

Historial Editorial

Recepción: 20-07-11

Revisión: 17-08-11

Aceptación: 25-10-11

**Aplicación de los Sistemas de
Información Geográfica para la toma
de decisiones. Caso CONAGUA Estado
de México**

Luis Eduardo Mejía Pedrero
CONAGUA, Edo. de Méx.
luislalo@yahoo.com.mx

Juan Alberto Ruiz Tapia
Facultad de Contaduría y Administración, UAEMex
jart2005@gmail.com

Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica para la toma de decisiones. Caso CONAGUA Estado de México

Geographic Information System Applied in the Decision Making Process at the Mexico State Office of National Water Commission of Mexico

Resumen

El documento presenta los primeros resultados de la investigación que aborda la necesidad de integrar sistemas de información en la operación de la Dirección Local Estado de México de la Comisión Nacional del Agua ante la carencia de procesos, áreas y técnicos coordinados, lo que genera errores en la toma de decisiones. El objetivo de la investigación es el diseño de los elementos que integren a un cuerpo técnico y una plataforma informática de Sistemas de Información Geográfica, para dar soporte a la Alta Dirección.

Abstract

This paper shows the preliminary results of a research about the need to integrate Geographic Information Systems in the task of the Mexico State Office of National Water Commission. This is because of lack of coordination between process, areas and technicians. As a result of this situation there are many mistakes in the decision making. It is proposed the integration of a GIS Officer in order to give support to the senior management staff.

Palabras Clave

Gobierno, Toma de Decisiones, Sistemas de Información, Medio Ambiente, Agenda Digital.

Keywords

Government, Decision making, Information Systems, Environment, Digital Agenda.

Introducción

Los desastres naturales y sus impactos de distinto orden, son un claro ejemplo de la necesidad de evaluar perturbaciones potenciales y reales. Una herramienta útil en ésta y en diversas tareas, son los Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuya función inicial como apoyo para la integración de información y de análisis geográfico ha sido rebasada; pues en la actualidad, bajo un enfoque interdisciplinario, se han incorporado las dimensiones de espacio y tiempo para atender propósitos más amplios.

El Estado de México presenta severos problemas asociados con el uso del agua, inundaciones, sequías, obras hidráulicas, afectación a terceros por concesiones de agua o bienes inherentes, contaminación de cauces y acuíferos; todos aspectos sobre los cuales tiene injerencia la Dirección Local Estado de México de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). La complejidad de esta problemática requiere su atención inmediata a partir de una adecuada toma de decisiones, por lo que el objetivo de la investigación es el diseño e integración de técnicos y una plataforma informática para apoyar la operación de la dependencia.

La aplicación de los SIG constituye una pieza clave en el proceso decisorio, al constituirse como un instrumento que aporta elementos que posibilitan elegir diversas alternativas de solución a problemas específicos. Con ello, se dispondría información de primera mano, enlazada con cartografía que permita dimensionar la magnitud de la problemática, la ubicación espacial del sitio, el involucramiento de otras instancias y el conocimiento de la infraestructura existente.

Se exponen los antecedentes del desarrollo y modernización de la administración pública mediante el denominado Gobierno Digital. A continuación se presenta el entorno administrativo de la CONAGUA, con el propósito de encuadrar legal y administrativamente las atribuciones, facultades y actividades de la misma, toda vez que se trata de una dependencia pública, sujeta en su funcionamiento a diversas disposiciones que le fijan objetivos que no se están cumpliendo cabalmente, mencionando los objetivos estratégicos de la Comisión. En la tercera parte se expone el marco teórico sobre los SIG, los requisitos que debe cubrir, sus componentes, su metodología, los campos y disciplinas para su aplicación, así como los niveles de complejidad de análisis realizados con un Sistema de este tipo.

Los aspectos anteriores sirven de base al cuarto punto que aborda la situación operativa de la Dirección Local de la CONAGUA; se destaca que, derivado de la evaluación sobre el funcionamiento de sus áreas, se recomienda el acopio y sistematización de información geográfica sobre ubicación de aprovechamientos de aguas nacionales y sus bienes inherentes, la propuesta de la incorporación de un Sistema de Información Geográfica y de personal calificado a la estructura orgánica de la Subdirección de Asistencia Técnica.

Este documento está basado en los avances de la investigación “Desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para el soporte de toma de decisiones en la Subdirección de Asistencia Técnica–Operativa de la Dirección Local Estado de México de la Comisión Nacional del Agua”, correspondiente a la Maestría en Administración de la Facultad de Contaduría y Administración de la Universidad Autónoma del Estado de México.

I. Antecedentes

La Administración Federal en el sexenio 2000–2006 dio inicio a una marcada tendencia hacia el denominado gobierno electrónico, definido como la innovación continua en la entrega de servicios, la participación de los ciudadanos y la forma de gobernar mediante la transformación de las relaciones externas e internas a través de la tecnología, la Internet y los nuevos medios de comunicación (Sotelo, 2001). La estrategia ya se establecía en la Agenda Presidencial del Buen Gobierno (Presidencia de la República, 2002) e inició con el establecimiento y modernización de portales o sitios en la Internet de las dependencias gubernamentales. En un inicio su contenido se enfocó a suministrar información sobre los programas, directorios de funcionarios y noticias o eventos inherentes a la dependencia; para posteriormente empezar a ofrecer servicios y trámites a la ciudadanía. Esto último consistente en la emisión de documentos, formatos de pago y aceptación de cobro en línea en apoyo a las actividades de recaudación en rubros como predial, catastro, suministro de agua potable, tenencia vehicular (Bolaños, 2006). Más recientemente, en el caso de Catastro, se puede mencionar el caso de Ecatepec (Garza, 2003) donde se invirtieron 8 millones de pesos para poner en marcha un sistema de información geográfica en un lapso de dos años y que permitió mejorar la recaudación de predial en un municipio con cerca de dos millones de habitantes. Ilustrativo es el caso referenciado por Mariano Garza (Garza, 2004) sobre la automatización de la operación de treinta y dos pozos y un tanque de almacenamiento del Sistema de Operación de Agua Potable y Alcantarillado de Puebla (SOAPAP), que mediante telemetría con 66 radios, 37 terminales y 6 repetidoras, se lleva a cabo el monitoreo de los equipos de bombeo que remiten información a una central, con lo que se asegura el buen funcionamiento y por ende el servicio de agua potable a casi medio millón de habitantes con un costo de 25 millones de pesos .

Debido a la creciente influencia de la información geoespacial en los procesos de toma de decisiones, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía desarrolló el proyecto denominado Infraestructura de Datos Espaciales de México (IDEMEX), constituido por un conjunto de políticas, tecnologías, estándares y recursos humanos que permiten diseminar, socializar y lograr el mejor aprovechamiento de dicha información en el ámbito de la integración estatal, municipal, nacional, regional y global (Reyes, 2004). Para el caso de Zacatecas (Garza, 2006), su Instituto de Ecología y Medio Ambiente se ha convertido en un propulsor de los Sistemas de Información Geográfica en los municipios de dicha entidad con el propósito de normar y homogeneizar los criterios para las autorizaciones en materia ambiental para el desarrollo de infraestructura. Esta aplicación se ha convertido en una herramienta para la planeación municipal utilizando como soporte informático al Arc View 3.2, solventando el problema de falta de personal capacitado con estudiantes de nivel superior, conformando un Sistema Municipal de Información Ambiental.

II. La Comisión Nacional del Agua y su entorno administrativo

En 1989 el Ejecutivo Federal, creó la CONAGUA con el propósito de desarrollar la infraestructura hidráulica del país y procurar la distribución adecuada de las aguas nacionales en sus diversos usos (SARH, 1989) y (CONAGUA, 2008a). Su misión es “Administrar y preservar las aguas nacionales y sus bienes inherentes, para lograr su uso sustentable, con la corresponsabilidad de los tres órdenes de gobierno y la sociedad en general” (CONAGUA, 2008b). Cuenta con ocho Objetivos Estratégicos (CONAGUA 2008c) y sus correspondientes líneas de acción, de los cuales se destacan para los propósitos de este trabajo los siguientes.

- Consolidar un sistema integral de medición de los diferentes componentes del ciclo hidrológico.
- Publicar la disponibilidad de agua en los acuíferos y cuencas del país.
- Reglamentar el uso del agua en las principales cuencas y acuíferos del país.
- Posicionar al agua y al ordenamiento territorial como elementos clave en el desarrollo del país.
- Institucionalizar el proceso de planeación, programación, presupuestación y la aplicación obligatoria de los programas hídricos por cuencas prioritarias.
- Mejorar el sistema de información estratégica e indicadores del sector hidráulico.
- Informar oportuna y eficazmente a la población sobre la escasez del agua, los costos de proveerla, su uso responsable y su valor económico, sanitario, social y ambiental.
- Promover la reubicación de asentamientos humanos ubicados en zonas de riesgo.
- Proporcionar al Sistema Nacional de Protección Civil y a la población, información oportuna y confiable sobre la ocurrencia y evolución de los eventos meteorológicos e hidrometeorológicos severos.
- Implantar las acciones de restauración y preservación en las partes altas de las cuencas, a fin de reducir escurrimientos y posibles afectaciones.
- Promover programas de ordenamiento ecológico territorial en regiones que se encuentren en riesgo por eventos hidrometeorológicos.
- Fomentar en la población una cultura de prevención y atención de emergencias que incluyan información sobre las causas y efectos del cambio climático.

En un principio fue un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), que al desaparecer en 1994 se sectorizó a la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Participa en la integración del Sistema Nacional de Información Ambiental y de Recursos Naturales; con la coordinación del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, como lo indica el artículo 159 Bis (SEMARNAT, 2008). Resalta la evaluación de la calidad del ambiente, así como establecer y promover el sistema de información ambiental, que incluye los sistemas de monitoreo atmosférico, de suelos y de cuerpos de agua de jurisdicción federal, y los inventarios de recursos naturales. También establece que la Comisión Nacional del Agua administrará, controlará y reglamentará el aprovechamiento de cuencas hidráulicas, vasos, manantiales y aguas de propiedad nacional, y de las zonas federales correspondientes; establecerá y vigilará el cumplimiento de las condiciones particulares que deban satisfacer las descargas de aguas residuales, cuando sean de jurisdicción federal; autorizará, en su caso, el vertimiento de aguas residuales en cuencas, cauces y demás depósitos de aguas de propiedad nacional; y promoverá y, en su caso, ejecutará y operará la infraestructura y los servicios necesarios para el mejoramiento de la calidad del agua en las cuencas (SEGOB, 2009). En tanto que la Ley de Aguas Nacionales indica que se integrará el Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua, con la participación de los Organismos de Cuenca, en coordinación con los gobiernos tanto de los estados como del Distrito Federal y con los Consejos de Cuenca (SEMARNAT, 2008 y SEMARNAT, 2006).

Es relevante para el presente trabajo el contenido del Reglamento Interior, pues se realizan diversos señalamientos sobre la operación de Sistemas de Información en las áreas que conforman la dependencia, como es el caso de la Gerencia del Sistema de Información sobre el Agua que tendrá, entre otras, las siguientes funciones:

I. Aprobar los proyectos de instrumentos administrativos en materia de:

a) Diseño, integración, administración, desarrollo, promoción y actualización del Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua, y de los sistemas regionales de Información;

b) Integración de datos, información estadística, de diccionarios, inventarios y catálogos sobre el agua;

c) Integración de la información geográfica;

d) Desarrollo y operación de los centros de información documental sobre el agua;

e) Producción de documentos de síntesis de información estadística y geográfica, y

f) Procesos para el intercambio de información estadística, geográfica y documental;

II. Integrar y administrar el acervo de información estadística, geográfica y documental de la Comisión, con base en su información y la que le proporcionen las unidades administrativas del nivel Nacional de la Comisión y los Organismos para apoyar los trabajos de planificación hídrica;

III. Dar seguimiento a la elaboración y actualización de los diccionarios de datos, inventarios y catálogos de información; recibir los informes correspondientes, analizarlos, evaluarlos e incorporarlos a los diccionarios, inventarios y catálogos citados;

IV. Instrumentar, dirigir, administrar y operar el Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua; solicitar su publicación y actualización en el sitio de Internet de la Comisión, con la participación de las unidades administrativas del nivel Nacional y de los Organismos;

Otra área central de la Comisión Nacional del Agua que integra diversa información en sistemas con enlaces geográficos es la Subdirección General Técnica para contar con:

- Sistema de Información sobre niveles y calidad del agua subterránea.
- Sistema de Información Hidroclimatológica y de banco de datos.
- Sistema Nacional de Información de Cantidad, Usos y Conservación del Agua Superficial.
- Sistema de Información de la Calidad del Agua como parte del Sistema Nacional de Información sobre cantidad, calidad, usos y conservación del agua.

La Gerencia de Regulación de Transmisión de Derechos, Bancos del Agua y Control de Información, instrumentará y operará el Sistema de Información en materia de gestión del agua y sus bienes públicos inherentes. La Gerencia de Unidades de Riego, la Gerencia de Distritos de Temporal Tecnificado y la Gerencia de Distritos de Riego, establecerá y manejará el Sistema de Información Geográfica y del Sistema de Padrones de Usuarios en unidades de riego, el Sistema de Información Geográfica y el Sistema de Padrones de Usuarios de los distritos de temporal

tecnificado y unidades de drenaje, así como el Sistema de Información Geográfica de los distritos de riego y el Sistema de los Padrones de Usuarios. Finalmente, la Gerencia de Estudios y Proyectos de Agua Potable y Redes de Alcantarillado, operará el Sistema de Información en materia de agua potable, alcantarillado y saneamiento.

III. Marco teórico de los Sistemas de Información Geográfica

La diversidad y complejidad de los recursos naturales representan un reto para su manejo sostenible, en especial ante las crecientes presiones para su utilización.

Desde la década de los ochenta del siglo XX ya existían, a un costo relativamente bajo, tecnologías de apoyo a la toma de decisiones mucho más eficientes u óptimas en el establecimiento de políticas congruentes con los objetivos del desarrollo sustentable. Estas tecnologías estaban relacionadas a la posibilidad de adquirir imágenes por percepción remota, las cuales se podían obtener por vía satélite o, mediante sensores montados en aviones o globos aerostáticos (López, 1998).

El avance computacional de las últimas décadas y la generación, el desarrollo y la aplicación de la tecnología conocida como Sistemas de Información Geográfica (SIG, o GIS por sus siglas en inglés) han permitido su utilización en los estudios de recursos naturales y del medio ambiente, principalmente a partir de los años setenta, y en México al final de los años ochenta (Coppock, 1991).

La posibilidad de obtener un considerable volumen de datos para regiones extensas mediante el uso de satélites y del procesamiento de dicha información en computadoras, abre nuevos horizontes para la planeación regional; más aún, si se considera la posibilidad de que esporádicamente estos datos puedan ser capturados por medio de procesos automatizados dentro de SIG o, aún en SIG “inteligentes” (López, 1998).

Coppock y otros autores, describen a los SIG como programas computacionales que tienen la capacidad de manejar información que está referida geográficamente; de manera que puede conocerse cualquier atributo de un determinado sitio sobre la superficie de la Tierra, ya sea la presencia de una especie en particular, el tipo de suelo, la precipitación esperada, la localización de algún área de importancia cultural, etc. Al estar referidos geográficamente, estos atributos pueden ser valorizados fácilmente de manera ponderada, lo que anteriormente no era posible hacer, por lo que se tenía que recurrir a la utilización de mapas tradicionales que solamente reflejan algunos atributos para cada unidad, puesto que sólo vemos dos dimensiones en una hoja de papel; por otro lado, tienen la desventaja de que se vuelven obsoletos prácticamente desde el momento que se imprimen, mientras que los SIG, al tener información de manera digital, se pueden actualizar constantemente.

El empleo de esta tecnología permite integrar y analizar gran cantidad de información de naturaleza espacial (geográfica) y no espacial (de atributos). Desde la década de los ochenta del

siglo XX, el desarrollo tecnológico de los SIG ha sido creciente; así también lo ha sido su organización y manejo de información, y parcialmente el desarrollo de su base teórica.

El término y concepto de un SIG se refiere principalmente a la tecnología computacional orientada hacia asuntos geográficos; también se les conoce así a los conceptos y a las estructuras lógicas (programas) de manejo de entidades espaciales usados en diferentes áreas de aplicación, y más recientemente, a un conjunto organizado de conocimientos sistemáticos sobre las diversas formas de integrar y analizar la información acerca de entidades geográficas (López, 1998).

Desde un punto de vista particular, esta nueva disciplina sirve de apoyo fundamental para la ciencia geográfica; desde una perspectiva más general, cada vez es mayor su utilidad para otras disciplinas en las cuales las dimensiones de espacio y tiempo se agregan como elementos importantes de sus métodos de análisis.

La utilidad de un SIG es más clara conforme las bases de datos crecen en extensión, sobre todo cuando se manejan y analizan multitud de datos referidos geográficamente y sobre los cuales inciden gran cantidad de factores. Sin embargo, la tendencia que empieza a emerger, sustituyendo las primeras iniciativas en esta área (consistentes en completar o extender la obtención de información), es suministrar datos a un mayor número de tomadores de decisiones y medios para tener acceso a bases de datos distribuidas globalmente (Wise, 2008).

REQUISITOS QUE DEBE CUMPLIR UN SIG

Un SIG es un sistema de información asistido por la computadora para la entrada, manipulación y despliegue de datos espaciales. El objetivo de estos sistemas (López, 1998) es obtener lo siguiente:

1. Ubicación espacial del problema en estudio.
2. Un sistema normal de recolección de datos.
3. Información organizada.
4. Información actualizada.
5. Información instantánea.
6. Representación gráfica del problema.
7. Permitir modelos complejos.

Los SIG son un puente de soporte para la toma de decisiones entre el mundo real y el usuario.

Siguiendo a este autor, existen algunos requerimientos generales de carácter técnico, con relación a la estructura y el manejo de la información, que deben ser satisfechos para que un sistema pueda ser considerado como de información geográfica:

- a) Tener la capacidad para manejar grandes bases de datos, heterogéneas y multitemáticas, que tengan representación espacial;

- b) Tener la capacidad de indagar en tales bases de datos acerca de la existencia, localización y las propiedades de un amplio rango de objetos con representación espacial.
- c) Tener eficiencia en el manejo de datos para realizar tales indagaciones, de tal manera que permita su interactividad con el usuario;
- d) Tener una configuración suficientemente flexible como para permitir modificaciones con facilidad, o bien aceptar una amplia variedad de aplicaciones y de usuarios de diferentes disciplinas. Asimismo, se precisa su acceso en el intercambio de información con otros SIG, o bien con bases de datos creadas con otros sistemas.

A estos cuatro puntos referidos por López, es posible añadir uno más, el cual es cada vez más importante; un SIG necesita tener un mínimo de técnicas estadísticas para procesar y valorar los datos, tanto de naturaleza espacial como no espacial, representados en los diferentes formatos aceptados por tales sistemas (celdas o raster, vectorial y tabular).

COMPONENTES DE UN SIG

Dos unidades fundamentales pueden distinguirse siempre en un SIG: el componente operativo o funcional, y la base de datos espaciales. El componente funcional es un conjunto de procedimientos u operaciones que actúan sobre la información contenida en la base de datos (Quentin, 2000). Los principales componentes de un SIG se pueden agrupar en dos conjuntos:

1. Hardware.
2. Programas o software. Cada uno de estos programas permiten realizar un conjunto de órdenes estructuradas lógicamente que facilitan la solución de consultas (queries) aplicadas a dicho sistema de información. Existen cinco grupos de funciones que realiza un SIG:
 - Introducción, transformación y verificación de los datos. Se refiere a los aspectos de captura y transformación, en formato digital, de los datos básicos obtenidos de diferentes fuentes: mapas, imágenes de satélite, fotografías, datos de campo, resultados de laboratorio, etc.
 - Almacenamiento y manejo de la base de datos. Se relaciona con la estructura y organización interna de la información de los elementos para analizar, tomando en cuenta sus propiedades espaciales principales.
 - Procesamiento y análisis de la información. Aquí se concentran las funciones principales que puede desempeñar un SIG las cuales dan respuestas a las preguntas del usuario. Un SIG proporciona una serie de funciones de análisis de los aspectos espaciales y topológicos de la información geográfica, sus atributos no espaciales y la combinación de ambos.
 - Salida y representación de los resultados. Se refiere a las diversas formas en que pueden ser obtenidos los resultados del análisis (mapas, tablas, gráficas e imágenes): despliegues en pantalla, impresiones en papel y película, o archivos en formato digital.
 - Funciones de interacción con el usuario. Prestaciones o especificaciones de comunicación del usuario con el sistema. Los SIG instalados en computadoras personales funcionan a través de menús y ventanas que permitan el aprendizaje de una manera más eficiente.

Desde un punto de vista general, todo SIG debe ofrecer una solución a cada uno de los tres problemas fundamentales en el campo de la documentación: entrada de la información, archivo/recuperación de la información y salida de la información (López, 1998).

CONTEXTO Y METODOLOGÍA DE UN SIG

La información que se utiliza en asuntos ambientales es compleja, voluminosa y abarca la mayoría de las disciplinas científicas: desde los especialistas en elementos físicos del medio ambiente y de los recursos naturales, los vinculados con los aspectos bióticos, los ligados con temas sociales, mercadológicos, productivos y económicos; los correspondientes a disposiciones legales, así como los estudiosos del ordenamiento territorial, la ingeniería ambiental, la gestión de proyectos, las actividades políticas, los grupos de ecologistas, las entidades no gubernamentales y otros.

Tomando en cuenta las posibilidades de aplicación del esquema referido y considerando las explicaciones anteriores, se puede decir que el enfoque actual en la creación de los SIG consiste en estructurarlos con base a la presencia de módulos o conjuntos específicos de programas-herramienta, los cuales pueden ser combinados de diversas formas para satisfacer las necesidades de una amplia variedad de usuarios (López, 1998).

Es importante mencionar que la información generada por las tecnologías y técnicas de la percepción remota son una fuente fundamental y básica de datos para un SIG. Esto se relaciona principalmente con estudios e inventarios de recursos naturales, sobre todo con el fin de tener información fidedigna, actualizada y con suficiente detalle. También esta información puede ser usada tanto para los procesos de seguimiento como para los de actualización (Quentín, 2000).

Al respecto es preciso señalar que las técnicas de procesamiento de imágenes digitales proporcionan (sobre todo si están integradas dentro de un SIG), las herramientas para transformar y extraer información útil, partiendo de información cruda que es recibida originalmente por los sensores instalados en los diferentes tipos de plataformas (comúnmente en satélites).

LAS TRES CATEGORÍAS DE CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS SIG:

1. Aplicaciones en planeación y ordenamiento territorial

- Propuestas de aprovechamiento de recursos naturales;
- Desarrollo urbano;
- Políticas públicas, toma de decisiones y planeación integrada.

2. Aplicación en estudios ambientales:

- Bases de datos nacionales, continentales y mundiales de variables ambientales (PNUMA, CORINE, etc.)

- Bases de datos específicas: suelos, erosión, vegetación, cuencas, etc.
- Integración y análisis de variables en estudios específicos.

3. Aplicaciones en estudios económicos y sociales:

- Tenencia de la tierra, catastros rural y urbano;
- Censos económicos y de población, actividades electorales;
- Análisis de mercados

De acuerdo con lo anterior, los SIG son un instrumento para escoger diversas alternativas de solución para un problema específico. En este sentido, se espera tener en un SIG un instrumento que permita: ayudar en la toma de decisiones con respecto a la organización del territorio regional/nacional; generar alternativas de análisis; obtener un modelo base de SIG para el desarrollo de un Sistema de Información Nacional acoplado a Subsistemas Regionales; proporcionar un instrumento que permita procesar la mayor cantidad de información con la menor inversión de tiempo y costo; así como contribuir a las ciencias de la planificación, con un alto instrumento de poder analítico (Quentin, 2000).

APLICACIONES DE LOS SIG EN DIVERSAS DISCIPLINAS

Las posibilidades de aplicaciones de los SIG son muy amplias. Los límites más comunes son los que dan la profundidad de los conocimientos, la claridad de los objetivos, la experiencia, el ingenio, la imaginación y la creatividad del grupo de usuarios que trata de aplicar dicha tecnología. Entre la gran cantidad de aplicaciones con los SIG, se mencionan los siguientes:

- i. Búsqueda de coincidencia de factores que intervienen en la presencia de un fenómeno (determinación de patrones del fenómeno, modelación y la creación de escenarios);
- ii. La actualización de la información geográfica ya producida, sea temática o básica;
- iii. Para el monitoreo, mantenimiento y la planeación de los servicios en las ciudades, o definición de áreas para implantar medidas de control, para disminuir los efectos negativos del uso de los recursos, etc.

Los resultados materiales que se obtienen de las áreas frecuentes de aplicación de los SIG son:

- Cartografía automatizada.
- Trazado de predios y calles, cálculo de movimiento de tierras en proyectos de Ingeniería Civil.
- Producción de mapas catastrales.
- Producción de mapas de autopistas.
- Cartografía geodésica.
- Cartografía de eventos (accidentes, incendios, robos, etc.)

- Cartografía de censos y estadísticas relacionadas.
- Datos relacionados a registros de pozos de extracción (agua, petróleo, gas, etc.)
- Planeación del uso del suelo.
- Estudios de impacto ambiental.
- Mapeo de recursos naturales (inventarios).
- Tenencia de la tierra.
- Estudios de mercado.
- Rutas para vehículos en tránsito.
- Planeación urbana y regional.
- Selección de trazos de carreteras, etc.

NIVELES DE COMPLEJIDAD DE ANÁLISIS REALIZADOS CON UN SIG

Toda consulta de un SIG emplea ciertas funciones de análisis espacial. Enseguida se presentan los principales niveles de análisis que se pueden aplicar, los cuales son cada vez más complejos conforme crece el número que los identifica (Quentin, 2000).

- I. Localización (¿Qué está en...?). Principio fundamental de la geografía de localización. Se refiere a que clases de objetos están en el sitio que se está analizando.
- II. Condición (¿Dónde está...?). Se establece la condición de determinar las entidades que se caracterizan por cierta propiedad.
- III. Tendencias (¿Cómo ha cambiado...?). Se refiere al análisis a partir de un seguimiento en el tiempo. Para ello es necesario tener una resolución de la información temporal al mayor detalle, para así establecer una tendencia mínima de la dinámica del fenómeno.
- IV. Rutas (¿Cuál es el mejor camino o sitio...?). Corresponde a la aplicación de una serie de funciones relacionadas sobre todo con el análisis de redes.
- V. Patrón (¿Cuál es el patrón del fenómeno...?). Permite establecer cuáles son los elementos, la distribución y las funciones que se presentan al analizar un fenómeno determinado, y a partir de esto definir un modelo que explique el fenómeno.
- VI. Modelación (¿Qué va a pasar si...?). En este caso se considera más de una consulta simultánea. Se trata de conjugar una serie de funciones que permiten diferentes tipos de análisis para llegar a resolver el objetivo de realizar la modelación.

En el tema de elaboración de políticas públicas, destaca la compilación realizada por Wise, donde Brindley referencia la estrategia de Rudolph Guiliani como alcalde de New York utilizando el sistema CompStat para dar seguimiento y detectar patrones de la delincuencia mediante un SIG y su posterior aplicación en Yorkshire del Sur en el Reino Unido. En la misma publicación, Peter Bibby hace un análisis sobre la aplicación de los SIG en el control de procesos acelerados de urbanización en Inglaterra y Gales, recomendando la definición previa al sistema de objetivos y patrones para la política pública, así como métodos de acopio y representación de la información.

De la misma manera, Isaac Karikari, propone un diagrama para definir las necesidades del Ministerio de Tierras y Bosques de Ghana. Destaca el artículo de Tan Yigitcanlar sobre un proyecto desarrollado en Tokyo en 2002 con la implementación del CIGIS, una aplicación SIG basada en la Web que permite la planeación participativa para el cuidado ambiental (Wise, 2008).

Timothy Nyerges compila y propone diversos modelos de flujo para el acopio, sistematización y difusión de la información de los SIG; así como la programación y síntesis de información para la toma de decisiones (Nyerges, 2010).

El Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos da, entre otras, las siguientes recomendaciones para la integración de información geoestadística y su aplicación en la atención de emergencias: Desarrollar por escrito, procedimientos estándar para integrar el uso de información geoespacial a través de todas las fases de la emergencia en los ámbitos municipal, estatal y federal y Desarrollar un sitio Web seguro con información GIS básica con respaldo de información en diversos sitios para que sea utilizado por los Directores de Información Geográfica, los Administradores de Riesgos y el personal involucrado (National Research Council of the National Academies, 2007).

Posiblemente dentro de la bibliografía detectada, la publicación de Lynn E. Johnson sea la de mayor aplicación a la CONAGUA al versar sobre la aplicación de los SIG en la Ingeniería de los Recursos Hidráulicos. Se presenta el Sistema de Soporte para toma de decisiones y monitoreo del Río Colorado, software como Arc Hydro, Geo-MODSIM, RiverWare y HEC-GeoRAS (Johnson, 2009).

Finalmente, Peter Fisher y David J. Unwin presentan un esquema para ilustrar el ciclo de la Ciencia de los Sistemas de Información a partir del cual se toman elementos para la propuesta del SIG en la Dirección Local de la CONAGUA en el Estado de México.

Las organizaciones que producen gran cantidad de datos relacionados con ubicaciones geográficas, están dimensionando la importancia de contar con un administrador de alto nivel responsable del manejo de esta información. Esta necesidad ha generado incluso la creación de un nuevo puesto en la estructura denominado Director de Información Geográfica o, GIO por sus siglas en inglés (Geographic Information Officer). El Servicio Geológico de los Estados Unidos de Norteamérica (USGS), implementó dicho puesto en noviembre de 2000 (Dempsey, 2002). Esta autora refiere que en julio de 2000, el gobierno de California modificó su estructura para crear el Consejo Estatal de Geografía, enfocado a la aplicación de tecnología geoespacial, la organización de datos y la obtención de fondos para su operación, a fin de crear, mantener y distribuir datos geoespaciales al público en general. De la misma manera, la Agencia de Protección al Ambiente (EPA), implementó en 2002 el puesto de Director Asistente de Administración de Información Ambiental, a fin de facilitar conocimiento al público en general (saber si está mejorando el ambiente, si se están cumpliendo las metas de la Agencia o inclusive, conocer si existe infraestructura aprobada ambientalmente en la cercanía de sus hogares). Las responsabilidades del titular son: recopilar información ambiental en un contexto geoespacial; desarrollo y aplicación de infraestructura; el análisis, acceso al público y divulgación de información ambiental, así como mejorar la calidad de la toma de decisiones en la organización.

IV. Propuesta

A pesar de lo analizado y descrito por el Reglamento Interior de la CONAGUA y sus objetivos estratégicos como dependencia, destaca el hecho de que la Gerencia de Sistemas de Información

opera de manera aislada de las oficinas foráneas de la CONAGUA, pero lo más preocupante aún es que no da soporte a las mismas.

Así, en ninguna de las Subdirecciones que integran la Dirección Local Estado de México se tiene implementado un Sistema de Información que apoye la toma de decisiones en las atribuciones y actividades que se ejecutan. Más aún, no se cuenta con las herramientas de software adecuadas para el desarrollo de alguna herramienta informática enfocada a esa labor, procesos, áreas y técnicos coordinados, lo que genera errores en la toma de decisiones (Aguilar, 2008).

Con periodicidad, las diversas áreas que integran la Dirección Local son auditadas por el Órgano Interno de Control, dependiente de la Secretaría de la Función Pública. Durante los años 2005, 2008, 2009 y 2010, se efectuaron revisiones de cuyas Cédulas de Observaciones destaca lo siguiente (CONAGUA, 2005, 2008d, 2009, 2010):

- Retrabajos, duplicidad de actividades y plazos de atención al público fuera de norma.
- Errores en las coordenadas de ubicación de aprovechamientos, caso específico de manantiales, pozos y zonas federales.
- Duplicidad de aprovechamientos en un mismo sitio, caso específico de manantiales.
- Sobreposición de franjas concesionadas para la extracción de materiales pétreos.
- Necesidad de utilizar modelos de flujo para verificar la no afectación a terceros en caso de pozos ubicados a una distancia menor de 500 metros.

Las conclusiones de las Auditorías recomiendan el acopio y sistematización de información geográfica sobre ubicación de aprovechamientos de aguas nacionales y sus bienes inherentes, sin que a la fecha se haya atendido esta recomendación.

Por otro lado, las políticas económicas de los últimos sexenios han sido dirigidas a un adelgazamiento de las dependencias, enmarcadas en líneas de austeridad y restricción presupuestal e impuestas por organismos internacionales. Derivado del análisis del Presupuesto de Egresos de la Federación de los últimos ocho años, se puede comprobar que no se ha autorizado la creación de nuevas plazas destinadas para las dependencias sectorizadas a la SEMARNAT, por lo que se dificulta la contratación de más personal que coadyuve a resolver lo expuesto en las Auditorías Internas, de ello se concluye que no es factible la creación del puesto de GIO.

Por otro lado, existe una ciudadanía cada vez más informada, exigente y participativa que demanda una alta eficiencia en los procesos y actividades que desarrolla el gobierno. Así el titular del Ejecutivo Federal instruyó la necesidad de satisfacer al cliente y ciudadano con la implantación de un enfoque a procesos por existir tareas similares (Presidencia de la República, 2002). Ante la insuficiencia de aplicaciones del método indicado en el párrafo anterior, en el Gobierno se hace necesario el desarrollo e implantación de una herramienta que coadyuve en la gestión gubernamental.

La hipótesis planteada es que el desarrollo de un Sistema de Información interrelacionado con cartografía, con los procedimientos de acopio, análisis y distribución adecuados, proporcionaría un soporte adecuado para la toma de decisiones y actividades realizadas en la Subdirección de Asistencia Técnica cuyo soporte se extendería al resto de las áreas de la Dirección Local Estado de México de la CONAGUA. La metodología a seguir es el análisis de procesos existentes, en los que intervenga el análisis geográfico, para incrementar la eficiencia en el desempeño de la dependencia.

Al comparar las aplicaciones y alcances que tienen los SIG con las actividades de la CONAGUA, así como las deficiencias detectadas en las auditorías, se observa que existe concordancia para implementar dicha plataforma informática en la operación cotidiana de sus actividades. Hasta ahora no se han utilizado los Sistemas de Información Geográfica debido a la falta de personal calificado y de los programas de cómputo. La CONAGUA tiene atribuciones, facultades y actividades relacionadas con el manejo y preservación del ambiente y está coordinada sectorialmente por la SEMARNAT. Su jurisdicción, actividades y estructura orgánica están delimitadas geográficamente con base en la hidrología del territorio nacional. Con base en el uso del Sistema de Información Geográfica, la Dirección Local Estado de México de la CONAGUA puede generar un banco de datos y cartografía que permita contribuir a la misión y objetivos de la dependencia. El operador del Sistema de Información Geográfica en la organización tendría la responsabilidad de administrar bases de datos espaciales, sus aplicaciones y soporte.

Ante las necesidades detectadas por la Alta Dirección (Aguilar, 2008) y las deficiencias operativas ya mencionadas, se propone la puesta en marcha de un SIG con las siguientes características, a partir de los recursos con que actualmente se cuenta. Dicho sistema crecerá en complejidad y extensión a medida que madure su uso, se capacite el personal responsable y se avance en la investigación:

- Ámbito geográfico: Valle de Toluca debido a ser la zona más problemática.
- Hardware: Computadoras personales bajo ambiente Windows.
- Software: Arc View 3.2 y ArcGIS 10.
- Capas de información: manantiales, pozos, zonas federales, sitios con explotación de materiales pétreos, límites municipales, hidrografía y vías de comunicación.
- Operadores: Personal ya existente con perfil profesional de Ingeniero Civil, Arquitecto y Licenciado en Ciencias Ambientales.
- Área: Subdirección de Asistencia Técnica–Operativa de la Dirección Local Estado de México de la CONAGUA.

Algunas de las actividades de la dependencia que pueden ser apoyadas mediante la implementación de la plataforma informática, se muestran en el siguiente cuadro.

Actividades CONAGUA	Aplicaciones y apoyo del SIG
Autorización descarga de agua	Verificar que no exista aprovechamiento aguas abajo que requiera de buena calidad.
Autorización de pozos	Verificar que no existan pozos cercanos o fuentes puntuales de contaminación.
Autorización para uso de zona federal	Verificar que no existan concesiones previas del lugar.
Programación de obras de mantenimiento y desazolve de cauces	Identificar los sitios en los que en años anteriores la dependencia ha realizado trabajos a fin de no concentrar trabajos en un solo sitio y dar una atención integral.
Operación de estaciones climatológicas e hidrométricas	Facilitar a los usuarios de información hidroclimatológica la ubicación de las estaciones para elegir la más conveniente para sus fines. Planear rutas para pago y recopilación de información.

V. Conclusiones

A pesar de los adelantos informáticos, la interfaz con el software de Sistemas de Información Geográfica aún es compleja, por lo que es recomendable que la CONAGUA cuente con un especialista en la materia para facilitar el apropiamiento de la tecnología, reducir la curva de aprendizaje y lograr en corto plazo el cumplimiento de sus objetivos.

El uso de Sistemas de Información Geográfica requiere y genera una gran cantidad de datos, por lo que deben implantarse procedimientos en la organización para el acopio y distribución de información, a efecto de uniformizarla y evitar incompatibilidad con el sistema utilizado.

El uso y aplicación de los Sistemas de Información Geográfica permite generar sinergias, por lo que es recomendable contar en la estructura orgánica de la organización, con enlaces capacitados en la materia.

Se debe realizar una prospección a fin de detectar necesidades de información para tomadores de decisiones fuera y dentro de la institución a fin de hacer crecer el SIG.

Es necesario realizar convenios de colaboración con otras dependencias gubernamentales y académicas a efecto de aprovechar sinergias y compartir información copiada y generada.

Debe tomarse como referencia para acciones encaminadas al futuro el desarrollar aplicaciones abiertas al público en general mediante la Internet (Montgomery, 2010) así como el suministro de datos o información en función de la ubicación del solicitante (Brimicombe, 2010).

Bibliografía

Aguilar Moreno, J. M. Director Local Estado de México. (14 de mayo de 2008). Comunicación personal.

Bolaños, L. A. (2006). Hacia la creación de estándares de calidad en portales del sector público mexicano. *Política Digital*. Número 32, octubre-noviembre 2006, México Distrito Federal; Nexos, Sociedad, Ciencia y Literatura, S.A. de C.V.

Brimicombe, A. y Li, C. (2009), *Location-Based Services and Geo-information Engineering*. London: Wiley-Blackwell.

CONAGUA. (s.f.). *Historia*. Consultado el 22 de julio de 2008 en www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?id=8c328c45-f65c-4337-9869-9f39a3eca87b

CONAGUA. (s.f.). *Misión y Visión*. Consultado el 22 de julio de 2008 en <http://www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?id=5582b1c3-9e5c-49ba-ad38-2f2a3b30e7a8>

CONAGUA. (s.f.). *Objetivos y Estrategias*. Consultado el 22 de julio de 2008 en www.conagua.gob.mx/Contenido.aspx?id=40c96271-294a-4839-988d-383ad2dec4a3

CONAGUA. (2005). *Cédulas de Observaciones resultado de la Auditoría Interna 01/2005 "Cumplimiento de Cartas Compromiso"*. Órgano Interno de Control de la Comisión Nacional del Agua. Inédito.

CONAGUA. (2008d). *Cédulas de Observaciones resultado de la Auditoría Interna 10/2008 "Activo Fijo"*. Órgano Interno de Control de la Comisión Nacional del Agua. Inédito.

CONAGUA. (2009). *Cédulas de Observaciones resultado de la Auditoría Interna 06/2009 "Administración del Agua"*. Órgano Interno de Control de la Comisión Nacional del Agua. Inédito.

CONAGUA. (2010). *Cédulas de Observaciones resultado de la Auditoría Interna 04/2010 "Administración del Agua"*. Órgano Interno de Control de la Comisión Nacional del Agua. Inédito.

Coppock, J. T., and D. W. Rhind, (1991). *The history of GIS. Geographical Information Systems: principles and applications*. Consultado el 9 de octubre de 2011 en www.grossmont.edu/judd.curran/Thx1ARTICLE.pdf

Davis, S. (2007), *GIS for Web Developers*. Dallas, Texas: The Pragmatic Programmers.

Dempsey, C. (2002). *Placing the Geographic Information Officer Within an Organization*. Consultado el 21 de marzo de 2010 en www.esri.com/news/arcnews/summer02articles/placing-the-gio.html

Fisher, P. (2005), *Re-presenting GIS*. London: John Wiley & Sons.

Garza, M. (2003). Catastro: Del caos al orden. *Política Digital*. Número 11, agosto-septiembre 2003, México Distrito Federal; Nexos, Sociedad, Ciencia y Literatura, S.A. de C.V.

Garza, M. (2004). Puebla: agua de alta tecnología. El Sistema de Operación de Agua. *Política Digital*. Número 19, octubre-noviembre 2004, México Distrito Federal; Nexos, Sociedad, Ciencia y Literatura, S.A. de C.V.

Garza, M. (2006). Un GIS para todos los municipios. *Política Digital*. Número 28, febrero-marzo 2006, México Distrito Federal; Nexos, Sociedad, Ciencia y Literatura, S.A. de C.V.

Johnson, L. E. (2009), *Geographic information systems in water resources engineering*. Boca Raton, Florida: CRC Press.

López Blanco, J. (1998). Sistemas de información geográfica (SIG): Conceptos, definiciones y contexto metodológico que involucra su uso. *Quívera*, N° VI julio de 1998, P. 27-38. México, Universidad Nacional Autónoma de México.

Montgomery, K. & Mundt, C. (2010). A new paradigm for integrated environmental monitoring. En *1st International Conference and Exhibition on Computing for Geospatial Research & Application*, Washington, D.C.

National Research Council of the National Academies (2007), *Successful Response Starts with a Map-Improving Geospatial Support for Disaster Management*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences.

Nyerges, T. L. y Jankowski, P. (2010), *Regional and Urban GIS- A Decision Support Approach*. New York: The Gilford Press.

Presidencia de la República (2002), *Agenda Presidencial del Buen Gobierno*. México: Oficina de la Presidencia para la Innovación Gubernamental.

Quentin, E. (2000). *Uso de los Sistemas de Información Geográfica en Ciencias del Agua (Idrisi). Apuntes del Curso Monográfico de Idrisi impartido por el Centro Interamericano de Recursos del Agua de la Facultad de Ingeniería de la UAEMéx*. Toluca, Estado de México: Universidad Autónoma del Estado de México.

Reyes, M. A. (2004). Infraestructura de Datos Espaciales de México, *Política Digital*. Número 15, febrero 2004, México Distrito Federal; Nexos, Sociedad, Ciencia y Literatura, S.A. de C.V.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (1989). Decreto por el que se crea la Comisión Nacional del Agua como órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. *Diario Oficial de la Federación*. 16 de enero de 1989.

Secretaría de Gobernación (2009). Ley Orgánica de la Administración Pública Federal. *Diario Oficial de la Federación*. 17 de junio de 2009.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2008). Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. *Diario Oficial de la Federación*. 16 de mayo de 2008.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2008). Ley de Aguas Nacionales. *Diario Oficial de la Federación*. 16 de abril de 2008.

Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2006). Reglamento Interior de la Comisión Nacional del Agua. *Diario Oficial de la Federación*. 30 de noviembre de 2006.

Senn, J. A. (2002), *Análisis y Diseño de Sistemas de Información*. México: McGraw Hill.

Sotelo, A. (2001). Innovación gubernamental. El proyecto de e-gobierno. *Política Digital*. Número 1, noviembre 2001, México Distrito Federal; Nexos, Sociedad, Ciencia y Literatura, S.A. de C.V.

Wise, S. y Craglia, M. (2008), *GIS and evidence-based policy making*. Boca Raton, Florida: CRC Press