

SECCIÓN V

**HERRAMIENTAS E INSTRUMENTOS
PARA LA GESTIÓN COSTERA**

HERRAMIENTAS TÉCNICAS PARA LA PLANIFICACIÓN: ÍNDICES, MAPAS, BASES DE DATOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Roberto C. Monroy Ibarra y Ana Cecilia Travieso-Bello

Introducción

En la zona costera se combina una gran diversidad de geoformas, tipos de suelo, vegetación y fauna, que determinan un mosaico de ambientes contrastantes y frágiles. En la misma se establecen asentamientos humanos y se llevan a cabo diferentes actividades socioeconómicas, como son: agricultura, ganadería, forestería, pesca y acuicultura, extracción de sal, desarrollos turísticos, industriales y portuarios, entre otros. Algunas de estas actividades son incompatibles entre sí.

Los municipios que tienen parte o la totalidad de su territorio en la zona costera no sólo reciben el impacto de las actividades realizadas en ella, sino también el de las partes altas de las cuencas a las que pertenecen. Esta problemática dificulta el proceso de toma de decisiones, resolución de conflictos y formulación de políticas y estrategias de desarrollo costero.

Además, gran parte de las personas responsables de tomar decisiones en los municipios costeros reconocen la necesidad de utilizar métodos y herramientas adecuados para la planificación sustentable del uso y manejo de los recursos. Actualmente, las herramientas utilizadas para este fin son índices, mapas, bases de datos y sistemas de información geográfica, que posibilitan el manejo y la integración dinámica de gran cantidad de información actualizada, confiable y de diferentes orígenes. Facilitan la toma de decisiones ya que permiten identificar y ubicar, espacial y temporalmente, los actores y los recursos, evaluar la calidad y cantidad de estos últimos e identificar las potencialidades y limitaciones para las diferentes actividades productivas, recreativas y de conservación. Todo ello armoniza las actividades que ocurren dentro del municipio, objeto principal del proceso de planificación.

Por otra parte, la planificación basada en estas herramientas tiene un carácter dinámico, es decir, se ajusta periódicamente en respuesta a nueva información, a condiciones socioeconómicas que imperan a través del tiempo en las actividades

involucradas y al mismo desarrollo de los sistemas naturales presentes en el municipio.

Considerando lo anterior, este capítulo está dirigido a aquellas personas que se aproximan por vez primera a estas herramientas, y que además tienen la necesidad de participar en los procesos de planificación y de toma de decisiones dentro de sus municipios.

Índices

¿Qué es un índice?

Es una medida estadística diseñada para mostrar cambios espaciales y/o temporales en una variable o en un grupo de variables relacionadas. Las variables que integran el índice se relacionan entre sí mediante operaciones matemáticas (suma, resta, multiplicación, división, potenciación, etc.) o análisis estadísticos multivariados. Se deben definir valores de referencia, es decir, un rango de valores que puede tomar el mismo, estableciéndose los valores mínimos, máximos y óptimos. En caso de que no existan valores de referencia, sólo se podrá decir si el índice es mayor o menor en un sitio o tiempo respecto a otro con el que se le compara.

Un índice muestra los cambios en el espacio y/o el tiempo. Tiene, por lo general, valores de referencia que indican los límites máximos y mínimos, así como los valores óptimos.

El objetivo y la escala de trabajo, así como la cantidad y calidad de la información disponible, determinan el índice a utilizar. En México, existen estadísticas periódicas, tanto ambientales como socioeconómicas, que constituyen una fuente de información importante para la construcción de índices. Ejemplo de ello son los censos agropecuarios, económicos, de población y vivienda y el registro de estadísticas ambientales que realiza el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI).

Los índices integran información y permiten comparar aspectos ambientales, económicos, sociales, políticos, etcétera.

¿Qué utilidad tienen los índices?

Los índices pueden aplicarse en todos los ámbitos: económico, ambiental, social, cultural y político. Inclusive pueden combinarse varios, como es el caso de los índices de sustentabilidad.

Organizaciones internacionales como la Organización de las Naciones Unidas para la Ciencia y la Cultura, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico y el Banco Mundial emplean índices para comparar los países en cuanto a niveles de educación, salud, alimentación, seguridad, ingresos, contaminación, bienestar. Les permite también evaluar el éxito de las políticas aplicadas.

Para la evaluación del medio biofísico se han construido y aplicado índices de diversidad (Magurran, 1988), de integridad biótica y de salud de los ecosistemas (Karr, 1981; 1991), comparándose ecosistemas similares que difieren en el nivel de impacto de las actividades humanas.

En México los índices se emplean en diferentes contextos; por ejemplo, los índices de marginación y desarrollo humano (CONAPO, 2000; 2002) se han aplicado con el fin de comparar la calidad de vida entre entidades federativas y entre municipios, así como de identificar zonas prioritarias donde deben llevarse a cabo acciones inmediatas para mejorar el nivel de vida de la población.

Los índices de ruralidad de la población, de uso de agroquímicos, de infraestructura e insumos turísticos, fragilidad ecológica y económica, entre otros, han sido utilizados en el ordenamiento ecológico general del territorio (INE-SEMARNAP, 2000) para la planificación sostenible del uso del suelo, mientras que el índice general de pobreza y el índice de Gini de desigualdad de ingresos, se emplean como indicadores de desarrollo sustentable en la categoría social (INEGI, 2000).

En resumen, los índices pueden formar parte de una base de datos y expresarse de manera gráfica en un mapa, pues permiten establecer comparaciones entre áreas y detectar los cambios temporales de un área en particular. También apoyan las evaluaciones de impacto ambiental, ordenamientos ecológicos, monitoreos, análisis de

tendencias, modelación de escenarios alternativos y actividades de planificación, ya que reducen el nivel de incertidumbre y facilitan una mejor definición de las prioridades. Por ello, resultan una herramienta útil para los tomadores de decisiones, especialmente en los municipios ya que son la base de la división territorial, así como de la organización política y administrativa de los estados y del país. En ellos se constituye el nivel de gobierno encargado de atender muchas de las necesidades y demandas de la población, aprobar los ordenamientos ecológicos locales y gestionar recursos para su propio desarrollo.

La principal dificultad que se enfrenta al elaborar los índices es su diseño y construcción, lo cual debe hacerse con personal capacitado para ello. Una vez construidos, pueden ser aplicados por cualquier persona con conocimientos mínimos del tema.

¿Cómo se construye un índice?

En la actualidad, aún siguen vigentes muchos índices que se han elaborado a través de la historia. Si se requiere construir uno nuevo o modificar uno existente, lo primero es definir el objetivo y la escala a la cual será aplicado; luego, identificar las variables a utilizar, así como la cantidad y calidad de información disponible de estas variables y la factibilidad de generar los datos nuevos que se necesitan. Posteriormente, se deben determinar las operaciones matemáticas que relacionarán las diferentes variables indicadoras y el peso que se les dará a las mismas. Por último, es indispensable probar su funcionamiento y, de ser posible, establecer sus valores de referencia. A continuación, como ejemplo se muestra el índice de educación (IE) utilizado por el Consejo Nacional de Población (CONAPO), el cual está formado por la proporción de personas alfabetas de quince años o más (IA) y la proporción de personas de 6 a 24 años de edad que asisten a la escuela (IAE). Este índice muestra el nivel de educación existente en un área determinada y sus valores oscilan entre cero y uno. Para expresarlo en porcentaje, puede multiplicarse por cien.

$$IE = (2 \times IA + IAE)/3$$

Ventajas y desventajas de los índices

Los índices integran y resumen gran cantidad de información, pues reducen un elevado número de datos a una cifra sintética. Permiten establecer comparaciones,

Los índices integran gran cantidad de información; sin embargo, en ocasiones esta síntesis dificulta su interpretación.

tanto en el espacio como en el tiempo, facilitando la comprensión de un tema o fenómeno complejo por personas con poca experiencia o no especializadas en el mismo. Éstos deben ser contruidos por personal capacitado en el tema. Después de que los índices son probados y validados, pueden ser calculados por cualquier persona que disponga de los datos necesarios. Incluso es posible automatizar los cálculos.

Las principales desventajas de los índices son las siguientes: el hecho de ser un solo valor integrador en ocasiones dificulta la interpretación y es necesario regresar al análisis de las variables que lo componen; además, por lo general se obtienen de valores promedios, por lo que su valor no es exacto, sino aproximado. Por otra parte, muchas veces los sitios que se comparan difieren en condiciones ambientales y/o socioeconómicas, lo que dificulta la estandarización del índice. Por último, en los casos en que se le asigna un peso o valor relativo diferente a las variables que integran el índice, es difícil definir el factor de ponderación apropiado (peso).

Mapas

¿Qué es un mapa?

La humanidad desde sus principios se ha encontrado con la necesidad de hacer una descripción de su entorno para facilitar la realización de sus actividades cotidianas y de sustento. Cuando esta descripción se transformó en dibujos sobre diferentes materiales como piedra, piel o madera, surgieron los primeros mapas.

Una idea mínima dice que un mapa es un documento que representa un espacio definido de la superficie terrestre, en el cual mediante símbolos se expresan algunas características específicas o escogidas (Navarro y Legorreta, 1998). Las características o elementos del terreno representados pueden ser ríos, bosques, montañas, edificios, líneas telefónicas, carreteras, etc.; es decir, información impresa, simplificada a símbolos, colores, claves, etcétera.

Los elementos de un mapa tienen la condición necesaria de simplificar la realidad, lo que implica el uso de escalas que permiten manejar la relación entre la distancia real y la distancia gráfica (Navarro y Legorreta, 1998).

Un mapa permite representar espacialmente información puntual, lineal y por área, a una escala determinada.

Otro aspecto importante de los mapas es el paso de una superficie esférica a un plano. Para ello se utilizan las proyecciones que representan, sobre un plano, la superficie esférica de la Tierra con la menor deformación posible, utilizando una red de meridianos y paralelos (Domínguez, 2000).

Complementando lo anterior, en términos geográficos un mapa es una representación gráfica de los elementos del terreno por medio de coordenadas geográficas reales que se ubican en un espacio y tiempo determinados. En esta definición se incorporan la posición geográfica de los elementos por medio de coordenadas reales, el manejo de las escalas que representan el espacio y la determinación del tiempo por medio de fechas. Estas características aumentan no sólo la cantidad sino también la precisión y la calidad de la información.

¿Para qué sirve un mapa?

Todos los mapas, del tipo que sean, tienen algo en común: responder a la pregunta básica ¿dónde?

Cualquier información contenida en los mapas, como la red de carreteras, los poblados, los ríos, etc., tendría poco valor si se desconoce su ubicación. Por ejemplo, con un mapa se pueden conocer los tipos de vegetación o de suelo que existen en tal municipio; sin embargo, lo importante es ¿dónde se encuentra cada elemento en el municipio? Si alguna catástrofe sucedió ¿dónde ocurrió? y ¿cómo llegó a ese lugar?, es decir ¿por dónde me voy?

Los mapas constituyen un almacén de datos creados para satisfacer necesidades de información en diferentes situaciones y para distintos tipos de personas. Esta especificidad resulta en una complejidad de temas, escalas, formas y proyecciones de los mapas.

Existen mapas de diferentes temas: suelo, vegetación, poblados, carreteras, ríos, etc. La escala empleada dependerá del área de trabajo, y puede cambiar del país al estado o al municipio. Mientras que la proyección y el sistema de coordenadas utilizados dependerán primeramente de los objetivos que se persigan en el trabajo y luego del área que se abarque.

Resulta importante tener siempre presente que la elección correcta del mapa permitirá recuperar la información que se requiera de manera fácil y confiable. Por ejemplo, si se desea ubicar un destino turístico se debe usar un mapa específico de carreteras o turístico. En él se encontrará la mejor ruta o inclusive rutas alternativas, se podrá medir la distancia en kilómetros y calcular el tiempo necesario para llegar al destino seleccionado. Si se quiere información de todo el país o sólo de nuestro municipio, es preciso elegir la escala apropiada, considerando que el detalle de la información depende de la escala.

Ventajas y desventajas de los mapas

Entre las ventajas de los mapas en un proceso de planificación se encuentra el poder observar de manera gráfica y desplegada la extensión, los límites y las características que existen dentro de la zona, sin olvidar que cada rasgo que se muestra tiene un espacio geográfico particular y bien definido. Su mayor desventaja radica en que esta información no es actualizable, es decir, se restringe a la fecha especificada en el mapa.

El INEGI es la principal fuente de información cartográfica (Figura 1); tiene cubiertos varios aspectos del país en material impreso, disponible a diferentes escalas. Sin embargo, en años recientes se ha comenzado a producir cartografía digital sumamente útil para su incorporación directa en los Sistemas de Información Geográfica (SIG's). La desventaja, como ya se mencionó, es la fecha en la cual se generó la información. La actualización de la cartografía está atrasada, cuestión que se debe considerar cuando se trabaje con mapas de esta fuente.

Bases de datos

¿Qué es una base de datos?

Cualquier modo de almacenamiento de datos organizados y relacionados entre sí,

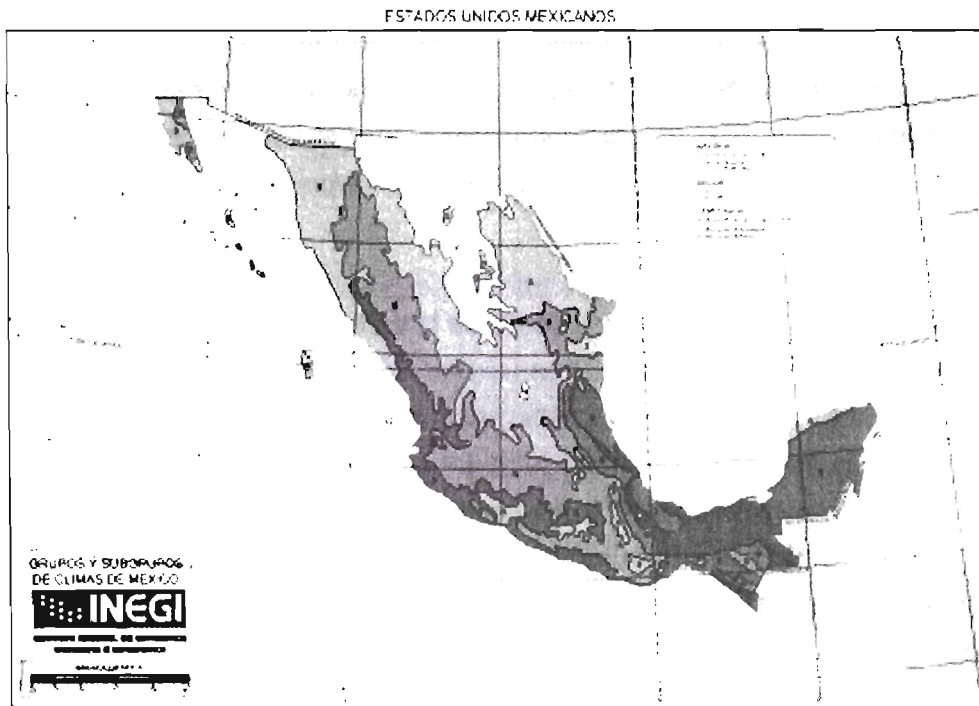


Figura 1 | INEGI principal fuente de información cartográfica en México. Ejemplo del mapa de grupos y subgrupos de clima en México.

que permita la consulta simple de la información, puede ser una base de datos. Por lo tanto, se consideran bases de datos un archivo de oficina, una colección botánica, el directorio telefónico o una simple agenda personal.

Una base de datos está compuesta por la información o datos contenidos en tablas, con una estructura de orden y relaciones entre ellas. Para manejar estos datos y relaciones es necesario un programa de cómputo conocido como Sistema Manejador de Bases de Datos (Data Base Management System DBMS) (Figura 2). Estos programas están diseñados para trabajar grandes volúmenes de información de manera ordenada y para facilitar el acceso a la misma a través de programas o aplicaciones prediseñadas. Estas aplicaciones permiten la comunicación o interfase entre el usuario y los datos; es aquí donde se efectuará la captura de los datos, se desarrollará el manejo y se consultará la información almacenada.

Una base de datos está integrada por los datos ordenados y estructurados y el conjunto de relaciones que se establecen entre ellos

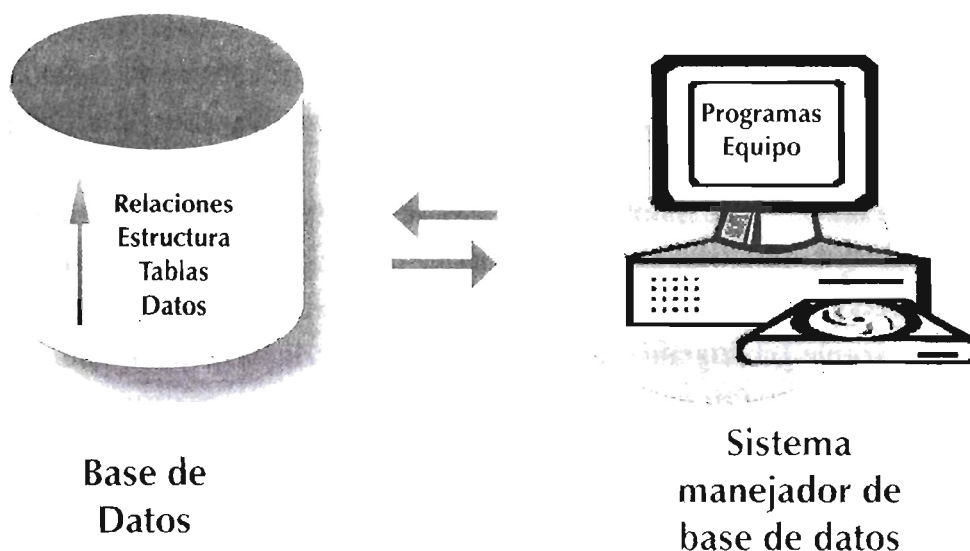


Figura 2 | Estructura de las bases de datos compuesta de la información estructurada y relacionada más el sistema manejador de bases de datos.

Como se puede advertir, los datos son tan importantes como la estructura conceptual de las relaciones entre ellos. En resumen, las bases de datos, desde el punto de vista de la informática, son el conjunto de datos más los programas que hacen de ellos un conjunto consistente. Si los dos elementos no están unidos, no se puede hablar de una base de datos, ya que la combinación de ambos da la coherencia necesaria para trabajar con los datos de una manera sistemática.

Para toda base de datos es importante contar con un Administrador de Base de Datos (Data Base Administrador DBA), es decir, una persona o equipo de personas profesionales, responsables del control y manejo del sistema de base de datos, generalmente con experiencia en DBMS, diseño de bases de datos, sistemas operativos, comunicación de datos, hardware y programación.

Las bases de datos permiten la consulta de cualquier información contenida en la misma, así como la actualización constante de la información, si está automatizada.

¿Para qué sirven las bases de datos?

Las bases de datos están construidas siguiendo dos objetivos básicos. Primero, almacenar los datos y organizarlos para su eventual consulta, y segundo, manipular la información con operaciones básicas como ingresar, eliminar y consultar.

El uso de las bases de datos se encuentra de manera cotidiana en todos los ámbitos, empresas, gobierno, industria, educación y muchas disciplinas más. En ocasiones se hace uso de ellas sin percatarse. Ejemplo de ello son las consultas en las bibliotecas. Todo el acervo bibliográfico está capturado en una base de datos para consultas con una organización distribuida de manera que permite a varios usuarios acceder a la información al mismo tiempo. Otros ejemplos comunes de utilización son las nóminas de las empresas, las cuentas bancarias y la compra de un boleto de autobús.

Para los gobiernos municipales las bases de datos son la primera forma de consulta de catastro. Se puede conocer a quién pertenece tal propiedad, cuál es su superficie y los servicios con que cuenta, entre otros datos. También pueden utilizarse para conocer las estadísticas ambientales, económicas, sociales y de población. Por ejemplo, consultar el total de población de un municipio, el grado de escolaridad que tienen los habitantes de tal poblado o el número de hogares que dependen del sector agrícola.

Toda la información contenida en la base de datos puede ser consultada las veces que se requiera, así como complementar o actualizar la información día con día, para contar con datos más confiables que permitan apoyar la toma de decisiones sobre nuestro municipio.

Ventajas y desventajas de las bases de datos

Las bases de datos contienen los datos organizados, por lo que se minimiza su repetición. La información es de fácil acceso y se pueden compartir datos. Además, la automatización de las operaciones aumenta y existe una mayor estandarización de los datos. Muchas aplicaciones acceden a la base de datos de forma simple, permitiendo la interacción entre los programas.

Por otra parte, las bases de datos tienen algunas limitaciones ya que su estructura es muy compleja, pues manejan una gran cantidad de información así como una alta

variabilidad. Su organización se restringe desde la creación, por lo que su tamaño es finito y las consultas están limitadas a la información almacenada. Las mismas se diseñan para objetivos específicos, por lo que en ocasiones quedan limitadas en su implementación para otros usos diferentes.

Aunque la implementación y compra del programa (DBMS) tienen un costo alto, los gastos de mantenimiento son mínimos. Además, debido a su centralización, existe la necesidad de respaldar la información, y de capacitar al administrador de la base de datos.

El personal calificado y el respaldo constante de la información garantizan el buen funcionamiento y la actualización de la base de datos.

Al igual que en los mapas, una fuente importante de información son los censos que realiza el INEGI. En ellos se puede encontrar información acerca de casi todos los municipios del país, en diferentes fechas y, en algunos casos, hasta de las localidades.

669

En cuanto a los programas manejadores de base de datos, varían en complejidad y por lo tanto en precio. Hay para los diferentes sistemas operativos y para las diversas necesidades y volúmenes de información que se manejen en la oficina, la empresa, el gobierno, etc. Por ello, es imprescindible conocer las necesidades de información desde la implementación para ahorrar gastos innecesarios.

Sistemas de Información Geográfica

¿Qué es un Sistema de Información Geográfica (SIG)?

Un SIG puede ser definido como un sistema para ingresar, almacenar, manipular, analizar y desplegar datos geográficos o espaciales (Congalton y Green, 1992). Sin embargo, esta definición queda incompleta ya que en sentido amplio un SIG es un medio computarizado, consistente en la colección organizada de equipos, programas, métodos, personal y datos georreferenciados (Figura 3). Todos estos elementos trabajan en conjunto para el almacenamiento, análisis y despliegue de información espacial, asociada a una base de datos de atributos.



Figura 3 | Componentes del SIG. Todos los elementos trabajan en conjunto para el almacenamiento, análisis y despliegue de información espacial; por lo tanto un SIG no se compra, sino que se construye.

Un SIG se compone de datos georreferenciados, programas, equipos y recursos humanos que lo manejan. Éste es dinámico ya que puede actualizarse constantemente.

Los datos espaciales son la parte medular de cualquier SIG. De los esfuerzos y el dinero requeridos para correr un SIG, 80 ó 90% es usado en la adquisición, captura, actualización y manipulación de los datos (Congalton y Green, 1992). Los datos corresponden a la representación gráfica, en forma digital, de los elementos del terreno, los cuales deben tener siempre asociadas coordenadas geográficas, es decir, deben ser "datos espaciales georreferenciados". Cualquier dato que ingrese al sistema sin coordenadas reales no servirá para ningún tipo de análisis geográfico, sólo ofrecerá una simple interpretación visual.

Además de la información cartográfica representada y visualizada por medio de símbolos, también existen datos cuantitativos y cualitativos asociados. Cada rasgo geográfico tiene asociada una base de datos, cuya información se compone por tablas con características propias de los objetos mapeados, conocidas como "base de atributos". De modo que se cuenta con dos tipos de datos estrechamente integrados: geográficos (mapas) y de atributos (base de datos).

Para manejar estos datos se requiere un programa de cómputo (software) que administre la información, similar a un DBMS descrito anteriormente. En el mercado, existen muchos de estos programas, llamados también Sistemas de Información Geográfica. Como ejemplo se tienen ARC-VIEW, IDRISI, GRASS, SPRING, ILWIS, entre otros. Además, se necesita un equipo de cómputo (hardware) con un espacio suficiente de almacenamiento y con un mínimo poder de procesamiento, que se ajuste a las necesidades y al presupuesto.

El componente humano es imprescindible, pues es indispensable tanto el personal capacitado que efectúa las tareas de ingreso, análisis, modelación y presentación de la información que genera el SIG, como el conocimiento de los métodos que se emplean o se crean para cada situación o proyecto. Todos estos elementos forman el SIG y no sólo el programa de computadora. En otras palabras, un SIG no se compra, se construye.

¿Para qué sirve el SIG?

Antes de la tecnología SIG, la forma en que se tomaban decisiones no siempre era la más adecuada, por ejemplo: ¿Cuál era el lugar más apto para ubicar una nueva escuela? ¿Para construir un puerto o una fábrica? Anteriormente la toma de decisiones se basaba en la información de mapas y tablas estadísticas impresas, aunque el acceso a esta información se dificultaba porque normalmente se mantenía en oficinas aisladas entre sí y con una escasa coordinación. Era difícil mantener actualizados los mapas y las tablas por lo que no se podía saber con certeza si lo que mostraba en el mapa aún existía.

Un SIG permite la elaboración de diagnósticos, el análisis de tendencias, la generación de escenarios alternativos, así como el diseño de propuestas, facilitando la toma de decisiones.

Además, no todas las alternativas se tenían en cuenta ya que no podían ser visualizadas en conjunto y, por tanto, las decisiones estaban basadas en información pobre, resultando en soluciones parciales del problema o simplemente en una planificación inadecuada.

Hoy día un SIG es una poderosa herramienta utilizada por personas que requieren tomar decisiones basadas en toda la información disponible, con el objeto de lograr soluciones más óptimas al problema investigado. A través de un SIG los mapas pueden ser integrados fácilmente con otros datos. Por ello, cualquier información contenida en una tabla puede visualizarse en un mapa instantáneamente; y cualquier problema representado en un mapa puede analizarse cientos de veces más rápido. También pueden desplegarse sobre las pantallas de computadoras y/o mapas SIG impresos, las relaciones y tendencias que no se habían percibido anteriormente.

El SIG permite contestar muchas preguntas, algunas tan simples que incluso un mapa común puede resolver; no obstante, se cuenta con la ventaja de que esta respuesta será automática y mucho más rápida.

672

En contraste con los mapas tradicionales, los mapas SIG cambian dinámicamente en la medida en que sus datos son actualizados. Con un SIG se pueden combinar y reasociar elementos cartográficos para revelar relaciones, modelos y tendencias.

Algunas preguntas complejas que el SIG resuelve con rapidez son las siguientes: ¿Qué ha cambiado en tal zona desde tal época? ¿Cuántas localidades tenía en 1999 y cuántas tengo hoy? ¿Las zonas que tenían bosque hace 25 años, ahora lo conservan y en qué cantidad? ¿Cuánto ha crecido la zona urbana y hacia dónde en este tiempo? ¿Qué relaciones existen entre este cambio de vegetación y los poblados en un área específica?

Otra ventaja importante es que con un SIG se puede probar modelos y preguntar ¿qué sucedería si, por ejemplo, abro una industria en este sitio; si otorgo un permiso de aprovechamiento en esta región o si descargo material contaminante en este río, etcétera?

Los SIG están diseñados para la administración de datos geográficos automatizados y permiten generar un sinnúmero de alternativas y posibilidades. Es decir, las

Los SIG pueden aplicarse en los sectores ambientales, sociales, económicos, políticos y culturales, así como en la integración de los mismos.

personas que utilizan esta tecnología se concentran en lo más importante: balancear dichas alternativas y tomar la decisión correcta.

Aplicaciones del SIG

Los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta esencial para el análisis y la toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo municipal y nacional. Mucha de la información necesaria para operar un municipio es georreferenciable (Aronoff, 1989). Se pueden referenciar las parcelas, los caminos, las escuelas, etc. y con todo esto construir la base de todas las aplicaciones que el SIG ofrece.

Para las dependencias municipales, es un instrumento que les permite planificar la expansión de los poblados, facilita el manejo de información catastral y demográfica, el uso eficiente de la infraestructura de servicios públicos, el balance de cargas en redes de electricidad, la planificación del mantenimiento de instalaciones, así como el monitoreo del uso de la energía.

Dentro del sector agrícola son utilizados para la planificación de áreas de siembra de cultivos y plantaciones forestales, basado en datos de usos potenciales y de cobertura actualizados y en la planificación del mercado de productos.

En instituciones de investigación, se emplea para el estudio de la distribución y monitoreo de recursos naturales, en la evaluación del impacto de las actividades humanas sobre el ambiente, y en la planificación de actividades que tienden a la preservación de los recursos naturales. Un ejemplo de gran relevancia en estos tiempos es el aprovechamiento y el manejo del recurso agua, así como el diseño de áreas naturales protegidas.

Recientemente el uso del SIG ha sido incorporado al desarrollo de actividades del sector empresarial, pues permite un manejo eficiente de los datos de tendencia demográfica, estrategias de segmentación de mercado y distribución de los productos, capacidad de compra a través del mapeo de los consumidores potenciales o de la actitud de los mismos hacia un servicio, entre otros.

Aplicaciones del SIG en las zonas costeras

El SIG es una herramienta muy importante en el manejo costero en una gran variedad de formas ya que facilita el inventario y reconocimiento de los recursos naturales costeros, así como la gestión y el manejo de los mismos. Además, ayuda en la planificación de las actividades productivas en las planicies costeras, zonas agrícolas, zonas inundables (humedales) y cuerpos de agua, en el manejo integral de cuencas, el análisis de cambios espaciales y temporales, la construcción de modelos hidrológicos, así como en el desarrollo de planes de recreación y conservación de zonas escénicas y naturales, ya que permite localizar las zonas con potencial turístico y planificar sus servicios. Por otra parte, permite la evaluación y el monitoreo del impacto de las actividades humanas en el ambiente, el análisis de riesgos y la prevención de desastres naturales como las inundaciones, la planificación del crecimiento urbano e industrial, así como el establecimiento de redes de transporte y de comercialización.

El SIG permite analizar la complejidad de la zona costera, evaluar las alternativas de uso y las prioridades para la conservación, además de facilitar el manejo integrado de la misma.

¿Cómo se ingresa información a un SIG?

Uno de los aspectos más importantes de los datos espaciales es precisamente el registro geográfico. Los errores en la captura o en el geoposicionamiento pueden causar serios problemas durante la fase de análisis. El ingreso de la información al SIG, por cualquiera de los medios que se utilizan, debe tener un amplio margen de confianza, y las coordenadas asignadas deben corresponder a la posición geográfica real del objeto que se desea mapear.

Existen diversas maneras de integrar la información a un SIG. Entre las más comunes se encuentran la digitización de mapas, lo cual significa traducir la información que se encuentra impresa en mapas (ríos, poblados, curvas de nivel, cuerpos de agua, etc.) a formato digital. Esto se logra con ayuda de equipo especializado que traduce en una mesa digitalizadora los elementos de los mapas a rasgos en la computadora.

Otro modo común, y en especial para rasgos puntuales como las localidades o los sitios de colecta, es la información de los pares de coordenadas geográficas que le

corresponden. Para capturar éstas se utiliza normalmente un sistema de geoposición satelital (GPS) que calcula la posición geográfica del sitio de interés a partir de la triangulación de los satélites que orbitan la Tierra.

En la actualidad, la forma más frecuente de incorporar información al SIG es comprando la información georreferenciada, de manera directa, a compañías que se dedican expresamente a vender. Las ortofotos y los conjuntos vectoriales son un buen ejemplo de esta situación. En México, el INEGI es la fuente más importante de este tipo de información, aunque ya existen empresas particulares que ofrecen un buen servicio e información de calidad.

La información incorporada al SIG tiene la ventaja de ser editable, es decir, se puede actualizar modificando los rasgos geográficos mediante verificaciones in situ o por la inclusión de nuevos datos, obtenidos en fechas recientes. Pueden actualizarse los cambios de posición, de forma (si algún elemento crece o disminuye su superficie) o de atributos (ejemplo: si cambia el uso que tenía el elemento).

¿Qué tipo de información se despliega en un SIG?

Los datos geográficos en un SIG pueden ser representados en dos formatos: vector y raster (Figura 4).

El formato vectorial representa los objetos por trazos geométricos de líneas, nodos y vértices. En éste se realizan la mayoría de los análisis geográficos, ya que ocupa poco espacio y tiene una buena precisión geográfica.

Existen tres formas principales de representar los objetos en el formato vectorial: punto, línea y polígono. Para simbolizar un poblado pequeño se emplea un punto; para representar un río se utiliza una línea; y para reflejar una superficie como un cuerpo de agua, se usa un polígono.

El SIG utiliza dos formatos: vector y raster. El primero ocupa poco espacio y es el más utilizado; sin embargo, sólo el segundo permite modelar empleando operaciones matemáticas.

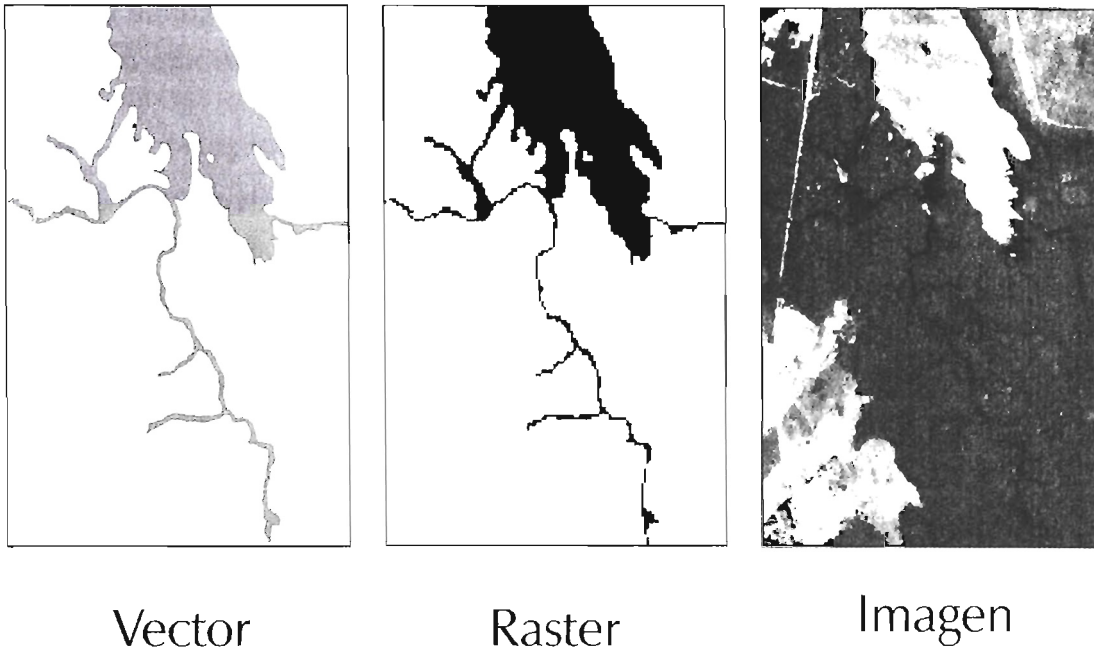


Figura 4 | Formatos de información en el SIG.

El formato vectorial conserva en buena medida la forma del objeto representado pero dificulta la ejecución de algunos tipos de análisis.

Cuando se requiere modelar mediante operaciones matemáticas con los mapas, se utiliza el formato raster, también llamado grid, el cual almacena los datos dentro de una matriz o malla donde cada celda o píxel tiene un valor asignado por cada característica representada. Esto permite que los mapas se sumen, multipliquen, resten, etcétera. Sin embargo, este formato reduce la precisión geográfica ya que depende de la resolución del tamaño del píxel; además, requiere de una gran cantidad de espacio de almacenamiento.

Un formato adicional que los SIG trabajan son las imágenes o áreas satelitales, las cuales son un caso especial del formato raster (Figura 4). En este tipo de formato no hay atributos asociados pues los valores de sus píxeles corresponden al color de la imagen. A pesar de carecer de atributos, las imágenes son una fuente útil de información visual geográfica. Ejemplo de ello son las ortofotos, consideradas como una fuente sumamente práctica para verificar y actualizar la información.

Manejo de la información

La información incorporada al SIG se debe dividir en capas de información, es decir, una capa para vegetación, otra para poblados, otra de carreteras, etc. Esta división facilita su análisis y manejo pues permite concentrar los esfuerzos en la información importante y desechar la que para nuestros propósitos puede ser irrelevante.

Desde que un mapa se despliega en la pantalla se percibe información. Es posible distinguir en algunos casos la dominancia de unas características sobre otras, la mayor superficie de un rasgo respecto a otro o la gran cantidad de áreas pequeñas de un mismo tipo, incluso en algunos casos pueden apreciarse patrones de distribución particulares.

Consultas

Además de esta información visual, se pueden consultar los atributos de cada característica ya que siempre existe una base de atributos asociada. El tipo de consulta más sencilla es la que se efectúa, en pantalla, a la tabla de atributos del mapa, donde se pueden ver todos los rasgos y las características que existen para ese mapa, así como efectuar consultas específicas a la base de atributos.

Otro modo de consultar la base es por construcción simple de condiciones (matemáticas, booleanas, lógicas etc.). Por ejemplo, si en el mapa de vegetación únicamente se desea trabajar con los pastizales, es posible solicitar al sistema la selección sólo de las zonas donde el tipo de vegetación sea igual a pastizal. Además, es posible establecer otra consulta de selección dentro de esta selección previa, si no son de interés las zonas de pastizales menores a tres hectáreas (pequeños). Para ello, se le pide al SIG seleccionar las zonas de pastizal mayores a tres hectáreas de extensión, de modo que las zonas que no cumplan con esta condición no serán seleccionadas para nuestros propósitos.

Análisis geográficos

Algunos ejemplos comunes para el análisis geográfico de mapas vectoriales son la sobreposición y los buffer (áreas de amortiguamiento). La sobreposición consiste en cruzar mapas, mientras que las zonas de buffer consisten en la selección de una zona o área de extensión definida a partir de la característica de interés. Por ejemplo, si se

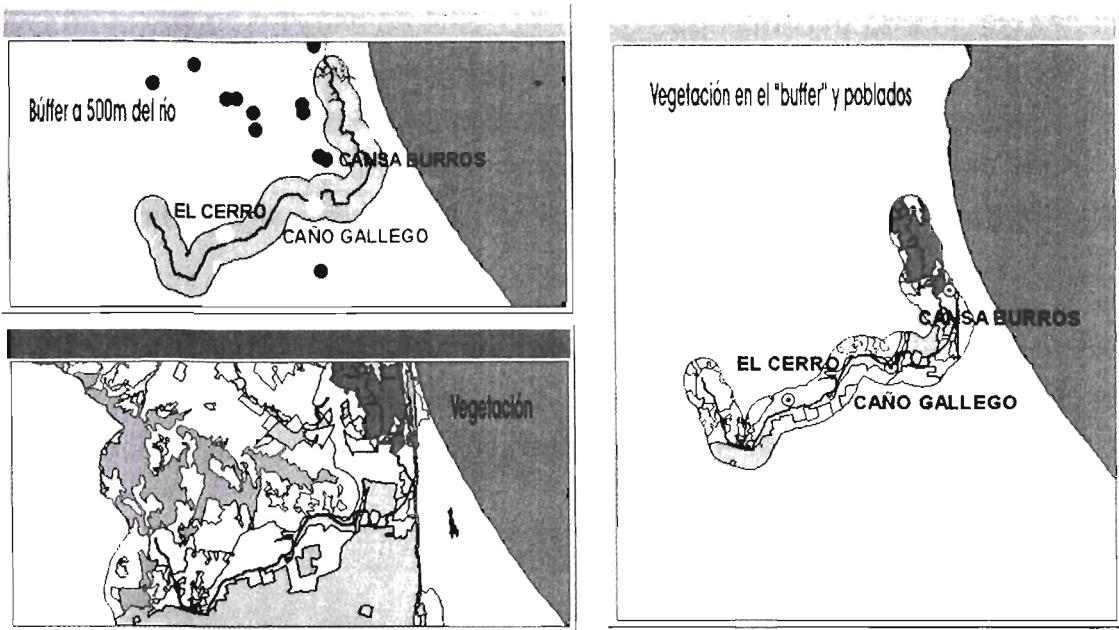


Figura 5 | Ejemplo de análisis geográfico. Construcción de un buffer a lo largo de un río y sobreposición de capas de información de vegetación y uso de suelo.

desea manejar la zona de las riberas de un río, incluyendo su área de influencia (500 metros), y reconocer cuántos y qué poblados existen, es necesario generar un buffer con la distancia de 500 metros a cada lado del río para establecer ésta como nuestra zona de manejo. Luego, se identifican los poblados que se encuentran en la zona de interés. Si además se desea identificar el tipo de vegetación presente en la zona de estudio, se recurre a la sobreposición de capas de información, donde por medio de herramientas del SIG se cruzan ambos mapas y se obtiene uno nuevo que refleja exclusivamente la vegetación existente para la zona buffer (Figura 5).

Modelación espacial

Las herramientas de análisis espacial dotan al SIG de una enorme capacidad para modelar el territorio, por lo que puede utilizarse para la prospección y la simulación de diversos escenarios (Domínguez, 2000). Para ello, se emplean reglas lógicas y operaciones matemáticas. En general, se puede afirmar que la elaboración de modelos espaciales resulta de la combinación de capas de información a través de modelos matemáticos y ecuaciones para llegar a un mapa resultado. Los tipos de modelación y su complejidad dependerán de los objetivos que se persigan.

En resumen, toda la información que puede proveer un SIG depende de manera fundamental de la información que lo compone, es decir, de la base de datos disponible. La calidad de esta base de datos y su contenido determinan la cantidad y calidad del resultado obtenido del SIG.

Conclusiones

Las distintas herramientas técnicas para la planificación mostradas en este capítulo pueden utilizarse de manera aislada o relacionada. Los índices pueden formar parte de una base de datos, así como representarse en un mapa y en un SIG. Las bases de datos sustentan los mapas y forman parte de la estructura del SIG. Este último puede integrar el resto de las herramientas y mostrar la dinámica espacial y temporal del fenómeno bajo estudio.

La aplicación de estas herramientas en los municipios costeros brinda alternativas para la rápida integración y análisis de la información, lo cual facilita y fortalece la toma de decisiones ambientales, socioeconómicas, administrativas y políticas.

A pesar de que el esfuerzo o inversión para crear las bases de datos necesarias y tener un SIG funcional y eficiente no es pequeño, el avance de la tecnología ha traído como consecuencia el abaratamiento de los costos de equipos y programas, además de que a través de internet se pueden obtener programas libres de costo. No obstante, es imprescindible contar con personal entrenado exclusivamente para estos programas, que garantice el funcionamiento y la actualización de las bases de datos y del SIG.

Se recomienda efectuar un análisis de los costos y beneficios de las herramientas técnicas para la planificación con el objetivo de evaluar la factibilidad de las mismas y decidir cuál o cuáles son apropiadas y se encuentran al alcance del municipio.

BIBLIOGRAFÍA

- Aronoff, S.** 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective*. WDL Publications, Ottawa, Canadá, 294 p.
- Congalton R. G. y K. Green** 1992. The ABCs of GIS: An Introduction to Geographic Information Systems. *Journal of Forestry* 90:13-20.
- Consejo Nacional de Población.** 2000. *Índices de marginación*. Grupo S. M. Impreso, México, 196 p.
- Consejo Nacional de Población.** 2002. *Índices de desarrollo humano*. Grupo S. M. Impreso, México, 131 p.
- Domínguez, B. J.** 2000. *Breve Introducción a la Cartografía y a los Sistemas de Información Geográfica (SIG)*. Informes Técnicos, Ciemat., Centro de Investigaciones Energéticas, Medio ambientales y Tecnológicas, Ministerio de Ciencia y Tecnología, Madrid, España, 29 p.
- Instituto Nacional de Ecología-SEMARNAP.** 2000. *Ordenamiento ecológico general del territorio. Memoria técnica 1995-2000*. Dirección General de Ordenamiento Ecológico e Impacto Ambiental, Dirección de Ordenamiento General del Territorio, SEMARNAP, México, 544 p.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática.** 2000. *Indicadores de desarrollo sustentable en México*. Talleres Gráficos del INEGI, Aguascalientes, México, 203 p.
- Karr, J. R.** 1981. Assesment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6: 21-27.
- Karr, J. R.** 1991. Biological integrity: A long neglected aspect of water resource management. *Ecological Application* 1: 66-85.
- Magurran, A. E.** 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press., Princeton, New Jersey, USA, 179 p.
- Navarro, P. M. y G. Legorreta.** 1998. *Sistemas de información geográfica: Teoría introductoria y ejercicios con AutoCAD e IDRISI* UNAM, México, 163 p.