

2010

UNAM



ESTUDIO INTERDISCIPLINARIO
DE LOS HUMEDALES DE LA
REPÚBLICA MEXICANA:
DESARROLLO METODOLÓGICO
PARA EL INVENTARIO NACIONAL
DE HUMEDALES Y SU
VALIDACIÓN A NIVEL PILOTO



**SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL
INVENTARIO NACIONAL DE HUMEDALES. PRIMERA
ETAPA.**

**Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua.
Proyecto 84369**

GRUPO DE TRABAJO

DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Fernando J. González Villarreal. Instituto de Ingeniería.

INVESTIGADORES PRINCIPALES

Dr. Roberto Antonio Lindig Cisneros. Centro de Investigaciones en Ecosistemas.

Dr. Antonio Lot Helguera. Instituto de Biología.

Mtro. Javier Matus Pacheco. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.

Dra. Marisa Mazari Hiriart. Instituto de Ecología

Dr. César Nava Escudero. Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Dr. Mario Arturo Ortiz Pérez. Instituto de Geografía.

Dra. Judith Guadalupe Ramos Hernández. Instituto de Ingeniería.

Dr. Eduardo Vega López. Facultad de Economía

Dra. Gloria Vilaclara Fatjo. Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Dr. Luis Zambrano González. Instituto de Biología.

ACADÉMICOS Y ESPECIALISTAS ASOCIADOS

Mtro. Enrique Aguilar Amilpa. Instituto de Ingeniería.

Dra. Lucía Patricia Carrillo Velázquez. Instituto de Ingeniería.

Biol. Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza. Instituto de Biología.

Mtra. Guadalupe Fuentes Mariles. Instituto de Ingeniería.

Dra. Nashieli García Alanís. Instituto de Biología.

Mtra. Liliana Marrufo Vázquez. Instituto de Ingeniería.

Mtro. Jorge Ramírez Zierold. Posgrado de Ciencias del Mar y Limnología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

Lic. Ana Elisa Villarreal Barrón. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Ciencias y Humanidades.

Lic. Luzmila Vázquez Bustos. Instituto de Investigaciones Jurídicas.

Mtro. Alejandro Von Bertrab. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales.

BORRADOR PARA REVISIÓN

SIGLAS Y ABREVIATURAS

| | |
|----------|---|
| CNA | Comisión Nacional del Agua |
| INE | Instituto Nacional de Ecología |
| INEGI | Instituto Nacional de Estadística y Geografía |
| INH | Inventario Nacional de Humedales |
| LAN | Ley de Aguas Nacionales |
| SEMARNAT | Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales |
| SIG | Sistema de Información Geográfica |
| UNAM | Universidad Nacional Autónoma de México |

BORRADOR PARA REVISIÓN

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL INVENTARIO NACIONAL DE HUMEDALES. PRIMERA ETAPA.

CONTENIDO

| | |
|--|----|
| Presentación | 1 |
| 1 Introducción | 2 |
| 1.1 Diseño del sistema | 2 |
| 1.2 Generación de la base de datos..... | 7 |
| 1.3 Sistema móvil - GPS | 17 |
| 1.4 Elementos de visualización a través de la WEB..... | 18 |
| 2 SIG DEL INH..... | 20 |
| 2.1 Evaluación de necesidades | 20 |
| 2.2 Diseño conceptual | 21 |
| 2.2.1 Información disponible..... | 25 |
| 2.3 Disponibilidad y adopción de Hw y Sw | 30 |
| 2.4 Plataforma TIDI: una perspectiva de desarrollo | 32 |
| 3 Referencias | 35 |



Presentación

El informe *“SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA DEL INVENTARIO NACIONAL DE HUMEDALES. PRIMERA ETAPA.”* forma parte de los productos entregables al término de la primera etapa del Proyecto 84369, patrocinado por el Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua (CNA-CONACYT). Los trabajos que dieron lugar al presente informe constituyen un esfuerzo colectivo del grupo multidisciplinario que la UNAM ha integrado para cumplir con los objetivos del Proyecto. La coordinación para integrar y editar este informe estuvo a cargo de la Dra. Judith Guadalupe Ramos Hernández, con el apoyo del Dr. Fernando J. González Villarreal, el Mtro. Enrique Aguilar Amilpa, la Dra. Lucía Patricia Carrillo Velázquez y la Mtra. Liliana Marrufo Vázquez.

Ciudad Universitaria, enero de 2010

1 Introducción

Folger (2009) define al SIG como *un “sistema a través del cual se puede capturar, almacenar, analizar (manejar, procesar, integrar) y desplegar información geocientífica referida a un espacio”*. Aunque existen sistemas (software) que integran todas las funciones de un SIG, es necesario conocer la manera en que los datos son compilados, las rutinas necesarias para organizarlos y como se modifican los programas para satisfacer las necesidades de un proyecto. Así, la infraestructura (hardware) básica para un SIG deberá considerar que hospedará al software propio del SIG pero además deberá contar con la capacidad requerida para el almacenamiento y procesamiento de la información y los programas para ello. Por lo anterior, se debe contemplar el uso de una semántica común así como de capacidades (infraestructura) que contribuyan a lograr una inter-operatividad. Esta misma inter-operatividad puede ser llevada a la Web a través de visualizadores los cuales facilitan el desarrollo y uso de la información geoespacial (Bernhardsen, 1999; Demeres, 2005).

El uso de la información en un SIG, en el caso de humedales, permitirá en un nivel de análisis sencillo conocer datos del inventario que apoyen en la definición de planes de conservación y mantenimiento. La presencia o ausencia de información espacial como cubierta vegetal o cuerpos de agua o bien el cambio en el tiempo de algunas variables podrá ser evaluada a través del mismo SIG, para lo cual se pueden aplicar modelos estadísticos o deterministas que representen el nivel de integración de la base de datos.

1.1 Diseño del sistema

En general, los SIG pueden emplearse en forma simple para la manipulación de diferentes tipos de datos, o bien se pueden ejecutar en ellos procesos para el análisis de los datos almacenados. En cualquier caso, la distribución espacial de los datos a diferentes escalas y resoluciones que definan lo que pasa en el mundo real es el principal factor a considerar antes de cualquier análisis (Lyon y McCarthy, 1995). En la actualidad gracias a los avances en computación, modelado y técnicas de planeación, el desarrollo de un SIG, en particular para organizaciones (ej. CONAGUA), no solo debe contemplar el almacenamiento y

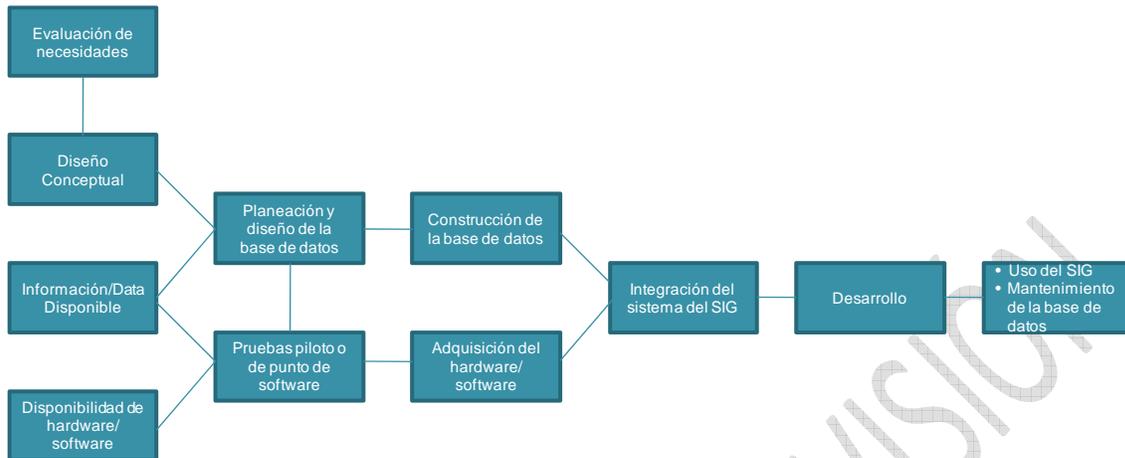
Sistema de Información Geográfica del INH. Primera Etapa.

mantenimiento de los datos, sino que debe responder a requerimientos públicos de información, conducir estudios específicos y hacer recomendaciones, que entre otras cosas ayuden a mantener las instalaciones y servicios del mismo sistema. De esta manera, la toma de decisiones estará en función de los servicios que el mismo SIG proporcione como la generación de mapas, consultas espaciales y despliegue de resultados.

La manera de garantizar que los productos corresponden a las inquietudes de los usuarios es a través del uso de reglamentación, implementar los servicios geoespaciales y difundir los resultados al usuario. Para ello, el sistema debe ser eficiente y efectivo. Por un lado, la eficiencia permite reducir tiempos para obtener la respuesta al emplear una función de consulta. Por otro lado, un sistema efectivo permite lograr una mejor planeación, lo que se traduce en mejores herramientas para la toma de decisiones.

Lograr un SIG exitoso implica en primer lugar saber *qué hará el SIG* y, posteriormente, definir *cómo lo llevará a cabo*, lo que se conoce como **ciclo de desarrollo del SIG** (Becker, 1996). En el caso de los humedales, el SIG tiene entre sus objetivos mapear y monitorear los fenómenos ecológicos, hidrológicos y socioeconómicos a diferentes escalas, así como explorar diferentes esquemas de manejo que contemplen tanto los efectos naturales como antropogénicos de los procesos que tienen lugar en el ecosistema. El cumplimiento de este propósito implica la delimitación y clasificación de los ecosistemas con base en criterios diversos de evaluación, impactos y alternativas empleando factores biogeofísicos y socioeconómicos, entre otros. La integración de los datos deberá establecer flujos de información de datos de tipo raster, vectorial y alfanuméricos con base en la variación espacial y temporal. En cuanto a cómo el SIG llevará a cabo los objetivos planteados, la Figura 1 muestra un esquema general de las partes que debe cubrir el desarrollo de un SIG.

Figura 1. Esquema simplificado para la implementación de un SIG que responda las necesidades de los usuarios



La estructura propuesta en la Fig. 1.1 enfatiza la importancia del desarrollo de los datos. Renolden (2000) define **datos** como la colección de símbolos representados en una forma computacional, mientras que **información** involucra algún tipo de interpretación humana o representación del mundo real. Así en el desarrollo de los datos se tiene su definición, modelado, documentación, captura y almacenamiento y, mantenimiento y retención.

La primera etapa en el ciclo de desarrollo de un SIG es la **evaluación de las necesidades**. En esta básicamente se definen las necesidades de evaluación partiendo del hecho que la organización encuentra la construcción de un SIG apropiada. Aunque no es una evaluación de factibilidad técnico-económica, también en algún momento se analiza ésta. En general, la evaluación de las necesidades implica establecer los requerimientos del usuario e identifica donde mejora la productividad de un sistema. De esta forma se listan las funciones del SIG y se tiene una idea de la información espaciotemporal a considerar.

La segunda etapa surge del reconocimiento de las funciones de información contenida en el SIG e incluye la elaboración de un **diseño conceptual** de éste. El diseño conceptual se basa en la identificación del contenido de la base de datos y describe qué debe hacer el SIG, la arquitectura básica (hardware y software), estima un nivel de uso y el tamaño del sistema, así como establece sus interfaces. El producto del diseño conceptual es un

modelo de datos el cual define la base de datos del SIG y su empleo bajo un marco donde se facilite la interacción con otros sistemas de procesamiento de datos.

La etapa de **información disponible** implica el encontrar y usar información que sea de utilidad en el SIG, esto es, evalúa la conveniencia de usar una u otra fuente de datos y permite establecer la robustez del sistema y, por tanto, los requerimientos de hardware y software. En este caso se dispone de fuentes de información, las cuales pueden estar en diferentes formas (mapas, tabular y digital), a distintas escalas (local, regional, federal) y ser pública o privada.

La **disponibilidad del Hardware (Hw) y Software (Sw)** es la cuarta etapa del ciclo de desarrollo de un SIG donde se analizan varias opciones de Hw y Sw a elegir en función de las necesidades del SIG. El proceso de diseño del sistema implica la revisión de los ambientes computacionales existentes (Hw) y las soluciones de paquetes o lenguajes computacionales (Sw). Así la configuración de la tecnología debe considerar las alternativas del mercado, plataformas requeridas, picos en la carga total del sistema, personal y costo.

En un diagrama lineal la tecnología debe responder las consultas siguientes:

¿Cuál es el objetivo?

¿Quiénes son los usuarios?

¿Cuáles son los procesos, actividades o servicios?

¿Qué tan relevante es la tecnología empleada?

Esto debido a que el conocimiento de la capacidad de soporte de la tecnología es básico para definir el proceso del diseño del SIG.

La etapa cinco refiere al **diseño y planeación de la base de datos** e incluye el desarrollo de las actividades siguientes:

- ◆ Planeación de la base de datos lógica o digital, la cual está en función del modelo de datos o diseño conceptual del sistema
- ◆ Evaluación de las fuentes de información potenciales
- ◆ Estimación del tamaño de la base de datos espacial
- ◆ Estimación del costo para construir la base de datos
- ◆ Preparación de un plan de conversión de la información a datos

Al mismo tiempo que se define la base de datos se debe demostrar la funcionalidad del Hw y Sw seleccionados a través de **pruebas piloto o de punto**. Estas pruebas piloto determinan la utilidad del SIG a usuarios y manejadores del sistema y califican la operatividad de éste y la utilidad de la información en las operaciones diarias del sistema. Resultado de las pruebas piloto se procede a la **adquisición del Hw y Sw** etapa 8 del ciclo de desarrollo del SIG.

La etapa siete de **construcción de la base de datos** refiere principalmente a la conversión de la información en datos, esto es, los datos serán una colección de símbolos representados en bits/bytes en archivos de computadora. Donde se establecen tres tipos de dominio: subjetivo, de interacción y de implementación.

La etapa nueve consiste en la **integración del SIG** donde se prevé se cumpla con las especificaciones nacionales e internacionales y se encuentre bien documentado el diseño lógico. Asimismo, la base de datos debe garantizar que los datos almacenados serán integrados y probados en el sistema mediante diferentes interacciones actuando como una unidad y representando satisfactoriamente el mundo real.

La etapa de la **Aplicación del SIG** se refiere a la aplicación de funciones que permitan funcionar al sistema. Algunas funciones incluyen las aplicaciones de bases de datos como creación, edición, construcción y mantenimiento de las bases de datos o bien las aplicaciones del usuario que consisten en visualización, establecer requerimientos, etc. Todo esto debe ser cubierto en la etapa 1 de necesidades del sistema.

Finalmente, el **Uso y Mantenimiento del SIG** es básico para garantizar la operación del sistema dado que las bases de datos están bajo un cambio continuo tanto espacial como temporal, al igual que los requerimientos de los usuarios. Esta etapa junto con la aplicación del SIG involucran directamente a los usuarios con el personal encargado del SIG.

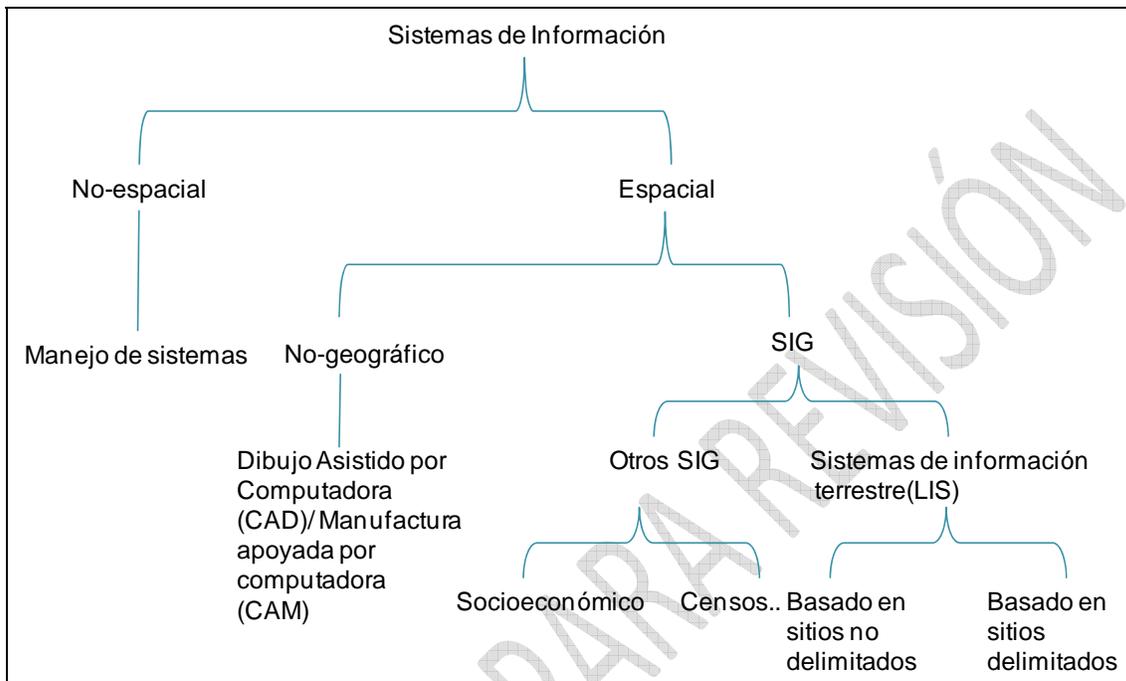
1.2 Generación de la base de datos

Como se mencionó anteriormente, la información disponible puede provenir de diferentes fuentes y en diversos formatos, por lo que uno de los principales objetivos en la generación de una base de datos es la identificación de dicha información evitando duplicaciones o redundancias durante la colección y almacenamiento. Para ello, Becker et al. (1996) hacen hincapié en el establecimiento de controles de calidad, así como en la definición de especificaciones previas de metadatos, empleo de metodologías estándar de modelado, diseño lógico, planificación y construcción de la base de datos (BD). La BD es el elemento más relevante, Folger (2009) considera que por sí misma la BD implica el 80% del costo total de un SIG. De igual manera se deben establecer las especificaciones de integración, implantación y mantenimiento de dicha BD. Finalmente, Becker et al. (1996) señalan que la BD *“es una cuestión de políticas, cooperación y coordinación donde los datos solo se coleccionan una vez y se accede a ellos por todos aquellos que los necesiten”*. Aunque no hay que olvidar la variabilidad temporal y espacial de la información lo que implica una revisión continua y actualización de los datos contenidos en la BD.

Demers (2005) propuso una taxonomía para definir la información espacial de la no espacial (Figura 2), donde el SIG se ubica en los sistemas de información espacial identificando dos tipos de información: no-geográfica y geográfica. Con respecto a la información no-geográfica es posible darle una georeferenciación empleando sistemas apropiados. En cuanto a la información geográfica, el autor reconoce una subdivisión entre otros SIG y uno que denomina Sistema de Información Terrestre (LIS), de esta manera reconoce aquella información sujeta a una posición geográfica de aquella que,

que si bien cuenta con geocódigos, es de tipo estadística como censos de población y actividades socioeconómicas, etc.

Figura 2. Taxonomía de los Sistemas de Información.



Fuente: Demers, 2005.

El LIS considera por una parte la información de sitios no delimitados como parques nacionales o sitios de interés nacional que permitan análisis de tipo: evaluación del hábitat, de la vida silvestre, terremotos y deslizamientos, inundaciones, contaminación química, manejo de bosques e investigaciones científicas. Por otra parte, están los sitios delimitados geográficamente pero manejados a escalas menores (local). En este caso se considera el empleo de Sistema de Posicionamiento Global (GPS), información proporcionada a través de la percepción remota (imágenes satelitales, fotografías aéreas), los cuales proporcionan información local del sitio de interés.

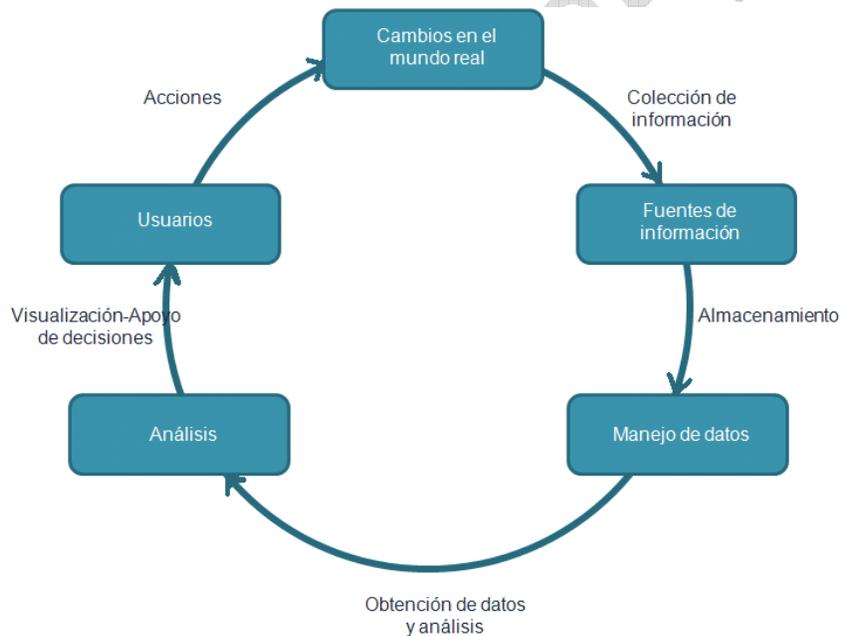
Dado que el SIG incorpora un modelo de datos donde la información disponible, para describir un fenómeno en el mundo real, se establece en un sistema cuyas principales funciones son (Figura 3):

- captura y almacenamiento de la información;

- conversión a datos;
- procesamiento y análisis de los datos;
- visualización o presentación.

En este sistema, la parte fundamental del SIG es la capacidad de análisis espacial empleando atributos tanto espaciales como no-espaciales. El análisis espacial o geográfico ayuda a la identificación de patrones, a la creación de nuevos datos, a establecer relaciones complejas entre diferentes conjuntos de datos, lo que favorece la toma de decisiones.

Figura 3. Diagrama de flujo para el uso de la base de datos



Fuente: Pucher y Kriz (2003).

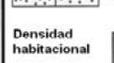
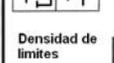
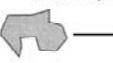
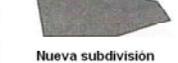
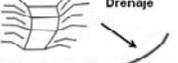
Hoy en día, los gobiernos federal, estatal y local proporcionan información geoespacial para diversos servicios públicos como registros de la tierra, taxonomía de la propiedad, planeación, entre otros. Asimismo, cuentan con datos geoespaciales precisos al solicitar trabajos a empresas privadas, instituciones académicas, ONGs, entre otras.

Puesto que la información varía en tipo y características con respecto a una posición geográfica, esta estará en función de una escala de manera que los datos para pequeñas

escalas sobre extensas áreas tendrán un gran (1:5,000) o mediano (1:25,000) detalle, mientras que una escala regional o nacional implica datos con menor detalle (1:25,000-1:100,000) y aún un menor detalle para una escala global (1:1'000,000). Finalmente, los datos también estarán sujetos a la temporalidad con la que se hayan generado.

Adicionalmente a la escala temporal y espacial, se debe considerar el tipo y características o **atributos** de los datos contenidos en la BD, así como sus relaciones. Por ejemplo, se debe diferenciar del tipo de información contenida, esto es, parámetros físicos (elevación, humedad del suelo, temperatura) o clasificaciones (cobertura vegetal, propietarios de la tierra), etc. Los atributos refieren a si la información está disponible como puntos, o bien, en caracteres más complejos como líneas y polígonos. También se consideran los atributos descriptivos asociados a la información. Los puntos son representaciones especiales discretas de un objeto que tiene lugar en un solo sitio a un tiempo determinado. Las líneas son objetos que ocupan una sola dimensión del sistema coordinado como caminos, ríos, límites regionales, bardas, etc. Los objetos que ocupan un área (tienen espesor y longitud) pueden definirse en un espacio bidimensional, por ejemplo el área de una ciudad o región. Finalmente, si se considera la elevación, se tienen objetos volumétricos en una representación en un espacio tridimensional donde los objetos son continuos, es decir, están distribuidos de manera continua sin interrupción en una superficie (Figura 4).

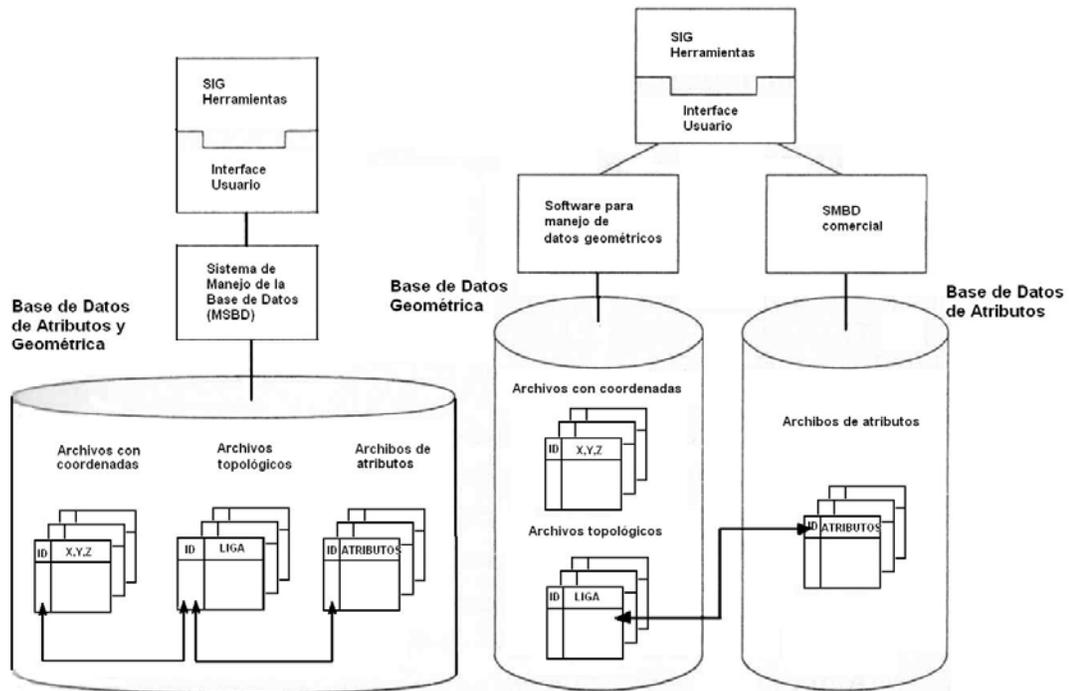
Figura 4. Comparación entre los fenómenos naturales en el mundo real y su concepto cartográfico

| Concepción cartográfica | | | | | |
|----------------------------|---------------------|---|--|--|--|
| | | REPRESENTACIÓN DE PUNTO | REPRESENTACIÓN DE LINEA | REPRESENTACIÓN DE AREA | REPRESENTACIÓN VOLUMETRICA |
| Fenómenos en el mundo real | Objetos puntuales |  Árbol |  Contrucciones vías del tren |  Animales Extesión de animales |  Densidad habitacional |
| | Objetos lineales |  Aeropuerto |  Autopista |  Corrientes Cuencas |  Densidad de límites |
| | Objetos de área |  Industria química |  A lo largo del camino corriente eléctrica |  Nueva subdivisión |  Hectáreas sin desarrollo |
| | Objetos volumétrico |  Minería |  Vallo río |  Drenaje |  Volumen de agua |

Fuente: Demers, 2005.

Los atributos de los diferentes tipos de datos geoespaciales almacenados se transforman en una capa o tema dentro de un SIG, la cual se procesa en forma de mapas, tablas o formatos especiales. De esta manera, el SIG tendrá la capacidad de ligar e integrar la información de diferentes temas sobre un mismo sistema de información (Figura 5).

Figura 5.

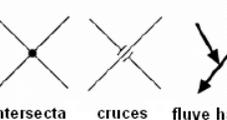


Fuente: Berghardsen, 1999.

Pucher y Kriz (2003) subdividen los procesos de análisis espacial en seis categorías:

- Consulta de la base de datos. Consiste en la obtención de los datos registrados en la BD y desplegarlos para su uso. La consulta puede realizarse por medio de la selección de un atributo o característica temática o bien geoméricamente. En el caso del atributo, los datos son almacenados en una tabla con un código único ligado a información geométrica. Una consulta geométrica consiste en desplegar los atributos de objeto desplegados una vez que se identifican con un cursor. Las formas primitivas de una consulta geométrica son: punto, línea, polígono. Adicionalmente, se pueden establecer relaciones topológicas con las formas geométricas como: punto-punto, punto-línea, punto-polígono, línea-línea, línea-polígono, polígono-polígono (Figura 6).

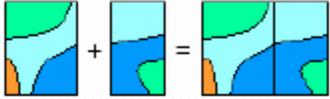
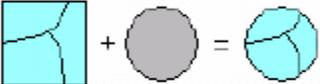
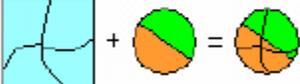
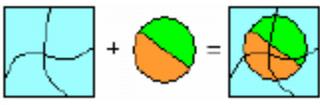
Figura 6. Relaciones topológicas entre atributos para una consulta geométrica

| | |
|--|---|
| <p>Punto-Punto "esta en": dentro de cierta distancia "esta cerca de": cercano a cierto punto</p> |  <p>esta en esta cerca de</p> |
| <p>Punto - Línea "en línea": un punto en una línea "esta cerca de": un punto cercano a una línea</p> |  <p>en línea esta cerca de</p> |
| <p>Punto - Polígono "esta contenido en": un punto en un polígono "en el límite del área": un punto en el límite de un polígono</p> |  <p>esta contenido en en el límite del área</p> |
| <p>Línea - Línea "intersecta": dos líneas que intersectan "cruces": dos líneas que cruzan sin una intersección "fluye hacia": una corriente hacia el río</p> |  <p>intersecta cruces fluye hacia</p> |
| <p>Línea - Polígono "intersecta": una línea intersecta un polígono "límites": una línea es parte de un límite de un polígono</p> |  <p>intersecta límites</p> |
| <p>Polígono - Polígono "sobreponer": dos polígonos se sobreponen "esta en": una isla dentro de un polígono "esta adyacente a": dos polígonos comparten una frontera en común</p> |  <p>sobreponer esta en esta adyacente a</p> |

Fuente: Pucher y Kriz (2003).

- ◆ Superposición. Esta función permite a un usuario estudiar los procesos del mundo real por medio del desarrollo y aplicación de modelos. Estos modelos ejemplifican las tendencias de los datos geográficos y crean nuevos datos o bien identifican nuevas relaciones en y entre los datos contenidos en la BD. Mapas, reportes o ambos pueden comunicar los datos del análisis geográfico. Las funciones más comunes se muestran en la Figura 7.

Figura 7. Funciones de sobreposición para análisis espacial

| | |
|--|--|
| <p>Desagregación Esta operación agrega aquellas características que tengan un valor similar para un atributo especificado</p> |  <p>Entrada Salida</p> |
| <p>Fusión Esta operación une las características de dos o más temas en un solo tema. Los atributos pueden ser retenidos si cuentan con un nombre en común</p> |  <p>Tema1 Tema2 Tema Salida</p> |
| <p>Corte Esta operación usa una capa temática para cortar otra capa temática. Los atributos de la capa temática a ser cortado no se alteran</p> |  <p>Tema entrada Tema de corte Tema resultante</p> |
| <p>Intersección Esta operación corta una capa temática con las características de una capa superpuesta para generar una capa temática con las características que tienen los atributos de ambas capas temáticas</p> |  <p>Entrada Capa para superponer Salida</p> |
| <p>Unión Esta operación combina las características de una capa temática con los polígonos de una capa superpuesta para generar una capa temática que contenga los atributos y extensiones completas de ambos temas</p> |  <p>Entrada Capa para superponer Salida</p> |

Fuente: Pucher y Kriz (2003).

- ◆ **Análisis de proximidad.** Se refiere a mediciones espaciales que pueden ser la distancia entre dos puntos, el área de un polígono o la longitud de una línea o límite. Los cálculos pueden ser sencillos como las mediciones de áreas de un mapa o complejas como la superposición de áreas en uno o más mapas. Asimismo, se refiere a las mediciones de una zona considerando una específica (buffers). Se pueden tener uno o más zonas o buffers.

- **Análisis de redes.** Estos modelos están basados en la interconectividad lógica de sus componentes, a través de: Nodos que definen el inicio, final e intersecciones; cadenas que son líneas de características similares unidas a nodos; y uniones que ligan los puntos para crear una cadena. Las formas básicas de una red solo extraen información sencilla, pero análisis complejos crean nueva información. Para ello, los modelos deben considerar el tiempo, accesibilidad o impedancia a lo largo de la ruta del sistema.
- **Modelo Digital de Elevación (MDE).** Un SIG puede construir modelos tridimensionales donde la topografía de una zona geográfica represente en datos x , y , z . Los modelos obtenidos son los Modelos de Digitales de Elevación o Terreno (MDE o MDT). Las coordenadas x , y del modelo representan el plano horizontal, mientras que z representa el vertical asociado a x , y . El MDE o MDT puede ser representado como grid (malla) o en una Red Irregular Triangulada (TIN, por sus siglas en inglés). Los datos se emplean para analizar fenómenos que están influenciados por la elevación, aspecto o pendiente. La visualización se realiza en las tres dimensiones y en la tercera dimensión permite variar el ángulo de observación (análisis de punto de vista).
- **Análisis estadístico y tabular.** Las operaciones estadísticas se llevan a cabo primeramente sobre los datos con atributos con su respectivo efecto sobre los datos espaciales. Las funciones estadísticas más comunes son: suma, máxima, mínima, promedio, percentiles, distribución de frecuencias, comparación bidireccional, desviación estándar, multivariada, entre otros.

En resumen, los datos espaciales se presentan en dos formas: vectorial, los cuales tienen forma de puntos, líneas o polígonos; y en grid o malla donde se tiene un arreglo sistemáticamente uniforme organizado en celdas (raster). Asimismo se cuenta con información no espacial, la cual corresponde a los atributos que pueden ser manejados en forma de capas temáticas para su liga con los datos espaciales (Bernhardsen, 1999; Pucher y Kriz, 2003).

Un problema recurrente con la información colectada es incompatibilidad entre los sistemas de los cuales proviene, así como restricciones de uso debido a la protección de la misma información, y a la falta de conocimiento de la información existente. Para evitar la falta de interoperabilidad se debe garantizar la calidad de los datos que formaran la BD de manera que representen al mundo real, estén disponibles y cumplan con el nivel requerido con base en estándares específicos por tipo de información y atributos.

Un primer análisis debe considerar una georeferenciación precisa, así como una apropiada generación de atributos, la cual represente las entidades correctamente y permita la relación entre ellos. También se debe garantizar la consistencia entre las BD geométricas y de atributos, así como el empleo de una topología que mantenga la consistencia geométrica de las aplicaciones. La DB de datos completa y con la resolución apropiada así como la temporalidad de los datos registrados.

Así la construcción de una BD debe contar con un sistema de coordenadas común. Existen varios tipos de sistemas de sistemas de coordenadas como las geográficas, las cuales consideran una longitud y latitud, de esta forma una posición estará referida al ecuador y a la línea de longitud 0 a través del meridano de Greenwich, Inglaterra. Asimismo, los sistemas de coordenadas están asociados a una proyección. Dado lo anterior, un SIG debe ser capaz de transformar las georeferencias de un sistema a otro (Bernhardsen, 1999).

De acuerdo con Folger (2009), la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales (NSDI, por sus siglas en inglés) en Estados Unidos, estableció componentes que aseguran la disponibilidad y fácil integración de los datos espaciales provenientes de diversas fuentes de manera que se logre una representación del mundo real. Estos componentes se dividen en: capas temáticas, metadatos, sistema de información nacional, regulación, y el papel de proveedores y usuarios de la información.

Los SIG están regulados por lineamientos o características para la información contenida en la BD pero además para los procesos, tecnología e incluso la organización que diseñe e implemente dicho SIG. Por ejemplo para los metadatos se cuenta con estándares internacionales que describen la información geográfica (ISO 19115) contenida en la BD.

Los metadatos son la información referente a los datos, esto es, una descripción del contenido como precisión, método de colección u obtención, quién lo manipulo, etc.

1.3 Sistema móvil - GPS

El desarrollo tecnológico del SIG considera el empleo de dispositivos móviles como una herramienta complementaria. Los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) tradicionalmente se han empleado como sistemas auxiliares para la captura, almacenamiento y transferencia de datos en campo. Sin embargo, los GPS actuales van más allá llevando el SIG al campo.

Los GPS ayudan a determinar, registrar y recuperar información de una zona de estudio en forma automatizada referida a un sistema geográfico. Esta herramienta está integrada por un receptor que debe contar al menos una antena, un dispositivo electrónico que reciba la información satelital, una computadora interna que permita el procesamiento de la posición geográfica y un dispositivo que permita al usuario la manipulación de los datos.

Existen diversos tipos de GPS los cuales cumplen funciones diferentes y su uso depende de las necesidades y actividades del usuario, estos se clasifican en:

- ◆ Navegadores, permiten al usuario tener un sistema guía en tiempo real, incluyendo una topografía base, de manera que se pueda ubicar y guiar a una zona determinada, así como planificar y analizar el trazo de rutas.
- ◆ Diferenciales, tienen una mayor exactitud en los datos recibidos debido a que el receptor procesa simultáneamente los datos por medio de los satélites y la información que procede de una estación fija cercana al punto de muestreo, De esta manera los datos proporcionados tienen un grado de precisión, el cual puede incrementarse en planimetría como en altimetría reduciendo el error a menos de un metro.
- ◆ Geodésicos, estos receptores tienen gran exactitud en los datos tomados, teniendo incertidumbres menores a los 3 cm tanto en planimetría como en altimetría, ya que la

distancia de los satélites es calculada con la función de la fase de onda portadora que es enviada por los satélites.

La utilización de dispositivos móviles ha permitido la automatización de la captura de datos geográficos en campo a un SIG para la ubicación en un mapa, imagen, etc.

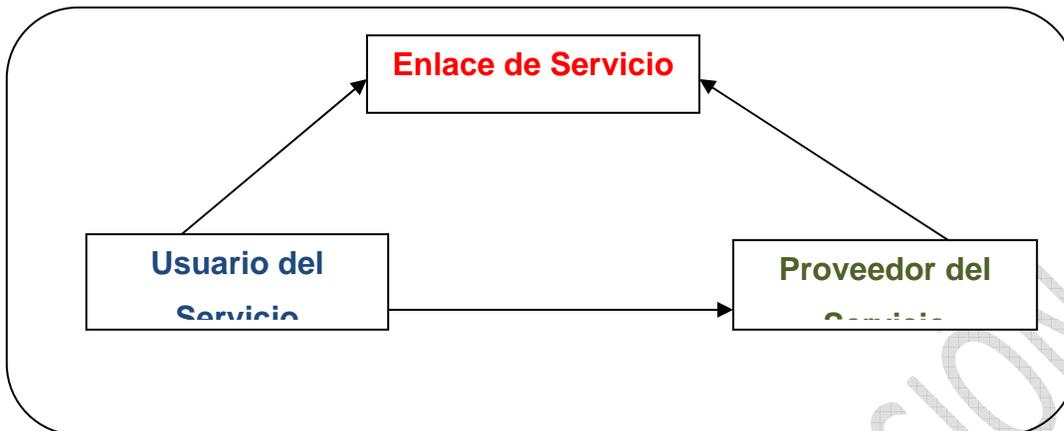
1.4 Elementos de visualización a través de la WEB

El desarrollo tecnológico que se ha dado en los SIG y en los servicios de Internet y redes de comunicación, además del surgimiento de estándares Open Geospatial Consortium (OGC), facilitaron la interoperabilidad de los datos espaciales impulsando la tecnología web mapping. El resultado es el surgimiento de diversas aplicaciones que permiten la publicación de información geográfica en la Web destinadas a mostrar y editar cartografía como son Google Maps, ArcGIs Explorer, etc. (Kim, *et al.*, 2004).

Un Servicio Web contiene una serie de estándares y protocolos que permiten ejecutar aplicaciones e interactuar con datos en el Internet de distintas plataformas y sintaxis independientes. Los servicios web han tenido avances considerables para el manejo de grandes volúmenes de información vía Internet, pero sobre todo para el manejo de información geoespacial reconociendo cuatro tipos principales de servidores: SIG, Spatial Imagery Information System (SIIS), ITS y GNSS (Kim, *et al.*, 2004).

Para llevar a cabo los servicios geoespaciales se requiere del desarrollo de la estructura o arquitectura de los servicios web que permitan el almacenamiento y despliegue de volúmenes de más de 500 MB de información, los cuales tienen como base tres componentes que son el proveedor, el usuario y el enlace del servicio (Figura) (Kim, *et al.*, 2004).

Figura 8. Componentes de la Estructura Web



Fuente: Kim et al., 2004.

El proveedor del servicio publica la disponibilidad de sus datos a partir de su fuente o geodatabase al usuario, quien usando un lenguaje específico (Web Service Description Language, WSDL) transfiere su requerimiento de manera que el resultado será la obtención de toda la información contenida en las BD.

Las búsquedas en los ambientes de la Web inicialmente se controlaron por el consorcio OpenGis (OGC) y solo atendían a servicios en la Internet a partir de datos geoespaciales. Posteriormente, se introdujo las arquitecturas para establecer el Web Service mediante XLM y, recientemente, el OGC junto con W3C establecieron nuevas especificaciones con la ventaja de que se puede ofrecer un servicio integrado para varios servidores geoespaciales dando respuestas rápidas a los clientes mediante un servidor MM. En la arquitectura para un Servicio Web es importante la conversión de los objetos geoespaciales en documentos GLM (Geography Markuo Language Implementation Specification) en línea, resaltando que no solo debe proveer datos geoespaciales sino también funciones geoespaciales como la publicación de los metadatos garantizando que los clientes podrán acceder a la información directa o indirectamente.

2 SIG DEL INH

2.1 Evaluación de necesidades

En octubre de 2006 se llevó a cabo el Primer Encuentro Universitario del Agua, organizado por la Red del Agua de UNAM siendo uno de los temas prioritarios el tema de los humedales (González et al., 2006). En esta reunión determinó que el deterioro de estos ecosistemas se asocia, entre otros factores, a la extracción excesiva de aguas superficiales y subterráneas, la desecación de terrenos para construcción de infraestructura urbana y su conversión con fines agropecuarios. Conforme aumenta la demanda de agua para los diferentes usos, disminuye la capacidad de los humedales para proveer bienes y servicios, a menos que se definan estrategias para identificarlos, delimitarlos, preservarlos, protegerlos, restaurarlos y utilizarlos de manera racional. González et al. (2006) concluyeron que dada la complejidad para predecir teóricamente el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, en particular de los humedales, se requiere investigación que lleve a considerar acciones preventivas en lugar de correctivas para el manejo de los humedales.

Asimismo, el tema de los humedales cobró gran importancia en el gobierno federal, lo que generó la publicación de la convocatoria del Fondo Sectorial CONACYT-CONAGUA, donde se señaló que para aplicar las políticas, lineamientos, criterios y programas sobre humedales, en el marco de lo dispuesto por la Ley de Aguas Nacionales, se requiere una plataforma de información nacionales cuya información básica incluya su ubicación y caracterización limnológica, geomorfológica, hidráulica, hidrológica y socioeconómica. La premisa es que esa base informática ayude a caracterizar apropiadamente a los humedales y proporcione una visión global que permita establecer propuestas y prioridades que sustenten la gestión integral de las aguas nacionales.

En respuesta a lo anterior se planteó como objetivo general el contar con un Inventario Nacional de Humedales escala 1:250 000, basado en imágenes de satélite y cartografía digital y su verificación en campo, con base en los lineamientos y criterios de INEGI (ISOs 19100) y del Grupo Temático del Agua. Asimismo, se incluye la calibración y validación en

los 13 Organismos de Cuenca de CNA cubriendo diferentes escenarios (tipos de humedales y problemáticas).

Parte de este objetivo general plantea el desarrollo, programación, prueba, implementación y puesta de un Sistema de Información Geográfica (SIG) del Inventario Nacional de Humedales (INH), empleando información resultado de la aplicación de la metodología en los 13 Organismos de Cuenca y de los resultados obtenidos en los proyectos 48216 y 48247. El planteamiento del SIG es multiescalar (Nacional, Organismo de Cuenca de la CNA y Cuencas hidrográficas).

Para llevar a cabo lo anterior, el SIG deberá proporcionar las herramientas para lograr un estudio completo que involucre diversos aspectos como los ecológicos (pérdidas de la biodiversidad), físicos (delimitación, cambio del uso de suelo), social y económico, etc. pero visto como un todo y a la vez como parte de una región. Así, el SIG deberá ser de fácil acceso y distribución; pragmático y operativo; de lenguaje relativamente simple; con enfoque sistémico en su integración, pero informativo en sus componentes.

2.2 Diseño conceptual

Renolen (2000) señala la importancia de que se genere un sistema donde todos los participantes entiendan el objetivo que se persigue. De esta manera tanto los diseñadores del sistema, así como los usuarios de éste podrán entenderse proporcionando conocimiento e información útil, en este caso, para la creación del SIG para el INH.

Puesto que la generación del SIG incluirá diferentes modelos, los cuales requerirán lenguajes de programación que no todos los usuarios conocen, se debe diseñar un sistema que permita visualizar los resultados en forma de mapas, figuras o diagramas de fácil comprensión y cuyo valor se muestre en la toma de decisiones. Renolen (2000) indica que esto se logra a través de la creación del diseño conceptual donde en un diagrama de bloques se represente el fenómeno del mundo real a ser analizado. Asimismo, BJORKE (1995) y SOLVBERG y KROGSTIE (1996) señalan que un diseño conceptual es una herramienta

para establecer el proceso a seguir incluyendo todos los aspectos que permitan adquirir conocimiento del mundo real a ser representado.

El desarrollo de la base de datos comprende tres etapas: el diseño conceptual, el diseño lógico y el diseño físico. El diseño conceptual es una herramienta que se basa en la información disponible, esto es, identifica los requerimientos de información, así como los datos disponibles por fuente de información, es posible establecer el diseño a elegir para generar el modelo conceptual y su implementación. El modelo conceptual permitirá observar al fenómeno de interés en un nivel de aproximación selectivo y generalizado representado en un lenguaje formal mediante simbología definida previamente.

El modelo lógico consiste en la construcción de un modelo o esquema general donde se integren los modelos que representen algún tema de interés reduciendo cualquier tipo de redundancia y optimizando el sistema. Los modelos pueden ser diseñados en dos lenguajes que son diagramas de entidad-relación y diagramas de flujo, ambos se dividen en clases de acuerdo con un principio estructural o la perspectiva del lenguaje mismo. Para ello Solvberg y Krogstie (1996) identifican siete tipos de perspectivas: *estructural*, donde el enfoque está en los datos y las unidades físicas para el modelo; *funcional*, cuando el enfoque está en proceso más que en los objetos y las unidades físicas; *de comportamiento*, donde definir los estados y transiciones que transforman cada etapa del sistema; *de reglas*, si la principal aplicación se basa en el sistema de conocimiento y la inteligencia artificial; *objeto-orientado*, si se considera la introducción de un lenguaje para representar al objeto; *de comunicación*, la cual se basa en la teoría de lenguaje/acción; y *de introducción*, donde las ideas desarrolladas durante la programación del objeto orientado e inteligencia artificial son la base.

El modelo de tipo estructural considera como principales componentes a las entidades, relaciones, atributos y restricciones de las relaciones o ligas presentes. Chen (1976) desarrolló un lenguaje de entidad-relación (ER) donde la principal consideración es el uso claro de los términos. Así una entidad es un objeto o cosa incluida en la base de datos (se usa un rectángulo) y el atributo es el término para representar una característica o medida

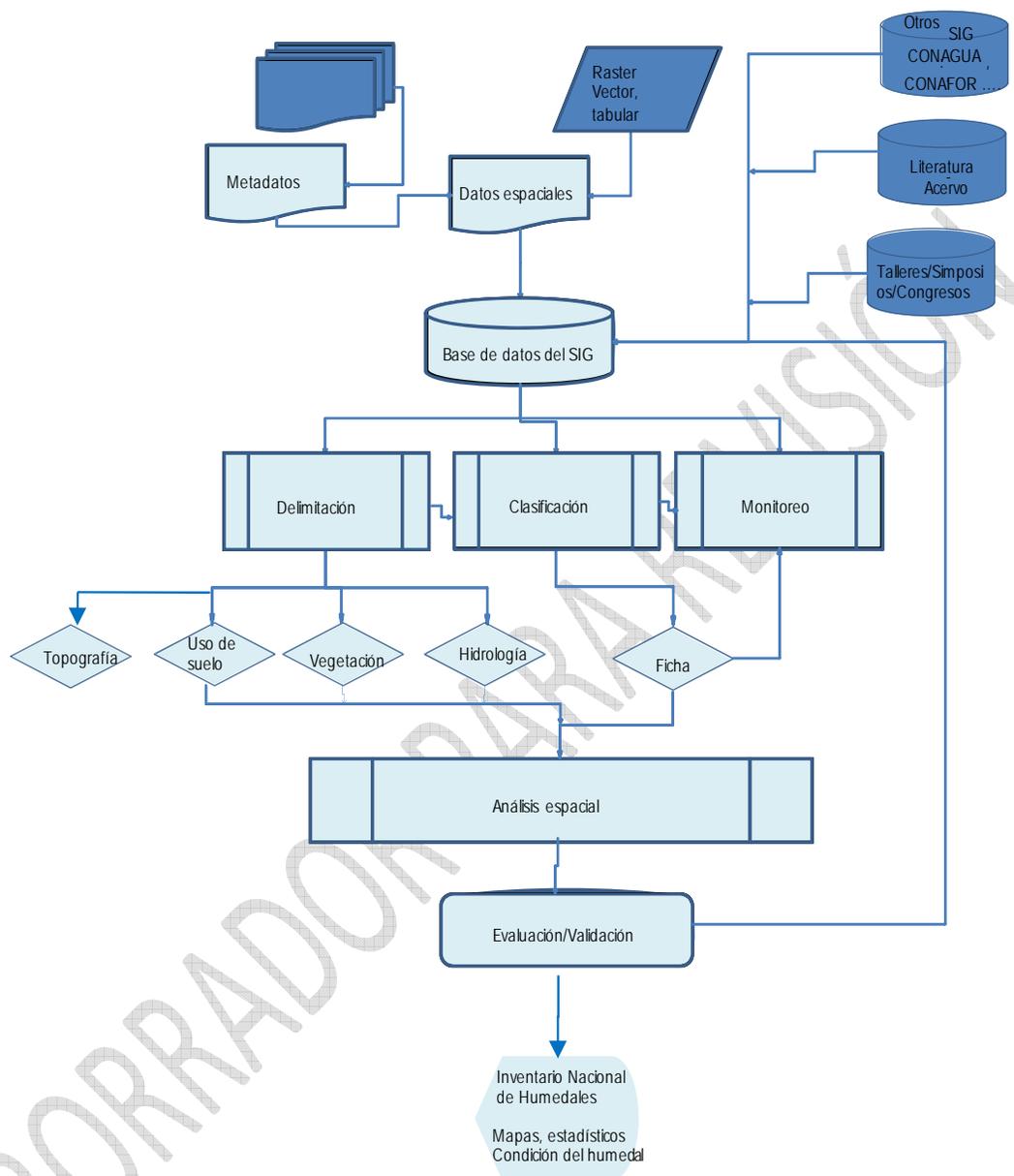
de las entidades (se usa una elipse), finalmente están las relaciones que conectan a las entidades (Se usa un diamantes).

En particular, Becker et al (1996) señalan que los datos espaciales o geográficos difieren de otros datos contenidos en la BD en cómo las entidades se definen y la relación entre sus atributos. De hecho esto especifica cómo se presenta el modelo de la BD espacial. Un aspecto importante para definir algunas de las relaciones espaciales es el uso de códigos topológicos donde un diagrama se puede expresar como un conjunto de nodos y ligas de manera que muestren una relación o secuencia lógica.

Pese a las ventajas de los modelos ER, Renolen (2000) puntualiza que los diagramas de flujo logran una mejor representación de los procesos en el mundo real, en particular, cuando se opta por la automatización de esos procesos. Los diagramas de flujo difieren de los modelos ER al mostrar cómo se genera una entidad en lugar de cómo es. El empleo de un modelo basado en un diagrama de flujo tiene una aplicación directa sobre las BD en especial cuando están sirven para diversos procesos. Los pasos a seguir en un diagrama de flujo incluyen desde la recepción de una aplicación (consulta), su manejo y solución. También se incluye el control final, la actualización de la BD y la presencia de mensajes de error.

La Figura 9 muestra un diagrama de flujo propuesto para el SIG del INH en función de la información disponible y los objetivos planteados.

Figura 9. Propuesta del diseño conceptual del SIG para el Inventario Nacional de Humedales



Fuente: Elaboración propia.

La implementación de la base de datos y el modelo construido, constituye el diseño físico con lo cual se visualizan los resultados de los análisis con las bases de datos. Básicamente, esta etapa se asocia con las capacidades de los equipos de cómputo y software utilizados

2.2.1 Información disponible

La Figura 10 muestra la estructura operativa de un SIG donde resulta evidente que el uso de información geográficamente referenciada o geoespacial a diferentes escalas (local, estatal y nacional) permite a la representación de los fenómenos de la naturaleza (en este caso los humedales) y, como consecuencia, favorece la colaboración entre instituciones con temas relacionados, lo que ayuda a la toma de decisiones. Así, los SIG son una herramienta que proporciona soluciones apoyados en la gestión conjunta de los datos necesarios para la explotación integrada y sostenible de los recursos.

Figura 10. Estructura operativa del SIG

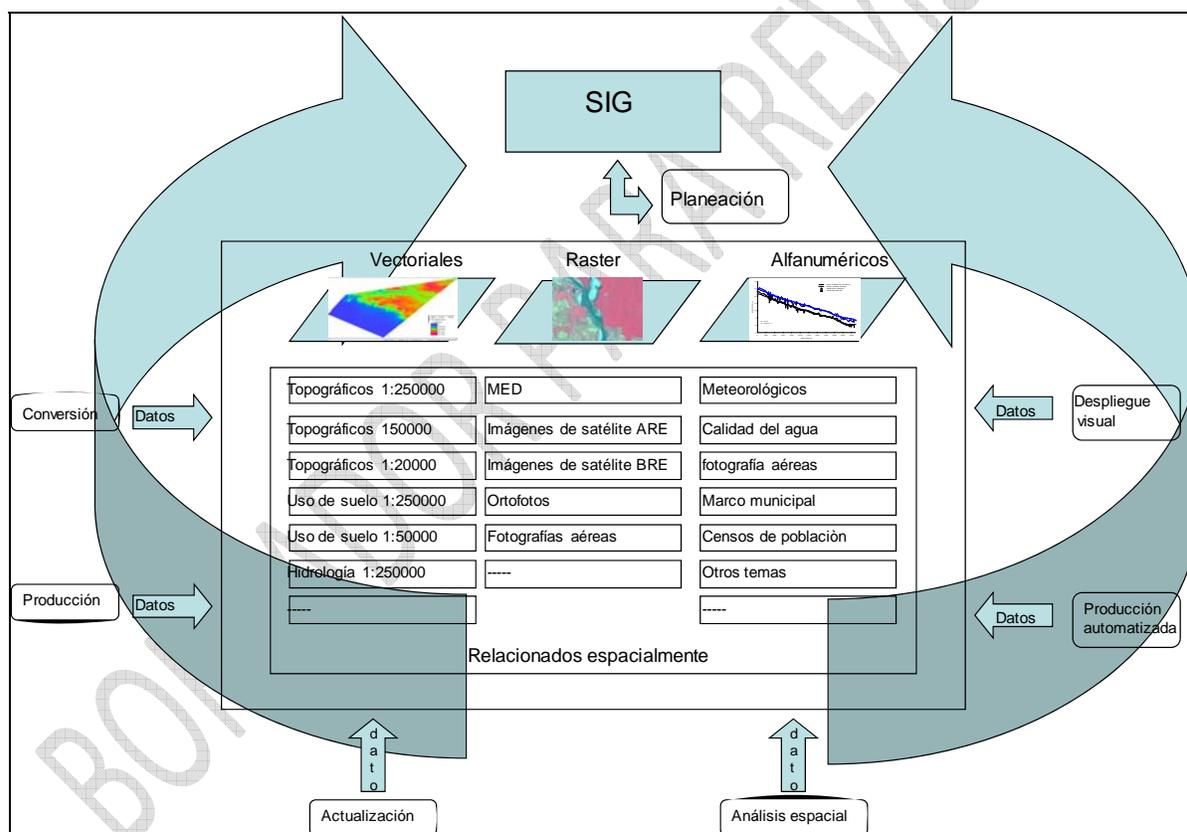


Figura 2.2. Estructura operativa del SIG.

Adaptado de INEGI, 2009

Fuente: Adaptado de INEGI, 2009.

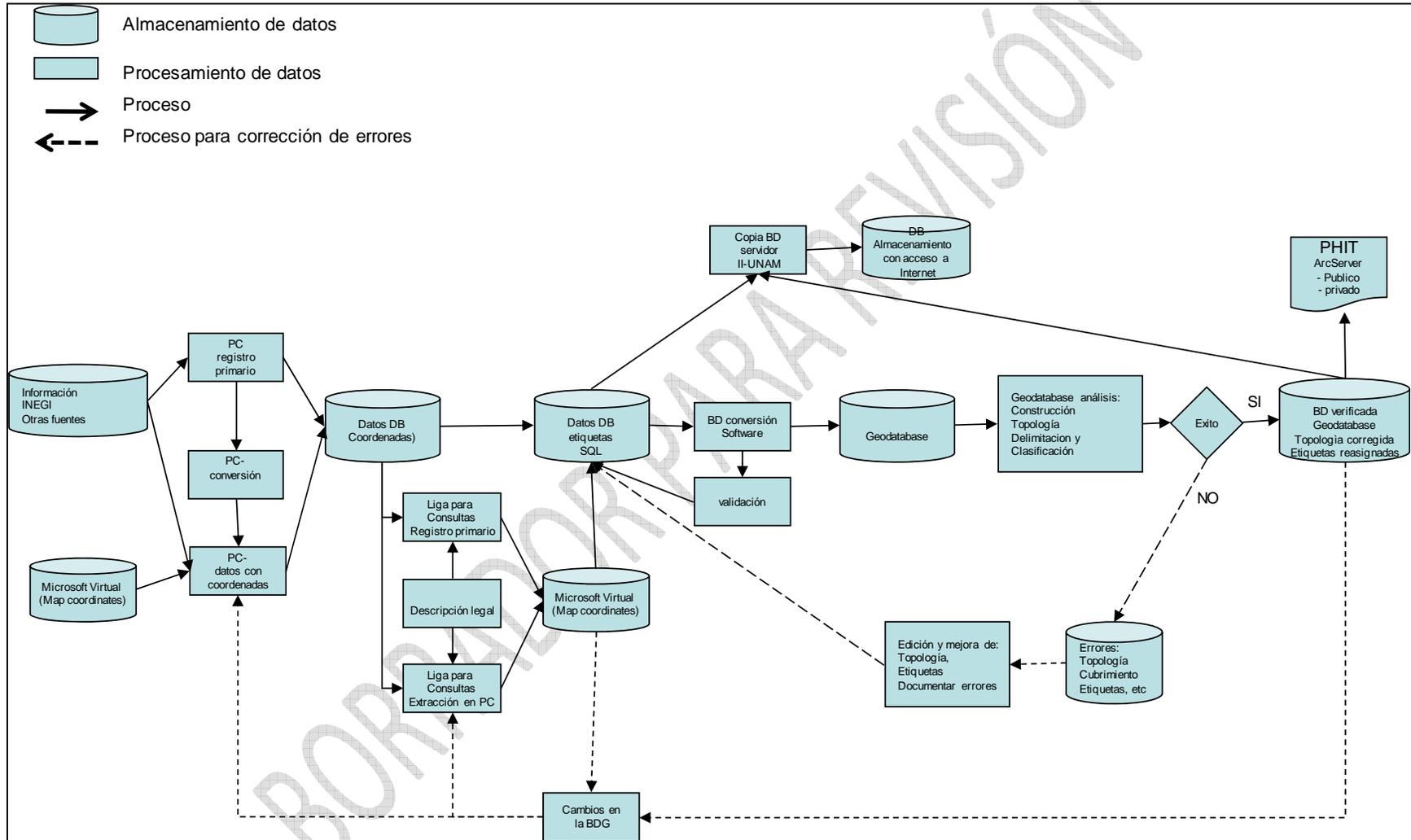
A la fecha se solicitó a la CONAGUA su intervención para poder acceder a la información de diferentes fuentes como el INEGI (información cartográfica y estadística oficial),

CONABIO, CONANP, CONAFOR y de la misma CONAGUA a fin de tener una base de datos completa para la realización del Inventario.

Hasta el momento se hizo la requisición de la información a INEGI de la cual aún se desconoce si se proporcionarán todos los datos solicitados y si se proporcionarán físicamente o a través de un portal. Con CONAFOR se tuvo una reunión el 9 de diciembre de 2009 y con CONABIO el 14 de diciembre de 2009, en ambos casos la información de sus bases de datos será proporcionada en una visita del II a dichas organizaciones.

La información es factor determinante para definir el diseño conceptual y, por tanto, establecer las etapas para convertir la información al formato que deberán tener los datos contenidos en la base de datos. Para este informe se presenta parte de la estructura de la BD generada para el estudio del Plan Hídrico Integral de Tabasco donde se tiene como uno de los temas el análisis de los humedales (Figura 11). Las Figuras 12 a 15 muestran la página que soporta el SIG para el PHT. La información básica se presenta en forma vectorial, raster y tabular, así como algunos documentos de texto. El listado se puede consultar en el Anexo 1.

Figura 11. Diagrama del proceso de la base de datos en el SIG del PHIT



Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Publicación de la página Web del PHIT usando ArcServer en portal del Instituto de Ingeniería, UNAM

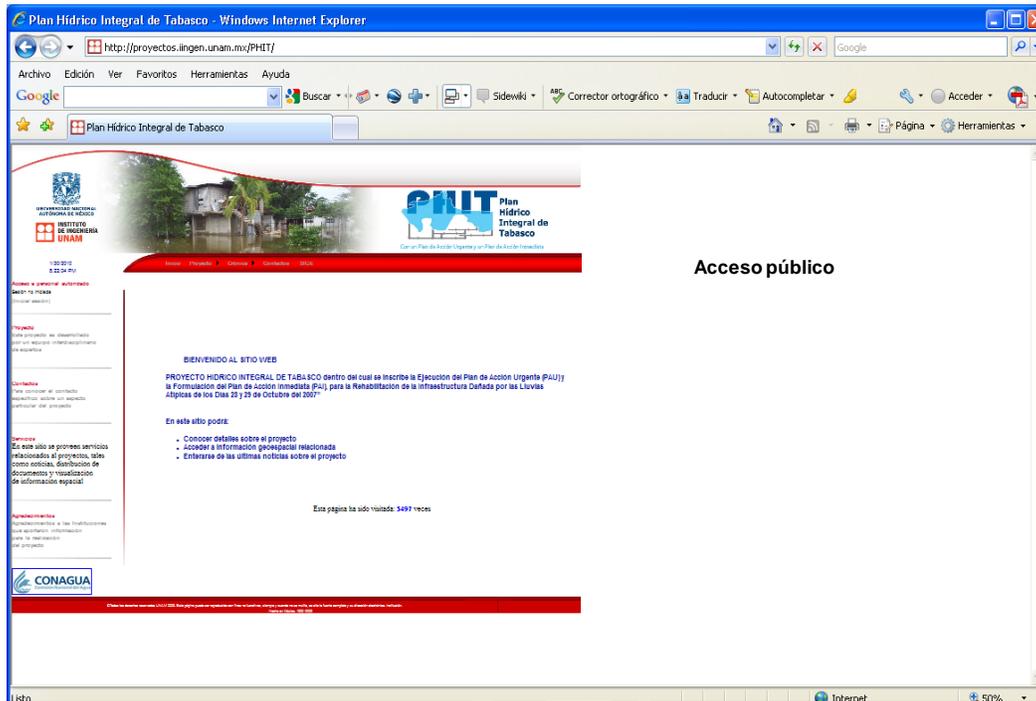


Figura 13. Empleo de un servidor conteniendo Microsoft Virtual para desplegar datos específicos del PHIT

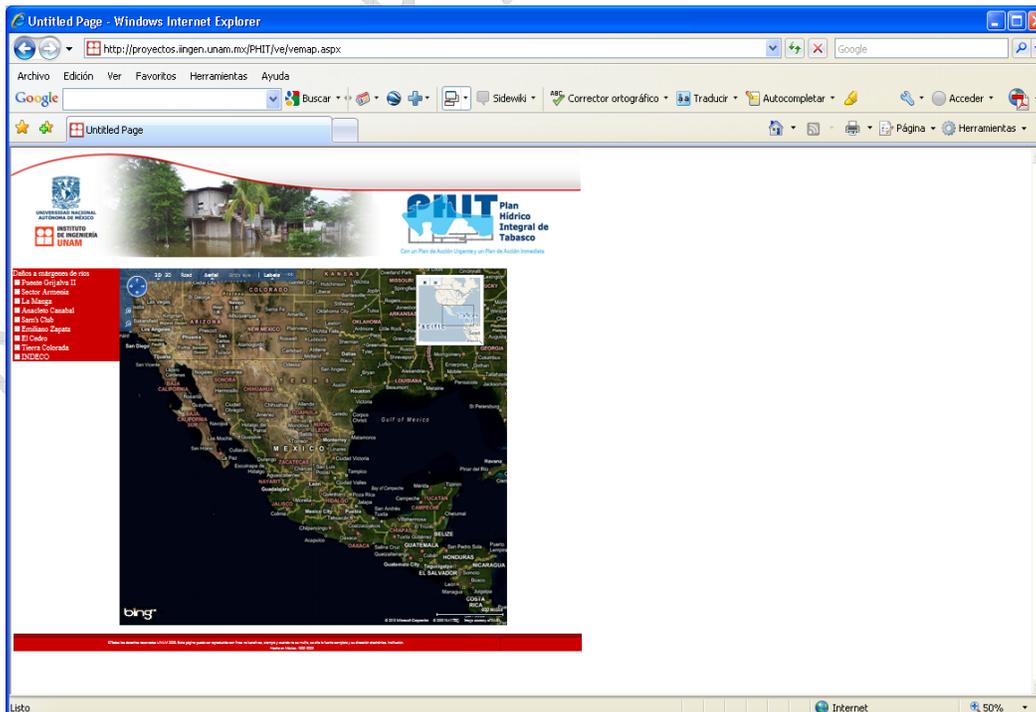


Figura 14. Ubicación de puntos de interés y despliegue de información documental

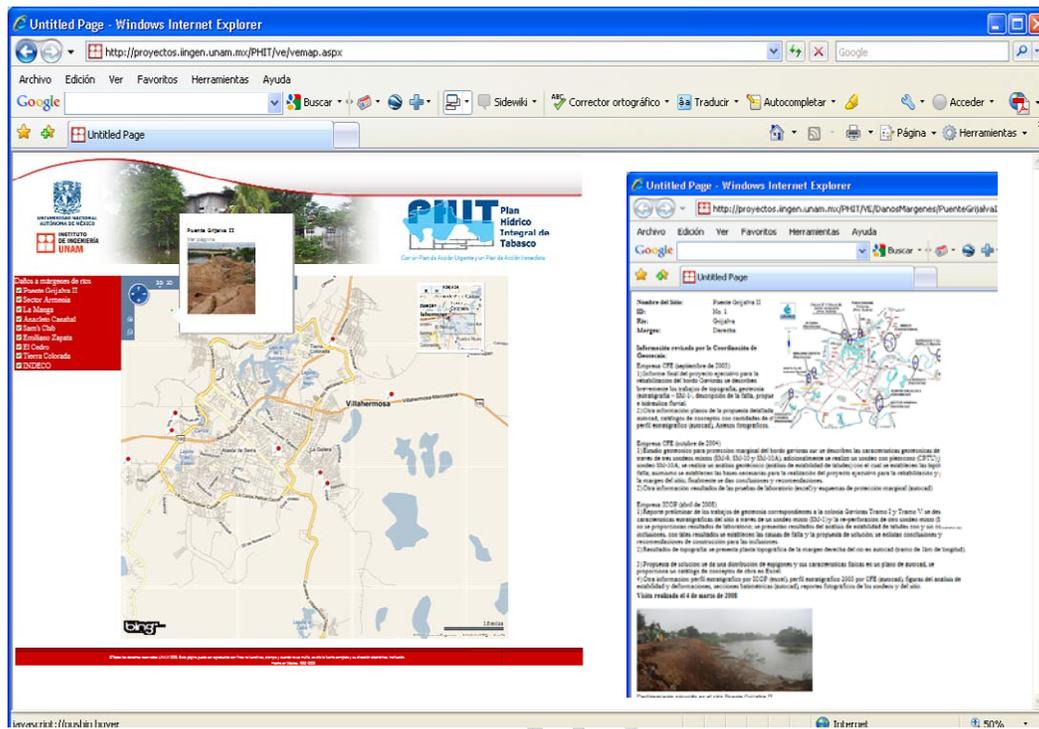
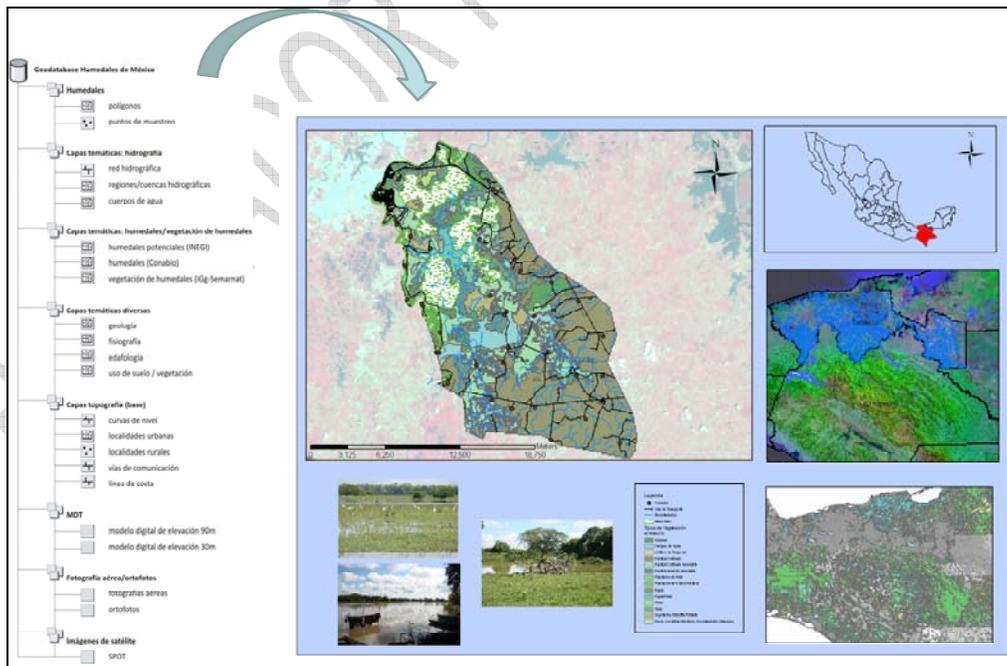


Figura 15. Muestra de parte de la geodatabase creada para delimitar los humedales de Tabasco



2.3 Disponibilidad y adopción de Hw y Sw

Gümüşay y Alkis (1998) señalan que los SIG se componen de tres elementos básicos: hardware (Hw), software (Sw) y una apropiada organización para cumplir con las aplicaciones que cubran las necesidades que dan origen al mismo SIG. Si bien el Hw y Sw están relacionados, su elección se realiza en forma independiente. Un factor de peso es la funcionalidad del Sw, si este puede ejecutar diversas funciones y permite el desarrollo de diversos grados de análisis. Sin embargo, entre más funciones desarrolle implica un mayor grado de complejidad y, por tanto, una mayor demanda de capacidad de procesamiento, lo que a su vez define su funcionamiento y al mismo Hw (Becker et al., 1996).

El Hw es la unidad de procesamiento central y está compuesta por elementos físicos tanto internos como externos, así como los sistemas que permiten su unión. Entre los componentes internos se tiene la tarjeta madre, fuente de alimentación, capacidad de procesamiento, dispositivos de video, drivers de almacenamiento, entre otros. Los dispositivos externos cuentan con teclado, mouse, monitor, discos duros externos, impresoras, plotters, digitalizadores, entre otros.

El Sw da lógica al Hw y, en el caso del SIG debe proporcionar una interface gráfica sencilla de manera que cualquier usuario pueda acceder a ella. Asimismo, el Sw deberá seleccionarse en la medida que dé respuesta a los aspectos siguientes:

- ◆ conversión de la información a datos donde se identifica el tipo de datos a usar y el grado de procesamiento que requieren (generación de datos geográficos base, entrada de datos, actualización y consulta), así como su verificación;
- ◆ administración, almacenamiento de la base de datos y su manejo;
- ◆ salida y presentación de los datos;
- ◆ transformación de los datos para su publicación; e
- ◆ interacción con el usuario.

Otro aspecto importante es que el Sw debe contener ciertas funciones que permitan desarrollar alguna aplicación específica que de solución a la consulta de un usuario. Por ejemplo, la ejecución de operaciones estándar como consulta y despliegue, o bien análisis espacial como uniones, sobreposición, buffering, e incluso análisis avanzados los cuales requieren cierto nivel de programación.

Ambos Hw y Sw deben elegirse de manera que respondan a las necesidades planteadas del sistema de manera rápida, fácil y económica. Asimismo, se deben considerar las limitaciones del sistema como su expansibilidad para cubrir cambios tecnológicos una vez diseñado y los requerimientos de licencias.

En el caso del INH, la selección de la plataforma a usar, así como el Sw está en función de hacer un SIG compatible al que se encuentra actualmente instalado en el Sistema de Información Geográfico del Agua (SIGA), CONAGUA, en sus oficinas centrales. El Hw y Sw se definen de la manera siguiente:

💧 Hardware:

Servidor con plataforma Windows con las características siguientes:

48 GB en RAM

1 TB en disco duro

2 procesadores Xeon Quad Core a 2.8 GHz

512 MB en tarjeta de video

2 tarjetas de red a 1Gbps

Monitor,

Impresora,

Plotter.

💧 Software:

Sistema operativo Windows Server 2003

Manejador de la base de datos: Microsoft SQL Server v. 2005 ó 2008

Aplicación de SIG - ArcGis 9.3 desktop

Aplicación de desarrollo: Visual Studio .NET

Visualización de datos: ArcGis Server

El servidor del Hw contendrá la información que será convertida en la base de datos, para su posterior almacenamiento en el servidor del Instituto de Ingeniería, UNAM. Se emplea el servidor del Instituto de Ingeniería, toda vez de que se mantendrá una copia de la información y este dará servicio a usuarios internos y externos, con lo cual se tratará de simular las condiciones que se tengan en el servidor de la CONAGUA.

El ArcGis es un software que incluye diversas herramientas para facilitar los procesos de captura, edición, análisis, tratamiento, diseño, publicación e impresión de información geográfica en gabinete y campo. Estas herramientas están contenidas en diversos productos como desktop, server, móvil. El desktop permite la creación de la geodatabase.

La implementación del SIG es otro aspecto a tenerse en cuenta, ya que los procesos de prueba también determinan la capacidad del sistema. Por ejemplo, la creación de la base de datos requiere una correcta definición de la capacidad del disco duro. Asimismo es necesario definir los programas de aplicación para asegurar la correcta ejecución de diferentes tipos y niveles de análisis.

2.4 Plataforma TIDI: una perspectiva de desarrollo

Por una parte, el proyecto CONAGUA-CONACYT 84369 plantea en su organización y funcionamiento un trabajo colaborativo al estar planteado su desarrollo a través de una red de investigación multidisciplinaria.

Por otra parte, el proyecto universitario TIDI, Telemática para la Investigación y la Docencia Interdisciplinarias, plantea los resultados preliminares de un estudio en proceso en el que se observa a una red multidisciplinaria de investigación durante la apropiación de tecnología telemática dirigida a la instrumentación de procesos de gestión del conocimiento durante la realización de investigaciones interdisciplinarias. Los resultados obtenidos muestran la utilidad del diseño y desarrollo ad hoc de una plataforma telemática observada, desde la perspectiva de los sistemas complejos, como la base

material que soporta la estructura y el funcionamiento de una red de investigación multidisciplinaria al constituirse como instrumento de investigación, medio de comunicación y elemento organizativo (Carrillo, 2009a).

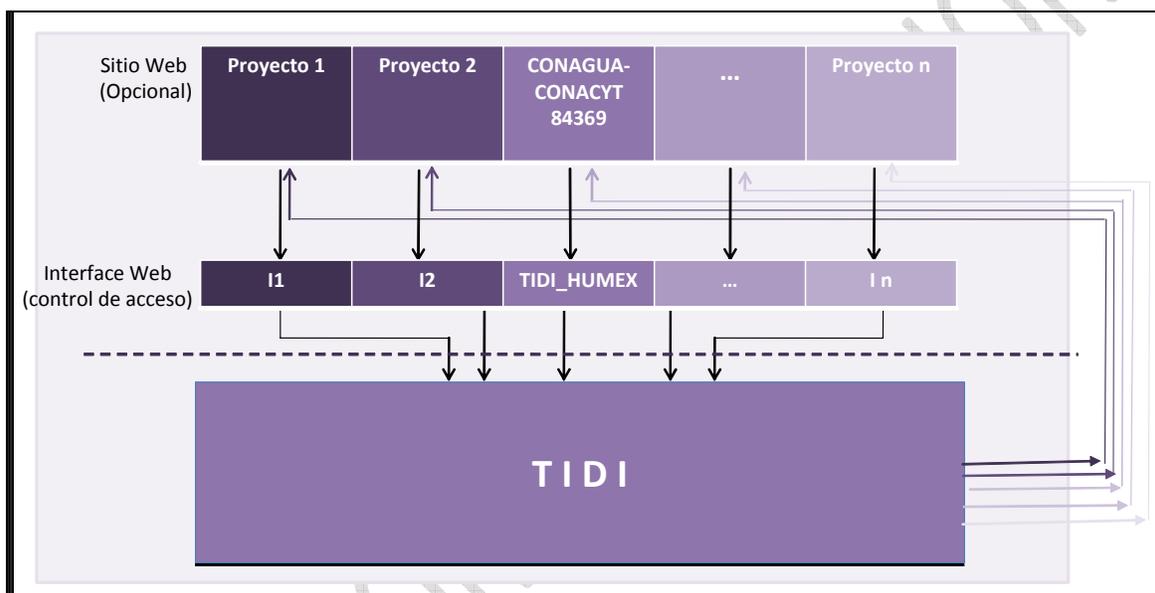
El proyecto TIDI plantea una metodología para diseñar y desarrollar tecnología telemática para instrumentar la gestión del conocimiento. La metodología consiste básicamente en el desarrollo de tres procesos particulares: crear, evaluar y comunicar productos y recursos de investigación basados en la información y el conocimiento, empleando una plataforma telemática (Carrillo, 2008a; 2008b). Específicamente, plantea que estos procesos atienden a necesidades identificadas y caracterizadas por un sistema de indicadores y modelos de análisis cuantitativos y cualitativos de la información, que construye la propia red de investigación trabajando colaborativamente, a fin de contar con un recurso que orienten las actividades y acciones de todos y cada uno de los miembros de la red (Carrillo, 2007).

Desde la perspectiva de la metodología TIDI se ubica a cada humedal como un ente vivo y, por consiguiente, al INH se le entiende como un proceso continuo y dinámico. Consecuentemente este último es considerado un proceso estratégico de investigación dirigido al conocimiento permanente de la génesis y evolución de -la vida de- los humedales nacionales.

Con esta visión el modelo conceptual de un INH se expresa como un sistema complejo constituido por procesos particulares realizados por un conjunto de investigadores conformados como una red de investigación generando y transformando conocimiento – de los humedales. Así mismo, se reconoce la utilidad de una plataforma desarrollada con tecnología telemática para transformar tal conocimiento en el explícito básico y fundamental para la toma de decisiones y la ejecución de acciones dirigidas a su conservación y manejo en la que conviven las características propias de cada humedal y se definen en el INH, a través de aquellas características que satisfacen los vínculos entre diversos criterios de análisis, clasificación y catalogación desde diversos campos disciplinarios.

Debido a que una plataforma telemática, desde la perspectiva de la metodología del proyecto TIDI, operando como un sistema geográfico de información, puede constituirse como la base material del -sistema complejo- Inventario Nacional de Humedales de acuerdo a lo descrito, se diseñará la estructura del TIDI para el INH con una estructura similar a la formulada por dicho proyecto (SIG).

Figura 16. Plataforma Telemática para la Investigación y la Docencia Interdisciplinarias (TIDI)



3 Referencias

1. Becker, P., Calkins, H. y Hayes, G. (1996). "Geographic Information System Development Guides", Vol. 1 y 2. Local Government GIS Demonstration Grant, New York State Archives, Office of Cultural Education within the New York State Education Department, New York
2. Bernhardsen T. (1999). "*Geographic Information Systems: An Introduction*", Second Edition, p. 372, ISBN: 0-471-32192-3, John Wiley and Sons, New Cork
3. Carrera y de la Fuente (2007). "*Inventario y Clasificación de Humedales en México. Parte 1*". Duck Unlimited de México, A.C. (DUMAC), Monterrey, México [Consulta en junio de 2007] <http://www.dumac.org>
4. Carrillo, L.P. (2009a) "*Telemática para la Investigación y la Docencia Interdisciplinarias*". Conferencia dictada en Jornadas de Investigación. CEIICH, UNAM. 20. Agosto de 2009. [En línea. Formato ppd. Consulta 13 de noviembre de 2009] <http://telematica.politicas.unam.mx/tidi.html>
5. Carrillo, L.P. (2009b) "*Red multidisciplinaria de aprendizaje colaborativo para la gestión del conocimiento dirigida a transformar capacidades de análisis de la información de fenómenos sociales, basada en tecnología telemática*". Proyecto PE 304909, PAPIIME-DGAPA-CEIICH, UNAM. México.
6. Carrillo, L.P. (2008a). "*Sociedad del conocimiento. Academia, complejidad, administración y tecnología*". SITESA-FCPyS, UNAM. México.
7. Carrillo, L.P. (2008b). "*Modelo conceptual de un sistema complejo de gestión del conocimiento que emplea tecnología telemática*". Tesis doctoral. FCyA, UNAM. México.
8. Carrillo, L.P. (2007). "*La gestión del conocimiento y la tecnología telemática en tres entidades académicas de una institución de educación superior (La Universidad*

Nacional Autónoma de México)". Encuentro Internacional de Educación Superior Virtual Educa. Sao José Dos Campos, Brasil

9. CONABIO (2000)
10. CONABIO (2008). *"Manglares de México"*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 38, México, D.F.
11. CONABIO (2009). *"Manglares de México: Extensión y distribución"*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp. 100., México, D.F.
12. Demers M. (2005). *"Fundamentals of Geographic Information Systems"*. Third Edition, p. 468, ISBN: 0-471-20491-9, John Wiley and Sons, New York
13. Folger P. (2009). *"Geospatial Information and Geographic Information System (GIS): Current Issue and Future Challenges"*. CRS Report for Congress, pp. 30, Washington, DC
14. González et al, 2006. Primer Encuentro Universitario del Agua.
15. INEGI (2006). *"Manual descriptivo Cartografía Humedales Potenciales de México"*. escala 1:250,000, Instituto Nacional de Geografía y Estadística, pp. 48, Aguascalientes, Ags., México.
16. **INEGI (2007) PUBLICACION**
17. Pucher Alexander y Kriz, Karel. (2003). *"Conceptual and logical design of the toolbox – GIS functionality"*. D6.2 STATLAS Consortium, pag. 23, Viena, Austria
18. Ramsar (2007). *"Wetland inventory: A Ramsar framework for wetland inventory"*. Ramsar handbooks for the wise use of wetlands, 3rd edition, vol. 12. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
19. Renolen, Agnar (2000). *"Modelling the real world: Conceptual modelling in spatiotemporal Information System Design"*. *Transactions in GIS*, 4(1), 23-42.

20. Worldlife TRUST (2000). [Consulta en línea en junio de 2007]
<http://www.wildlifetrust.org/>

BORRADOR PARA REVISIÓN