la capacidad de las TIC's para reducir obstáculos tradicionales, especialmente el tiempo y la distancia, posibilitan el uso del potencial de estas tecnologías en beneficio de millones de personas en todo el mundo, incluidos los temas medioambientales y de sustentabilidad (<http://www.itu.int>). Las TIC's a través del Sistema de Información (SI) como instrumentos para producir, integrar, almacenar, administrar y poner a disposición la información, en conjunto con la cartografía digital y el software especializado, son elementos clave para el Sistema Nacional de Información del Agua (SINA).

Los sistemas de información ambiental en el sector público tienen tres importantes funciones: 1) concientizar a la sociedad de las condiciones de los bienes públicos como es el aire o atmósfera, el agua, áreas recreativas, el mar, los bosques etc.; 2) dar soporte a la toma de decisiones dando información sobre el estatus quo y 3) realizar predicciones mediante herramientas para modelar y simular escenarios y apoyar la ejecución de políticas ambientales (Hilty *et.al.*, 2005).

1.3.3 Propuesta metodológica

El Sistema Nacional de Información del Agua está conceptualizado en la teoría de sistemas como un sistema de información que requiere para su funcionamiento de personas, datos, información, recursos materiales e informáticos. Se trata de un sistema temático del agua con enfoque estadístico y geográfico que incluye información de nivel nacional y regional. El SINA brinda

servicios tales como: apoyar la planeación y dar soporte a la toma de decisiones al interior de la Conagua. Además funge como medio de difusión de la información a través del Atlas Digital del Agua, las estadísticas del Agua y en la página internet de la institución.

Para cumplir con estos servicios, actualmente se trabaja en el desarrollo del sistema informático que cuenta con una serie de elementos y procedimientos como el referente a la extracción, transformación y carga de la información (ETL por sus siglas en inglés); con una base de datos tipo data warehouse (DW), donde se almacenan los datos estadísticos; los datos e información geográfica se organizan en la base de datos geográficos (geobase) y en el sistema de información geográfica (SIG). Para la explotación o consulta de información el sistema cuenta con las herramientas que brinda el software de Inteligencia de Negocios (BI por sus siglas en inglés).

1.3.3.1 Data Warehouse

La base de datos tipo Data Warehouse (DW) (figura 2) es un repositorio que almacena datos e información en un formato adecuado para dar soporte al proceso de toma de decisiones estratégicas. Esta información, organizada por temas, con datos extraídos de varios sistemas operacionales y sistemas externos, no se actualiza en tiempo real, pero en conjunto da al usuario una visión integral del tema. El usuario puede examinar, filtrar y analizar datos en varios niveles de detalle, la DW puede almacenar datos históricos permitiendo dar seguimiento a la evolución de los mismos, los datos tienen la dimensión de tiempo, lo que permiten hacer consultas y reportes con la referencia temporal (Humphries *et.al.*, 1999).

La DW organiza los datos en un espacio n-dimensional llamado cubo (figura 3), las celdas del cubo de datos son llamadas *hechos* que representan el foco de análisis, incluyen atributos llamados *medidas* que generalmente son valores numéricos. Las *dimensiones* son usadas para ver las medidas desde diferentes perspectivas como el tiempo (años, quinquenios, decenios) o la geografía (municipios, regiones hidrológicas, cuencas, etc.). Las dimensiones tienen atributos jerárquicos que las describen y son utilizados para explorar los datos en varios niveles de detalle.

Los modelos multidimensionales están representados por tablas relacionales organizadas en estructuras espaciales llamadas esquemas que pueden ser de tipo estrella o de copo de nieve, estos esquemas relacionan las tablas de hechos con varias tablas de dimensiones, los esquemas tipo estrella usan una sola tabla para cada dimensión incluso cuando hay jerarquías, lo que da como resultado tablas desnormalizadas de dimensiones. En el caso del esquema tipo copo de nieve se usan tablas normalizadas para dimensiones y sus jerarquías.

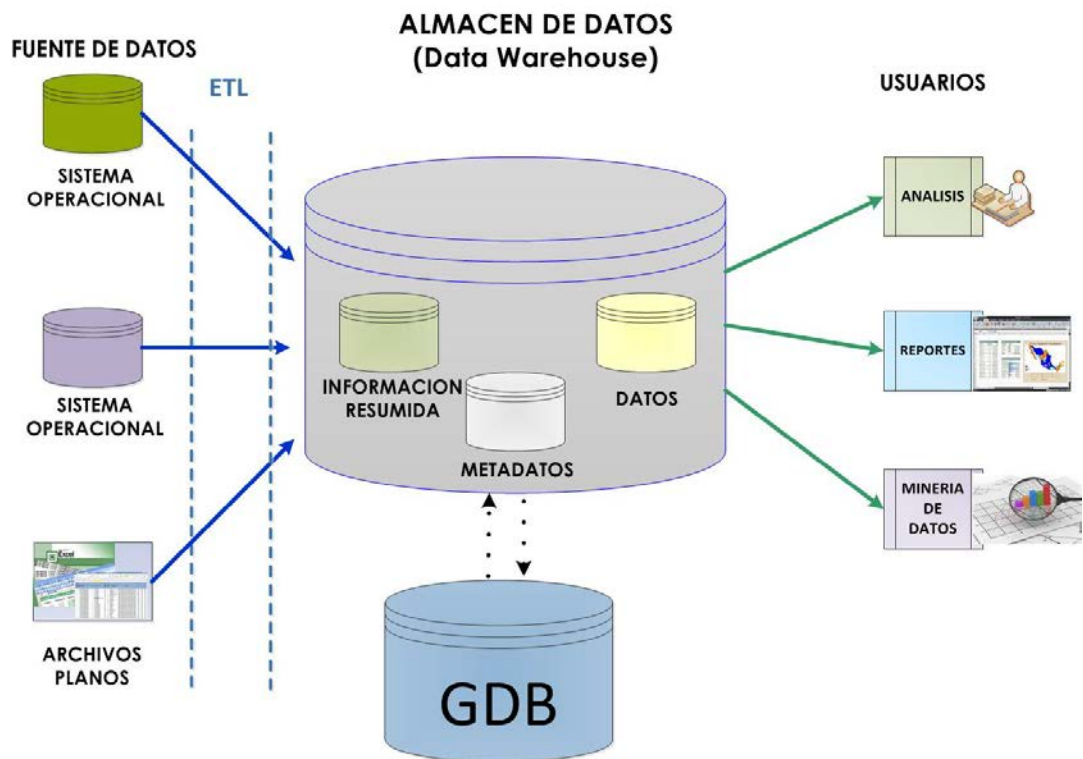


Figura 2. Modelo de data warehouse (Fuente: InfoAxon, 2010)

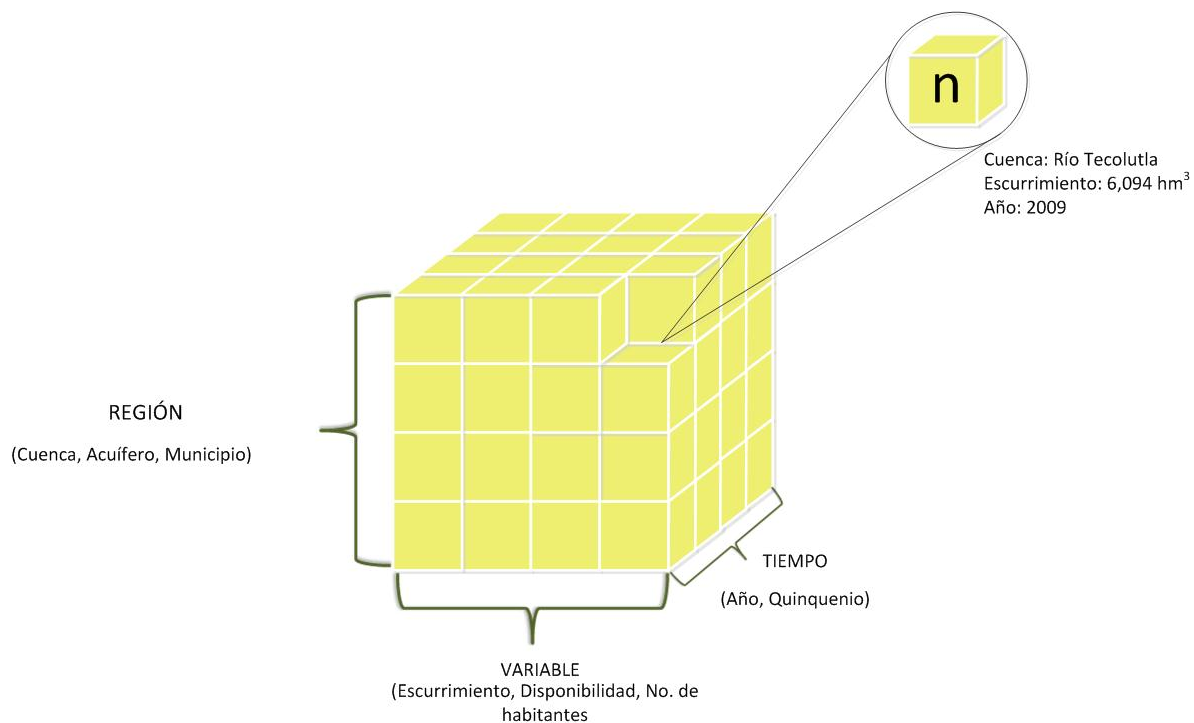


Figura 3. Organización de la información dentro de la data warehouse (Fuente: Plauchu, 2011).

El manejo o manipulación de datos en la DW requiere de sistemas de proceso analítico en línea (OLAP por sus siglas en inglés), los cuales permiten a los usuarios finales hacer manipulaciones dinámicas y agregaciones automáticas de datos contenidos en la DW, facilitando de este modo la formulación de consultas complejas que pueden involucrar grandes cantidades de datos (Malinowski and Zimányi, 2009).

1.3.3.2 Extracción, Transformación y Carga

El proceso de Extracción, Transformación y Carga (ETL, por sus siglas en inglés), es un proceso de suma importancia en la DW, permite extraer datos desde múltiples fuentes, los transforma mediante operaciones de limpieza como eliminación de valores nulos, remueve o corrige datos faltantes y provee medidas de confianza en los datos, reforzando así su calidad y estandarizando su consistencia, de esta manera el ETL ajusta y estructura los datos para ser empleados por herramientas de usuario final. Este procedimiento también se ocupa de integrar los datos a la DW y los presenta de tal forma que son útiles para la toma de decisiones (Kimball and Caserts, 2004 y Trujillo *et.al.*, 2011).

1.3.3.3 Sistema de Información Geográfica

El SINA además de una base de datos estadística incluye la componente geográfica integrada por una base de datos espaciales o Sistemas de Información Geográfica (SIG), la cual permite almacenar datos cuya localización y forma se describe en 2 o 3 dimensiones del espacio. El Sistema de Información Geográfica (SIG) “es un conjunto de herramientas para reunir, introducir, almacenar, recuperar, transformar y cartografiar datos espaciales sobre el mundo real, con el propósito de satisfacer múltiples propósitos” (Burrough y McDonnel, 1980 en Peña,2008).

En 1990 el National Center for Geographic Information and Analysis de USA define el SIG como “sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados para resolver problemas complejos de planificación y gestión” (Peña, 2008).

En otras palabras un SIG se trata de una tecnología con enfoque de sistemas que permite el análisis y la gestión espacial de la información. Cabe señalar que los softwares actuales proporcionan una amplia variedad de herramientas para almacenamiento, despliegue y análisis espacial de la información.

Los datos almacenados en una base de datos SIG pueden ser de tipo ráster o vectorial, corresponden a los datos sobre localización, relaciones (topología) y atributos de los elementos geográficos (puntos, líneas, área y entidades complejas que representan la superficie terrestre) (Peña, 2008). Los datos vectoriales son objetos discretos (puntos, líneas o polígonos) a los que se les pueden asignar diversas propiedades cuantitativas y cualitativas.

Las capas vectoriales son útiles para describir los elementos del terreno, como por ejemplo la red hidrográfica, los cuerpos de agua, las divisiones administrativas etc. Los datos ráster son de tipo continuo y se representan por celdas o píxeles donde cada uno tiene un valor para la variable considerada. El conjunto de celdas conforma una malla que representa una región del espacio. Esta información es apropiada para describir datos espaciales continuos como, densidad de biomasa, altitud, elevación del terreno, temperatura y precipitación.

Como parte del SIG el SINA cuenta con la geobase (GDB por su siglas en inglés), esto es un almacenador de datos y un entorno de gestión que realiza funciones tales como: combinar datos espaciales con base de datos centralizada, aplicar reglas y relaciones de los datos, definir modelos de relaciones geoespaciales y mantener la integridad de datos espaciales de acuerdo con la precisión de la base de datos.

1.3.3.4 Inteligencia de Negocios

La gestión inteligente de la información también llamada Inteligencia de Negocios (BI por sus siglas en inglés), es un conjunto de herramientas y aplicaciones que facilitan la generación de reportes, permite las consultas y el análisis no estructurado, con ellas es posible profundizar en la consulta de información (*drilldown*) o hacer cuestionamientos específicos (*queries*). Todo ello ayuda al usuario reducir el riesgo y la incertidumbre en la toma de decisiones y favorecer la visión estratégica (Méndez del Río, 2006).

1.4 Observaciones

Es de aludir la lentitud con la que ha avanzado el interés de la humanidad por proteger su entorno, su futuro y por ende a sí misma. Una década después de la publicación de Rachel Carson y del inicio de un movimiento ambientalista local, se crea la primera agencia gubernamental de nivel nacional encargada del medio ambiente y fue necesaria una catástrofe global que llevo a declarar el peligro de seguridad alimentaria mundial, para que instituciones internacionales se ocuparán de analizar el deterioro ambiental, replanteando así un cambio en ciertas prácticas y procedimientos productivos, económicos, sociales y políticos.

Los problemas ambientales son analizados como sistemas complejos, en el marco de un enfoque moderno de sustentabilidad que abarca aspectos ambientales, sociales y económicos, lo que implica un tratamiento interdisciplinario. Los cambios acelerados que ocurren a nivel mundial y su relación con el uso y gestión de los recursos hídricos, obligan a que las acciones, la gestión, los programas y decisiones tomadas por los líderes de gobierno, el sector privado y la sociedad, se basen en el conocimiento obtenido del análisis sistemático de indicadores, escenarios y otros métodos similares. De este modo lo que se busca es dar certidumbre a la continuidad de las acciones y garantizar su efectividad.

Es un hecho que para lograr el conocimiento es indispensable la información confiable y oportuna, por lo cual el SINA trabaja en el desarrollo del sistema informático, descrito en párrafos anteriores, en el siguiente capítulo se hablará de los antecedentes del SINA y cómo ha evolucionado desde su inicio a la fecha.

Capítulo 2. DESARROLLO DEL SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN DEL AGUA (SINA)

2.1 Antecedentes y marco legal

En México la atención al tema del agua se ha reflejado en la evolución de las políticas hídricas que se han gestado al interior de las instituciones y han cambiado con el paso del tiempo. Así se tiene que a principios del siglo pasado, con la creación de la Comisión Nacional de Irrigación en 1926, posteriormente con la Secretaría de Recursos Hidráulicos en 1946 y la formación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos en 1971, se favorecían las políticas hacia la oferta del recurso, impulsando la construcción de grandes presas y obras de riego para mejorar la agricultura nacional.

Con la creación de la Comisión Nacional del Agua (Conagua) en 1989, se reconoce la necesidad de la administración en el sector hídrico. La sectorización de la Conagua a la Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP) permitió hacer compatibles las políticas y los programas hídricos con los programas de uso y conservación de los recursos naturales.

El conocimiento de los recursos hídricos sobre las condiciones de calidad y cantidad, uso, distribución y explotación, son temas de suma importancia para organizar la política del agua en México y delinear los programas sectoriales que contribuyen al desarrollo.

La Conagua desde su creación se ha interesado y ocupado de integrar, administrar, analizar y difundir información del sector en el entendido de que es una tarea clave para realizar actividades de reglamentación y planificación, pero sobre todo para brindar a la sociedad elementos que le ayuden a una mejor participación en la elaboración e implementación de políticas públicas.

A manera de ejemplo de estos esfuerzos, se puede mencionar al RAISON (Regional Analysis System ON) que en 1996 integró el diagnóstico hidráulico de las trece regiones en que se dividió el país, con el propósito de sentar las bases para un mejor manejo y preservación del agua y efectuar acciones de planeación hídrica.

Desde 1999 hasta 2002, se integró y publicó el documento denominado Compendio Básico del Agua. Este documento contiene información elemental sobre los aspectos relativos al uso, manejo y preservación del recurso hídrico.

El Compendio fue el antecedente de la publicación "Estadísticas del Agua en México", que ha sido compilada, editada y publicada por la Conagua anualmente del año 2003 a la fecha y ha servido de modelo para publicaciones sobre estadísticas del agua en países de Latinoamérica como Brasil que publica la "Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil" (figura 4). Otras experiencias son el Compendio de Planos del Agua, los Cubos Portátiles de Información, el Atlas del Agua en México y el portal del SINA en Internet.

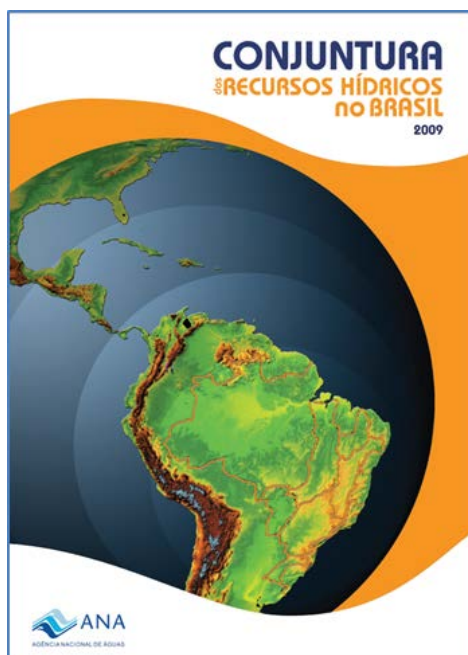


Figura 4. Documento de Situación de los Recursos Hídricos en Brasil (Fuente: ANA, 2009).

Con estos antecedentes y experiencia en la generación y organización de información, en la Conagua nace la inquietud de sistematizar la información del agua, a fin de darle un contexto e interpretación al relacionarla con otra información ambiental, social y económica, de tal manera que se crea el Sistema Nacional de Información del Agua como un sistema de información con el propósito de apoyar en la planeación y evaluación de los procesos de gestión integrada del agua, así como en la propuesta de políticas hídricas.

El SINA integra y produce información geográfica y estadística a diferentes escalas geográficas a partir de informantes y sistemas institucionales, con el propósito de fundamentar la planeación y evaluación de los procesos de gestión integrada del agua en el país (Haner, 2006). Es un sistema complejo conformado por personas, software, equipo, información y productos de difusión de información sobre el agua, desarrollado en la Subdirección General de Programación de la Conagua.

El SINA se respalda en la Ley de Aguas Nacionales (2004), donde se define como un instrumento básico de la política hídrica nacional que sirve de sustento a la planificación y programación nacional hídrica. El sistema está estrechamente relacionado con el principio que sustenta la política hídrica a través del artículo 14 BIS 5. Fracción XIX de la ley antes mencionada: *"El derecho de la sociedad y sus instituciones, en los tres órdenes de gobierno, a la información oportuna, plena y fidedigna acerca de la ocurrencia, disponibilidad y necesidades de agua, superficial y*

"El proceso de desarrollo del Sistema Nacional de Información del Agua en México (SINA). Avances, limitantes y retos"

subterránea, en cantidad y calidad, en el espacio geográfico y en el tiempo, así como a la relacionada con fenómenos del ciclo hidrológico, los inventarios de usos y usuarios, cuerpos de agua, infraestructura hidráulica y equipamiento diverso necesario para realizar dicha gestión" (Ley de Aguas Nacionales, Artículo 14 BIS 5. Fracción XIX y 14 BIS 6. Fracción VIII).

En México existen leyes federales con las que el SINA se relaciona de diferentes maneras, tal es el caso de la Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental, la cual tiene como finalidad principal "Proveer lo necesario para garantizar el acceso de toda persona a la información en posesión de los Poderes de la Unión, los órganos constitucionales autónomos o con autonomía legal y cualquier otra entidad federal" (Art.1). Con base en esta ley frecuentemente llegan a la Conagua a través del IFAI (Instituto Federal de Acceso a la Información), solicitudes de información que son atendidas a partir de información contenida en el SINA y los productos de difusión que genera.

Así mismo la Ley General del Equilibrio Ecológico y de la Protección del Ambiente tiene cierta relación el SINA. Esta ley expresa lo siguiente: "La SEMARNAT desarrollará un Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales que tendrá por objeto registrar, organizar, actualizar y difundir la información ambiental nacional, que estará disponible para su consulta y que se coordinará y complementará con el Sistema de Cuentas Nacionales a cargo del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática" (artículo 159 BIS). El SINA es un proveedor de información del Sistema Nacional de Información Ambiental y elabora las cuentas del agua que forman parte de las cuentas satélite del Sistema Nacional de Cuentas Nacionales.

Con base en la reforma de los artículos 26 y 73, fracción XXIX-D de la de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en 2008 se crea la Ley de Información Estadística y Geográfica la cual establece que el Estado contará con un Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) a cargo del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). El SINA se ha visto reforzado con esta ley y la creación del Comité Técnico Especializado en Información en Materia de Agua (CETAGUA) que a su vez encontró facilidades para su instalación con el antecedente del Comité Técnico de Estadística y de Información Geográfica del Sector Medio Ambiente (CTEIGSMARN) y el Grupo Temático del Agua que se instalo en el seno de este comité.

2.2 Desarrollo del SINA 2004-2012

Bajo el sustento legal y con el propósito de cumplir con los objetivos del sistema, para finales del año 2004 se llevó a cabo el "Estudio preliminar de conceptualización del SINA y de los SIRA's", entendiendo por SIRA Sistema Regional de Información del Agua. El SINA es un sistema con datos e información a escala nacional para atender los requerimientos de ese nivel. Los SIRA's son sistemas pensados para albergar datos e información de escala regional, considerando las trece regiones hidrológico-administrativas en que divide al país la Conagua. Este estudio permitió definir una propuesta sobre el esquema general de orientación, organización e implementación del SINA y los sistemas regionales (figura 5).

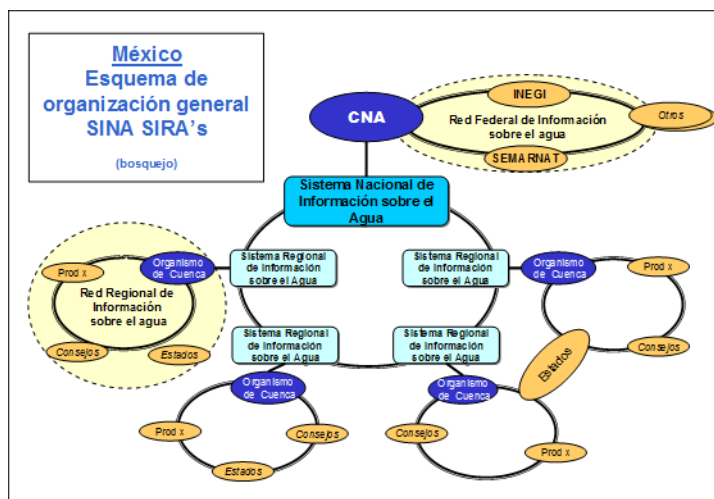


Figura 5. Esquema de organización general del SINA y los SIRA's (Fuente: Haner, 2006).

En este mismo estudio se presentó la visión a mediano plazo y se describieron los 5 procesos fundamentales para alcanzar los resultados previstos (figura6):

- 1) Inventario y desarrollo de fuentes de datos e información: etapa preliminar indispensable, que permitirá conocer las fuentes de datos e información sobre el agua existentes en México y organizar la producción de la información faltante.
- 2) Lenguaje común: indispensable para asegurar la comparabilidad de los datos y facilitar su intercambio.
- 3) Gestión y procesamiento de datos e información geográfica: para manejar los datos e información geográficos y producir información de síntesis.

- 4) Gestión documental: para el manejo y el acceso a los documentos como estudios, reportes, investigaciones, videos, etc.
- 5) Difusión del conocimiento sobre el agua para valorar los diferentes tipos de datos e información.

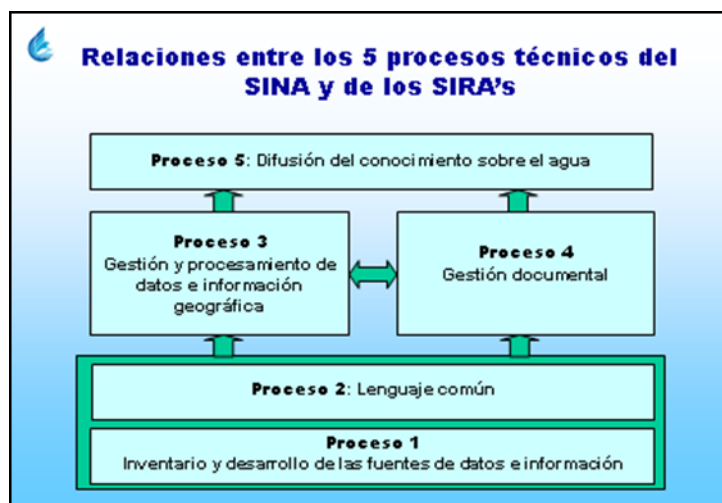


Figura 6. Procesos técnicos del SINA (Fuente: Haner, 2006).

También se incluyó un programa global de implementación en un periodo multianual, donde se plantearon metas por alcanzar, dando ponderación a cada una de ellas y plasmándolas en el Programa Nacional Hídrico 2006-2012, de tal forma que para el año 2012 el SINA y los SIRA's estuvieran plenamente instalados y en una etapa de mejora (figura 7).

En el año 2005, el "proyecto" SINA/SIRA supera la fase preliminar de implementación y el SINA empieza a operar tomando en cuenta las orientaciones fijadas por el estudio conceptual.

En ese año la Conagua se incorporó al Comité Técnico de Estadística y de Información Geográfica del Sector Medio Ambiente (CTEIGSMARN), formado a partir del mandato de la Ley de Información Estadística y Geográfica.

En el seno de este comité se instaló el Grupo Temático del Agua (GTA), el cual establece, transmite y vigila el cumplimiento de normas y disposiciones de carácter general formadas por el INEGI, para la captación, procesamiento, análisis y difusión de información del sector hídrico. Además este grupo se establece como un mecanismo para conformar redes de socios con el propósito de intercambiar información entre sus miembros que pertenecen a diferentes instituciones públicas y académicas entre las que se mencionan la Conagua, el INEGI, la SEMARNAT, la SAGARPA, la Conafor, la UNAM, el Colmex, etc. El papel del equipo del SINA es el de coordinar al GTA.

Año	Meta	Meta
2006	Formulación del Plan Maestro del SINA	5%
2007	Consolidación Grupo Temático del Agua y cubos portátiles.	10%
2008	Instalación del Comité Técnico Especializado de Información del Agua (CETAGUA). Conformación de la Geobase Institucional del Agua	35%
2009	Enriquecimiento del portal de la sección del SINA del portal de Internet.	55%
2010	Datawarehouse en SQL ligado a la Geobase Institucional del Agua. Incorporación de información del Análisis Técnico Prospectivo (ATP). Regionalización de la información para creación de SIRAs.	75%
2011	Elaboración de indicadores para la Agenda del Agua 2030. Incorporación de la información documental al SINA (biblioteca de Balderas y bibliotecas auxiliares).	90%
2012	Mejora continua y robustecimiento de la información	100%

Figura 7. Metas propuestas para el SINA en el periodo 2006-2012 (Fuente: Martínez-Lagunes, 2009a).

En los inicios del GTA se conformaron 7 subgrupos temáticos:

- Contexto administrativo e institucional
- Aguas superficiales
- Aguas subterráneas
- Calidad de las aguas
- Climatología/Meteorología
- Hidráulica urbana
- Hidráulica agrícola

El propósito general de los subgrupos fue el de hacer los análisis necesarios para la definición de un futuro lenguaje común que permitiera un fácil intercambio de datos. Se trabajó en la revisión de diccionarios de datos de los sistemas ya existentes en la Conagua y se desarrolló un documento de síntesis para el establecimiento de modelos de datos aceptados por todos, también se creó y se puso en línea un aplicativo para consulta sobre los actores del sector agua.

Con la publicación del Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua, el 30 de noviembre de 2006, se creó la Gerencia del Sistema de Información sobre el Agua, en la cual se incluye a 5 subgerencias. En ese momento la gerencia del SINA contó con los recursos humanos y económicos para establecer un Plan Maestro de desarrollo a mediano plazo.

Con base en las atribuciones de la gerencia del SINA, el Plan Maestro definió acciones prioritarias a través de proyectos concretos, estableciendo las reglas de organización y operación. Se plantearon acciones para ejecutar a mediano y largo plazo y se identificaron los medios de participación efectiva y duradera de los socios del GTA, buscando las sinergias a través de la identificación y el desarrollo de proyectos útiles para los integrantes del grupo, respetando el papel y responsabilidad de los miembros en término de producción y manejo de la información (Haner, 2006).

La gerencia del SINA, en el año 2006, contó con los recursos suficientes para atender los temas geográficos y estadísticos, los aspectos documentales y los sistemas regionales, además de la coordinación de los subgrupos del GTA y la integración de la información que de ellos derivaron. Simultáneamente en esos momentos en la Subdirección General de Programación (SGP) se establece un Sistema de Gestión de la Calidad, con el propósito de asegurar la satisfacción continua del cliente y evidenciar su compromiso hacia la calidad. Dentro de los procesos del sistema de calidad se incluye el de “Integrar la Información Básica del Agua” e “Integrar y Procesar la Información Geográfica del Agua” (Haner, 2006).

Estos procesos coadyuvaron a la organización de la información, la cual no se hizo en forma integral, el proceso de Integrar y Procesar la Información Geográfica del Agua se enfocó básicamente al acopio y disposición de información cartográfica básica. En tanto el proceso de Integrar la Información Básica del Agua originó el Sistema de Información Básica del Agua (SUIBA) el cual se encaminó a mejorar la publicación de Estadísticas del Agua en México (EAM), que para es año de 2006 ya contaba tres ediciones anuales.

En el transcurso para la integración de la información para el SUIBA, se encontraron diversos problemas, tales como: duplicidad de actividades en la producción de datos, acceso restringido a la información, subestimación de la importancia de cierta información (datos por cuenca), diversidad de metodologías y criterios de cálculo para un mismo parámetro, todo esto como consecuencia de la ausencia de una Unidad Administrativa encargada de la integración y difusión de la información estadística sobre el agua en la Institución.

Podría pensarse que el SUIBA es el antecedente de la base de datos del SINA actual, sin embargo no era más que un índice que contenía la relación de contactos, variables, la relación de sistemas existentes, etc. Con los cambios que se dieron posteriormente en la Subdirección de Programación y el término del Sistema de Gestión de la Calidad, el SUIBA sucumbió.

A pesar del soporte legal del SINA y la existencia de la Gerencia del SINA en el reglamento interior de la Conagua, el cambio de administración trajo consigo cambios en la institución, entre ellos la desintegración de la Gerencia con sus recursos humanos y económicos, de tal forma que en el año 2007 el proyecto del SINA, queda a cargo de una subgerencia integrada por el subgerente y dos jefes de proyecto con mínimos recursos materiales y económicos. A fines de ese año me incorporé

al SINA como uno de los jefes de proyecto. Previo a ello mi relación con el SINA era como el administrador del Sistema de Información de Agua Subterráneas de la Conagua en la Subdirección General Técnica.

El SINA continuó operando con logros como la producción de las Estadísticas del Agua que ha mejorado desde sus primeras ediciones a la actualidad, ampliando su contenido e innovando con el disco compacto que acompaña a la edición impresa y que contiene el documento en formato pdf, un programa interactivo de consulta y las tablas maestras con información de las estadísticas.

En el GTA los siete primeros subgrupos cumplieron su objetivo y con el tiempo se han formado otros subgrupos que han aportado resultados específicos, tal es el caso del trabajo conjunto entre Conagua, Instituto Nacional de Geografía y Estadística (INEGI) y el Instituto Nacional de Ecología (INE) para obtener la capa de delimitación de cuencas hidrográficas.



Figura 8. Documento de Análisis de la Información del Agua de los Censos y Conteos 1990 a 2005 y de la portada del disco compacto de Cubos portátiles de información, 2008 (Fuente: Conagua 2007a ; 2008).

Otro ejemplo es el trabajo de INEGI-Conagua, que culminó con la publicación del documento "Análisis de la Información del Agua de los Censos y Conteos 1990 a 2005" (figura 8) y el desarrollo de los cubos portátiles de información sobre usos del agua, el cubo de población y el hiper cubo (Conagua, 2007a). Estos productos cuentan con datos de población, de usos del agua, zonas de

disponibilidad para efectos de cobro, índice de precios al consumidor, índices de marginación y desarrollo humano entre otras variables, los datos pueden ser consultados por área geográfica como municipios, localidades, regiones hidrológico-administrativas y para diferentes años.

El GTA ha brindado un espacio de dialogo y acuerdos para el desarrollo de estas actividades y proyectos sin tanto burocratismo. Algunos de los trabajos propuestos en los subgrupos han sido concluidos, otros están en desarrollo y otros más, han experimentado modificaciones en sus objetivos originales.

El GTA ha servido de nicho para la instalación en 2009 del Comité Técnico Especializado en Información en Materia de Agua (CETAGUA), que es una instancia colegiada de participación y consulta, creada para contribuir al desarrollo del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica liderado por INEGI con base en la Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (2008).

La publicación de Estadísticas del Agua en México (EAM) ha sido un elemento clave para el SINA. Tuvo su origen en 1999 con la publicación del Compendio del Agua que evolucionó para convertirse en 2003 en la publicación las Estadísticas del Agua en México, cuya última edición fue en 2011. El procedimiento de integración de información para la edición de las Estadísticas ha servido de guía para el desarrollo de la base de datos del sistema informático del SINA.

El SINA se ha ocupado de integrar la información de diferentes áreas de la Conagua, de los proyectos y actividades del GTA y de otras instituciones, para la edición de las Estadísticas y el Atlas. Los datos recabados que se encuentran en archivos de diferentes formatos como hojas de cálculo Excel, reportes y tablas en Word, documentos impresos, mapas en formato shapefile o imágenes, se almacenaban en carpetas específicas, siendo archivos separados localizados en computadoras de los miembros del equipo del SINA.

Ante esta problemática y con escasos recursos humanos, económicos y materiales, en el año 2008 se integraron los datos e información estadística en una base de datos con el manejador de SQL (Lenguaje de Consulta Estructurada) y la información geográfica en una geobase (GDB, por sus siglas en inglés) en la plataforma de ArcGis 9.2. De esta manera la base de datos del SINA quedo integrada por datos de las tablas de atributos de las capas que conformaban la GDB, los archivos Excel y las tablas maestras de información utilizadas para producir las Estadísticas del Agua. La GDB quedó integrada por 120 capas de información geográfica, a partir de las cuales se formaron los mapas para las últimas publicaciones de Estadísticas del Agua en México y del Atlas del Agua (Conagua, 2011a, Conagua 2011b). Del 2008 a la fecha la base de datos y la GDB han funcionado independientemente, lo que dificulta la actualización y las vuelve altamente susceptibles a errores por falta de sincronización automática. Los archivos fuente de información siguen llegando en formatos diferentes y su revisión e incorporación a la base de datos es manual.

Siendo evidente la necesidad de comunicar la base de datos estadística y la geográfica, además de desarrollar procedimientos de validación de información y de interfaces que faciliten la carga de datos y la consulta de información a través de Internet, en el año 2010 se firmó un convenio con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) para la creación del Sistema Informático del SINA.

En este proyecto de dos años de duración y actualmente en desarrollo, se integrará la información de todas las ediciones de Estadísticas del Agua, se desarrollará el mapa conceptual, que incluye el universo de información estadística y geográfica que maneja el SINA. La información estadística se organizará en una base de datos tipo Data Warehouse en el manejador de base de datos SQL que se comunicara con la base de datos geográficos de Arc Gis. El proceso del ETL se ocupará de la validación y carga de datos estadísticos a la Data Warehouse. Para la fase de análisis, de consulta y la elaboración de reportes se utilizarán herramientas de inteligencia de negocios (BI) Web Focus.

2.3 Operación y estado actual

El SINA está conceptualizado en la Teoría de Sistemas como un sistema de información, nos referimos a que está integrado por personas y por datos, incluye recursos materiales e informáticos y cuenta con procesos y actividades encaminadas al cumplimiento de sus objetivos (Conagua, 2007b) que son:

- Incrementar el impacto de la información en las políticas hídricas mediante la generación de documentos de análisis y síntesis para los tomadores de decisiones.
- Mejorar la comunicación con los grupos de usuarios mediante la implementación de nuevos esquemas de difusión.
- Promover el incremento de la calidad y cantidad de la información mediante la emisión de recomendaciones para mejorar fuentes e implementar nuevos mecanismos de obtención de datos.
- Incrementar el intercambio de información con los diferentes productores y usuarios de información del agua.
- Descentralizar los procesos de generación y análisis de información mediante la integración de los Sistemas Regionales de Información del Agua.
- Fortalecer el SINA y los SIRA's mediante el desarrollo de capacidades.

El área del SINA opera actualmente bajo la dirección del Coordinador de Proyectos de la Subdirección General de Programación de la Conagua. El seguimiento y supervisión de sus actividades, incluyendo el desarrollo del sistema informático, lo lleva quien escribe con el apoyo continuo de otro colaborador y uno o dos jóvenes prestadores de servicio social, otro jefe de proyecto asignado a esta Coordinación participa en la revisión de información recabada sobre algunos temas específicos.

El SINA considera tres actividades básicas para el cumplimiento de sus objetivos: la producción de información, el mantenimiento de la información y la mejora de la información oficial de interés público.

La base para cumplir con la mayoría de los objetivos del SINA son los datos y la información que produce. La colección de datos para la integración y actualización de información se lleva a cabo a partir de la solicitud a las áreas generadoras. Los temas estadísticos son requeridos en formatos específicos en hojas de Excel, las cuales se han diseñado con base en las necesidades y formatos de información previamente recibida por las áreas respectivas. Si la información tiene referencia geográfica y se trata de mapas, el SINA solicita las actualizaciones en formato shapefile (shp). La información estadística se almacena en los formatos originales y los archivos shp se importan a la geobase.

El Sistema en los esfuerzos para integrar la información se ha encontrado con los problemas generales del manejo de la misma, entre los que destaca: la detección de conjuntos de datos fragmentados y heterogéneos; algunos conjuntos de datos disponibles, además de estar en diversos medios y formatos, son inconsistentes y tienen el inconveniente de presentar vacíos espaciales, secuencias históricas incompletas y/o niveles de resolución espacial y temporal diferentes; otros más se encuentran pobremente documentados.

Para la difusión de información a través de Estadísticas del Agua y del Atlas del Agua en México se analizan los datos, se les da un contexto y se ordenen en los siguientes temas:

- Contexto geográfico y socioeconómico
- Situación de los recursos hídricos
- Usos del agua
- Infraestructura hidráulica
- Instrumentos de gestión del agua
- Agua, salud y medioambiente
- Escenarios futuros
- Agua en el mundo

Tanto las Estadísticas como el Atlas cuentan con información en formato digital, en el caso de las Estadísticas es un DVD que contiene el documento en formato pdf, archivos en formato Excel que permiten a los usuarios interesados analizar la información base desde otro enfoque y un programa que permite consultas dinámica a la información.

El Atlas cuenta con una versión en CD, es un desarrollo con información resumida en gráficas, tablas y metadatos, los mapas son temáticos e interactivos, las capas que los forman se pueden activar y desactivar, permite hacer consultas puntuales de acuerdo al tema específico.

Otra forma de difundir la información es a través de la página Web de la Conagua (<http://www.conagua.gob.mx>) en el apartado específico del SINA se encuentra información contenida en las Estadísticas y un acceso al Atlas digital. En este sitio el usuario puede descargar tanto las Estadísticas como el Atlas en su formato pdf (figura 9). Las EAM, el Atlas y la página web tienen una actualización anual.

El SINA cuenta con un servicio de atención a usuarios vía correo electrónico de la dirección [sina@conagua.gob.mx.](mailto:sina@conagua.gob.mx), en él se reciben preguntas diversas sobre el tema del agua, muchas de ellas se responden directamente y otra se dirige al usuario a las áreas específicas. Por este medio se atiende un promedio de 20 correos mensuales.

El GTA es la red de socios del Sistema, donde sus miembros intercambian información de interés y se forman subgrupos para atender trabajos o proyectos comunes. El SINA organiza de 2 a 3 reuniones anuales donde se presentan brevemente los trabajos o proyectos que han desarrollado

los miembros del GTA, en ocasiones a estas reuniones se invitan a instituciones que no forman parte del grupo pero que por alguna presentación particular es de su interés.

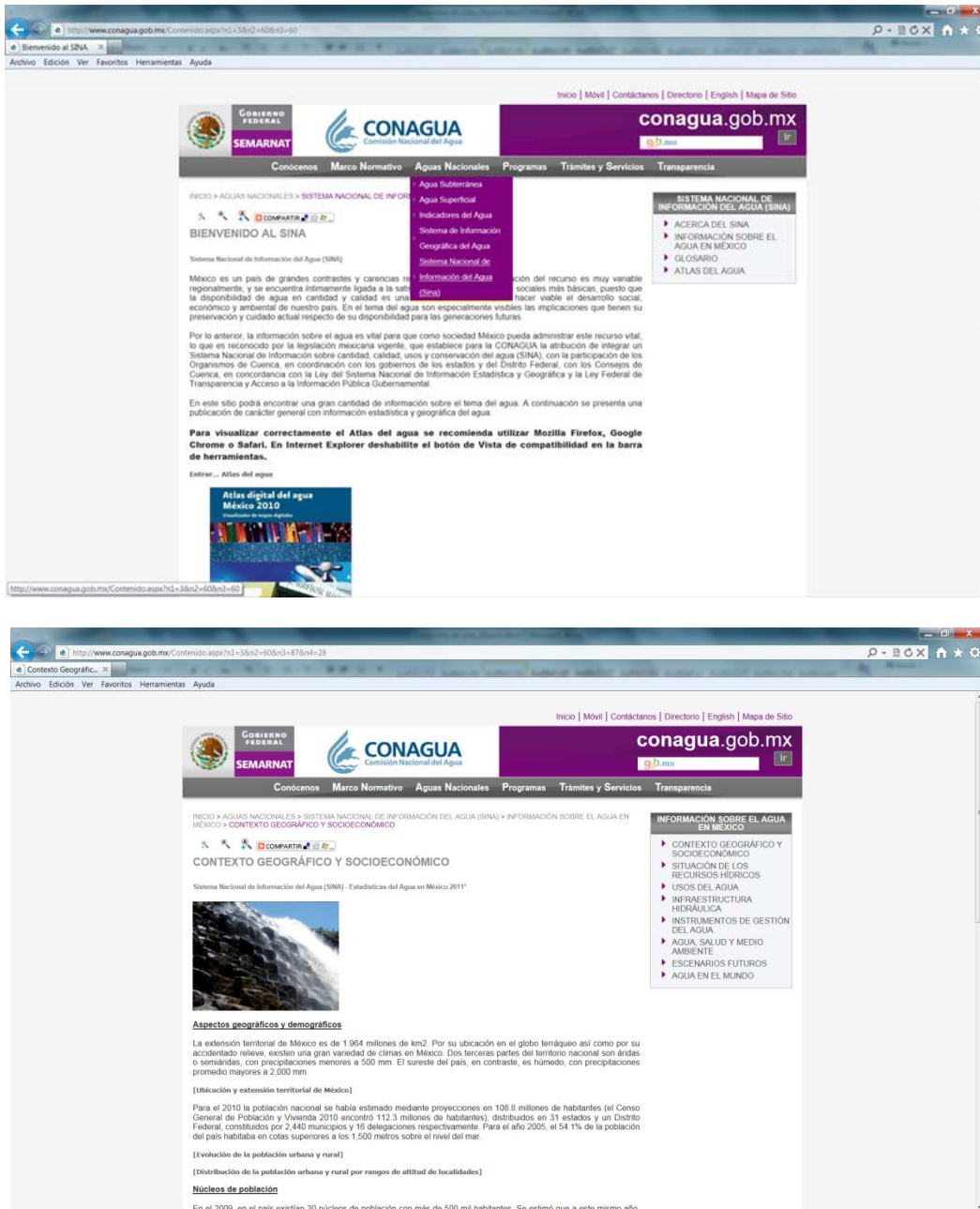


Figura 9. Sección del SINA en la página de Conagua en Internet (Fuente: <http://www.conagua.gob.mx/>).

El proyecto de desarrollo del sistema informático del SINA aún no concluye, se espera que una vez terminado, la consulta de la información que hasta hoy se ha publicado en las EAM y el Atlas se

"El proceso de desarrollo del Sistema Nacional de Información del Agua en México (SINA). Avances, limitantes y retos"

haga a través del sistema a partir de reportes prediseñados con las herramientas de inteligencia de negocios.

A través del sistema están previstas las consultas libres a la base de datos, esta funcionalidad se circunscribe a las áreas de planeación de la institución, debido a los costos de licenciamiento. Para el grupo de directivos se ha diseñado el despliegue en dispositivos móviles (Ipad) con información muy específica.

A partir del enfoque económico, social y ambiental que rigen los programas de la Organización de las Naciones Unidas, se ha desarrollado el diseño conceptual y la DW del SINA a partir de esos ejes básicos. En los tres ejes está considerada la información histórica a través de la dimensión tiempo y la ubicación espacial en la dimensión geográfica, la cual consta de diferentes niveles de granularidad dependiendo del eje y del tema que se trate, por ejemplo localidad, municipio, acuífero, cuenca, etc., (figura 10; Anexo I).

La incorporación de información al Data Warehouse (DW) del sistema se ha considerado a través de un proceso de Extracción Transformación y Carga (ETL) con ingreso de archivos planos en formato Excel, con un proceso de validación por parte de las áreas técnicas, en una segunda etapa se espera que las áreas técnicas incorporen su información directamente al sistema y la validación se haga a través del proceso ETL.

El Eje Social se subdivide en Normativo y Desarrollo Humano. En la sección Social-Normativo se localiza leyes y normas relacionadas con el sector hídrico, así como los mecanismos de participación como los Comités y Consejos de Cuenca, los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas etc. En la sección de Desarrollo Humano se organiza la información demográfica, servicio de agua potable y alcantarillado, plantas de tratamiento de aguas residuales municipales e industriales.

El Eje Económico se subdivide en Económico-Financiero y Productivo. En la primera sección se localizan temas de recaudación, inversión, tarifas, volúmenes de agua declarados etc. En la sección Económico-Productivo esta la información de presas, distritos de riego, títulos de concesión y asignación inscritos en el Registro Público del Agua (REPDA) entre otros.

El Eje Ambiental tiene tres subdivisiones: acuático, terrestre y atmosférica. En la sección acuático está la información referente a redes piezométricas (pozos), ríos, cuerpos de agua, estaciones hidrométricas y volúmenes de agua renovable. La sección terrestre agrupa lo referente a acuíferos, cuencas, zonas de veda y en la sección atmosférica esta el balance del ciclo hidrológico, ciclones, sequías y precipitación.

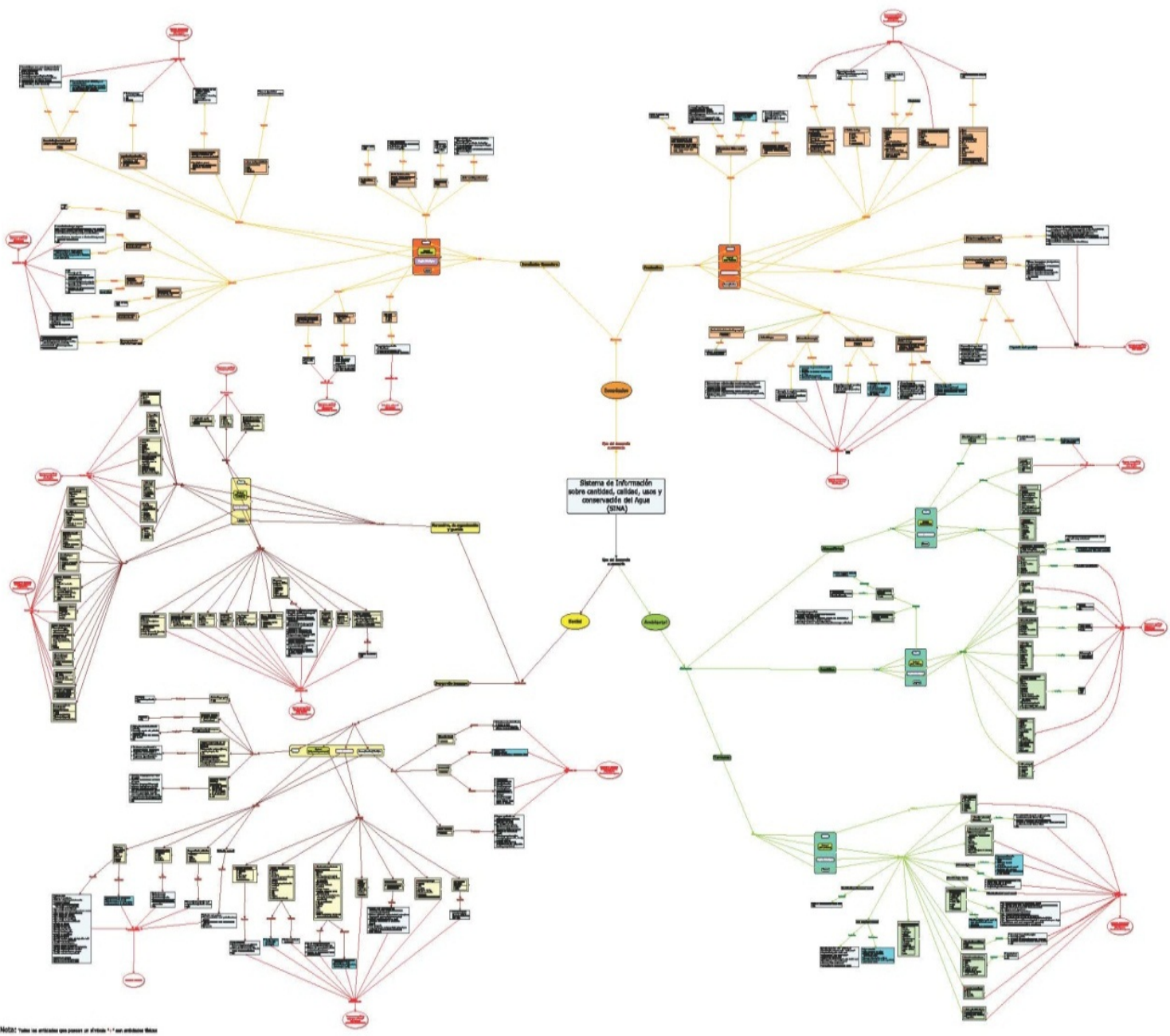


Figura 10. Diseño conceptual del Sistema informático del Sistema Nacional de Información del Agua (Fuente: IMTA, 2011).

"El proceso de desarrollo del Sistema Nacional de Información del Agua en México (SINA). Avances, limitantes y retos"

2.4 Áreas de oportunidad

El SINA parte de una legislación en la Ley de Aguas Nacionales (2004), tiene sustento en otras leyes como la Ley de Información Estadística y Geográfica, y la Ley de Transparencia y Acceso a la Información; también cuenta con objetivos claramente definidos, ha contado con una planeación a diferentes plazos y se han hecho esfuerzos para su implementación. Sin embargo, aún no se ha logrado formalmente su implantación y opera bajo un desarrollo orgánico, expresado por las actividades cotidianas que lleva a cabo para cumplir sus objetivos, con mínimos recursos.

Es frecuente que al interior de la Conagua, se identifique al SINA como el equipo que produce las Estadísticas del Agua y el Atlas, para lo cual se solicita anualmente datos e información a las diferentes áreas de la Conagua y a otras instituciones. Esta visión reducida refleja la falta de reconocimiento del Sistema en toda la extensión de sus facultades y atribuciones legales, así como la carencia de una política institucional de información.

El diseño de estrategias innovadoras, que deriven en acciones concretas y eficaces para resolver los problemas de la gestión integrada del agua, requieren de bases sólidas sustentadas en el conocimiento técnico y científico sobre el tema en cuestión, para ello es necesario contar con la información veraz en forma oportuna.

Las publicaciones de EAM y el Atlas del Agua han abarcado los indicadores más generales que han servido de referencia para la toma de decisiones y como elementos de información general sobre la situación de los recursos hídricos en México. Sin embargo estos indicadores son de nivel nacional y hace falta llevar la información a un nivel de detalle que permita contar con la perspectiva regional y local.

La información que se integra a la base de datos del SINA es muy valiosas y útil para difundir información a diferentes audiencias y por diferentes medios de comunicación sean electrónicos o impresos como el caso del Atlas, del que hablaremos en el siguiente capítulo.

Capítulo 3. CASO DE ESTUDIO: “EL ATLAS DEL AGUA EN MÉXICO”

3.1 Antecedentes del Atlas del Agua en México.

Los datos e información producida por el SINA se difunde de diferentes maneras dependiendo de la audiencia a la que se dirige, una de ellas es el Atlas del Agua, editada en formato impreso y digital.

El antecedente del Atlas del Agua en México fue el Compendio de Planos del Agua, editado en el año 2001. Es un documento tamaño carta que contiene 24 planos relacionados con el agua (figura 11), entre ellos los de regiones hidrológicas, precipitación media mensual, coberturas de agua potable, acuíferos sobrexplotados, principales ríos etc. En la página frente al mapa presenta una tabla con información referida al mismo (figura 12). Este compendio surge como respuesta a la necesidad de contar con información gráfica asociada al uso, manejo y preservación del agua en México a nivel nacional y regional.



Figura 11. Portada del Compendio de planos del Agua (Fuente: Conagua, 2001).

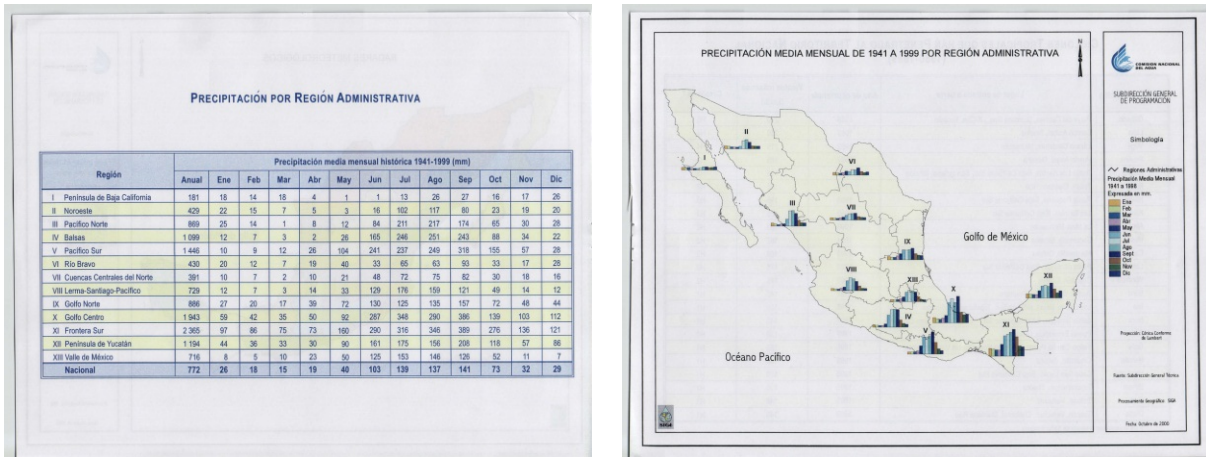


Figura 12. Ejemplo de plano y tabla que conforman el Compendio de planos del agua 2001 (Fuente: Conagua, 2001).

El documento Estadísticas del Agua en México, editado anualmente desde el año 2003 integra mapas en sus diferentes secciones, por ejemplo sobre datos demográficos, socioeconómicos y agua renovable, distribución de la precipitación normal, distritos de riego, acuíferos sobreexplotados, cobertura de servicios de agua y saneamiento a nivel nacional y mundial. Sin embargo como todo documento impreso hay restricciones de espacio y los mapas son editados a tamaño media carta, lo cual impide ver detalles (figura 13).

En el año 2008 surge la idea de integrar el acervo cartográfico en una base de datos geográfica única y elaborar un Atlas específico en el tema agua, diseñado para impresión con mapas de tamaño mayor al carta.

Tomando en cuenta que la mayoría de los atlas impresos son poco portables por el tamaño y volumen, se seleccionaron 50 mapas para imprimir en un tamaño de fácil manipulación, transporte manual y almacenaje en un librero. Se diseñó un documento impreso para mostrara el mapa temático en una página y en la opuesta los párrafos, tablas-resumen y gráficas relacionados al tema (figura 14). La audiencia a la que está dirigido el Atlas es para los estudiantes de nivel medio superior, licenciatura y el público en general con cierto conocimiento de los temas hídricos.

agricultura de temporal. En el 2009, para los principales cultivos por superficie cosechada, el maíz grano, el sorgo grano y el frijol, el rendimiento, medido en ton/ha, de la superficie de riego³, fue de 2.2 a 3.6 veces mayor que la productividad de temporal.

En el 2009, el maíz grano rindió 7.33 ton/ha en régimen de riego, y 2.06 ton/ha en régimen de temporal

³ Conagua. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de: SIAP-SAGARPA. *Producción Anual. Cierre de la producción agrícola por cultivo*. Consultado en: http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=350 (15/10/2010).

Distritos de riego (DR)

Los DR son proyectos de irrigación desarrollados por el Gobierno Federal desde 1926, año de creación de la Comisión Nacional de Irrigación, e incluyen diversas obras, tales como vasos de almacenamiento, derivaciones directas, plantas de bombeo, pozos, canales y caminos, entre otros.

Los DR existentes se muestran en el M4.2 y la T4.2. En la T4.A del DVD se presentan los datos por DR, en tanto que la G4.2 ilustra la evolución del agua utilizada en los DR para los años agrícolas 1989-90 a 2007-08.

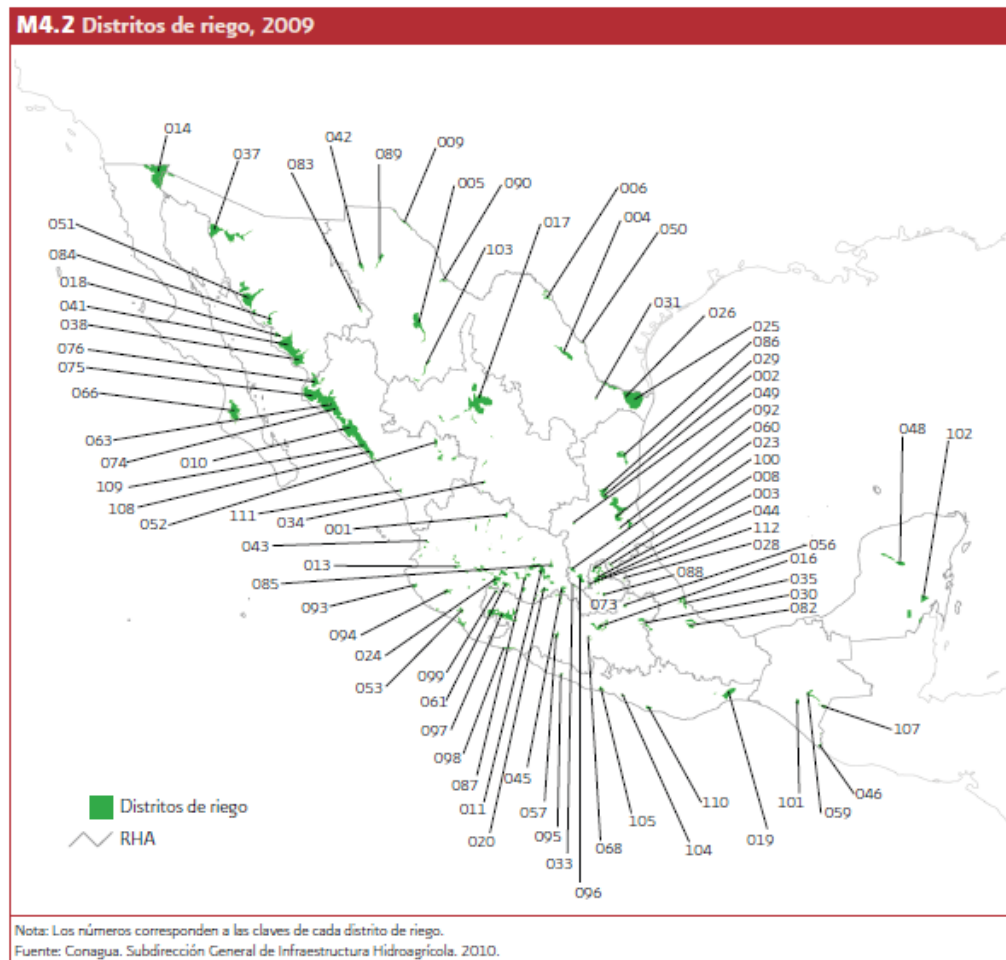


Figura. 13. Ejemplo de mapas que ilustran el documento de Estadísticas del Agua en México (Fuente: Conagua, 2011 b).

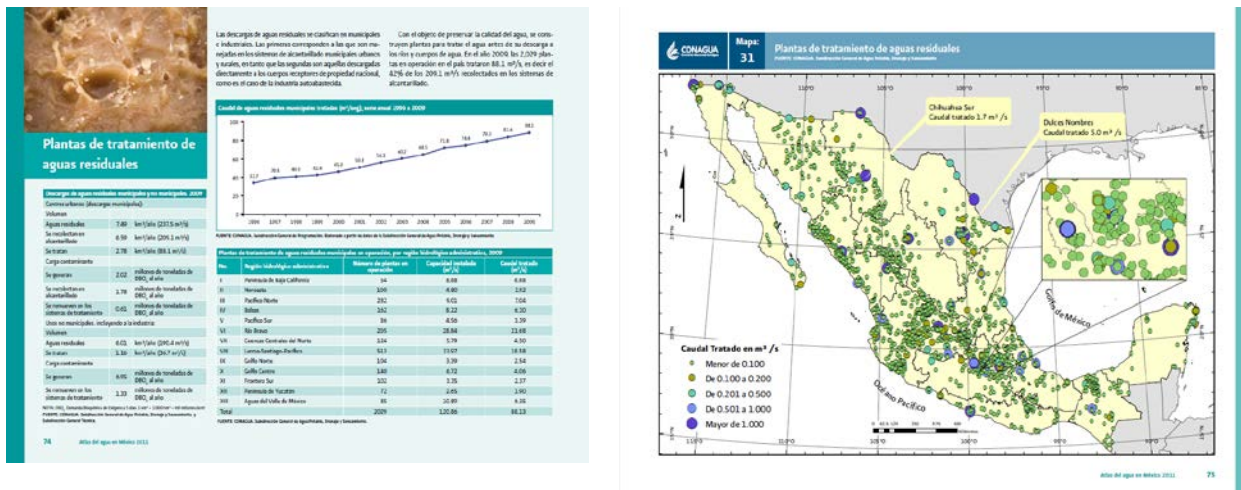


Figura 14. Ejemplo del diseño de contenido y mapas en el Atlas del Agua impreso (Fuente: Conagua, 2011 a).

Los mapas fueron seleccionados de la geobase desarrollada en Arc Gis 9.2 que en ese entonces contaba con 120 capas de información sobre demografía, zonas metropolitanas, coberturas de servicio de agua potable y saneamiento, ubicación de presas en el país, localización de ríos principales, la cobertura de uso de suelo y vegetación etc. A partir de esas capas se tenían desarrollados en la geobase 80 mapas temáticos, conocidos técnicamente como mxd.

A la fecha se cuenta con las ediciones impresas de los años 2009 y 2011, así como la versión digital de 2010 que varía en cuanto al contenido de los impresos debido a que algunos mapas no se pasaron del formato vectorial al de dibujo escalado. En el siguiente apartado se describe el contenido del atlas digital.

3.2 Contenido del Atlas del Agua en México

El Atlas del Agua consta de 5 capítulos: Contexto, Ciclo hidrológico, Usos del agua, Impacto en la sociedad y Agua en el Mundo (Conagua, 2011a; Anexo II).

En el capítulo Contexto se presenta la información demográfica, socioeconómica, índices de rezago social, marginación y desarrollo humano, y la división hidrológico-administrativa del territorio nacional, entre otros temas.

En el capítulo Ciclo Hidrológico se incluyen mapas sobre la disponibilidad de agua promedio per cápita, la distribución de la precipitación pluvial, la ubicación de los principales ríos, cuerpos de agua y acuíferos, así como información de calidad del agua y sequías.

"El proceso de desarrollo del Sistema Nacional de Información del Agua en México (SINA). Avances, limitantes y retos"

Dentro del capítulo Usos del Agua se encuentra información sobre plantas de tratamiento de aguas residuales, plantas potabilizadoras, principales presas de almacenamiento, coberturas de agua potable y alcantarillado, zonas para el cobro de derechos, grado de presión sobre el recurso y zonas de veda de aguas subterráneas.

En Impacto en la Sociedad se proporciona información sobre los mecanismos de concertación y coordinación para el uso sustentable del recurso hídrico del país –los Consejos de Cuenca y los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas-, así como temas de salud y medio ambiente.

Por último, en el capítulo Agua en el Mundo, se muestran indicadores que permiten contextualizar la información de México en materia de agua y compararla con la de otros países del mundo.

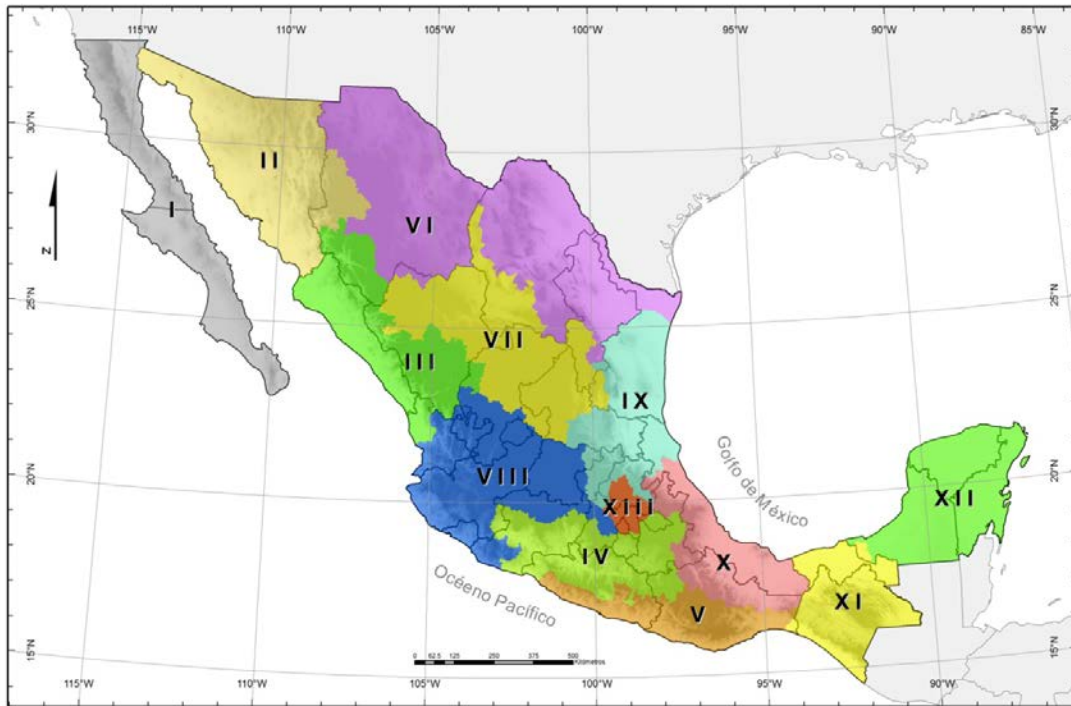
Sin duda esta información es de interés público y de tomadores de decisiones, además resulta útil para avanzar en forma más eficiente y sustentable en la gestión del agua, asunto de mayor relevancia para el bienestar y el desarrollo del país.

3.3 Metodología

Para desarrollar el Atlas, desde la geobase de trabajo del SINA se importaron capas a una nueva geobase, donde las tablas de atributos de las capas se recortaron dejando sólo las columnas necesarias para el diseño de la leyenda de cada mapa. La información representada en los mapas a escala 1:250000, tuvo como base el límite territorial del país, la división de entidades federativas y otros las trece regiones hidrológico administrativas de la Conagua (figura 15).

Muchas de las tablas resumen y gráficas fueron las mismas que contiene el documento de Estadísticas del Agua y los párrafos explicativos son en su mayoría breves, sencillos y de fácil entendimiento. Con la edición impresa de 2009 se logro el objetivo de representar los mapas en un tamaño que permite apreciar mejor la información temática. En 2010 con el propósito de presentar más detalle en la información y apoyados en las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's), se desarrolló el Atlas Digital del Agua para consulta en computadoras personales y en el portal de la Conagua (figura16).

En el Atlas digital se mantuvo la estructura del Atlas impreso, se actualizo la información disponible de 50 mapas al año 2009, variando algunos de ellos ya que por razones técnicas no fue posible su traslado a la plataforma en que se desarrollaron los mapas para consulta digital, tal es el caso del mapa de uso de suelo y vegetación.



Fuente: CONAGUA Subdirección General de Programación Elaborado a partir del Reglamento Interior de la CONAGUA y con base al acuerdo de circunscripción territorial con datos del D.O.F. del 12 de diciembre de 2007

Figura 15. Ejemplo de mapa con división de regiones hidrológico administrativas de Conagua (Fuente: Conagua, 2009).



Figura 16. Portada del disco del Atlas digital del agua, México 2010 (Fuente: Conagua, 2010a).

El Atlas se desarrolló en el software Adobe Flash, que es propio para desarrollar páginas web y animaciones, de tal modo que para su consulta no se requiere de capacitación ni uso de software especializado con licencia de uso. Al igual que para el Atlas impreso, se creó una nueva geobase y se recortaron los campos de las tablas de atributos dejando únicamente los necesarios para la leyenda y las consultas puntuales.

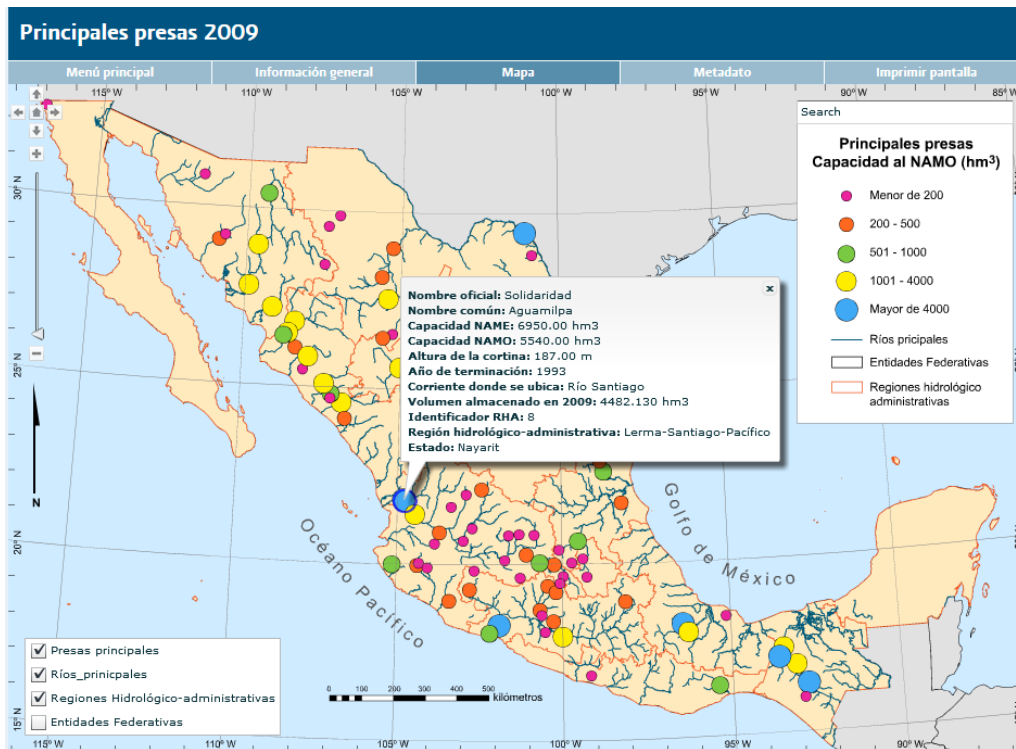


Figura 17. Ejemplo de consulta en Atlas Digital del Agua en la página Web de Conagua (Fuente: Conagua, 2010b).

Este nuevo desarrollo contiene información general del tema, en un mapa interactivo con las capas base de límite territorial del país, entidades federativas y de regiones hidrológico administrativas, que pueden ser activadas por el usuario. En la pantalla del mapa se puede hacer acercamientos o alejamientos, movimientos de la imagen (paneo) y consultas sobre los elementos clave del mapa temático. Por ejemplo, si el mapa es de presas al seleccionar aparece un mensaje emergente con la siguiente información (figura 17):

- Nombre oficial
- Nombre común
- Capacidad al nivel máximo extraordinario (NAME)
- Capacidad al nivel máximo ordinario (NAMO)
- Altura de la cortina de la presa

- Año de terminación de la presa
- Corriente de agua donde se ubica la presa
- Volumen de almacenamiento al año 2009
- Identificación de la región hidrológica administrativa
- Entidad donde se localiza la presa

En el Atlas digital hay un apartado de Metadatos para cada mapa, además cuenta con la funcionalidad para imprimir la información o el mapa.

3.4 Ejemplo de uso

Los mapas contenidos en el Atlas digital son muy didácticos y están organizados en secciones que nos llevan desde un contexto social, económico y administrativo a nivel nacional a la situación del agua en el mundo, pasando por mapas que representan las diferentes fases del ciclo hidrológico, las cuencas, los acuíferos y la calidad del agua; seguido del conjunto de mapas relacionados con los usos del agua y el impacto en la sociedad como son las coberturas de agua potable, el grado de presión sobre el recurso hídrico y eficiencia de cloración.

Por ejemplo hay mapas básicos como el de principales ríos de México (figura 18), el de acuíferos que muestra las unidades en las que se ha dividido el país para la administración del agua subterránea, diferenciando los que se encuentran en condición de sobreexplotación (figura 19). Otro mapa básico es el de cuencas hidrográficas, donde se delimitan las cuencas naturales definidas por la topografía y el cauce de los ríos (figura 20).



Figura 18. Mapa de ríos principales (Fuente: Conagua, 2010b).

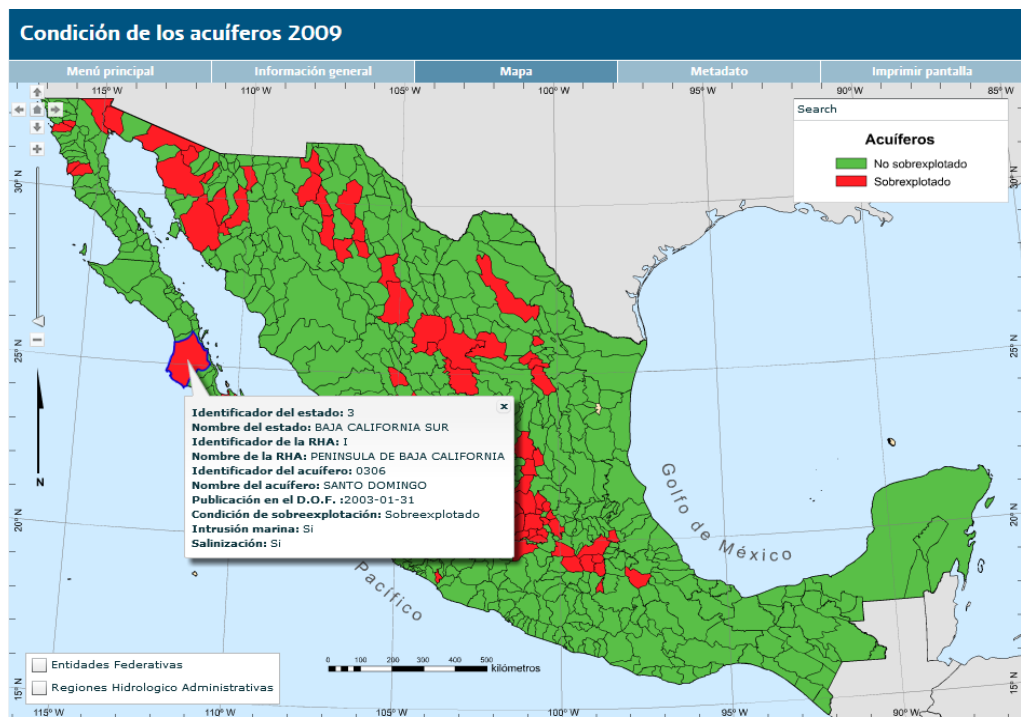


Figura 19. Mapa de acuíferos, mostrando en rojo los que tiene la condición de sobreexplotados (Fuente: Conagua, 2010b).

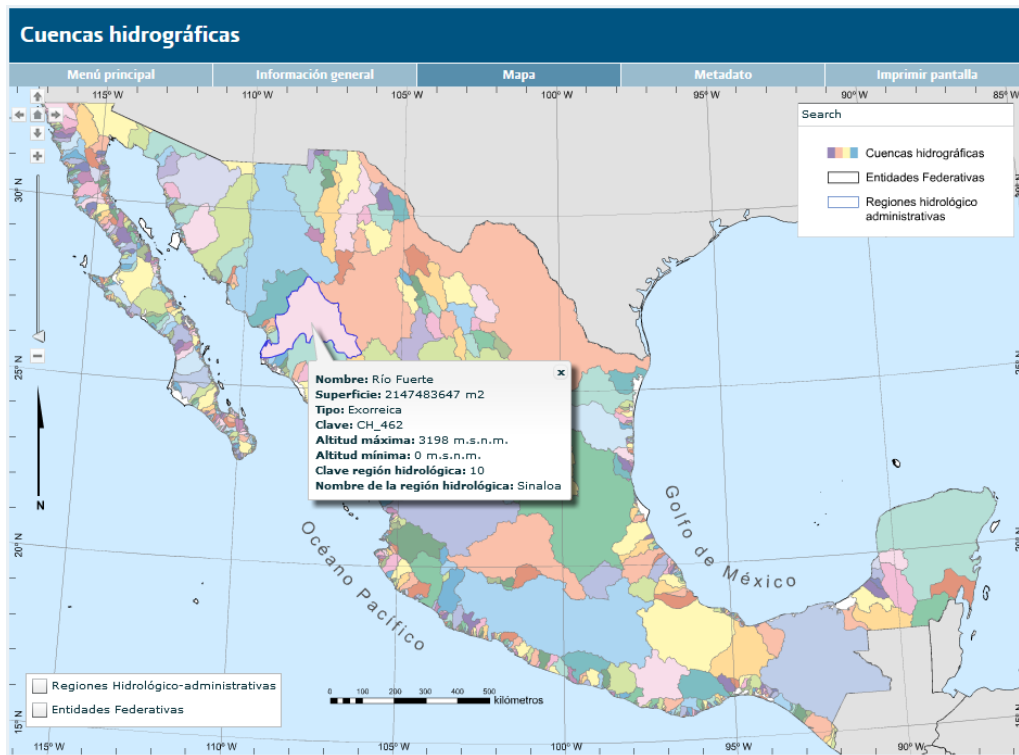


Figura 20. Mapa de cuencas hidrográficas (Fuente: Conagua, 2010b).

El mapa de distribución de la precipitación en el periodo 1971 a 2000, es un mapa muy importante para el sector y para la sociedad en general. En él se muestran los rangos de precipitación en toda la república, al dar un clic con el cursor en cualquier punto se despliega la precipitación media de ese periodo en el punto seleccionado. A primera vista se nota que la Península de Baja California es la región más seca del país, seguida de la zona central del norte. El punto extremo, es en la sureste del país, en el estado de Chiapas, donde se registra la mayor precipitación (figura 21).

El mapa de distritos de riego, indica la localización de los distritos y se observa que muchos de ellos se encuentran en las zonas donde menor precipitación media ha sido reportada en un periodo de 30 años (1971-2000) (figura 22).

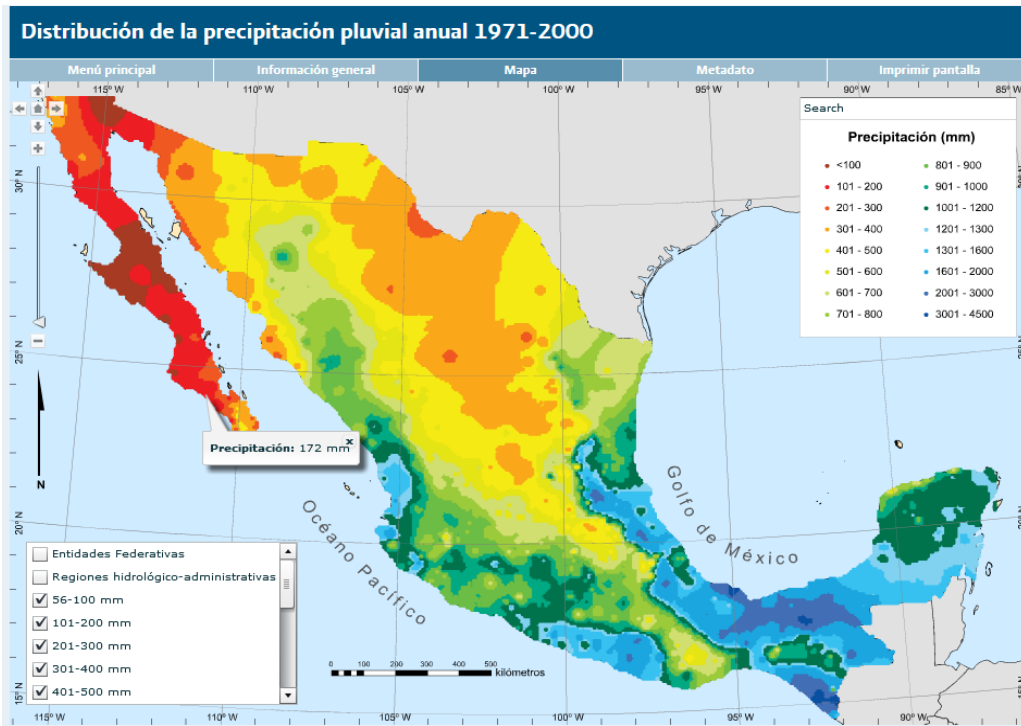


Figura 21. Distribución de la precipitación pluvial normal de 1971 a 2000 (Fuente: Conagua, 2010b).



Figura 22. Mapa que muestra localización de distritos de riego (Fuente: Conagua, 2010b).

Si hablamos de mapas contextualizados, un buen ejemplo es el de disponibilidad media per cápita, entendiendo la disponibilidad como la cantidad de agua máxima que es factible explotar anualmente en una región, es decir, la cantidad de agua que es renovada por la lluvia y por el agua proveniente de otras regiones o países, la cantidad de agua renovable anual dividida por el número de habitantes en la región o país da como resultado el agua renovable per cápita. El mapa de la figura 23, muestra las regiones de menor disponibilidad de agua per cápita, como es el caso del Valle de México, la región del Río Bravo y la de Lerma-Santiago-Pacífico que coinciden con las zonas donde se localizan la zona metropolitana del Distrito Federal, de Monterrey y de Guadalajara respectivamente y donde se genera el mayor Producto Interno Bruto (PIB) (figura 24).

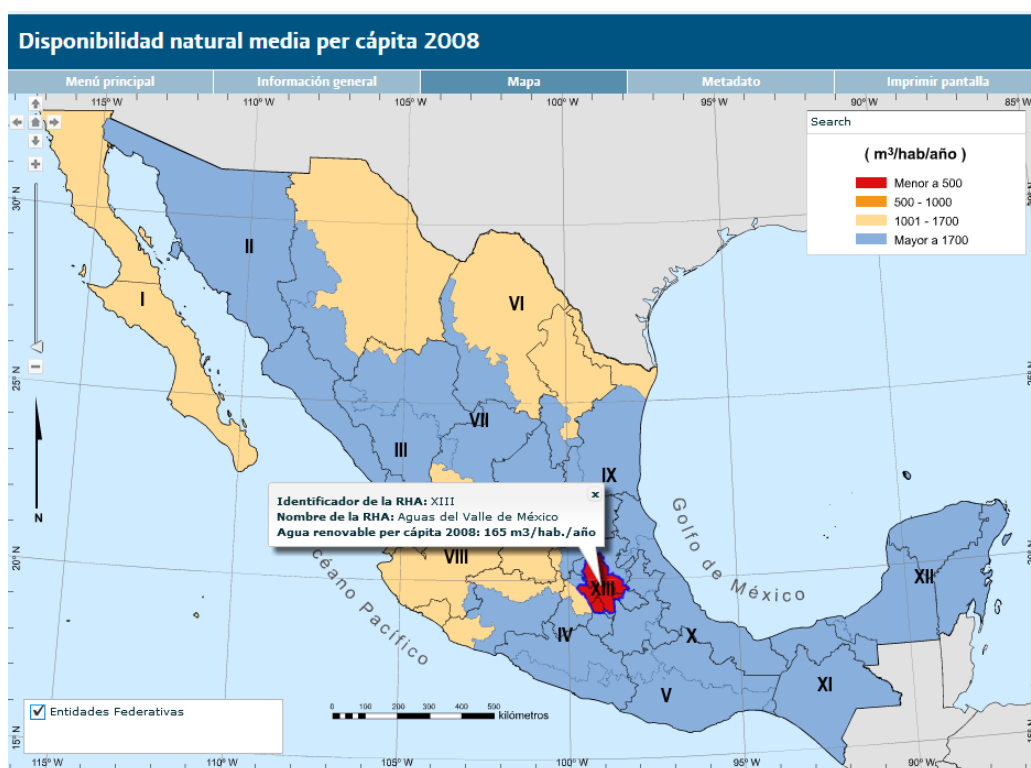


Figura 23. Mapa que muestra el volumen promedio de agua disponible por persona para el año 2008 (Fuente: Conagua, 2010b).

Es importante informar a la sociedad de las condiciones de contaminación con base en los tres indicadores básicos como son la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y los Sólidos Suspendidos Totales. Los dos primeros indicadores son útiles para determinar la cantidad de materia orgánica presente en los cuerpos de agua. El incremento en la concentración de estos indicadores incide en la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua, con las consecuentes afectaciones al ecosistema acuático (Conagua, 2011b).



Figura 24. Mapa de contraste regional entre el desarrollo económico y la disponibilidad de agua (Fuente: Conagua, 2010b).

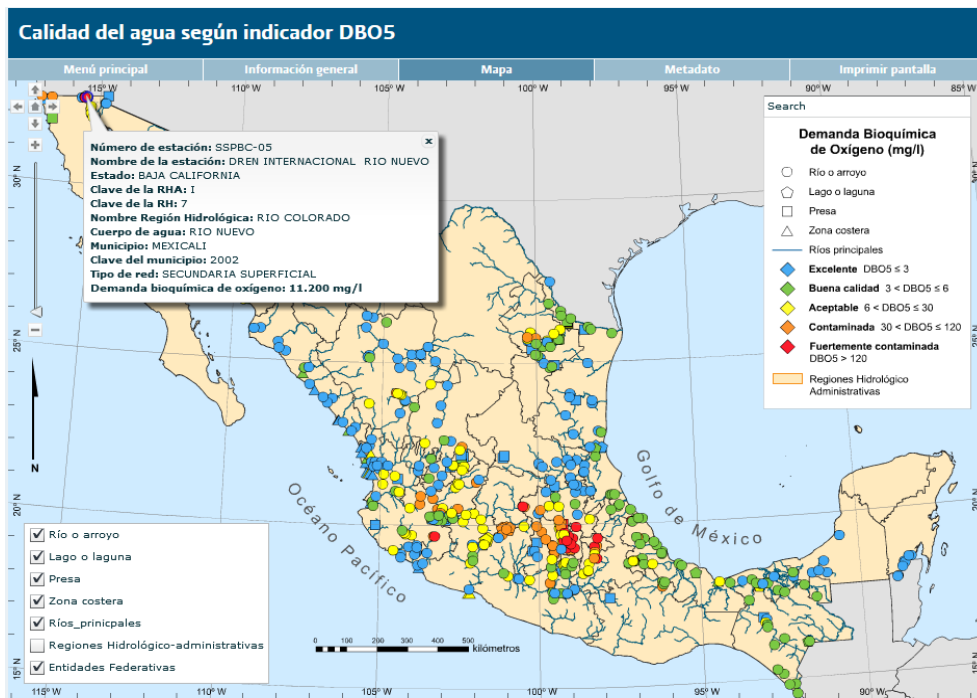


Figura 25. Mapa sobre calidad del agua con el indicador de Demanda Bioquímica de Oxígeno (Fuente: Conagua, 2010b)

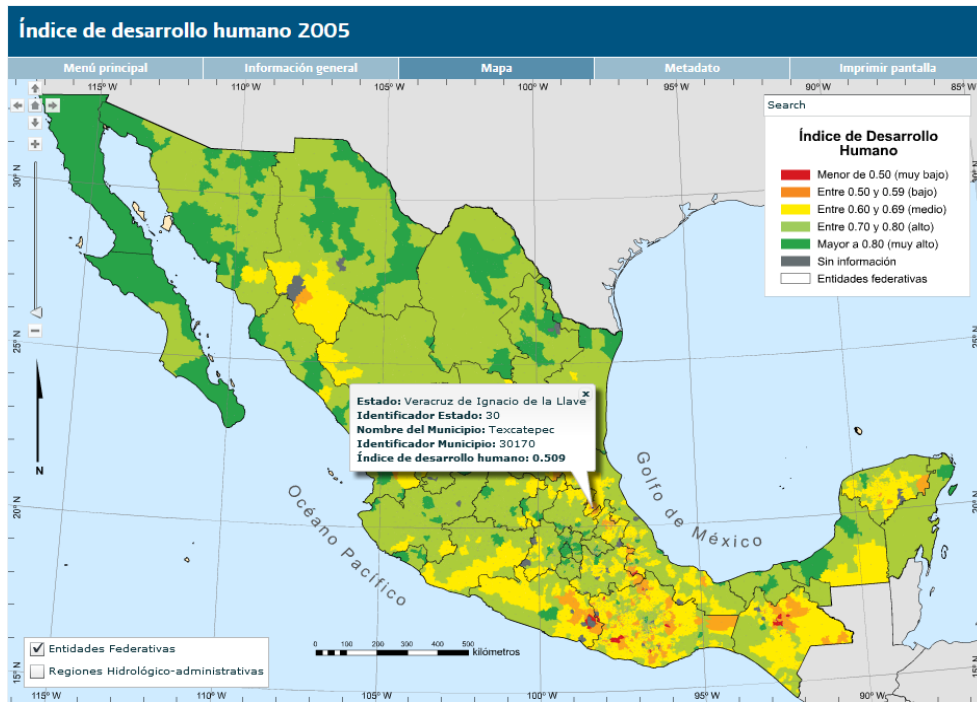


Figura 26. Mapa de índice de desarrollo humano por municipio (Fuente: Conagua, 2010b).

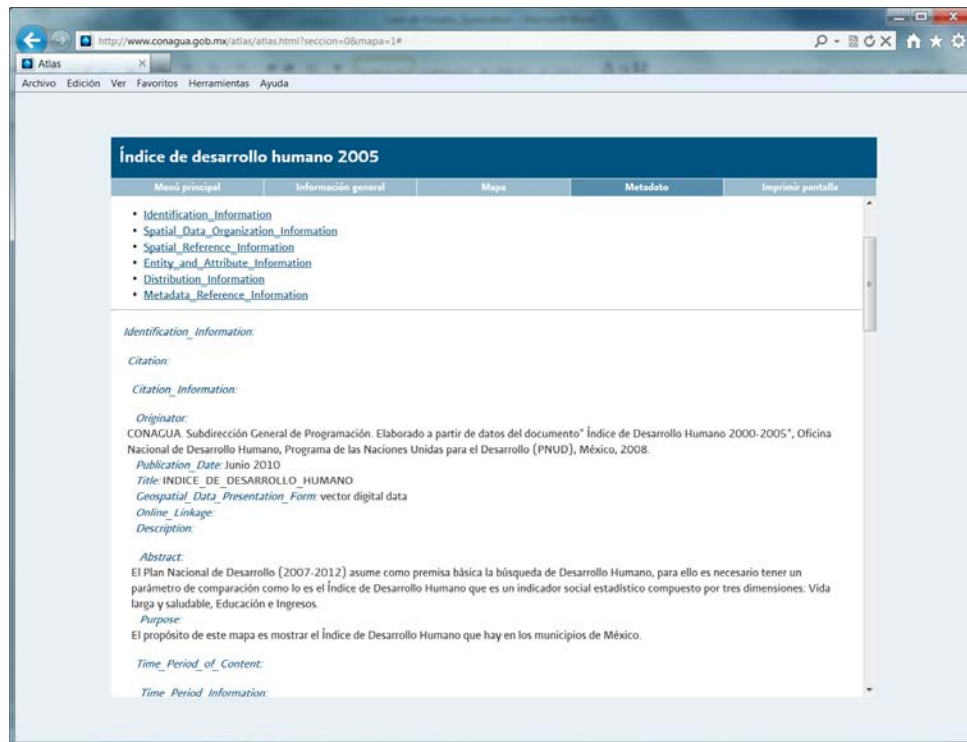


Figura 27. Ejemplo de metadato de mapa de índice de desarrollo humano (Fuente: Conagua, 2010b).



Figura 28. Mapa de cobertura de servicio de agua potable por municipio (Fuente: Conagua, 2010b).

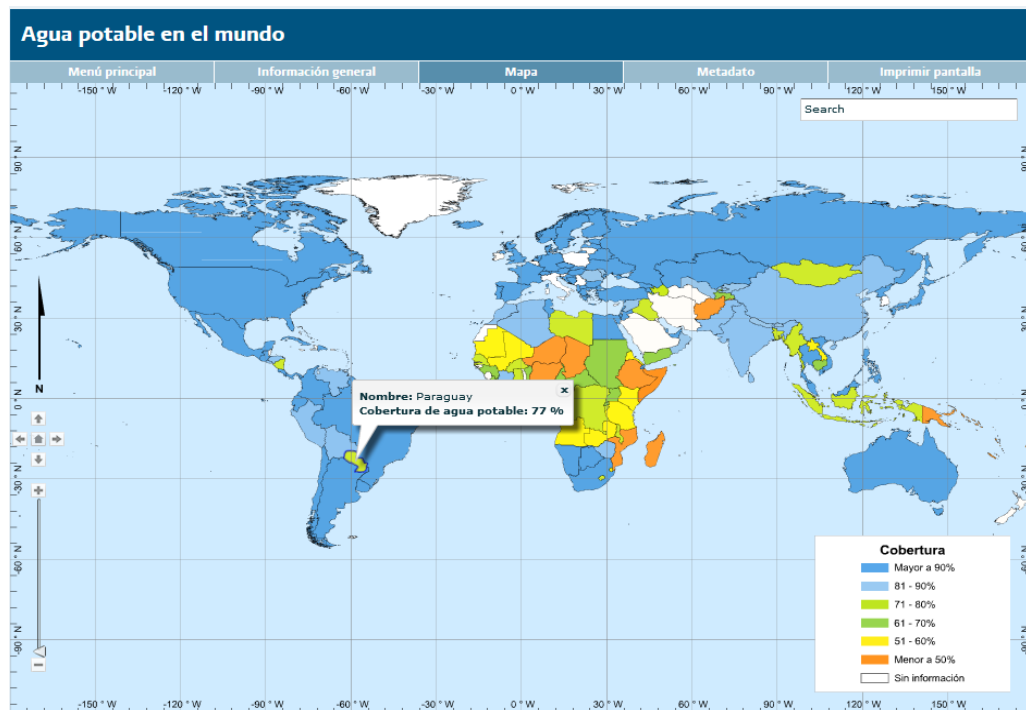


Figura 29. Cobertura de servicio de agua potable en el mundo (Fuente: Conagua, 2010b).

Los mapas de calidad del agua muestran los sitios de monitoreo en ríos, arroyos, lagos o presas y se clasifican de excelente a fuertemente contaminados. Dando un click a cualquier punto representado en el mapa, se despliega en un mensaje emergente con datos sobre la ubicación del punto elegido, como el municipio donde se encuentra, si es en una presa o en el río, además del valor de concentración del indicador al que se refiere el mapa (figura 25).

El mapa de Índice de Desarrollo Humano (figura 26) muestra el valor del índice de cada municipio, información que se puede fácilmente relacionar por ejemplo con la cobertura de servicios de agua potable y saneamiento. En su metadato se puede encontrar la definición del índice (figura 27).

El Atlas presenta la cobertura de servicios de agua potable y saneamiento a nivel municipal, el mensaje emergente muestra los datos del municipio con el porcentaje de ocupantes en viviendas habitadas que cuentan con servicio de agua potable (figura 28). La cobertura de servicio de agua potable es uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM), por tanto es importante contextualizar a nuestro país con el resto del mundo, con base en ello tenemos el mapa de cobertura de agua potable en el mundo (figura 29) con información obtenida de fuentes oficiales internacionales como la UNICEF-OMS. A primera vista se nota que en África es donde se encuentran los países con más rezago en este tema y que en América los países de Centro América y algunos de Sudamérica tienen menos del 90% de cobertura de servicio.

3.5 Áreas de oportunidad

Con la muestra de los mapas del Atlas Digital y los contenidos en el Anexo queda demostrada la utilidad de la información que contiene y como desde mapas básicos podemos llegar hasta un contexto de nuestro país en el mundo.

El Atlas Digital del Agua logró el propósito de presentar la información geográfica sobre el agua, con mayor detalle y de manera interactiva muy sencilla en formato digital, ya que para su consulta no es necesaria ninguna capacitación ni software con licencia de uso; además es de libre acceso para todo público. Se pueden hacer acercamientos razonables a la escala para obtener mayor detalle, contiene metadatos básicos de fácil navegación y entendimiento, también se puede imprimir cualquier mapa elaborado, las gráficas y el texto.

La información contenida en el Atlas Digital puede tener diferentes usos dependiendo de los objetivos de cada usuario, asimismo su consulta es fácil a través de Internet o si se cuenta con el disco portable puede hacer la consulta sin necesidad de conexión a Internet.

Sin embargo, hay que reconocer que para mejorar el Atlas se tienen que superar varios retos, por ejemplo la posibilidad de consultas históricas y la actualización se dificulta por la labor técnica especializada para transformar los datos vectoriales de Arc Gis a dibujos escalados también hay

mapas tan complejos como el de vegetación que no es posible representar de manera que no sea por vectores.

La producción anual del Atlas Digital es muy costosa debido a la problemática en la actualización y mantenimiento. Otro punto importante, que no exclusivo del Atlas, son los cambios en prioridades estratégicas del país, que se presentan con los cambios de administración.

Con la intención de superar estos retos y haciendo uso de las Tecnologías de Información y Comunicación, esta en marcha el desarrollo del Sistema Informático del SINA que consta de un Data Warehouse robusta, una base de datos geográfica (geobase), un proceso ágil de actualización de información y el soporte de las herramientas de Inteligencia de Negocios.

Con este desarrollo se pretende facilitar la consulta de información a los tomadores de decisiones, académicos, estudiantes y público en general. También permitirá el almacenamiento y la consulta de datos históricos, lo cual es muy importante dado que se va creando una memoria institucional sistematizada, lo cual no existe actualmente en la Conagua.

Con el Sistema Informático que se está desarrollando, se proporcionará la plataforma para que cada área generadora de datos e información, los incorpore directamente al sistema. Sin embargo para que este proceso tenga éxito es necesario contar con el apoyo de los niveles directivos de las áreas productoras de datos de la Conagua y facultar a los actores de nivel operativo con los conocimientos y habilidades sobre la plataforma de captura, validación y consulta que ofrece el Sistema Nacional de Información del Agua.

CONCLUSIONES

Los problemas ambientales se han hecho evidentes desde hace más de un siglo y los esfuerzos por solucionarlos han sido insuficientes. Si bien muchos de estos problemas ya son analizados como sistemas complejos en el marco de un enfoque moderno e interdisciplinario, aún falta mucho camino por recorrer para lograr que en el sector hídrico se conjugue plenamente el concepto de sustentabilidad con las demandas, sociales, económicas y políticas.

La Comisión Nacional del Agua se ha interesado por integrar y organizar la información del sector para hacerla útil a la toma de decisiones, también se ha ocupado de difundir la información relevante a diferentes audiencias. Este interés se manifestó plenamente en la Ley de Aguas Nacionales con la creación del Sistema Nacional de Información del Agua.

Sí bien la integración de datos e información no es propiamente el objetivo del Sistema Nacional de Información del Agua, es un proceso elemental para cumplir con el propósito de ser un instrumento básico de la política hídrica nacional, que sirve de sustento a la planificación y programación nacional del sector y de apoyo a la gestión integrada de los recursos hídricos.

El Sistema Nacional de Información del Agua enfrenta retos para garantizar la calidad y continuidad de la información necesaria para los procesos de planeación, evaluación de la política hídrica del país y acciones implementadas por los diversos actores que participan en la gestión integrada del agua. Para salvar estos retos la Comisión Nacional del Agua debe:

- Fortalecer la calidad y confiabilidad de los datos primarios obtenidos de los sistemas institucionales y de los diversos informantes.
- Sensibilizar a los actores internos de niveles directivos, sobre la importancia de contar con la información del área que dirigen, para la planeación y toma de decisiones.
- Ampliar la participación del sector académico, bajo la consideración que su colaboración es importante para mejorar el sistema y aportar datos sobre todo de tipo regional y local.
- Apoyar la sistematización de la información y la creación de una *Política Institucional de Información* que marque las reglas sobre el acceso, uso, intercambio y diseminación de información a nivel tanto institucional como interinstitucional.

El Sistema Nacional de Información del Agua debe:

1. Mejorar la accesibilidad de la información en la escala y lenguaje apropiado acorde a la audiencia a la que se dirija, dígase tomadores de decisiones de ámbito nacional, regional o local, el sector académico o el público en general.
2. Además de promover la difusión de información con una interpretación, es importante facilitar la consulta de información de tipo social, económico y ambiental relacionada con

el sector hídrico; propiciando el análisis bajo un enfoque interdisciplinario, apoyando así una toma de decisiones efectiva.

En cuanto a la Política Institucional de la Información esta deberá crear capacidades para que los actores involucrados e interesados en la información hídrica, adquieran habilidades y conocimientos en el manejo de herramientas técnicas, informáticas y normativas para la gestión eficiente de los datos.

Así mismo deberá reforzar al Sistema Nacional de Información del Agua, permitiendo su evolución conforme a las necesidades de planeación a mediano y largo plazo, trascendiendo a los cambios de administración y garantizando así la continuidad del Sistema tanto a nivel nacional como regional.

BIBLIOGRAFÍA

- ANA. 2009. *Cojuntura does recursos hídricos no Brasil*. Agencia Nacional de Aguas. Brasilia D.F., Brasil.
- AREITIO, G. y A. AREITIO. 2009. *Información, informática e internet: del ordenador personal a la empresa 2.0*. Ed. Visión Libros. España.
- CALVA, JL y F. AGUAYO. (Coordinadores) 2007. *Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental*. Ed. Miguel Angel Porrúa. México D. F.
- CALVENTE, A.M. 2007. *El Concepto moderno de sustentabilidad*. Universidad Abierta Interamericana. Argentina. Disponible en: <http://www.sustentabilidad.uai.edu.ar/socioecologia.html>. [Rev. 28 de abril 2012].
- CARSON, R. 1962. *Primavera Silenciosa*. 1ª edición. Ed. Crítica S.L. España.
- CLARK, R. and J. KING. 2004. *The Water Atlas*. The New Press. UK.
- CONAGUA. 2001. *Compendio de Planos del Agua*. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT México D.F.
- CONAGUA. 2007a. *Análisis de la Información del Agua de los Censos y Conteros 1990 a 2005*. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México D.F.
- CONAGUA. 2007b. *Plan Maestro del Sistema Nacional de Información sobre Cantidad, Calidad, Uso y Conservación del Agua (SINA)*. Documento interno de Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México D.F.
- CONAGUA. 2008. *Cubos portátiles de información. 2008* [disco compacto]. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México D.F.
- CONAGUA. 2009. *Atlas del Agua en México 2009*. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México D.F.
- CONAGUA. 2010a. *Atlas digital del agua, México 2010* [disco compacto]. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México D.F.
- CONAGUA. 2010b. *Atlas Digital del Agua en México 2010*. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México. D.F. Disponible en: <http://www.conagua.gob.mx/atlas>. [Rev 6 de junio 2012].
- CONAGUA. 2011a. *Atlas del Agua en México 2011*. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México D.F.

- CONAGUA. 2011b. *Estadísticas del Agua en México, edición 2011*. Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México D.F.
- FAO. 2009. *Taller de expertos sobre métodos de evaluación de recursos hídricos y usos del agua en América Latina*. Memorias del taller. F.A.O. Santiago de Chile.
- GARCÍA, R. 2006. *Sistemas complejos. Conceptos, método y fundamentación epistemológica de la investigación interdisciplinaria*. Gedisa S.A. Barcelona. España.
- GODÍNEZ, J.A.E. 2004. *Desarrollo económico y deterioro ambiental: una visión de conjunto y aproximaciones al caso mexicano*. Gestión y Estrategia, Edición internet. Departamento de Administración. Universidad Autónoma Metropolitana Azcapotzalco. México.
Disponible
en: <http://www.azc.uam.mx/publicaciones/gestion/num7/art6.htm#NdirecageA>. [Rev 6 de junio 2012].
- HANER, P. 2006. *Primeros elementos para la elaboración de un plan maestro de desarrollo*. Documento interno de la Subdirección General de Programación, Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México.
- HAMMOND, A., A.ADRIAANSE, E., RODENBURG, D., BRYENT and R. WOODWARD. 1995. *Environmental indicators: a systemic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development*. World Resources Institute. Washington D.C. USA.
- HILTY, L., E.K. SEIFFERT and R. TREIBERT. 2005. *Information Systems for Sustainable Development*. Idea Group Publishing. Hershey, USA.
- HUMPHRIES, M.; M.W.HAWKINS y M.C.DY. 1999. *Data warehousing. Architecture and Implementation*. Ed. Prentice Hall PTR. New Jersey. USA.
- INFOAXON, 2010. *Fusion KM. UK*. Disponible
en: <http://www.infoaxon.com/solutions/business-intelligence/data-integration-warehouse-solutions/> [Rev. 1 de mayo de 2012].
- IMTA. 2011. *Diseño conceptual del Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, uso y conservación del agua*. Informe de actividad 4.5 de Convenio de colaboración específico Núm. CNA-SGP-IMTA-002-2012. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, SEMARNAT. México, D.F.
- KIMBALL, R. and J.CASERTA. 2004. *Data Warehouse ETL Toolkit. Practical techniques for extracting, cleaning, conforming and delivering data*. 2ª ed. John Wiley & Sons. USA.

- *Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento*. 2004. Comisión Nacional del Agua, SEMATNAT. México.
- *Ley Federal de Transparencia y Acceso a la Información Pública Gubernamental*. 2002. Diario Oficial de la Federación del 11 de junio 2002. Última reforma publicada DOF 09-04-2012. México. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/244.pdf>. [Rev. 29 de abril 2012].
- *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. 1988.[en línea]. Diario Oficial de la Federación, del 28 de enero 1988. Última reforma publicada DOF 30-08-2011. México. Disponible en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf>. [Rev. 29 de abril 2012].
- *Ley del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica*. 2008. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.
- MAIDENT, D. 2002. *Arc Hydro, GIS for Water Resources*. Esri Press. California. USA.
- MALINOWSKI, E. and E. ZIMÁNYI. 2009. *Advanced data warehouse design: from conventional to spatial and temporal applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. Germany.
- MARTÍNEZ-LAGUNES, R. 2009a. *Sistema Nacional de Información del Agua (SINA)*. Reunión Nacional de Planeación de la Subdirección General de Programación en la Comisión Nacional del Agua, SEMARNAT. México D.F.
- MARTÍNEZ-LAGUNES, R. 2009b. *Información para la gestión y gobernabilidad*. Seminario Internacional sobre Información y Conocimiento del Agua: prioridad mundial. UNESCO-IMTA. México, D.F. Disponible en: <http://www.atl.org.mx/seminario/images/ponencias>. [Rev 6 de mayo 2012].
- MENDEZ DEL RÍO, L. 2006. *Más allá del business intelligence*. Gestiones 2000. Barcelona. España.
- MONGE, C.2004. *La naturaleza del agua como recurso. Perspectiva social, económica e institucional de una gestión integral*. Memorias del Congreso Ibérico sobre Gestión y Planificación del Agua. Tostosa. España. Disponible en: http://www.congreso.us.es/ciberico/archivo_acrobat/zaracomun5segura.pdf. [Rev. 1 de mayo de 2012].
- PEÑA, J.L. 2008. *Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio*. Club Universitario. Alicante. España.

- PLAUCHU, E. 2011. *Cubo OLAP*. España. Disponible en: <http://gulsin.org/2011/04/08/cubos-olap/>. [Rev. 1 de mayo de 2012].
- PNUMA. 1972. *Declaratoria de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano*. P.N.U.M.A. Suecia. Disponible en: <http://www.pnuma.org/docamb/mh1972.php>. [Rev. 29 de abril 2012].
- SCHODERBEK CH. G., P.P. SCHODERBEK and A.G. KEFALAS. 1984. *Management systems conceptual considerations*. Ateneo. Buenos Aires. Argentina.
- SEMARNAT. 2011. *El ambiente en números. Selección de estadísticas ambientales para consulta rápida*. SEMARNAT. México D.F.
- TRUJILLO J.C., J.N.MAZÓN y J. PARDILLO. 2011. *Diseño y explotación de almacenes de datos. Conceptos básicos de modelado multidimensional*. Club Universitario. España.
- UNESCO-WWAP y UNSD. 2012. *Marco para el monitoreo de las políticas hídricas. Sistema de cuentas ambientales y económicas del agua (SCAE-Agua) y recomendaciones internacionales para las estadísticas del agua (RIEA)*. Chile. Disponible en: <http://www.eclac.cl/cgi-bin/getProd.asp?xml=/deype/publicaciones/externas/6/45616/P45616.xml&xsl=/deype/tpl/p54f.xsl&base=/deype/tpl/top-bottom.xsl>. [Rev. 19 de abril 2012]
- VON BERTLANFFY, L. 2006. *Teoría general de los Sistemas: fundamentos, desarrollo y aplicaciones*. 2ª ed. Fondo de Cultura Económica. México.
- WWAP. 2003. *Agua para todos. Agua para la Vida. Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo*. E.U.A Disponible en: http://webworld.unesco.org/water/wwap/wwdr/wwdr1/table_contents/index_es.shtml. [Rev. 19 de abril 2012].

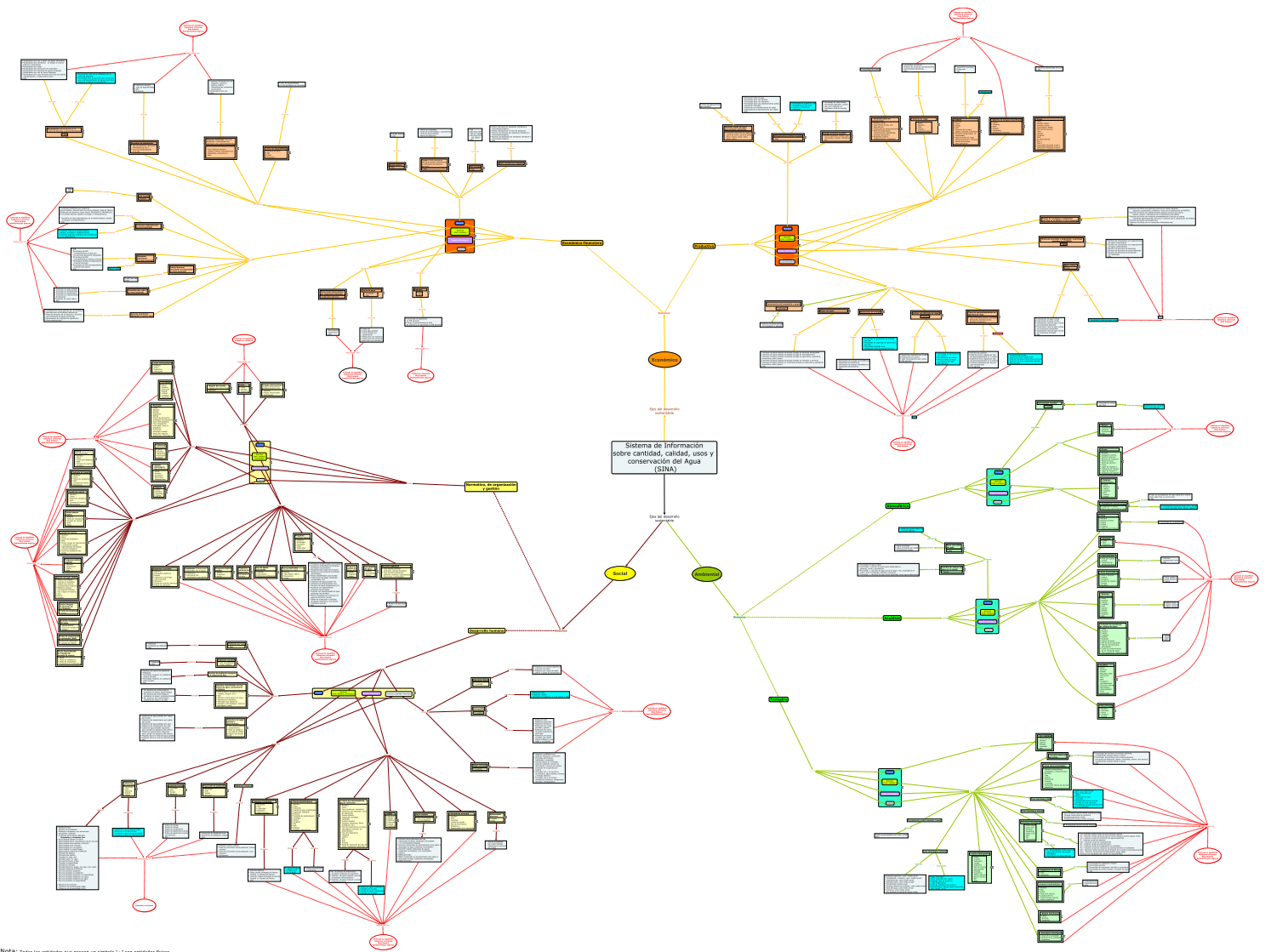
FUENTES ELECTRÓNICAS

- <http://antares.inegi.org.mx> [rev. 15 de mayo de 2012]
- <http://cuencas.ine.gob.mx> [rev. 15 de mayo 2012]
- <http://www.conagua.gob.mx> [rev. 25 de mayo de 2012].
- <http://www.imta.gob.mx> [rev.15 de mayo de 2012].
- <http://www.ine.gob.mx> [rev.15 de mayo de 2012]

- <http://www.itu.int>. Declaratoria de Principios de la Sociedad de la Información Génova 2003 [rev. 14 de abril de 2012].
- <http://gaia.inegi.org.mx> [rev. 15 de mayo de 2012].
- <http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental> [rev. 15 de mayo de 2012].
- <http://smn.cna.gob.mx> [rev.15 de mayo de 2012].

ANEXO I

Diseño conceptual del Sistema Nacional de Información del Agua



Nota: Todas las entidades que poseen un símbolo "*" son entidades físicas

ANEXO II

Despliegue de información del Atlas Digital del Agua 2010

CONTEXTO

Contexto geográfico
Población
Población 2030
Índice de rezago social municipal
Índice de marginación
Índice de desarrollo humano
Regiones hidrológico-administrativas 2007
Regiones hidrológico-administrativas 2010
Contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad del agua



CICLO HIDROLÓGICO

USOS DEL AGUA



IMPACTO EN LA SOCIEDAD

AGUA EN EL MUNDO



Contexto geográfico

Menú principal

Información general

Mapa

Metadato

Imprimir pantalla



56%



Contexto geográfico

México se encuentra ubicado entre los meridianos 118°22' y 86°42' de longitud oeste y entre las latitudes 14°32' y 32°43' norte. La superficie de México comprende una extensión territorial de 1 959 248 km²

Ubicación y extensión territorial de México

Extensión territorial	1 964 375 km ²	Frnteras	Estados Unidos de América	3 152 km	Coordenadas geográficas extremas:
Área total:	1 959 248 km ²		Guatemala	956 km	Norte: 32° 43' 06" latitud norte, marcado en el Monumento 206, en la frontera con los Estados Unidos de América.
Área insular:	5 127 km ²		Belice	193 km	Sur: 14° 32' 27" latitud norte. Desembocadura del río Suchiate, frontera con Guatemala.
Zona económica exclusiva de mar territorial:	3 149 920 km ²	Longitud de la línea de costa:	Océano Pacífico	7 828 km	Este: 86° 42' 36" longitud oeste. Extremo sureste de la Isla Mujeres en el Caribe mexicano.
Superficie total:	5 114 295 km ²		Golfo de México y mar Caribe	3 294 km	Oeste: 118° 22' 00" longitud oeste. Punta Roca Elvante de la Isla de Guadalupe, en el Océano Pacífico.

FUENTE: INEGI. Anuario de Estadísticas por Entidad Federativa, Edición 2007. México, 2007.

Por las características del relieve de México, en el país existe una gran variedad de climas. Dos terceras partes del territorio nacional se consideran áridas o semiáridas, mientras que el sureste es húmedo, con precipitaciones promedio que rebasan los 2 000 milímetros por año en algunas zonas.

El 63% de la población del país habita en cotas superiores a los 1 000 metros sobre el nivel del mar.

México está integrado por 31 estados y un Distrito Federal (D. F.), constituidos por 2 439 municipios y 16 delegaciones del D. F., respectivamente.

Entidad Federativa	Población proyección a 2008* (habitantes)	Superficie continental (km ²)	Densidad de población 2008 (hab./km ²)	Municipios y/o Delegaciones	Entidad Federativa	Población proyección a 2008* (habitantes)	Superficie continental (km ²)	Densidad de población 2008 (hab./km ²)	Municipios y/o Delegaciones
1 Aguascalientes	1 133 117	5 618	202	11	17 Morelos	1 668 304	4 882	342	33
2 Baja California	3 122 570	71 463	44	5	18 Nayarit	968 268	27 815	35	20
3 Baja California Sur	558 463	73 922	8	5	19 Nuevo León	4 420 582	64 225	69	51
4 Campeche	791 358	51 352	15	11	20 Oaxaca	3 551 544	93 524	38	570
5 Coahuila de Zaragoza	2 615 413	151 623	17	38	21 Puebla	5 623 566	34 283	164	217
6 Colima	597 074	5 625	106	10	22 Querétaro de Arteaga	1 705 299	11 707	146	18
7 Chiapas	4 483 595	73 178	61	118	23 Quintana Roo	1 290 575	38 784	33	8
8 Chihuahua	3 375 776	247 478	14	67	24 San Luis Potosí	2 479 314	61 112	41	58
9 Distrito Federal	8 838 981	1 496	5 908	16	25 Sinaloa	2 650 391	57 377	46	18
10 Durango	1 547 516	123 287	13	39	26 Sonora	2 499 085	179 484	14	72
11 Guanajuato	5 032 798	30 609	164	46	27 Tabasco	2 045 247	24 763	83	17
12 Guerrero	3 143 093	63 652	49	81	28 Tamaulipas	3 173 982	80 243	40	43
13 Hidalgo	2 415 384	20 824	116	84	29 Tlaxcala	1 127 332	4 006	281	60
14 Jalisco	6 988 697	78 598	89	125	30 Veracruz de Ignacio de la Llave	7 269 905	71 846	101	212
15 México	14 737 822	22 357	659	125	31 Yucatán	1 910 023	37 409	51	106
16 Michoacán de Ocampo	3 970 987	58 614	68	113	32 Zacatecas	1 380 576	75 313	18	58
					TOTAL	107 116 608	1 946 469¹	55	2 455

NOTA a Calculado con base en las proyecciones de CONAPO 2005-2030. Población al mes de diciembre.

¹ La suma no coincide con la superficie total de 1 959 248 km² debido a que conforme al Marco Geoestadístico Municipal Versión 3.1.1. 2008, existen todavía en el país siete zonas pendientes de asignar con una superficie de 12 798 km².

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de datos de INEGI. Censos Generales y Conteos.



El mapa muestra los 2456 municipios con la población del censo del 2005 y la proyectada para 2010

Índice de desarrollo humano 2005

Menú principal

Información general

Mapa

Metadato

Imprimir pantalla

macromedia
FLASHPAPER

72%



Índice de desarrollo humano

El Plan Nacional de Desarrollo 2007- 2012 asume como premisa básica la búsqueda del Desarrollo Humano Sustentable, esto es, el proceso permanente de ampliación de capacidades y libertades que permita a todos los mexicanos tener una vida digna sin comprometer el patrimonio de las generaciones futuras.

El Índice de Desarrollo Humano (IDH) se compone de tres dimensiones: salud, educación e ingreso, cada dimensión es medida a partir de variables establecidas por Naciones Unidas. Calcular el IDH a nivel municipal requiere algunas adaptaciones a las variables que originalmente lo conforman, esto se debe principalmente a dificultades en la disponibilidad de información a nivel municipal.

La tabla siguiente muestra las variables que originalmente se utilizan en la construcción del índice y las variables que se utilizan cuando el cálculo se realiza a nivel municipal.

Dimensión	Indicador establecido por Naciones Unidas	Indicador utilizado a nivel municipal
Salud	Esperanza de vida al nacer	Probabilidad de sobrevivir el primer año de edad
Educación	Tasa de matriculación escolar Tasa de asistencia escolar	Tasa de alfabetización Tasa de alfabetización
Ingreso	PIB per cápita en dólares PPC	Ingreso promedio per cápita anual en dólares ppc

El PNUD clasifica los países en tres grandes grupos:

País con desarrollo humano alto ($IDH \geq 0,8$).

País con desarrollo humano medio ($0,5 \leq IDH < 0,8$).

País con desarrollo humano bajo ($IDH < 0,5$).



Índice de desarrollo humano 2005



Mapa con índice de desarrollo humano a nivel de municipio.

Contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad del agua 2008

Menú principal

Información general

Mapa

Metadato

Imprimir pantalla

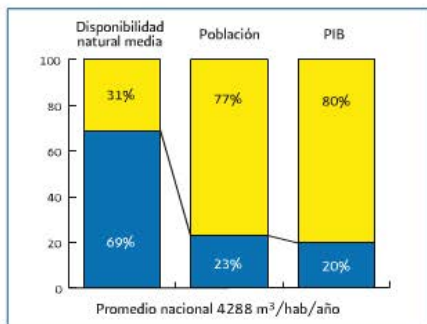
macromedia
FLASHPAPER

61%



Contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad del agua, 2008

El país se puede dividir en dos grandes zonas: la zona norte, centro y noroeste, donde se concentra el 77% de la población, se genera el 80% del PIB, pero únicamente ocurre el 31% del agua renovable; y la zona sur y sureste, donde habita el 23% de la población, se genera el 20% del PIB y ocurre el 69% del agua renovable. La siguiente figura ilustra la disparidad entre esas dos zonas en cuanto a su disponibilidad y su actividad económica.



Contraste regional entre el desarrollo y la disponibilidad del agua 2008



Mapa sobre el PIB y la disponibilidad de agua por región.

CONTEXTO



USOS DEL AGUA



IMPACTO EN LA SOCIEDAD

AGUA EN EL MUNDO



CICLO HIDROLÓGICO

- Regiones hidrológicas
- Estaciones climatológicas
- Estaciones hidrométricas
- Disponibilidad natural media per cápita
- Disponibilidad natural media per cápita en el año 2030
- Distribución de la precipitación pluvial
- Huracanes
- Condiciones de sequía al final de la temporada estival
- Condiciones de sequía al final de la temporada de lluvias
- Ríos principales
- Cuencas hidrográficas
- Acuíferos
- Red de monitoreo de calidad del agua
- Calidad del agua según indicador DBO5
- Calidad del agua según indicador DQO
- Calidad del agua según indicador SST

Huracanes

Menú principal

Información general

Mapa

Metadato

Imprimir pantalla



55%



Huracanes

Los ciclones tropicales son fenómenos naturales que deben de recibir prioridad, ya que la mayor parte del transporte de humedad del mar hacia las zonas semiáridas del país ocurre por su causa. En diversas regiones del país, las lluvias ciclónicas representan la mayor parte de la precipitación pluvial anual.

Los ciclones se clasifican de acuerdo con la intensidad de los vientos máximos sostenidos. Cuando son mayores de 119 km/h (33.1 m/s) se les denominan huracanes, cuando son entre 61 km/h (16.9 m/s) y 119 km/h (33.1 m/s), son tormentas tropicales, y cuando los vientos son menores de 61 km/h (16.9 m/s), son depresiones tropicales.

Entre 1970 y 2008, impactaron las costas de México 170 ciclones tropicales, a continuación se presenta su ocurrencia en el Océano Atlántico y Pacífico, donde se observa que a pesar que han impactado un mayor número de ciclones en el Pacífico, los huracanes intensos se han presentado en mayor proporción en el Atlántico.

Ciclones tropicales que han impactado en México entre 1970 y 2008

Océano	Depresiones tropicales	Tormentas tropicales	Huracanes moderados (H1 y H2)	Huracanes intensos (H3-H5)	Número total
Atlántico	22	21	10	11	64
Pacífico	22	40	36	8	106
Gran Total	44	61	46	19	170

Fuente: CONAGUA. Subdirección General Técnica, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional.

Huracanes intensos

No.	Nombre del Huracán	Lugar (es) de entrada a tierra	Fecha de ocurrencia	Velocidad Máxima en impacto (km/h)	Categoría ^a	Costa
1	Ella	Akumal, Quintana Roo, [La Pesca, Tamaulipas]	Sept 8-13, 1970	195	DT [H3]	Atlántico
2	Cármen	Punta Herradura, Quintana Roo	Ago 29-Sep 10 1974	222	H4	Atlántico
3	Caroline	La Pesca, Tamaulipas	Ago 24-Sep 1, 1975	185	H3	Atlántico
4	Olivia	Villa Unión, Sinaloa	Oct 22-25, 1975	185	H3	Pacífico
5	Liza	La Paz BCS, [Topolobampo, Sinaloa]	Sep 25-Oct 2, 1976	220	H4	Pacífico
6	Madeline	B. Petacalco, Guerrero	Sep 28-Oct 8, 1976	230	H4	Pacífico
7	Anita	La Pesca, Tamaulipas	Ago 29- Sep 3, 1977	280	H5	Atlántico
8	Allen	Lauro Villar, Tamaulipas	Jul 31-Ago 11, 1980	185	H3	Atlántico
9	Tico	Calmanero, Sinaloa	Oct. 11-19, 1983	205	H3	Pacífico
10	Gilbert	Puerto Morelos, Quintana Roo [La Pesca, Tamaulipas]	Sep. 8-20, 1988	287	H5 [H4]	Atlántico
11	Kiko	Bahía Los Muertos, Baja California Sur	Ago 24-29, 1989	195	H3	Pacífico
12	Roxanne	Tulum, Quintana Roo [Martínez de la Torre, Veracruz de Ignacio de la Llave] [Punta Canoas, Baja California]	Oct 8-20, 1995	185	H3 [DT]	Atlántico
13	Pauline	Puerto Ángel, Oaxaca [Acapulco, Guerrero]	Oct 6-10, 1997	195	H3 [H2]	Pacífico
14	Isidore	Téhcac Puerto, Yucatán	Sep 14-26, 2002	205	H3	Atlántico
15	Kenna	San Blas, Nayarit	Oct. 21-25, 2002	230	H4	Pacífico
16	Emily	20 km al Norte de Tulum, Quintana Roo [El Mezquite, Tamaulipas]	Jul 10-21, 2005	215	H4 [H3]	Atlántico
17	Wilma	Isla Cozumel [Puerto Morelos, Quintana Roo]	Oct. 15-25, 2005	230	H4	Atlántico
18	Lane	Cruz de Elota, Sinaloa	Sep 13-17, 2006	205	H3	Pacífico
19	Dean	Puerto Bravo, Quintana Roo [Tecolutla, Veracruz de Ignacio de la Llave]	Ago 13-23, 2007	260	H5 [H2]	Atlántico

a Cuando el huracán entró a la tierra en dos lugares, el segundo está marcado entre paréntesis.

b Categorías:

DT= Depresión Tropical [Ciclón tropical en el que el viento medio máximo en superficie es de 62 km/h o inferior].

TT= Tormenta Tropical [Ciclón tropical bien organizado de núcleo caliente en el que el viento medio máximo en superficie es de 63 km/h a 117 km/h, inclusive].

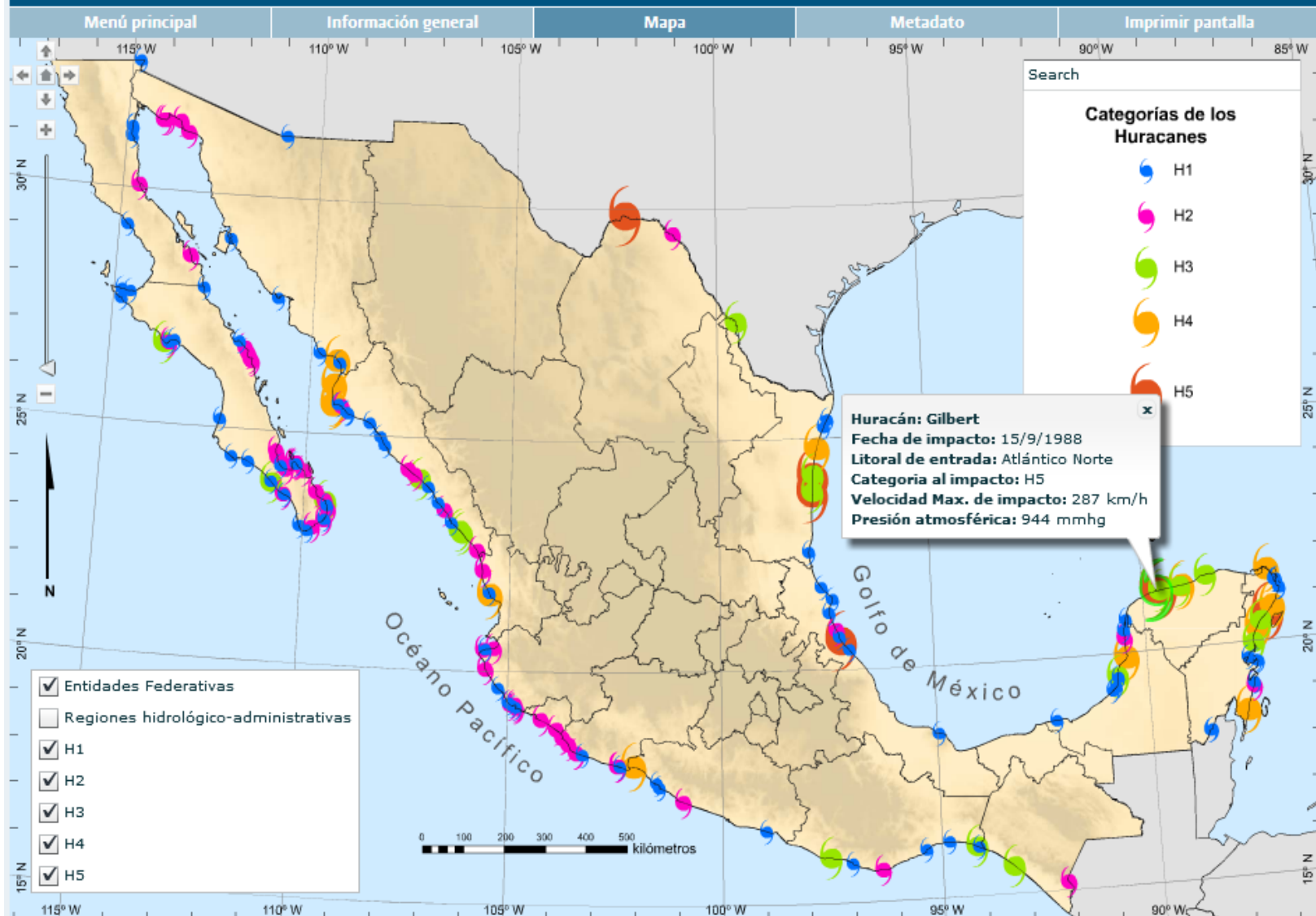
H= Huracán [Ciclón tropical de núcleo caliente en el que el viento medio máximo en superficie es de 118 km/h, o superior].

La escala de Huracán Saffir / Simpson, según la velocidad del viento en km/h:

H1	119 a 153
H2	154 a 177
H3	178 a 209
H4	210 a 250
H5	Mayor de 250

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General Técnica, Coordinación General del Servicio Meteorológico Nacional. National Weather Service de los Estados Unidos de América. www.nhc.noaa.gov/aboutshs.shtml. Junio de 2009.

Huracanes 1970 - 2008



Mapa con localización de puntos de impacto de los huracanes de 1970 a 2008 .

CONTEXTO



CICLO HIDROLÓGICO



USOS DEL AGUA

- Agua Potable
- Plantas potabilizadoras
- Alcantarillado
- Plantas de tratamiento de aguas residuales
- Distritos de riego
- Principales presas
- Intensidad de los usos consuntivos del agua
- Grado de presión sobre los recursos hídricos
- Zonas de veda de aguas subterráneas
- Zonas para el cobro de derechos



IMPACTO EN LA SOCIEDAD



AGUA EN EL MUNDO



Plantas de tratamiento de aguas residuales 2008

Menú principal

Información general

Mapa

Metadato

Imprimir pantalla

macromedia
FLASHPAPER

60%



Plantas de tratamiento de aguas residuales

Descargas de aguas residuales municipales y no municipales, 2008

Centros urbanos (descargas municipales):	
Volumen	
Aguas residuales	7.44 km ³ /año (235.8 m ³ /s)
Se recolectan en alcantarillado	6.56 km ³ /año (208 m ³ /s)
Se tratan	2.64 km ³ /año (83.64 m ³ /s)
Carga contaminante	
Se generan	2.01 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se recolectan en alcantarillado	1.77 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	0.58 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Usos no municipales, incluyendo a la industria:	
Volumen	
Aguas residuales	6.01 km ³ /año (188.7 m ³ /s)
Se tratan	1.07 km ³ /año (29.9 m ³ /s)
Carga contaminante	
Se generan	7.00 millones de toneladas de DBO ₅ al año
Se remueven en los sistemas de tratamiento	1.15 millones de toneladas de DBO ₅ al año

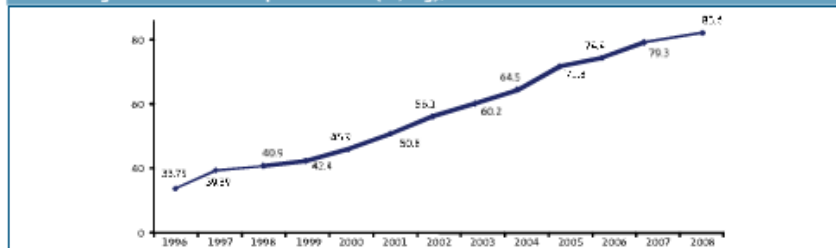
NOTA: DBO₅, Demanda Bioquímica de Oxígeno a 5 días.
1 km³ = 1 000 hm³ = mil millones de m³.

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento, y Subdirección General Técnica.

Las descargas de aguas residuales se clasifican en municipales e industriales. Las primeras corresponden a las que son manejadas en los sistemas de alcantarillado municipales 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.

Con el objeto de preservar la calidad del agua, se construyen plantas para tratar el agua antes de su descarga a los ríos y cuerpos de agua. En el año 2008, las 1 833 plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación en el país trataron 83.6 m³/s, es decir el 40% de los 208 m³/s, recolectados en los sistemas de alcantarillado.

Caudal de aguas residuales municipales tratadas (m³/seg), serie anual 1996 a 2008



FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Programación. Elaborado a partir de datos de la Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento

Plantas de tratamiento de aguas residuales municipales en operación, por Región Hidrológico-Administrativa, 2008

No.	Región Hidrológico Administrativa	Número de plantas en operación	Capacidad instalada (m ³ /s)	Caudal tratado (m ³ /s)
I	Península de Baja California	45	8.19	6.11
II	Noroeste	90	4.54	3.18
III	Pacífico Norte	249	8.38	6.60
IV	Balsas	147	7.60	5.50
V	Pacífico Sur	83	3.17	1.98
VI	Río Bravo	188	28.32	22.23
VII	Cuencas Centrales del Norte	113	5.19	4.03
VIII	Lerma-Santiago-Pacífico	465	23.17	18.02
IX	Golfo Norte	91	2.91	2.31
X	Golfo Centro	127	5.35	3.14
XI	Frontera Sur	97	3.36	2.67
XII	Península de Yucatán	55	2.26	1.73
XIII	Aguas del Valle de México	83	10.60	6.14
Total		1833	113.02	83.64

FUENTE: CONAGUA. Subdirección General de Agua Potable, Drenaje y Saneamiento.

Texto sobre descarga de aguas residuales municipales y caudales tratados por región.

Plantas de tratamiento de aguas residuales 2008



Mapa que presenta la localización de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales clasificadas por caudal tratado.

CONTEXTO



CICLO HIDROLÓGICO



USOS DEL AGUA



IMPACTO EN LA SOCIEDAD

- Consejos de cuenca
- Comisiones de cuenca
- Comités de cuenca
- Comités de agua subterránea (COTAS)
- Centros regionales para la atención de emergencias (CRAE)
- Comités de playas limpias
- Calidad bacteriológica en playas
- Eficiencia de cloración
- Áreas naturales protegidas

AGUA EN EL MUNDO



Eficiencia de cloración

Menú principal

Información general

Mapa

Metadato

Imprimir pantalla

macromedia
FLASHPAPER

61%

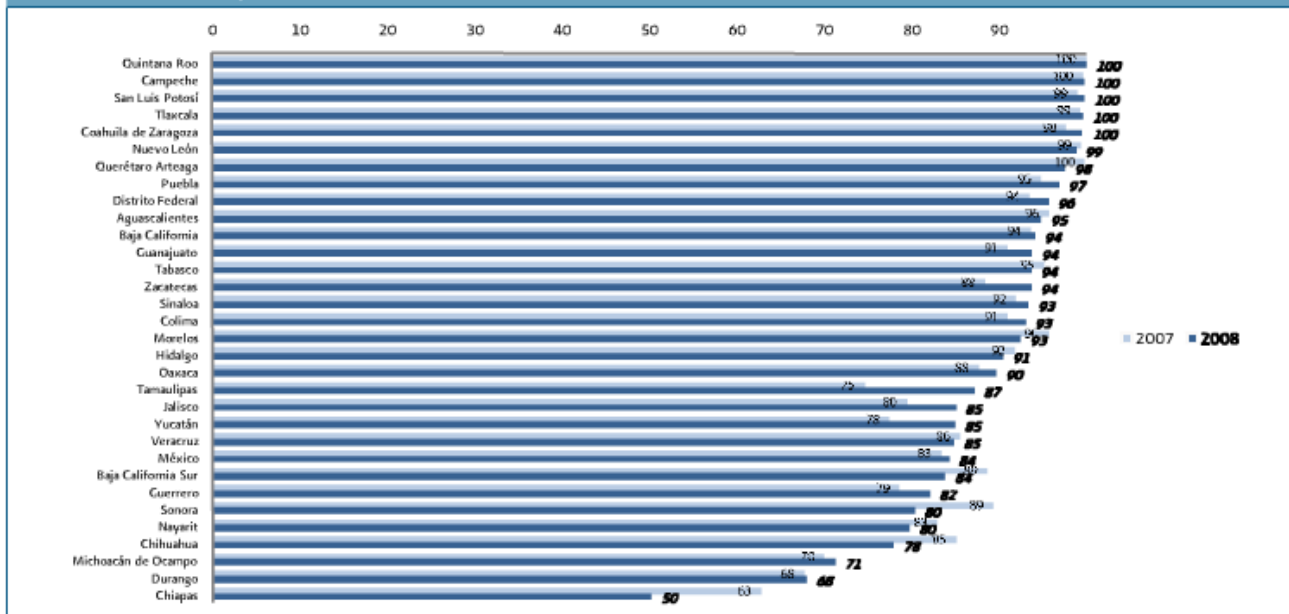


Eficiencia de cloración

La desinfección del agua tiene el propósito de destruir o inactivar agentes patógenos y otros microorganismos, con el fin de asegurar que la población reciba agua apta para consumo humano. La efectividad del procedimiento de desinfección del agua que se suministra a la población se evalúa a través de la

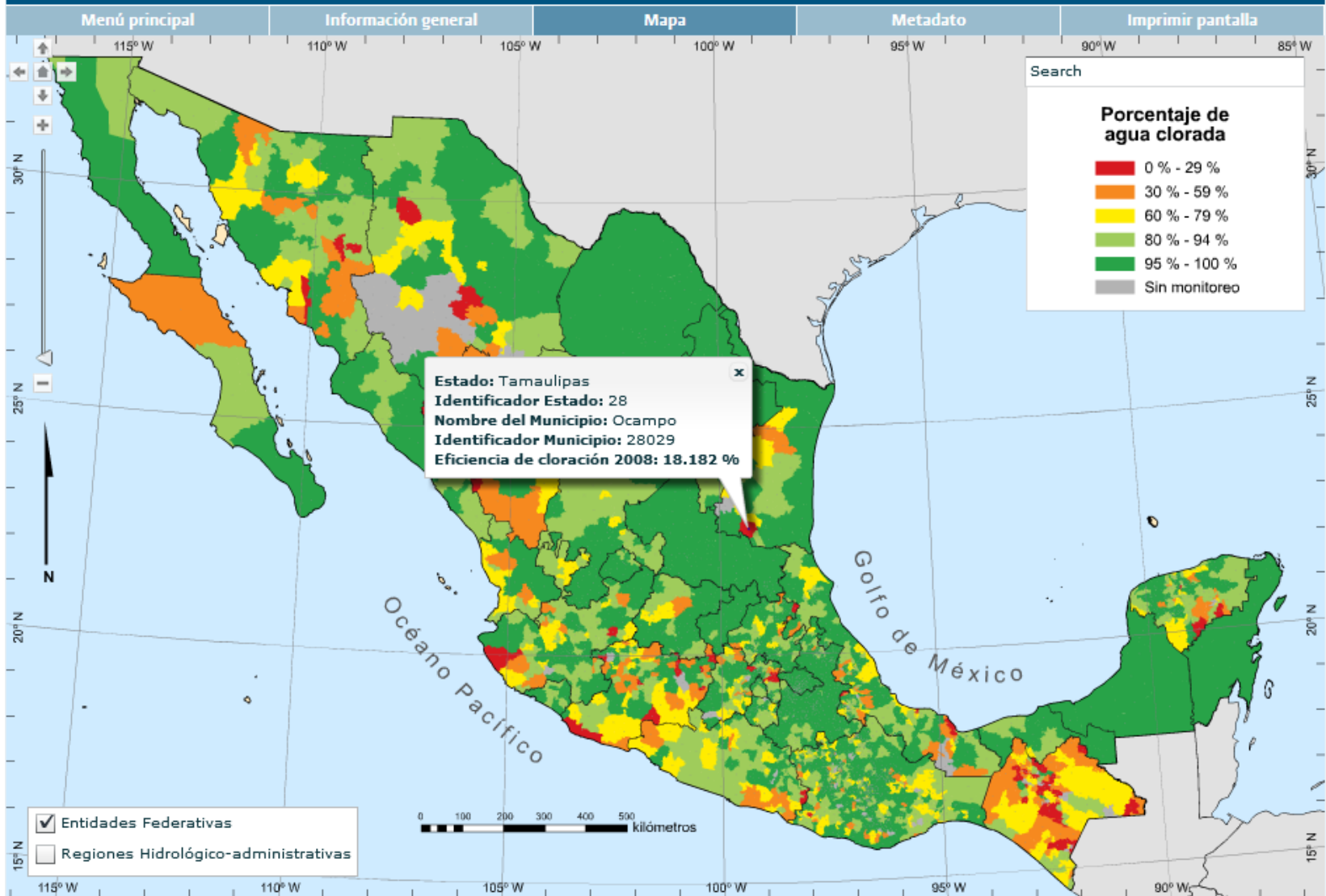
determinación de cloro libre residual, que es un indicador fundamental, y cuya presencia en la toma domiciliar indica la eficiencia de la desinfección. Es de notar que, de acuerdo con datos de la COFREPIS, el promedio nacional de eficiencia de cloración es 86%.

Eficiencia de cloración 2007 y 2008



FUENTE: COFREPIS. Eficiencia de cloración años 2007 y 2008. Junio de 2009

Eficiencia de cloración 2008



Mapa que muestra el porcentaje de agua clorada por municipio.

CONTEXTO



CICLO HIDROLÓGICO

USOS DEL AGUA



IMPACTO EN LA SOCIEDAD



AGUA EN EL MUNDO

Población rural en el mundo
Densidades de población en el mundo
Grado de presión sobre los recursos
hídricos en el mundo
Agua potable en el mundo
Alcantarillado en el mundo



Alcantarillado en el mundo

Menú principal

Información general

Mapa

Metadato

Imprimir pantalla



63%



Cobertura de alcantarillado en el mundo

El saneamiento, concepto que se maneja en México como alcantarillado o drenaje, para el año 2006, según la Organización Mundial de la Salud (OMS), se calcula que 2 500 millones de habitantes no tenían acceso a este servicio, es decir un 38% de la población mundial, siendo Asia y África las regiones del mundo más desfavorecidas.

México se encuentra en el lugar 69 de 174 en alcantarillado y 39 sobre 57 para el tratamiento de aguas residuales.



Países con mayor cobertura de alcantarillado, 2008

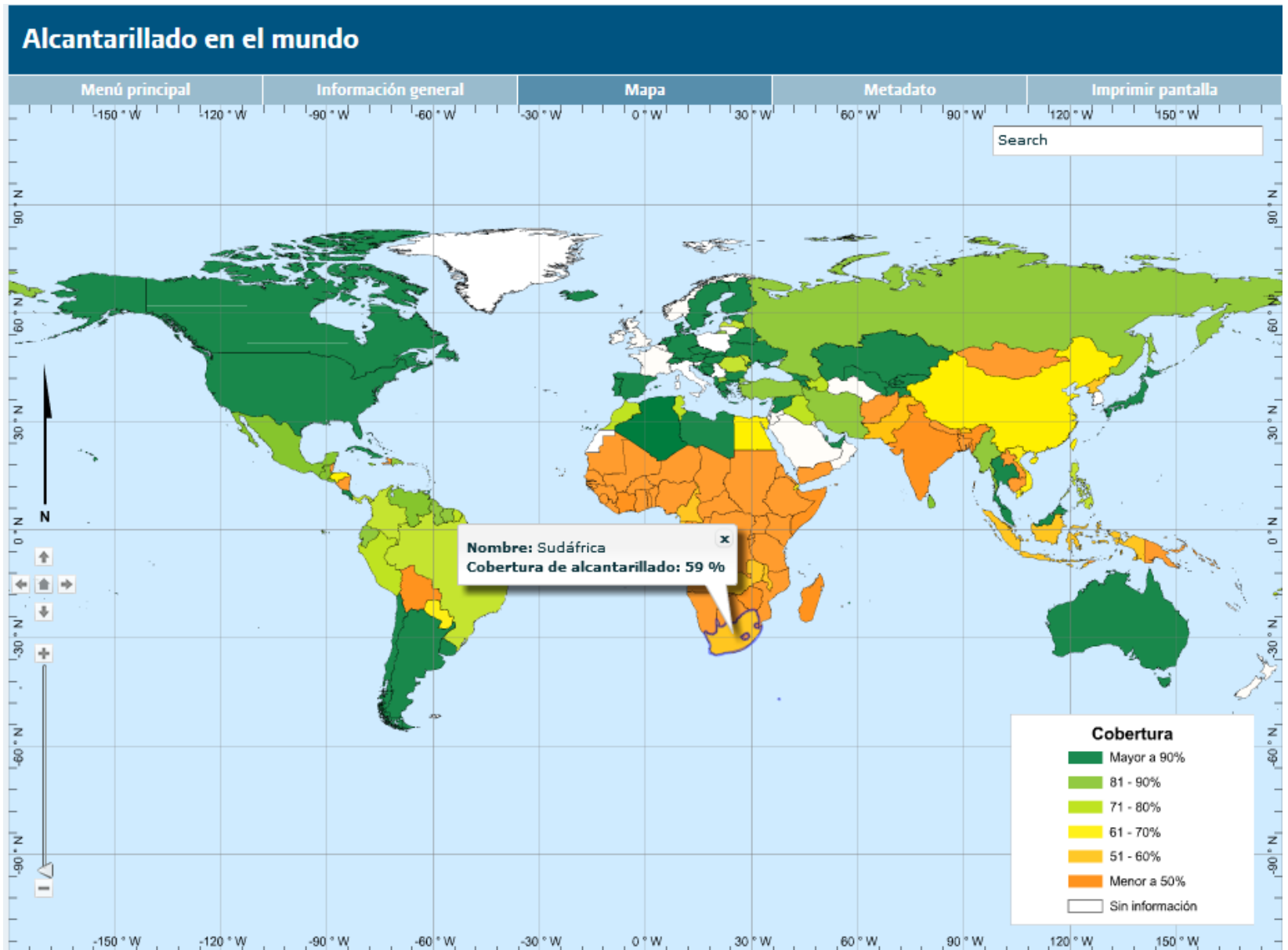
No.	País	Continente	Cobertura de alcantarillado (%)
1	Alemania	Europa	100
2	Australia	Oceanía	100
3	Canadá	Norte y Centro América	100
4	España	Europa	100
5	Japón	Asia	100
6	Uruguay	Sudamérica	100
7	Estados Unidos	Norte y Centro América	100
29	Bulgaria	Europa	99
31	Portugal	Europa	99
32	Grecia	Europa	98
34	Cuba	Norte y Centro América	98
36	Emiratos Árabes Unidos	Asia	97
37	Albania	Europa	97
39	Libia	África	97
43	Costa Rica	Norte y Centro América	96
44	Tailandia	Asia	96
51	Chile	Sudamérica	94
52	Argelia	África	94
54	Georgia	Asia	93
63	Argentina	Sudamérica	91
64	Macedonia	Europa	89
67	Turquía	Asia	88
68	Rusia	Europa	87
69	México*	Norte y Centro América	86
70	Venezuela	Sudamérica	86
71	El Salvador	Norte y Centro América	86
75	Guatemala	Norte y Centro América	84
76	Ecuador	Sudamérica	84
78	Irán	Asia	83
79	Jamaica	Norte y Centro América	83
86	República Dominicana	Norte y Centro América	79

NOTA: Hay 20 países con 100% de cobertura de alcantarillado. Se presentan algunos en orden alfabético.

*Situación del Subsector Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento. Edición 2009

FUENTE: UNICEF y OMS. Programa conjunto de vigilancia del abastecimiento de agua y el saneamiento. Progresos en materia de agua y saneamiento: Enfoque especial en el saneamiento. Nueva York y Ginebra, 2008.

Texto sobre alcantarillado en diferentes países con información de fuentes oficiales.



Mapa con porcentaje de cobertura de alcantarillado en diferentes países.

ANEXO III

Atlas digital del Agua, México 2010

(Disco compacto)