

SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA Y ALGUNAS APLICACIONES

*Manuel A. Solano M.*¹

*Timothy H. Robinson*¹

RESUMEN

En este artículo se muestran los diversos campos de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIGs), para lo cual se intenta presentar una clasificación de las áreas del conocimiento donde se están llevando a cabo las más importantes aplicaciones.

La anterior clasificación no supone que sea única ni estándar, sólo busca ofrecer al lector una forma de conocer las más diversas aplicaciones de esta moderna tecnología.

Posteriormente, se presentan dos estudios de casos, los cuales fueron desarrollados en el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica de la Escuela de Ciencias Geográficas de la Universidad Nacional (LSIGAE-ECG).

1. Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica, Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, apartado postal 86-3000 Heredia, Costa Rica. Fax: (506) 261-0028. <http://www.una.ac.cr/geog/lsigae/>

Estos dos casos fueron elegidos por tratarse de aplicaciones diferentes, la primera de ellas dirigida a la implementación del SIG en el proceso de Zonificación Agroecológica y la segunda, a la Actualización de la Cartografía 1:10.000, el caso de la Región Heredia.

ABSTRACT

This article shows the diversity of fields applying Geographical Information Systems technologies. A classification of the most known areas implementing these technology is presented. This classification does not pretend to be the only or standard classification. The idea is to offer the reader a format for introducing the most diverse applications of this modern technology.

Afterwards, two case studies are presented which were carried out in the Geographical Information Systems Laboratory of the School of Geographical Sciences of the National University of Costa Rica (LSIGAE-ECG). The two case studies were chosen to present different applications; the first directed to the implementation of GIS in the process of Agro-Ecological Zonification and the second regarding the Actualization of the Cartographic Map Series 1:10.000, Case Study of the Region of Heredia.

I. INTRODUCCION

Este trabajo tiene como objetivo brindar al lector una descripción de las principales aplicaciones que se están realizando de los Sistemas de Información Geográfica (SIGs), no mostrándolas individualmente, sino, efectuando una clasificación de donde se están llevando a cabo estas aplicaciones.

El manejo de la información es uno de los aspectos estratégicos en el desarrollo económico de las naciones, por esto, es cada vez más importante la utilización de herramientas informáticas, que permitan un mejor aprovechamiento de la información (Armas y otros, 1995, p. 177).

Partiendo de la afirmación anterior y conociendo que cada día a nivel mundial existe mayor cantidad de aplicaciones con las nuevas tecnologías para el tratamiento y manejo de información espacial: los SIGs, los Sistemas de Posicionamiento Global (SPG) y la Teledetección, no es de extrañar que estas herramientas adquieran mayor presencia en el desarrollo y la ejecución de los más diversos proyectos.

Las aplicaciones que se ejecutan actualmente poseen las más diversas connotaciones y se enmarcan desde una escala mundial, hasta una escala local. Entre las primeras se pueden citar el manejo de grandes bases de datos cartográficas y entre las segundas, se pueden mencionar el manejo de planes de ordenamiento territorial a nivel local.

Por regla general sabemos que, la posibilidad de poder acceder a la información adecuada en el momento preciso, significa tener una clara ventaja comparativa respecto de aquellos individuos que no tienen la capacidad de acceder a ella. Es por ello que la información ha pasado a ser un recurso de nuestras economías, siendo cada vez más necesaria para obtener bienes y proporcionar servicios. Por otro lado, es evidente que las actividades humanas se han desarrollado a lo largo de los siglos sobre la superficie terrestre, que aparece como continente y marco de sustentación sobre el cual el ser humano actúa. Es por este motivo que el control sobre el territorio y, por tanto, sobre la información referente a él han sido considerados siempre factores claves (Comas y otros, 1994, p. 2).

Lo anterior es un ejemplo de la manera como es visto actualmente el manejo de la información y cada día se aprecia con mayor certeza como los que acceden a la información en el menor tiempo posible son los que cuentan con mayor ventaja a la hora de tomar decisiones.

Otro elemento que viene a comprobar la anterior premisa es el hecho de que hoy han aparecido gran cantidad de eventos técnicos y científicos sobre diversas temáticas, en los cuales el manejo de la información a través de los SIGs, SPG o la teledetección es la tónica predominante.

Por ejemplo, el Environmental Systems Research Institute (ESRI), casa matriz del SIG conocido como Arc/Info, auspicia a nivel de América Latina los siguientes eventos: Conferencia de Usuarios del Cono Sur (Chile), Conferencia de Usuarios Peruanos, Conferencia de Usuarios Brasileños, Conferencia de Usuarios Venezolanos, Congreso Latinoamericano de Usuarios de Arc/Info y ERDAS y a nivel mundial celebra anualmente la Conferencia de Usuarios donde se reúnen más de 5.000 participantes.

También a nivel de Latinoamérica se celebra cada dos años una conferencia de usuarios del SIG, donde se muestran las más diversas aplicaciones.

II. ANTECEDENTES

a. *Principales aplicaciones que se dan a nivel mundial*

El manejo de mayor cantidad de información en el menor tiempo, conlleva a la utilización de las más modernas tecnologías y, en la actualidad, la mayoría están relacionadas con el uso de la computación y del desarrollo de software, que orienta al usuario a tomar la mejor decisión y fundamentalmente realizarla en el menor tiempo posible.

El acceso a las autopistas mundiales de información facilita conocer de manera ágil y precisa las más diversas aplicaciones que se están dando a nivel mundial y esto

permite conocer en forma rápida y eficiente los avances en proyectos de investigación, los nuevos desarrollos, las direcciones electrónicas de investigadores, etc.

En los países industrializados el acceso a la red mundial INTERNET y a todas las acciones periféricas que ésta permite son labores de todos los días. Así actividades tales como enviar un mensaje, participar en foros de discusión sobre determinada temática, visualizar una imagen de satélite, consultar la biblioteca de una universidad, o bien, *bajar* archivos de otras latitudes, etc., son trabajos que se efectúan diariamente.

Los SIGs, la teledetección y los SPG son cada día más utilizados en el manejo de la información y actualmente los estudios de análisis espacial que se ejecutan cuentan con el soporte de estas tecnologías; por tanto éstas marchan en forma paralela; los SPG para levantar información de campo, la teledetección para realizar los estudios y análisis de lo que captan los satélites y los SIGs para complementar las dos anteriores y servir de catalizador en el despliegue, el almacenamiento y la gestión de la información.

La aplicación de los SIGs se realiza a cualquier escala, los estudios de cambio global del clima son modelados a través de los SIGs y este modelado facilita conocer cuál es el comportamiento de la situación. Del mismo modo puede conjugar diversas variables con las cuales elaborar la sobreposición y así observar su comportamiento en el tiempo.

La guerra del Golfo Pérsico fue un escenario de aplicación de las más diversas tecnologías para enfrentar al enemigo, o bien, para estudiar el comportamiento de las propias tropas. En la posguerra los SIGs fueron utilizados para el manejo de las situaciones que se generaron una vez finalizada la guerra, el incendio de los pozos petroleros en Kuwait, por ejemplo, fue manejado a través de Arc/Info².

b. Principales aplicaciones de los SIGs

Los SIGs pueden ser definidos como un conjunto de herramientas multipropósito, lo cual implica que sus campos de aplicación son de los más diversos. Únicamente con la finalidad de presentar en forma esquemática la aplicación de los SIGs, se presenta a continuación una aproximación de los principales campos de uso:

— Planificación urbana

Cada vez es mayor el número de municipios que poseen SIG, donde se almacena y gestiona información relativa al planeamiento, la propiedad de los bienes inmuebles

2. Arc/Info es un Sistema de Información Geográfica de tipo vectorial y desarrollado por el Environmental Systems Research Institute, Redlands, California, USA.

y los impuestos que sobre ellos recaen, la infraestructura, etc. (Gutiérrez y otros, 1994, p. 233).

En el caso de Costa Rica éste es uno de los campos donde los SIGs están tomando mayor fuerza y ya son varios los municipios³ que han comenzado a utilizar esta herramienta para el manejo y seguimiento de los bienes inmuebles existentes en su jurisdicción. Aunque esta es una labor muy importante para los municipios, muy pronto los SIGs serán empleados en labores propias de cada gobierno local, por ejemplo, manejar los planes de ordenamiento territorial, controlar la normativa urbanística, localizar nuevas obras de infraestructura, manejar la red vial, etc.

En síntesis, los municipios que hagan uso de este instrumento no sólo estarán a la vanguardia en la utilización de las más modernas tecnologías, sino que, el proceso de toma de decisiones se aligerará e irá en beneficio de todos los habitantes.

— Catastro

Son muchos los países que cuentan con los SIGs para el manejo de los bienes inmuebles, ya que una base de datos de este tipo contiene información territorial con el mayor nivel de resolución, lo cual permite realizar un seguimiento de la información a nivel de lote o parcela.

De hecho, un sistema de información catastral es una herramienta útil para la toma de decisiones en los ámbitos legal, administrativo y económico, y, además, una ayuda para la planificación y el desarrollo (Dale, 1991, p. 90).

Desgraciadamente, este tipo de proyectos son de gran envergadura y requieren de una enorme inversión, la cual debe desarrollarse durante varios años, donde la recolección de los datos consumirá la mayor parte del tiempo.

— Transporte

Las redes de servicios que por su función o por causas del entorno están sujetas a disminuciones de capacidad o a fallos, por el simple paso del tiempo, dependen del mantenimiento periódico para asegurar al máximo su funcionamiento correcto (Verdejo, 1995, p. 119).

Las redes de transporte son una de las áreas donde los SIGs están encontrando gran aplicación y se podría señalar que se distinguen tres subaplicaciones:

3. En la actualidad los siguientes gobiernos locales poseen SIGs: Cantón Central de San José, Cantón Central de Alajuela, Cantón Central de Heredia y también es necesario señalar que el Instituto de Fomento y Asesoría Municipal cuenta con cinco licencias a Arc/Info.

a. *Manejo de infraestructura de transporte:* a nivel mundial y, sobre todo, en los países industrializados cada día se hacen más frecuentes los inventarios de redes viales soportados por la tecnología SIG, esto con la finalidad de conocer al instante datos tales como estado, material, tráfico, accidentes, puentes, etc.

b. *Trazado y construcción de obras lineales:* los SIGs son muy utilizados para la búsqueda del camino óptimo, ya sea para la localización de una obra de infraestructura determinada (hospital, clínica, escuela, etc.), o bien, para conocer costos sobre si la red vial se construye en uno u otro sitio.

c. *Sistemas de navegación para automóviles:* hoy día, este es uno de los campos donde se han diseñado la mayor cantidad de sistemas de desarrollo, sin embargo, en el mercado aún no se encuentran los suficientes. Países como Estados Unidos, Japón, Alemania, entre otros, cuentan con automóviles que poseen una pantalla, la cual muestra un mapa en formato digital de la zona donde se encuentran en ese momento y a través de un SPG van obteniendo las direcciones, zonas restringidas, sitios de interés turístico, etc. Se espera que para los próximos años las ventas de este tipo de sistemas tengan un crecimiento espectacular.

— *Impacto ambiental*

En los últimos años los estudios de impacto ambiental han tomado una gran importancia, ya que la construcción de nuevas obras de infraestructura (urbanizaciones, vertederos, zonas industriales, explotación de tajos, etc.) siempre conlleva un impacto ambiental, el cual debe ser evaluado y modelado con anterioridad.

El SIG está en capacidad de mostrar cuáles usos del suelo van a ser ocupados, si existen mantos acuíferos de importancia, distancia a la red hidrográfica, o bien, puede responder a preguntas tales como: qué poblados van a ser afectados por la localización de determinada obra, hacia dónde se desplazará la contaminación sónica, cuál será el impacto ambiental visual de localizar determinada obra de infraestructura, etc.

Actualmente, la gran mayoría de estudios de impacto ambiental son soportados por los SIGs, debido a las características que ellos poseen.

— *Aplicaciones forestales*

El primer SIG, Canadian Geographic Information System (CGIS), fue desarrollado para aplicarlo en inventarios forestales, lo que muestra que ésta sigue siendo una de las aplicaciones típicas de los SIGs, ya que significa una ayuda para la conservación y explotación del bosque, qué zonas boscosas necesitan de mayor apoyo, qué tipo de especie se puede sembrar teniendo presente aspectos físicos, etc. También los SIGs

están siendo utilizados para el monitoreo y la prevención de incendios forestales, campo en el cual esta tecnología ha demostrado todas sus capacidades.

c. Otras aplicaciones

El año 1994 es crucial para México, debido a las elecciones presidenciales en el país. Por esta razón y con base en la experiencia de 1988, la Fundación Rosenblueth preparó para estas elecciones un sistema de información geográfica de uso público (Democracia-94), que tuviera la información demográfica y socioeconómica, junto con los resultados de las elecciones de ese año, con el objetivo de que pudiera llegar a cada uno de los trescientos distritos electorales en que se divide la República Mexicana, y al cual pudieran alimentársele los resultados de las elecciones de 1994 cuando éstos sean publicados (Leal, 1995, p. 195).

Este tipo de aplicación es un ejemplo de como los SIGs son utilizados cada día de las más diversas formas y, en este caso específico, se muestra de forma fehaciente como el SIG se convierte en un medio que permite determinar rápidamente las características económicas, culturales y sociales con las preferencias electorales de determinadas regiones.

Otras aplicaciones son: Manejo de cuencas y zonas costeras, Desarrollo socio-demográfico y económico, Manejo de espacios rurales, Ordenamiento del territorio, Producción de información y cartografía y Gestión de amenazas naturales.

III. ESTUDIO DE CASOS

a. El proceso de zonificación agroecológica a través del SIG

Introducción

Con la finalidad de mostrar el potencial de los SIGs, el LSIGAE-AE y el Servicio Nacional de Conservación de Suelos, del Ministerio de Agricultura y Ganadería, desarrollaron una aplicación de los SIGs aplicada al proceso de zonificación agroecológica.

El área de estudio se ubicó en la Región Pacífico Central del país y se trabajó con las siguientes hojas topográficas escala 1:50.000: Quepos, Herradura, Parrita, Dota y Chapernal.

La zonificación agroecológica asistida por la tecnología de los SIGs permite, entre otras funciones, la sobrepuesta y el análisis de diferentes mapas para determinar la conveniencia de que un cultivo pueda ser desarrollado en un área determinada y, del mismo modo, determinar en forma excluyente cuáles son las áreas en las que dicho cultivo no debería ser sembrado.

El utilizar un SIG para llevar a cabo la zonificación agroecológica, supone la automatización de este proceso, lo cual permite que la toma de decisión en la zonificación agroecológica sea realizada en el menor tiempo posible y de la forma más óptima.

Como se mencionó anteriormente, la zonificación agroecológica se desarrolló utilizando PC ARC/INFO, fundamentado en la alta calidad para el análisis de información, lo amigable del mismo y, además, da la oportunidad de semiautomatizar la zonificación.

También se logró desarrollar una serie de módulos que permiten fácilmente a un investigador zonificar diversos cultivos en el menor tiempo posible (Jiménez y otros, 1995, p. 155).

Metodología

Para llevar a cabo el proceso de zonificación se digitalizaron cinco mapas: precipitación, quincena seca, temperatura, pendientes y suelos. Una vez digitalizados se procedió a implementar la base de datos descriptiva para cada uno de ellos, de manera que al desplegar los mapas en el computador, se pudiera consultar en forma interactiva las características de cada uno de ellos.

Una vez concluido lo anterior se procedió a diseñar cada uno de los SMLs⁴, para obtener las diversas clases de aptitudes existentes, las cuales quedaron establecidas de la siguiente manera:

- clase 1 significa que no existe ninguna limitante;
- clases 2, 3, 4 y 5 significan que la aptitud es moderada, la cual está condicionada por la cantidad de limitantes existentes;
- clases 6 y 7 significan áreas no aptas, ya que existen limitantes severas para el desarrollo del cultivo.

Cada clase se obtuvo según la cantidad de limitantes presentes en un área determinada. Por ejemplo, si en un área existen limitantes por temperatura y pendiente, el SML dará como resultado una clase 3, si un área tuviera las siguientes limitantes: temperatura, precipitación, pendiente y suelos, el resultado sería una clase 5.

Ahora bien, si un cultivo no es apto por clima (temperatura, precipitación o quincena seca) se le asigna la clase 7 y, por último, si el cultivo no es apto por pendientes o suelos el resultado será una clase 6.

4. Un archivo SML (Simple Macro Language) es un conjunto de órdenes propias de Arc/Info, las cuales se ejecutan secuencialmente de forma automática cuando el usuario así lo indique.

MODULOS EXISTENTES EN LA ZONIFICACION AGROECOLOGICA

1. Módulos administrativos

Es un conjunto de órdenes encargadas de dar mantenimiento a los mapas y de administrar todos los demás programas.

2. Módulos de análisis

Estos permiten ejecutar el álgebra de mapas, con la finalidad de determinar la aptitud de un cultivo determinado y también generar la impresión de los mapas resultado.

3. Módulos de consulta

Dan la oportunidad al investigador de consultar los mapas y la base de datos descriptiva generada. Al realizar esta consulta el usuario podrá conocer con exactitud por qué un área es o no apta para determinado cultivo.

Resultados obtenidos

La automatización de la zonificación agroecológica ha permitido:

- convertir la zonificación agroecológica en un proceso técnico, automatizado y dinámico, de manera que las consultas puedan realizarse en el menor tiempo y de forma interactiva;
- disminuir sustancialmente el tiempo requerido para ejecutar la zonificación, de manera que una vez digitalizados los mapas base y diseñadas las bases de datos descriptivas, el realizar la zonificación en una hoja 1:50.000 tomará únicamente una semana;
- diseñar una serie de módulos que permiten al usuario manejar de forma amigable el proceso de zonificación agroecológica, por ejemplo, existe un módulo que admite que el usuario digite las coordenadas geográficas de una determinada parcela y obtener en pocos minutos la información necesaria para conocer la aptitud de esa parcela para un cultivo determinado.

b. Actualización de la Cartografía 1:10.000 a través del SIG

Introducción

Este proyecto corresponde a la aplicación de la tecnología de los SIGs para el manejo de grandes volúmenes de información y que se encuentre geográficamente

referenciada. La aplicación de los SIGs permite tener mayores elementos de juicio para el estudio de la problemática espacial y territorial; y también el uso de esta tecnología da la opción de procesar la información sin necesidad de que algún medio sea limitante.

En el manejo de grandes bases cartográficas y como lo apunta Anna Lleopart Grau (Lleopart, 1994, p. 79), disponer de una base cartográfica que pueda utilizarse como base espacial de precisión sobre la cual referenciar la información temática, es de especial importancia al abordar proyectos en el ámbito de los SIGs. Por tal razón, el proyecto está orientado a la utilización de los SIGs, como una opción de actualizar la cartografía 1:10.000 de la Región Heredia y mostrar como con la aplicación de los SIGs se torna más versátil la capacidad de analizar grandes cantidades de información de carácter espacial.

Las bases de datos dentro de los SIGs contemplan todo tipo de información, sea ésta descriptiva o gráfica. Esta información es obtenida a través de diferentes medios, entre ellos se pueden citar: censos, información gráfica, mapas, fotografías aéreas, imágenes digitales, información rasterizada⁵, etc.

La aplicación de los SIGs permite el diseño de bases de datos asistidas por un sistema computarizado, el cual admite entre otras funciones, la captura, el almacenamiento, la recuperación, el análisis y el despliegue de información geográficamente referenciada con todos sus atributos descriptivos.

Metodología

Con la asistencia de los municipios se recabó información acerca de: autorización de nuevas urbanizaciones, nuevas viviendas individuales, centros comerciales, o algún otro uso que autorizaran las municipalidades. Lo anterior permitió contar con información confiable, la cual pudo ser procesada para incorporarla al SIG.

Una de las fases que tomó más tiempo fue la de convertir la información rasterizada a formato legible por el SIG a utilizar, por lo cual esto requirió más tiempo del que se había programado con anterioridad.

El aporte del Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha sido de suma importancia, ya que a través de éste el proyecto ha logrado que el Sistema de Vivienda y Asentamientos Humanos (SISVAH), hoy Geodigital S.A., rasterizara la información correspondiente al área de estudio, veintidós hojas cartográficas. Al inicio del proyecto se consideraba necesario que el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU) brindara la información relacionada con las nuevas urbanizaciones de la región, sin

5. Información capturada por un rastreador electrónico (escáner). Esta tecnología es similar al proceso de fotocopiado, permitiendo dejar la información en formato digital.

embargo, después de evaluar la información que maneja el INVU, se desechó la idea de trabajar con ésta y se optó por trabajar con los datos que las municipalidades brindaron al proyecto.

En el caso de la Dirección General de Estadística y Censos (DGEC) brindó al proyecto la información referente a los segmentos censales de la Región Heredia.

Para realizar el proceso de rasterización de la información con respecto al área de estudio, se siguió el siguiente procedimiento:

- a) El LSIG-ECG aportó el papel para que el IGN realizara la separación de colores de los mapas que componen la Región Heredia, de este modo se obtuvieron las variables de cada uno de los mapas en forma separada para efectuar la rasterización de la información, así, por ejemplo, se obtuvieron láminas únicamente con información relacionada con carreteras, lo que permitió generar un mapa sólo de carreteras para luego ser rasterizado individualmente.
- b) Una vez obtenida la anterior información el IGN llevó las separaciones de colores al SISVAH y éstas fueron rasterizadas.

Con este proceso se logró que el IGN pusiera a disposición cada una de las láminas, lo cual aseguró que el proceso de rasterización arrojará información precisa. Este debió realizarse lámina por lámina, con el objetivo de asegurarse que cada una de las variables pudiera ser capturada en forma independiente.

Rasterizar una hoja topográfica con todas sus variables supone la captura de toda la información (ríos, carreteras, curvas de nivel, etc.), lo cual no es recomendable por cuanto tomaría demasiado tiempo el «limpiar» y «dividir» la información para su posterior manipulación.

El proyecto además de actualizar la cartografía persigue también la comparación de los dos medios más comunes para la captura de información: escaneo (rasterización) y digitalización; ambos poseen ventajas y desventajas, las cuales pueden aligerar o atrasar el proceso de captura (Solano y otros, 1995, p. 192).

Una vez que la información fue rasterizada se procedió a tratarla en el laboratorio para aplicarle el proceso de edición, corrección, posicionamiento y etiquetado.

Contenido de las bases de datos

La base de datos gráfica que se logró desarrollar en esta fase del proyecto contiene las siguientes coberturas:

- Puntos de control
- Uso del suelo
- Infraestructura vial
- Drenaje natural
- Uso actual
- División político-administrativa

Una vez que se concluyó con el proceso de edición y corrección de la información rasterizada, se seleccionaron cada una de las variables que residirían en la base de datos descriptiva. Por ejemplo, si algún usuario desea consultar para conocer sobre un área determinada, el nombre del centro poblado, el número de habitantes, las principales actividades económicas, etc., la base de datos está en disposición de responder a esas consultas.

La base de datos descriptiva del mapa de infraestructura vial consta de las siguientes variables:

- Autopista
- Carretera asfaltada 2 carriles
- Carretera asfaltada 1 carril
- Camino de tierra
- Vereda
- Puente
- Línea ferroviaria
- Estación ferroviaria
- Pista de aterrizaje
- Tendido eléctrico
- Tanque de agua
- Carretera de lastre 2 carriles
- Carretera de lastre 1 carril
- Esquina

La base de datos descriptiva del mapa de infraestructura consta de las siguientes variables:

- Edificio gubernamental
- Edificio municipal
- Salón comunal
- Tribunal de Justicia
- Embajada y Consulado
- Centro educativo
- Biblioteca
- Museo
- Centro religioso

- Estación de Policía
- Centro de reclusión
- Estación de Bomberos
- Cruz Roja
- Centro de Telecomunicaciones
- Correos
- Hospital, Centro de Salud, asilo
- Banco
- Supermercado, mercado
- Depósito, bodega
- Estación de autobús
- Industria
- Hotel
- Planta eléctrica, subestación
- Estación de bombeo
- Edificio, casas independientes
- Esquinas
- Centro recreativo

La base de datos del mapa de curvas de nivel contiene la siguiente información:

- Curvas cada 5 m
- Curvas cada 25 m
- Curvas auxiliares
- Cortes
- Terraplén
- Dique
- Escarpe
- Farallón
- Cárcava
- Depresión
- Peñasco
- Texto

En el momento de consultar la base de datos del mapa de uso del suelo, se podrá consultar la siguiente información:

AREA URBANA

- Uso residencial
- Uso comercial
- Uso industrial
- Agencia gubernamental y pública
- Institución educativa y cultural

- Entidad de salud y bienestar
- Parque y/o zona verde
- Cementerio
- Uso recreativo, deporte
- Servicio de transporte/almacenaje
- Otros servicios
- Terrenos urbanos de transición

AREA RURAL

- Agricultura estacional (hortalizas, granos)
- Café
- Caña de azúcar
- Fruticultura
- Floricultura
- Pasto
- Pasto/árboles
- Plantación forestal
- Bosque natural
- Charral, matorral
- Terreno no cultivable
- Terreno húmedo
- Agua superficial
- Explotación agropecuaria confinada

Resultados obtenidos

Evaluando los dos procedimientos de captura de información (digitalización y rasterización) se comprobó que la rasterización de la información es bastante segura para la captura de la misma, sin embargo, la falta de experiencia del personal que desarrolló este proyecto implicó que al inicio del mismo, el procedimiento para editar la información rasterizada se tornara demasiado lento, ya que sucedieron una gran cantidad de inconvenientes, pudiendo señalar entre los más importantes los siguientes:

Información rastreada

El total de archivos rasterizados por el SISVAH y entregados al proyecto es de cincuenta. La información originalmente se encontraba en formato INFOCAD (SIG utilizado por el SISVAH). Este formato es incompatible para PC ARC/INFO, por lo que se debió exportar la información al formato ASCII «DXF» (creado por la compañía AutoCad⁶), el cual es muy utilizado en otros SIGs y CADs. Se eligió trabajar

6. AutoCad es un conjunto de programas especializados en el diseño y la digitalización.

con archivos DXF, ya que Arc/Info tiene un módulo de importación de datos con formato «DXF», creando y generando la topología⁷ adecuada.

Procesamiento de la información

Una vez recibida la información se procedió a procesarla para convertirla al formato propio de ARC/INFO. A pesar de que la información venía en formato DXF, la mayoría de los datos no se pudieron procesar, debido a incompatibilidades en los archivos de exportación.

Se pidió de nuevo al SISVAH, la rasterización de todos los mapas y la conversión al formato DXF, específicamente al formato compatible con AutoCad versión 11 para IBM-80386.

Conversión de los mapas

Se utilizó el comando DXF/INFO, el cual muestra el contenido estructural de la información de un archivo en formato DXF.

La información fue procesada casi en su totalidad, a excepción de trece variables que el SISVAH todavía no ha podido rasterizar y entregar. Del total de hojas procesadas se han detectado los siguientes problemas:

- *Poseen muchos errores.* Debido a la calidad y resolución del rastreador, se encontraron errores que tienen que ser editados manualmente. También se hallaron segmentos de líneas que se necesitaron unir, tal es el caso de las curvas de nivel, que aparecen fragmentadas cuando en la realidad deben aparecer como líneas continuas.
- *No fueron valorizadas ni etiquetadas,* por lo tanto fue necesario seleccionar cada elemento y darle una identificación.
- *Los mapas no vienen posicionados,* por lo que hubo necesidad de posicionarlos manualmente. Para realizar este proceso se llevaron a cabo diversas impresiones para compararlas con los originales y, de ese modo, asegurarse que la información se encontraba posicionada en su respectiva ubicación. El contar con las hojas debidamente posicionadas permite que la fase de análisis de la información se haga con coordenadas reales y, de esta manera, efectuar cálculos de áreas y longitudes correctas.

7. Topología: se refiere a la estructura interna con que un SIG interpreta las representaciones espaciales.

— *Datos faltantes.* En el momento de ser editados los mapas y sólo después del proceso de limpieza y posicionamiento de la información, se detectó la inexistencia de algún tipo de información, esto debido supuestamente a que el rastreador electrónico no pudo reconocer en forma correcta la información que no generó.

— *Los mapas adyacentes no pegan correctamente.* En el momento de realizar la unión de mapas se encontró que existen mapas donde los arcos no se unen e incluso se detectó que algunos arcos faltaban.

Una vez que la información fue tratada y corregida se procedió a aplicarle los comandos *DXFARC*, *BUILD* y *MNODE*, con el fin de asegurar que el proceso de edición arrojará los mejores resultados.

Limpieza de los mapas

— La información concerniente a los mapas de curvas de nivel venía con muchos errores; sin embargo, éstos fueron corregidos con *ARC/INFO* a través del módulo *Arc-edit*, el cual permitió automatizar la limpieza de los datos. También es importante señalar que se detectaron diversos errores de los mapas originales que no se pudieron solucionar, debido a información faltante, o que durante la pega de mapas adyacentes los arcos no permitían una continuidad entre ellos.

Composición del mapa de uso del suelo

— Para la conformación del mapa de uso del suelo fue necesario editar y limpiar primero las coberturas referentes a carreteras y drenaje, ya que el mapa de uso del suelo está compuesto, en su mayoría, por polígonos que se encuentran abiertos; lo anterior debido a que la lámina de separación de colores de uso del suelo se rasterizó independiente de ríos y carreteras, coberturas que unidas a uso del suelo cierran efectivamente todos los polígonos.

— Para editar el mapa de uso del suelo fue necesario colocar las coberturas de ríos y carreteras de referencia y sobreponerlas con uso del suelo para, de este modo, digitalizar el cierre de los polígonos. Este procedimiento demandó mucho trabajo, ya que era necesario realizar ampliaciones con mucho detalle para asegurarse que los polígonos quedaran totalmente cerrados, debido a que el SIG no permite procesar información si encuentra polígonos abiertos.

IV. CONCLUSION

En este artículo se ha realizado una descripción de las principales aplicaciones del SIG que se dan a nivel mundial y, además, se han explicado dos aplicaciones

recientes que ha desarrollado el Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica. Con la explicación de estas dos aplicaciones se muestra la alta capacidad que poseen los SIGs para el manejo de la más diversa información.

En relación con las aplicaciones del SIG a nivel mundial se nota claramente que la tendencia es que cada día sean utilizadas en mayor grado y que los campos de aplicación sean tan amplios como las necesidades de los usuarios, por tanto, aplicaciones para estudios de procesos electorales, manejo de los recursos hídricos, mercadeo, protección civil, cambios de uso del suelo, serán aplicaciones diarias.

Las dos aplicaciones específicas y descritas en el presente artículo muestran lo ventajoso de contar con información automatizada, donde la información puede ser consultada en forma interactiva y aligerar el proceso de toma de decisiones.

Aparte de los resultados obtenidos, es necesario aclarar que la implementación de los SIGs, es un proceso que demanda suficiente tiempo para el diseño e implementación de las bases de datos, por tanto el usuario debe conocer muy bien las etapas en las cuales aplicará el SIG, ya que de lo contrario, se puede correr el riesgo que esta aplicación consuma más tiempo del requerido.

V. BIBLIOGRAFIA

- ARMAS, MIGUEL y OTROS. 1995. Sistema de Información de Norteamérica Sina. Memoria 5ta. Conferencia Iberoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Cuyo. Mendoza, Argentina.
- COMAS, D. y OTROS. 1994. Fundamentos de Sistemas de Información Geográfica. Editorial Ariel S.A. Barcelona, España.
- DALE, P.F. 1991. Land Information Systems. Editorial Longman. Boston. USA.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. ARC NEWS. 1993. Transportation Applications: Interface Developed Between Arc/Info and Oracle Highways.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. ARC NEWS. 1996. Olympic Committee Utilizes GIS Software.
- GARCIA, J.P. y OTROS. 1995. Análisis de Redes. Un Apoyo para los Estudios Socioeconómicos utilizando SIG. Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica. Actas del IV Congreso Español de Sistemas de Información Geográfica.
- GUTIERREZ, P.J. y OTROS. 1994. SIG: Sistemas de Información Geográfica. Colección Espacios y Sociedades. Ed. Síntesis. Madrid, España.
- JIMENEZ, B. y OTROS. 1995. Zonificación Agroecológica asistida a través de los SIGs. Memoria 5ta. Conferencia Iberoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Cuyo. Mendoza, Argentina.

LEAL, MIGUEL. 1995. Tecnología para la Democracia. Memoria 5ta. Conferencia Iberoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Cuyo. Mendoza, Argentina.

LLEOPART, A. 1994. Situación actual de los trabajos de normalización de información geográfica en el ámbito europeo. Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica. Actas del IV Congreso Español de Sistemas de Información Geográfica. Madrid, España.

MAC DONALD, P. 1996. Environmental Systems Research Institute. Arc News. Sustainable Forest Development Draws Near in Ecuador.

SOLANO, M. y OTROS. 1995. Actualización de la Cartografía 1:10.000 a través de los SIGs. El caso de la región Heredia. Memoria 5ta. Conferencia Iberoamericana sobre Sistemas de Información Geográfica. Editorial de la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Cuyo. Mendoza, Argentina.

VERDEJO, J.M. 1995. Generación Automática de Recorridos Mantenimiento en una Red de Servicios. Asociación Española de Sistemas de Información Geográfica. Actas del IV Congreso Español de Sistemas de Información Geográfica. Madrid, España.