GESTION DE PERMISOS EN LA CUENCA DEL RÍO MUCUJÚN MEDIANTE EL USO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICO (SIG)

POR:
JUDITH DELGADO MALDONADO

TESIS PARA OPTAR AL GRADO MAGISTER SCIENTIAE EN GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES Y MEDIO AMBIENTE

CENTRO INTERAMERICANO DE DESARROLLO E INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y TERRITORIAL
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
MÉRIDA,VENEZUELA
1998

BIBLIOTECA DEL CIDIAT

AGRADECIMIENTO

A las instituciones que me han formado académica y profesionalmente como la Universidad de los Andes y el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales Renovables.

Al Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT) por permitirme realizar mis estudios de maestría en el campo ambiental.

Al Consejo de Desarrollo Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de los Andes por el apoyo brindado al financiar parte del presente trabajo.

Al profesor Ricardo R. Ponte R. su iniciativa, orientación, conocimientos, experiencias y apoyo tuvieron un valor inestimable para la realización de este trabajo.

A los profesores Guzman García Luis Sandia y José Vilchez por sus sugerencias y recomendaciones.

Al Laboratorio ULABSIG del Instituto de Geografía y Conservación de los Recursos Naturales (IGCRN) que hizo posible la ejecución de este trabajo, en especial a su personal: profesor Ricardo R. Ponte R. , coordinador, y a la Geóg. Magdalena Parra por compartir sus conocimientos y colaborar en la realización del trabajo.

A la Geóg. Elena Mendoza, quien confirmo mi convicción de que se aprende para enseñar, por compartir en el momento más oportuno sus conocimientos y colaborar tan pacientemente en la realización de este trabajo,

Al profesor Alexander Parra del Instituto de Fotogrametría de la Facultad de Ingeniería por la valiosa orientación brindada.

A Javier Sánchez, por su excelente sentido del compañerismo y amistad.

A todo el personal administrativo y obrero del CIDIAT, pues todos y cada uno de ustedes colaboraron en algun momento para alcanzar esta meta.

A todas aquellas personas que hicieron posible la culminación de mis estudios.

INDICE

	Pag
AGRADECIMIENTO	III
LISTA DE TABLAS	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
RESUMEN	XIII
Capítulo	
I **INTRODUCCION**	1
Problema y su importancia	2
Criterios de selección del área de estudio	3
OBJETIVOS	4
Objetivo General	4
Objetivos específicos	4
II **REVISION BIBLIOGRÁFICA**	5
Consideraciones generales sobre las áreas bajo régimen de Administración especial	5
Unidades de ordenamiento	5
Los sistemas de información geográfico	6
Concepto	7
Componentes de un SIG	7
Equipo hardware	8
La unidad central	8
Los periféricos	8
Programas software	8
Funciones de un SIG	8
Funciones de entrada de datos	9
Funciones de gestión	9
Funciones de manipulación	9
Funciones de análisis	9
Funciones de representación	10
Información	11
Los datos geográficos y su representación digital	11
Tipos de modelos	12
Modelo orientado a capas	13
Modelo vectorial	13
Modelo raster	13
	13

Modelado cartográfico 14
Aplicación de los SIG en los estudios ambientales 16

III CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL ÁREA DE ESTUDIO 21
Localización y límites 21
Características físico naturales 21
Relieve 21
Fondo de Valle 23
Vertiente 23
Geología y Suelos 23
Clima e hidrología 24
Piso húmedo macro-mesotérmico 24
Piso húmedo mesotérmico 24
Piso paramero 24
Piso nevado 24
Zonas de vida 24
Bosque húmedo montano bajo 25
Bosque muy húmedo montano bajo 25
Bosque muy húmedo montano 25
Páramo subandino 25
Tundra pluvial 25
Nival 26
Hidrología 26
Uso del suelo 26
Uso del suelo para 1987 26
27

IV METODOLOGÍA 31
Materiales y métodos 31
Equipo (hardware) 31
Programas (software) 33
Diseño de la base de datos 33
Estudio de requerimientos 33
Requerimientos de información 34
Recolección de las fuentes de información o requerimientos 34
Material cartográfico y aerofotogramétrico 34
Escala de trabajo 35
Definición de las características a representar en la base de datos 35
Generación de la cobertura de unidades de ordenamiento 36
Generación de la cobertura de pendiente 36
Generación de la cobertura de vegetación y uso 39
Generación la cobertura de parcelas 39
Generación de la cobertura de hidrografía 40

Requerimientos funcionales 40
Diseño conceptual de la base de datos espacial 40
Diseño lógico 41
Diseño físico 41
Digitalización de los datos espaciales 41
Correción de errores 43
Diseño físico de la base de datos espacial 43
Elaboración de la base de datos 43
El modelado cartográfico 43
Generación de la cobertutra uidad parcelaria integrada (UPU) 43
Composición cartográfica 44

V RESULTADOS 47
Gestión de permisos en la cuenca del río Mucujún 47
Estructura de la base de datos para la cobertura de unidades de 50
Ordenamiento 50
Estructura de la basede datos de la cobertura de pendiente 50
Estructura de la base de datos para la cobertura de uso y 53
Vegetación 53
Estructura de la base de datos para la cobertura de parcelas 57
Estructura de la base de datos de la cobertura de hidrografía 58
Estructura de la base de datos de la cobertura unidad parcelaria 63
Integrada 63
Recuperación de información Espacial 65
Ejemplo 1 65
Planteamientos e interrogantes 65
Solución 66
Busqueda Temática 66
Ejemplo 2 66
Planteamientos e interrogantes 66
Solución 66
Ejemplo 3 66
Planteamientos e interrogantes 66
Solución 73
Ejemplo 4 73
Planteamientos e interrogantes 73
Solución 73

CONCLUSIONES 79
RECOMENDACIONES 80
BIBLIOGRAFÍA 81

LISTA DE TABLAS

Tabla		Pag.
1.	Funciones de un SIG	12
2.	Uso del Suelo y Unidades de Ordenamiento en la Cuenca del río Mucujún	28
3.	Actividades permitidas en la unidad de ordenamiento I según reglamento de uso. Zona Protectora del río Mucujún	37 38
4.	Actividades permitidas en la unidad de ordenamiento II según Reglamento de Uso. Zona Protectora del río Mucujún	35 35
5.	Estructura de la base de datos para la cobertura de unidades de ordenamiento	50 50
6.	Estructura de la base de datos para de la cobertura de pendiente	53
7.	Estructura de la base de datos para la cobertura vegetación y uso.	57
8.	Estructura de la base de datos de la cobertura parcelas.	58
9.	Estructura de la base de datos de la cobertura hidrografía.	58
10.	Estructura de la base de datos de la cobertura unidad parcelaria integrada (UPI)	64 65

LISTA DE FIGURAS

Figura		Pag
1.-	Croquis de la cuenca del río Mucujún. Disposición de hojas.	22
2.-	Esquema metodológico de las actividades a realizar en la gestión de permisos de la cuenca del río Mucujún mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica.	32
3.-	Esquema conceptual de la base de datos para la gestión de permisos en la cuenca del río Mucujún	42
4.-	Modelado cartográfico para la obtención del mapa Unidad parcelaria Integrada.	45
5.-	Procedimiento manual en la autorización o aprobación de respuesta.	48
6.-	Procedimiento automatizado en la elaboración de respuesta utilizando la BDGCRM.	49
7.-	Area piloto cuenca del río Mucujún. Unidades de ordenamiento.	51
8.-	Area piloto cuenca del río Mucujún. Pendiente.	55
9.-	Area piloto cuenca del río Mucujún. Vegetación y uso.	59
10.-	Area piloto cuenca del río Mucujún. Parcelas.	61
11.-	Area piloto cuenca del río Mucujún. Unidad Parcelaria Integrada (UPI).	67
12.-	Cobertura de parcelas con su tabla de atributos.	69
13.-	Cobertura de Unidad Parcelaria Integrada (UPI) con su tabla de atributos.	71
14.-	Cobertura de Unidad Parcelaria Integrada con su tabla de atributos.	75
15.-	Cobertura de Unidad Parcelaria Integrada (UPI) con su tabla de atributos.	77

RESUMEN

La cuenca del Mucujún es un área que por sus rasgos naturales sus características y potencialidades ecológicas exige de la protección y control de sus recursos por ser la fuente de agua para consumo humano de la ciudad de Mérida. Por esta razón pertenece al conjunto de "Areas Bajo Régimen de Administración Especial " bajo la figura de Zona Protectora, según Gaceta oficial N ° 33285, su Reglamento de Uso constituye un instrumento básico para la administración y manejo del espacio, buscando garantizar la protección y conservación de sus recursos. Debido a esto la realización de cualquier actividad en la cuenca requiere un permiso de utilización otorgado por la coordinación Zonal del M.A.R.N.R. por ser éste el organismo competente y responsable de su administración.

El presente trabajo esta estructurado en seis capítulos y se implementa una metodología basada en la utilización de un programa denominado ARC/INFO, del Environmental Systems Research Institute (ESRI) de California, EEUU y el programa ARVIEW versión 3.0. debido a que éstas herramientas son de gran utilidad para agilizar la toma de decisiones en la gestión ambiental.

Para efectos de la realización de esta investigación se tomó un área piloto comprendida entre las quebradas La Cuesta y La Carbonera ocupando una extensión aproximada de 84.28 ha. por ser una de las zonas más conflictivas, desde el punto de vista social, debido a que es donde se localiza el mayor grueso de la población, lo que implica generación de mayor volúmen de desechos, contaminación del agua etc.

El trabajo se realizó a escala 1: 5.000, se elaboró una base de datos y un modelo referenciado geográficamente que permitió el almacenamiento de toda la información disponible del área piloto, y mediante la utilización del programa ARVIEW se logran realizar las consultas temáticas para asi determinar a través de la pantalla los espacios donde se permiten y/o prohiben actividades aplicando un sistema de información geográfica (SIG).

Los resultados obtenidos evidencian que utilizando la técnica de los SIG el proceso para la toma de desiciones resulta preciso, confiable y rápido.

CAPITULO I

Introducción

La Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio contempla dentro de su normativa la protección y control de aquellas áreas que por sus rasgos naturales, exigen una atención especial, siendo definidas como "Areas Bajo Régimen de Administración Especial" (ABRAE) dentro de las cuales establece la figura de Zona Protectora.

Las Zonas Protectoras, por lo general, comprenden áreas ubicadas en las cuencas hidrográficas que ameritan un tratamiento especial debido a sus características físico naturales y ubicación, o por encontrarse en zonas inmediatas a poblaciones; situación que les confiere una gran importancia ya que actúan como agentes reguladores del clima y de las aguas. En las zonas protectoras sólo pueden efectuarse aquellas labores determinadas por las leyes o establecidas por las normas técnicas dictadas por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (MARNR), lo cual exige un eficiente manejo de la información y un ajustado conocimiento del ambiente (MARNR 1992).

Las cuencas hidrográficas están siendo afectadas por multiples actividades humanas que conducen a su deterioro progresivo, a través de la continua ampliación de la frontera agrícola en detrimento de la cobertura boscosa y áreas naturales, y de la sustitución de usos tradicionales que ponen en peligro la permanencia de los recursos para el disfrute de las generaciones futuras (MARNR 1992).

La cuenca del río Mucujún está incluida desde el 14-08-1985 en el Sistema Nacional de Areas Bajo Regimen de Administración Especial (ABRAE) bajo la figura de Zona Protectora con el fin de "regular el desarrollo socio-económico de la subcuenca, de manera de hacerlo compatible con la preservación de su calidad ambiental y conforme a las capacidades y limitaciones de los recursos naturales presentes en ella, garantizando el abastecimiento de agua a la ciudad de Mérida y a la población asentada en la subcuenca" (Gaceta Oficial 1986. pág 1).

La situación planteada exige que el manejo de los recursos se realice como tarea dinámica y multidisciplinaria con fuertes especificaciones rígidas en el tratamiento de los datos que permitan producir planes de manejo, y den respuestas oportunas ante la necesidad constante de toma de decisiones relacionadas al proceso de intervención y ocupación del espacio (Giudice, 1992).

En la actualidad tales exigencias pueden ser satisfechas gracias a la eficiencia y rapidez en el proceso de almacenamiento y análisis de información de carácter espacial que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica (SIG) . Por ello existe una creciente tendencia en diferentes organismos y entes de prestación de servicios públicos e instituciones nacionales de investigación y asesoría, a

utilizar los SIG. Estos constituyen una herramienta para el manejo de datos descriptivos georeferenciados inherentes a los propósitos de la planificación territorial, pues permiten el almacenamiento, análisis, transformación y relación de la información geográfica relevante en este proceso. Los SIG se presentan como un sistema óptimo en el tratamiento de la información ambiental, ya que permiten el manejo de grandes volúmenes de información que amerita ser ordenada, clasificada, almacenada y actualizada en forma tal, que posteriormente sea útil a los usuarios para múltiples propósitos (Borcosque, 1990).

Problema y su importancia.

En los últimos años la ciudad de Mérida ha experimentado un crecimiento urbano que ha irradiado sus efectos mediante la ocupación de espacios en sus adyacencias. Este proceso ocurre de manera desordenada, originando graves problemas de desequilibrio ambiental. En la cuenca del río Mucujún aledaña a la ciudad, se reflejan de manera importante las consecuencias de ese crecimiento, generando presión por la utilización urbana de la cuenca, que cuenta con alto potencial para el desarrollo de actividades productivas y de preservación, debido a que constituye la principal fuente de abastecimiento de agua para la ciudad de Mérida. La problemática relacionada con la ocupación del espacio, y la presión por el uso urbano se refleja en la cantidad de solicitudes que se tramitan en las oficinas del MARNR organismo que tiene competencia en la protección del ambiente y debe garantizar la calidad de los recursos especialmente del agua del río Mucujún, que es la fuente de abastecimiento para consumo humano de la ciudad de Mérida.

El MARNR, a través de su Dirección Regional, es el organismo encargado de procesar analizar y autorizar el desarrollo de las actividades en la cuenca del río Mucujún de acuerdo al Reglamento de Uso establecido para la misma en 1993. Por ello para realizar cualquier actividad en el área, los usuarios deben solicitar al MARNR un permiso de utilización.

Actualmente el proceso técnico que realiza el MARNR para implementar los lineamientos generales y específicos, así como las actividades a permitir y/o prohibir, tiene sus limitaciones, debido a que para emitir una respuesta se requiere de una gran cantidad de información geográfica, necesaria para el análisis espacial y de un período de tiempo prolongado, haciendo el proceso poco ágil y eficiente para la toma de decisiones.

En vista de que el proceso se realiza en forma manual y la cantidad de personal con la que cuenta la Oficina Coordinadora de la Cuenca del Río Mucujún (OCCRM) adscrita al MARNR resulta para capacidad de respuesta, por el volumen recibido de solicitudes para permisos, el proceso tiene un conjunto de limitantes que lo hacen poco ágil.

El inventario de los recursos naturales y actividades en la cuenca debe ser continuo en el tiempo y para alcanzar esta meta, se deben tener las herramientas que faciliten su actualización. En este sentido un SIG puede ser una herramienta que permita hacer más rápido y eficiente este proceso.

La implementación de un SIG permitirá integrar los datos georeferenciados procedentes de diversas fuentes de naturaleza heterogénea en una sola base de datos. Con ello, se obtiene información de carácter global de cada punto o zona de la cuenca y, en consecuencia, se definirán las prioridades de investigación y actuación. En cuanto a la aplicación del sistema, el SIG permitirá al administrador del medio ambiente disponer de una poderosa herramienta para manipular y analizar la información espacial , lo cual contribuirá a optimizar el manejo de los recursos en la cuenca, agilizando el proceso en la toma de decisiones en períodos de tiempo relativamente cortos.

Con el desarrollo de un Sistema de Información Geográfica para la Cuenca del río Mucujún se fomentaría la aplicación de políticas orientadas al mejor aprovechamiento del espacio y manejo de los recursos allí existentes, lo cual sería de gran utilidad e interés para el MARNR, y otros organismos como HIDROANDES, INPARQUES, ICLAN.

Fundamentada en los planteamientos anteriores, en el presente trabajo se ha analizado la información existente en un área piloto, dentro de la cuenca del río Mucujún, ubicada entre las quebradas La Cuesta y La Carbonera con una extensión aproximada de 84.2 ha. Se ha creado una base de datos, con el fin de usarla para agilizar el proceso de toma de decisiones y tramitación de permisos en la cuenca del río Mucujún. Se procedió a seleccionar esta área por ser la más representativa de las unidades de ordenamiento I y II de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Uso, y por presentar los mayores conflictos de uso ya que en la misma es donde se encuentra la mayor concentración de población, y como consecuencia, donde se produce la mayor cantidad de desechos y problemas de contaminación ambiental.

Además, la implementación del SIG permitirá conocer la magnitud de afectación actual del medio ambiente, facilitará la aplicación del Reglamento de Uso vigente y en consecuencia se logrará una gestión más rápida, eficaz y actualizada en la cuenca.

Criterios de Selección del área de estudio.

La Zona Protectora del río Mucujún posee atractivas bellezas paisajísticas que combinadas con la potencialidad agrícola, justifican la regulación de la intervención de la subcuenca del río Mucujún, como estrategia para alcanzar el uso sostenido en el tiempo (MARNR 1985).

Además, la selección del área de estudio se apoyó en la disponibilidad de información existente. Esta área posee un alto potencial agroecológico, adecuado para el desarrollo agropecuario; sin embargo, existen usos incompatibles, áreas sub-utilizadas y áreas con usos medianamente adecuados que justifican la selección de la cuenca por cuanto es representativa de las acciones que se deben tomar en las tareas de ordenamiento (MARNR 1985).

Objetivos

Objetivo General:

Diseñar y elaborar una base de datos y un modelo cartográfico geográficamente referenciado que permite la gestión de permisos en la cuenca del río Mucujún mediante la utilización de un SIG.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las condiciones físico-naturales del área de estudio para la elaboración de la base de datos (espacial y temática) empleando el SIG PC ARC/INFO.

- Determinar el mapa de Unidad Parcelaria Integrada (UPI).

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Consideraciones generales de las "Areas Bajo Régimen de Administración Especial" ABRAE

La amenaza que se cierne sobre los recursos naturales renovables en el mundo ha alcanzado niveles alarmantes en las últimas décadas. Es responsabilidad de todos los habitantes del planeta y de todos los organismos involucrados, la concientización a nivel mundial de la necesidad de conservar la naturaleza y sus recursos para asegurar una buena calidad de vida a la población actual y futura .

Las actividades humanas se han desarrollado a lo largo de los siglos sobre la superficie terrestre que aparece como el marco de sustentación. Es por ello que el control sobre el territorio y, por tanto, sobre la información referente a él ha sido considerado un factor clave (Goertz et al,1992) citado por (Comas y Ruiz 1993).

Venezuela cuenta con una gran riqueza natural; sin embargo, esta riqueza se ha visto afectada por el acelerado crecimiento de las actividades humanas, actividades que en ocasiones han causado daños irreparables al ambiente porque fueron o son ejecutadas sin el debido conocimiento técnico-científico de los ecosistemas y su funcionamiento, o por falta de una conciencia ambiental que permita un uso racional y mejoramiento del entorno.

Lo anterior justifica la preocupación del Estado por normar la relación que se establece entre el hombre, el medio físico-natural y la sociedad, a través de un proceso de ordenación y planificación, con el fín de alcanzar y/o garantizar un desarrollo armónico y sustentable, contando con la participación de la sociedad. Esta preocupación por conservar los paisajes de excepcional belleza y mejorar aquellos que posibilitan un mejor desarrollo y bienestar, se inicia en la década de los treinta cuando comienzan las declaratorias de las "Areas Bajo Régimen de Administración Especial" ABRAE (MARNR, 1993).

La política ambiental y la gestión ambiental adquieren un carácter transcedental en las ABRAE, siendo el objetivo definir los lineamientos y estrategias en materia de Ordenación del Territorio, protección de áreas especiales y sensibles, aprovechamiento de los recursos y definición de parámetros de calidad ambiental, de manera de compatibilizar todas estas actividades y alcanzar un desarrollo sustentable.

La Ley Orgánica para la Ordenación del Territorio contempla dentro de su normativa la protección y control de aquellas áreas que, por sus rasgos naturales, exigen una atención especial, y las definen como "Areas Bajo Régimen de

Administración Especial "(ABRAE) donde se incluyen todas aquellas áreas del territorio nacional que de acuerdo a las características y potencialidades ecológicas que poseen, han sido decretadas por el Ejecutivo Nacional para cumplir funciones productoras, protectoras y recreativas (MARNR, 1992).

Las ABRAE son espacios geográficos con características biofísicas particulares o con otras cualidades y potencialidades en lo sociocultural, que ameritan recibir del estado una protección efectiva y permanente bajo un régimen de administración especial, a fin de garantizar la integridad física sin merma de sus valores, mediante una utilización acorde con esos objetivos y un manejo adecuado a dichas características (Gondelles, 1991).

La cuenca del río Mucujún constituye un sistema natural y socioeconómico muy dinámico, que posee características y potencialidades ecológicas para cumplir funciones productoras, protectoras y recreativas, siendo la fuente abastecedora de agua para el consumo de la población de la ciudad de Mérida, rasgos naturales que exigen una atención especial. Como consecuencia, la cuenca fue decretada como ABRAE, bajo la figura de Zona Protectora, el 14 de Agosto de 1985, por el Gobierno Nacional según Gaceta Oficial de la República Nº 33.285; para que en esta área exista mejores condiciones de vida, mediante un desarrollo que no ponga en peligro ni los recursos naturales renovables, ni la calidad ambiental para las generaciones futuras (MARNR, 1992).

Unidades de Ordenación y Reglamento de Uso

El Ejecutivo Nacional mediante decreto Nº 1.264 del 10 de Septiembre de 1986, publicado en Gaceta Oficial Nº 3.922 Extraordinario del 13 de Octubre, dictó el Reglamento de Uso de la Zona Protectora de la Subcuenca del Río Mucujún, en el que se establecen las normas para administración, utilización, conservación, recuperación, inspección, vigilancia y resguardo de la Zona Protectora. Se definen cuatro unidades generales de ordenación. La unidad I se localiza en los fondos de los valles intermontanos. Por condiciones de suelos y pendiente pueden dedicarse a uso agropecuario, turístico, recreacional, residencial, artesanal, de investigación científica y educacional. La unidad II corresponde a las partes bajas de las estribaciones montañosas, comprendiendo áreas intervenidas y con limitaciones al uso. Las unidades III y IV son áreas muy frágiles caracterizadas por el bosque húmedo y la vegetación paramera, respectivamente, y su uso es como protector. (Gaceta Oficial Nº 3.922 1986).

Vale la pena destacar que la declaratoria de área protegida no significa, en modo alguno, que los recursos ubicados en ella no puedan ser utilizados, muy por el contrario, estarán permitidas todas aquellas actividades que aseguren un uso más provechoso y sostenido para beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Concepto

Para Barredo, (1996) el concepto de Sistemas de Información Geográfica ha sido definido de diversas formas, dependiendo del punto de vista que asuma el autor en este campo. Sin embargo, al comparar las definiciones se observa que existen ciertos elementos en común, los cuales se consideran como los constituyentes de la base esencial de los SIG.

Se puede definir un SIG (o GIS por las siglas inglesas) como:

Herramientas que en general permiten capturar, almacenar organizadamente, procesar y entregar visualizaciones de información tratada en forma sectorial o integrada y que tienden a satisfacer necesidades específicas de usuarios, tambien específicos (Borcosque, 1990).

El National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA, 1990a) de los Estados Unidos de América define un SIG como el "sistema compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelar y representar datos geo-referenciados, con el objetivo de resolver problemas de planificación y gestión.

Según Aronoff (1991) es un sistema basado en el computador, que proporciona capacidades para manejar datos referenciados: entrada, manejo de datos (almacenamiento y recuperación), manipulación, análisis y salidas (Aronoff, 1991).

También se define como una base de datos computarizada que contiene información espacial (Cebrián y Mark, 1986 citado por Bosque, 1992).

Los sistemas de información están definidos por un conjunto sistemático de componentes o subsistemas capaces de realizar operaciones de procesamiento de datos con el propósito de proporcionar información y brindar apoyo a las actividades de planificación control y toma de decisiones. (Burch y Strater, 1984, citado por SIA, 1993).

Cebrían (1992) plantea un punto de vista menos operativo y más teórico; y concibe a los SIG como una base de datos especializada que contiene objetos geométricos.

Componente de un SIG

Según la CEPAL (1990) los elementos básicos que le dan forma a un SIG son dos: el soporte técnico de los equipos (hardware) y el soporte lógico del manejo propiamente de la información, el cual viene dado por rutinas o conjunto de rutinas que realizan determinadas funciones y que permiten el cumplimiento de los objetivos de diseño de estos sistemas.

Equipo (hardware)

Son los componentes materiales de un sistema informático. Los componentes materiales básicos para un SIG son: La unidad central de procesamiento (CPU) y los periféricos. Los periféricos son una serie de componentes muy diversos y heterogéneos, pero en su totalidad dependen de la CPU.

La unidad central:

La unidad central de procesamiento es un procesador electrónico que, bajo el control de las instrucciones de software, dirige y supervisa todas las funciones del sistema, recibe datos y órdenes, realiza operaciones y genera los resultados que llegan al usuario a través de los periféricos. La estructura de la unidad central de procesamiento es la siguiente: la unidad de control, la unidad aritmético-lógica, la memoria principal o central.

Los periféricos:

Los periféricos se pueden agrupar de acuerdo al tipo de función que cumplen en periféricos de entrada, salida y almacenamiento. Forman un grupo nutrido de componentes físicos, que guardan entre sí una única característica común, su dependencia de la CPU. Las funciones de entrada se realizan generalmente a través del monitor, el teclado, el mouse o ratón, la tabla digitalizadora y el escáner. Por el monitor son llevadas a cabo las funciones de salida así como también por la impresora y el plotter o trazador de plumillas, y por los discos magnéticos u ópticos y las cintas magnéticas las funciones de almacenamiento (Comas y Ruiz, 1983).

Programas (Software)

El término inglés software se refiere en la terminología informática al soporte lógico que organiza, dirige y da consistencia a todo el sistema

En un SIG se pueden distinguir dos grandes clases de software:

El sistema operativo, que es el intérprete entre el usuario, la información, el software SIG y el hardware, son los programas referidos a aquellos no gráficos que involucran todos los algoritmos, programas o rutinas, que permiten realizar las operaciones dentro del sistema sin la capacidad de graficar, entre ellos se tienen: los sistemas operativos, los manejadores de base de datos, los lenguajes de programación y otros programas de utilidad.

Funciones de un SIG

El software SIG se caracteriza por permitir realizar las siguientes funciones: entrada, gestión, manipulación, análisis, y representación, herramientas que posibilitan la expresión analógica de la información no gráfica.

Funciones de entrada de datos

Con base en un sistema de referenciación convencional, esta función permite digitalizar las entidades cartográficas referenciadas geográficamente con sus coordenadas x, y. Los datos cartográficos son complementados con los datos alfanuméricos, siendo los más importante los códigos individuales y únicos de cada una de las entidades cartográficas, que servirán como identificador y lazo entre las entidades cartográficas y sus atributos alfanuméricos

Funciones de gestión

Estas funciones son llevadas a cabo por un subsistema del SIG, el sistema gestor de la base de datos que permite la independencia entre la organización física y la organización lógica de los datos, es decir la independencia entre la base de datos y los programas que la gestionan. El sistema gestor de la base de datos tiene como funciones principales, controlar la organización físico-lógica de los datos, almacenarlos, recuperarlos y actualizarlos, y el acceso simultáneo a la base de datos por diferentes usuarios e incluso la actualización simultánea de éstos.

La gestión integrada de datos geográficos y alfanuméricos en un SIG no es sencilla, por ello la mayoría de las veces no puede ser realizada por un sólo gestor de base de datos. Con un sistema híbrido, gran cantidad de software SIG han solucionado este problema utilizando dos sistemas gestores de datos: uno de diseño propio para gestionar los datos cartográficos, y otro, de diseño propio o no, para gestionar los datos alfanuméricos.

Funciones de manipulación

En estas funciones se incluyen los procedimientos utilizados para la estructuración topológica, transformación,superposición e integración de los datos geográficos, los datos cartográficos y los temáticos.

La función más importante es la definición digital explícita de las interrelaciones geométricas de las entidades cartográficas representadas en la base de datos. Sólo en los modelos vectoriales existe la topología explícita, realizándose mediante tres estructuras gráficas: punto, línea y polígono. En los modelos de datos raster la localización de los datos y su relación topológica está dada por el lugar que ocupa en las filas y columnas de la maya o retícula de pixeles.

Funciones de análisis

Estas funciones tratan conjuntamente a los datos cartográficos y sus atributos temáticos y son las más representativas de los SIG y las que lo separan de otros sistemas de información convencionales. Aronoff (1989) citado por Quiñones (1997) distingue cuatro típos de funciones:

Las funciones de recuperación permiten consultar los datos espaciales y sus atributos, pero solo éstos últimos pueden ser modificados o creados. Estas funciones no representan cambios en la localización de las entidades cartográficas, ni tampoco se crean nuevas entidades. Pueden hacerse operaciones de consulta/interrogación de la base de datos y la búsqueda selectiva de entidades en base a sus atributos, así como mediciones de distancias entre puntos, longitud de las líneas, perímetros y áreas de polígonos y la estadística espacial descriptiva.

La superposición topológica tiene dos aspectos fundamentales, el geométrico cartográfico y el de los atributos. La superposición geométrica implica necesariamente la generación de nuevas entidades cartográficas, producto de la intersección de las entidades originales. La superposición de los atributos tiene dos variantes, la nominal o lógica y la aritmética, estas dos variantes son posibles tanto en modelos vectoriales como en raster. La superposición nominal de los atributos genera nuevas categorías compuestas en la capa resultante, las cuales permiten conocer al detalle las entidades que cumplen una serie de condiciones. La superposición aritmética consiste en combinar variables numéricas a través de operadores matemáticos. (suma, resta, multiplicación, división, exponenciación,etc.), generándose una nueva capa con los valores numéricos resultantes.

Las funciones de vecindad permiten evaluar las características del área que envuelve una localización determinada. Se requiere como mínimo la especificación de tres parámetros: una o más localizaciones de referencia, ámbito de vecindad alrededor de estas localizaciones y función concreta a realizar entre las localizaciones de referencia y el ámbito de vecindad definido.

Las funciones de conectividad son aquellas que tienen en común el uso de operaciones que van acumulando valores a lo largo del área que atraviesan. Se basan en la medida de uno o más atributos, además de un contador que registra

los valores acumulados. El resultado final acumulado puede ser cuantitativo, como por ejemplo, el tiempo consumido en el desplazamiento entre dos puntos, o cualitativo, como por ejemplo estar o no estar en cien metros de una estación nuclear. Los procedimientos de conectividad más notorios son: medidas de contiguidad, proximidad, análisis de redes,cálculo de volúmenes e intervisibilidad.

Funciones de representación

A partir del análisis y tratamiento de los datos, se constituye la representación de los resultados obtenidos; los cuales expresan tanto la información contenida en la base de datos geográficos como las manipulaciones y análisis realizados, siendo los más peculiares los de tipo cartográfico. Los procedimientos de representación incluyen el tratamiento de textos, la simbolización, y la transformación de los resultados cartográficos a un formato intelegible para el periférico.

El tratamiento de textos se refiere a la identificación de una entidad puntual, lineal o poligonal, también se incluye las anotaciones como la leyenda y la escala. La situación orientación, tamaño y estilo del texto son muy importantes para la legibilidad del mapa final.

La simbolización de las entidades cartográficas requiere procedimientos de enlace entre las entidades y la librería de simbolos, a partir de los valores de determinados atributos de las entidades. La simbolización de puntos consiste en asignarles un determinado símbolo como por ejemplo, una cruz, un cuadro o un círculo. El proceso de simbolización de líneas es parecido y está basado en la asignación de los colores; el ancho de la línea y los patrones de trazado son definidos por los registros de una librería de símbolos. Para los polígonos existen también librerías de tramado que se manejan de forma similar a los de las líneas y puntos.

Los procedimientos de transformación de los resultados se refieren a la conversión de éstos hacia un formato o una sintaxis adecuada para los periféricos de salida. Este procedimiento a veces implica utilizar archivos de dibujo intermedio o plot files, como en el caso de los trazadores de plumillas, aunque algunos procedimientos traductores pueden operar directamente, sin tener que generar archivos intermedios. Los resultados pueden ser presentados en soportes muy variados desde papeles de diversos tipos hasta diapositivas, fotografías o microfilm, etc.(Quiñones, 1997). En la Tabla 1 se representa un resumen de las funciones de un SIG.

Información

La información es lo que singulariza a un SIG, pues la información es la geográfica, ya que el sistema no lo es (Burrough, 1988). La información está

Tabla 1. Funciones de un SIG

FUNCIONES	SOFTWARE
Entrada	Entrada de datos Edición Representación interactiva
Gestión	Almacenamiento Recuperación Actualización
Manipulación	Estructuracion topológica Transformación Superposición Integración
Análisis	Recuperación Superposición Vecindad Conectividad
Representación	Anotaciones Simbolización Comunicación con periféricos

almacenada en una o varias bases de datos organizada y controlada por diversos subsistemas del software.

La base de datos geográficos es un conjunto de varios archivos interrelacionados que representan la realidad territorial en forma digital. La base de datos almacena el conocimiento y es independiente de la estructura física donde se almacenan los datos, y la estructura lógica donde se gestionan los datos.

Todos estos procedimientos están a cargo del subsistema gestor de la base de datos o SGBD (Bracken y Webster, citado por Comas y Ruiz 1993).

Los datos geográficos y su representación digital

Bosque (1992) señala que el mapa es la representación analógica de la realidad, por lo tanto no está adaptado a ser procesado por el computador que utiliza datos en formato digital (numérico). Por lo tanto el primer paso para introducir los datos a un SIG, es su conversión al formato digital.

La correcta representación de los datos espaciales requiere la resolución de dos cuestiones. La primera consiste en el procedimiento mediante el cual un objeto geográfico recibe directa o indirectamente una etiqueta que identifica su posición espacial con respecto a algún punto común o marco de referencia (Goodchild, 1984, citado por Bosque, 1992).

En segundo lugar, se debe realizar una descripción de la posición geométrica de cada objeto y sus relaciones espaciales (la topología) que mantiene con los restantes objetos geográficos existentes en la realidad a estudiar y para llevar a cabo esta ultima labor se requiere realizar una abstracción y simplificación de todos los elementos existentes, es decir se debe crear un modelo de datos de los objetos a representar digitalmente (Peuquet, 1984).

Un modelo es siempre una representación simplificada de la realidad. "Una abstracción del mundo real que incorpora sólo aquellas propiedades que son relevantes a la aplicación de interés de cada caso".

Tipos de modelos

La simplificación de la realidad se puede llevar a cabo, según los objetivos que se persigan utilizando diferentes tipos de modelos. Bosque (1992) hace referencia a los modelos vectorial, raster, el jerárquico recursivo, y los modelos digitales del terreno; en cambio Comas y Ruiz (1993) consideran como los principales modelos y opciones para la representación del territorio: el modelo orientado a capas (raster y vectorial), modelo orientado a objetos y el modelo digital del terreno.

De acuerdo a la conceptualización realizada por Comas y Ruiz (1993) a continuación se estudiaran los modelos orientados a capas.

Modelos Orientados a Capas

Modelo Vectorial. En este modelo las entidades geográficas se representan por la combinación de puntos, líneas, polígonos y atributos temáticos georreferenciados e interrelacionados. Este modelo es mucho más parecido a la percepción humana del espacio que la que ofrecen los modelos raster, y en parte por ello tiene más variantes y también más dificultades añadidas (Comas y Ruiz 1993).

Modelo raster. Este modelo es el más simple desde el punto de vista conceptual y lógico. Su analogía cartográfica es muy clara y se representa por una malla de puntos.

Los modelos raster y vectorial orientados a capas temáticas tienen una base conceptual común, centrada en el enfoque cartográfico, en el cual el sistema tiene como objetivo básico representar el contenido del mapa.

En estos modelos orientados a capas el espacio es continuo, en él existen un infinito número de lugares georreferenciados sin ninguna limitación teórica. El territorio puede ser descrito por medio de una serie de variables, suelos, vegetación, pendiente, población cada variable temática puede ser entendida y

representada como una capa independiente que representa la distribución de la variable en el espacio, existiendo funciones para interrelacionar las capas entre sí.

Modelado cartográfico

Bosque (1992) define al modelado cartográfico como un conjunto de procedimientos que se basan en los datos almacenados en dos o más estratos temáticos (coberturas) iniciales, para generar un nuevo estrato de información que se integrará en la base de datos geográfica. El modelado cartográfico es, entonces, un procedimiento donde se usan las funciones de manipulación y análisis de un SIG en una secuencia lógica, con el fin de resolver problemas espaciales complejos.

Según Andrew (1988) el SIG constituye un modelo de la realidad. Los métodos para representar los complejos componentes de esa realidad a través de un sistema computarizado serán efectivos sólo si la estructura de la realidad es modelada apropiadamente y los datos coleccionados han tenido un estricto control de calidad.

Para Tomlin (1991) citado por Barredo (1996) el modelado cartográfico es una metodología general para el análisis y síntesis de datos geográficos, definiéndolo como el uso de las operaciones básicas de un SIG en una secuencia lógica para resolver problemas espaciales complejos.

Según el autor existen dos tipos básicos de modelado cartográfico: Descriptivo y Prescriptivo. El primero se realiza por un proceso deductivo en el cual con el planteamiento de un resultado esperado se procesan los datos para obtenerlo, y se refiere a las técnicas cuyo propósito es lograr descripciones sobre la información espacial, existiendo dentro de este tipo diferencias entre técnicas que analizan las que tienden a descomponer la información espacial en sus unidades mínimas territoriales, y técnicas que sintetizan datos espaciales y tienden a recomponer la información espacial para una utilización específica.

El modelado cartográfico Prescriptivo consta de tres elementos principales: Planteamiento del problema, generación de soluciones al problema y evaluación de las soluciones. Las primeras son descriptivas aplicándose también al modelo descriptivo mientras que la tercera viene a ser la parte fundamental de este modelado cartográfico.

Las técnicas de este modelo por lo general están asociadas con ciertas formas de localización geográfica, esto es, reuniendo ciertas condiciones temáticas de asentamiento de actividades, cuyo objetivo es determinar los lugares más convenientes de acuerdo a una serie de condiciones para una actividad planteada.

En los últimos años el empleo de la tecnología SIG ha aumentado considerablemente dentro del ámbito de las ciencias medioambientales, y en la actualidad existen varios sectores técnicos y profesionales que integran los SIG en sus respectivos campos de actividad, destacándose entre ellos el entorno de las administraciones públicas , con aplicaciones de planificación del territorio, catastro, infraestructuras, recursos naturales, militares de los cuerpos de seguridad etc., las empresas privadas con aplicaciones de explotaciones mineras, estudios de mercado, e incluso de gestión de infraestructuras e inventario en procesos de fabricación y almacenaje, y los servicios públicos con la integración del SIG en la planificación, el control y la gestión de redes eléctricas, agua y telefónica (Nunes, 1992).

El interés por conocer la realidad territorial, a qué obedecen fenómenos como los movimientos migratorios de una determinada población, o a qué se deben unos procesos de urbanización concretos y, por supuesto, llegar a conocer cuál es la disposición de los recursos naturales en un determinado territorio se ha convertido en un objetivo primordial a cualquier nivel. (Comas y Ruiz 1993).

El campo de aplicación de un SIG a los recursos naturales y medio ambiente ha conocido un desarrollo muy importante a lo largo de los últimos años, convirtiéndose en una herramienta de primer orden, insustituible, para la gestión integral de esos recursos, habiendo facilitado el nacimiento de estudios multidisciplinares integrados, que permiten el estudio de perspectivas o aproximaciones (Comunicación personal vía INTERNET flv@cesga. es, 1996).

Uno de los usos más comunes a que se destinan los SIG es la gestión de los recursos naturales y la evaluación y seguimiento del medio ambiente (Comunicación personal vía INTERNET Universidad de Granada, Mail al webmaster 1996).

Manejar mayor cantidad de información en el menor tiempo, conlleva a la utilización de las más modernas tecnologías y, actualmente la mayoría están siendo relacionadas con el uso de la computación y el desarrollo del software, orientando al usuario a tomar la mejor decisión y fundamentalmente realizarla en el menor tiempo posible (Robinson 1987).

Magallón (1995-1996), aplicaron un SIG con una interfase con manejador de base de datos en el Cantón de Santo Domingo de la Provincia de Heredia para la construcción, actualización y mantenimiento de planes reguladores a nivel de pequeños municipios. El Sistema de Información Geográfica para Gobiernos Locales (SIGGLO) maneja una base de datos relacional que constituye la información textual del sistema y se elaboró a nivel de dos unidades espaciales distintas; una a nivel de segmento censal con información proporcionada por la Dirección de Estadística y Censos y otra a nivel de lote tomada del trabajo de

En el modelado cartográfico las operaciones posibles difieren en función del tipo topológico de los objetos geográficos (puntos, líneas y polígonos) de cada capa de información inicial. Las operaciones posibles son seis: coincidencia de puntos, puntos en línea, puntos en polígonos, intersección de líneas, líneas en polígonos y superposición de polígonos. (Bosque, 1992). Seguidamente según Bosque (1992), se describen brevemente cada una de las operaciones.

Análisis de coincidencia de puntos: Consiste en definir en qué localizaciones coinciden los objetos puntuales ubicados en dos capas originales. El resultado es un nuevo estrato/capa de información que contiene los puntos donde existen simultáneamente ambas características puntuales.

Análisis de punto en línea: Consiste en determinar la coincidencia espacial de objetos puntuales y objetos lineales. El resultado es un nuevo estrato de información que contiene los puntos que interceptan las características lineales.

Análisis de punto en polígono: Determina la existencia o inexistencia de puntos de uno de los mapas dentro de los polígonos trazados en el otro. Ya conocidos los puntos que cumplen esta condición , es posible transferir la información temática entre puntos y polígonos.

Estudio de la intersección de líneas: Trata de determinar los lugares donde dos redes o sistemas de objetos lineales se cruzan y, al mísmo tiempo, generan el conjunto de nuevas aristas y nuevos nudos creados por dicha intersección.

Análisis de línea en polígono: Trata de determinar la existencia de objetos lineales cuyo recorrido se produce por el interior de un polígono, delimitado en el otro mapa.

Superposición de polígonos: Es la operación más compleja y engloba mayor número de variantes. Para cada caso se generan nuevos polígonos, producto de la intersección de los preexistentes. En la operación se presentan dos etapas: una primera etapa geométrica-topológica, consiste en determinar los nuevos polígonos generados a partir de la intersección. En ella se asignan nuevos identificadores para cada polígono nuevo, finalizando con la reconstrucción de la topología de los nuevos polígonos. Una segunda etapa está referida al caracter temático donde se atribuyen los valores pertinentes a las variables temáticas relacionadas al nuevo polígono. Los nuevos valores van a depender en alguna forma, de las cifras que estas variables adoptan en los polígonos originales.

Aplicación de los SIG en los estudios ambientales

Los campos de aplicación de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son prácticamente infinitos y vienen a ser herramientas multipropósito, por lo que sus campos de aplicación son muy diversos (Gutiérrez, 1994).

En los últimos años el empleo de la tecnología SIG ha aumentado considerablemente dentro del ámbito de las ciencias medioambientales, y en la actualidad existen varios sectores técnicos y profesionales que integran los SIG en sus respectivos campos de actividad, destacándose entre ellos el entorno de las administraciones públicas , con aplicaciones de planificación del territorio, catastro, infraestructuras, recursos naturales, militares de los cuerpos de seguridad etc., las empresas privadas con aplicaciones de explotaciones mineras, estudios de mercado, e incluso de gestión de infraestructuras e inventario en procesos de fabricación y almacenaje, y los servicios públicos con la integración del SIG en la planificación, el control y la gestión de redes eléctricas, agua y telefónica (Nunes, 1992).

El interés por conocer la realidad territorial, a qué obedecen fenómenos como los movimientos migratorios de una determinada población, o a qué se deben unos procesos de urbanización concretos y, por supuesto, llegar a conocer cuál es la disposición de los recursos naturales en un determinado territorio se ha convertido en un objetivo primordial a cualquier nivel. (Comas y Ruiz 1993).

El campo de aplicación de un SIG a los recursos naturales y medio ambiente ha conocido un desarrollo muy importante a lo largo de los últimos años, convirtiéndose en una herramienta de primer orden, insustituible, para la gestión integral de esos recursos, habiendo facilitado el nacimiento de estudios multidisciplinares integrados, que permiten el estudio de perspectivas o aproximaciones (Comunicación personal vía INTERNET flv@cesga. es, 1996).

Uno de los usos más comunes a que se destinan los SIG es la gestión de los recursos naturales y la evaluación y seguimiento del medio ambiente (Comunicación personal vía INTERNET Universidad de Granada, Mail al webmaster 1996).

Manejar mayor cantidad de información en el menor tiempo, conlleva a la utilización de las más modernas tecnologías y, actualmente la mayoría están siendo relacionadas con el uso de la computación y el desarrollo del software, orientando al usuario a tomar la mejor decisión y fundamentalmente realizarla en el menor tiempo posible (Robinson 1987).

Magallón (1995-1996), aplicaron un SIG con una interfase con manejador de base de datos en el Cantón de Santo Domingo de la Provincia de Heredia para la construcción, actualización y mantenimiento de planes reguladores a nivel de pequeños municipios. El Sistema de Información Geográfica para Gobiernos Locales (SIGGLO) maneja una base de datos relacional que constituye la información textual del sistema y se elaboró a nivel de dos unidades espaciales distintas; una a nivel de segmento censal con información proporcionada por la Dirección de Estadística y Censos y otra a nivel de lote tomada del trabajo de campo. Posteriormente se desarrolla un administrador de la base de datos y al

conjunto se le denominó SIGGLO pretendiéndose que se comporte como un sistema de consulta y acceso a la base de datos. Esto permitió combinar y evaluar la aplicación de un SIG, un paquete de digitalización y una base de datos relacional para manejar un plan regulador de municipios de determinadas características.

Mérida (1995), para estudiar el paisaje aplicó un SIG donde desarrolla una metodología de análisis por componentes, desagregando el territorio en sus componentes más representativos por unidad de superficie, seleccionando los elementos en función de su incidencia visual en el territorio: altitud, desnivel, usos del suelo, hábitat, vías de comunicación, produciendo un número generalmente alto de variables con la intención de cubrir todo el espacio.El estudio se desarrolla en cuatro fases. La primera consiste en la selección de las variables con base en su especial incidencia en el paisaje agrupándolas en cuatro tipos: variables de índole topográfica, vías de comunicación, sistema de poblamiento y usos del suelo. En la segunda fase se procede a digitalizar la información en diversas capas utilizando el programa Auto/Cad, versión 10. Preparada la información se introduce en el SIG utilizando el ARC/INFO versión 3.4. La tercera fase consiste en la superposición de todas las capas disponibles . Finalmente se procede a ordenar todos los datos y clasificar los polígonos por tipo, donde se agrupan polígonos con valores similares en las diversas variables llegándose a evaluar tipos de paisaje.

En 1991 se aplicó un SIG en Tolima -Colombia con la finalidad de implementar una metodología de ordenamiento territorial para la evaluación, planeación y manejo de tierras interrelacionando factores físicos, sociales y económicos de la región (Pérez, 1992).

Pardi, (1989), citado por García (1994), aplicaron un SIG para evaluar el estado actual de conservación de la vegetación natural de Venezuela. Obtuvieron un mapa a escala pequeña donde muestran los diferentes tipos de vegetación existente en el país y la situación de protección en que se encuentran.

Según García (1994) la principal aplicación de los SIG en la protección y ordenación de espacios forestales consiste en automatizar la recolección y manejo de abundantes datos georreferenciados tarea que resulta de gran utilidad para confeccionar y actualizar los inventarios forestales, planificar la explotación del bosque, definir sectores con distintos riesgos de incendios o establecer áreas de posible reforestación.

García (1994), implementa una metodología dentro de un SIG para organizar la información en el manejo forestal. Se procede a organizar la información cartográfica y de uso del bosque del área experimental, que permitirá, la evaluación tanto del bosque no intervenido como de la masa remanente en el bosque explotado, con el fin de facilitar el manejo forestal del área.

Salas y Chuvieco (1992) citado por Conesa (1996), cartografiaron y analizaron diferentes variables asociadas al inicio y propagación del fuego, en el sureste de la Provincia de Avila España, elaborando finalmente un mapa de síntesis sobre la probabilidad de incendios forestales en esta región.

Para determinar la degradación del suelo y los riesgos de erosión en el sureste de España se utilizaron datos de pendiente a través de la creación de un modelo digital de terreno y datos de uso actual de la tierra generados a partir del análisis de fotografías aéreas del año 1986. El mapa de riesgo a la erosión se realizó combinando estas dos coberturas y en algunos casos se compararon los resultados obtenidos en el modelo con observaciones de campo (Garg y Harrison, 1992).

Montañez (1993), para racionalizar la gestión ambiental y la toma de decisiones a escala local propone una metodología para manejar y procesar información municipal a través de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica. Se tomó el caso del municipio Facatativá cerca de Bogotá, Colombia, como estudio piloto siguiendo un enfoque integrado, con base en cinco grandes componentes importantes en el análisis ambiental municipal: aptitud de la tierra para la agricultura, condiciones actuales de manejo de la tierra, evolución reciente de los usos de la tierra y sus tendencias, papel de algunos factores, como accesibilidad y proximidad de las corrientes, en la ocurrencia de situaciones de sobreutilización y subutilización de la tierra y finalmente algunas herramientas para el diseño de la política pública ambiental a nivel local. En el estudio se utilizaron los programas ROOTS desarrollado por Harvard College en 1990 e IDRISI para digitalizar la información vectorial. Con el procedimiento empleado se observó que en el municipio existe un mal uso de la tierra, debido a la sobreutilización y principalmente a la subutilización.

Simoes (1992), utilizando un Sistema de Información Geográfico aplica un modelo para efectuar la zonificación de amenaza a movimientos de masa. El autor indica que en el proceso de modelación de movimiento de masa, se requiere estudiar la acción de diferentes parámetros en forma simultánea, esto puede realizarse manualmente, pero con la utilización de las facilidades de análisis espacial y modelado cartográfico que proveen los SIG, el trabajo se realiza en forma más rápida y eficiente.

López Agostini (1995), da a conocer que en el Departamento del Medio Ambiente de la Generalitat de Catalunya España se ha dotado entre otros instrumentos, de un Sistema de Información Geográfica para ejercer las competencias que tiene asignadas en materia de preparación y de ejecución de la política del gobierno sobre el medio ambiente, y para dirigir, planificar, coordinar y evaluar los ambientes naturales Se desarrolló una base de datos cartográfica amplia a escala 1:5.000 y 1:250.000. La base cartogáfica se divide en cartografía general de referencia, cartografía temática de apoyo y cartografía ambiental

BIBLIOTECA DEL CIDIAT

específica, estas últimas se actualizaron en el Departamento del Medio Ambiente con el fin de ejercer funciones de análisis, planificación y gestión ambiental. En el estudio se desarrollan tres módulos bajo el lenguaje AML de ARC/INFO, el primer módulo consiste en caracterizar un punto del territorio dando como entrada una coordenada UTM, donde se obtiene un listado de variables asociadas a dicha coordenada, lo cual permite conocer rápidamente en qué municipio está un punto, qué uso del suelo tenía y qué uso tiene en la actualidad, si pertenece a espacios de interés natural en qué cuenca hidrográfica se encuentra. El segundo módulo permite representar en un plano toda la información gráfica que el estudio requiera, y consultar la información alfanumérica asociada al ámbito, y un tercer módulo el cual permite generar un modelo tridimensional del área de estudio y superponer la información que se desee. Los tres módulos permitieron generar una salida impresa con lo cual se elaboró un mapa que puede ser utilizado en trabajo de campo a fin de solucionar cualquier problema que interese a un usuario.

Solano y Robinson (1995,1996), para determinar la conveniencia de que un cultivo pueda ser desarrollado en un área determinada y, del mismo modo, excluir las áreas en que dicho cultivo no debiera ser sembrado, desarrolló un SIG aplicado al proceso de zonificación agroecológica, para la automatización de este proceso, lo cual permitirá que la toma de decisión en la zonificación agroecológica sea realizada en el menor tiempo posible y de la forma más óptima . Se digitalizaron mapas de: precipitación, quincena seca, temperatura, pendientes y suelo, y 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.

Johnston (1990) citado por Fallas (1997) utilizan un SIG para cuantificar la relación entre usos de la tierra, elementos del paisaje y fuentes de contaminación no puntual y su relación con la calidad de agua en ríos y humedales, las variables cuantificadas son: tamaño de la cuenca, forma, pendiente, posición y composición (diversidad de uso de la tierra) las cuales tienen una importancia relativa en explicar el nivel de contaminación en ríos y humedales el cual fue evaluado utilizando técnicas de análisis multivariado. Utilizando el SIG en uno de los estudios "la técnica de análisis de componente principal permitió reducir 33 variables derivadas a 8 componentes principales que explicaban el 86% de la variabilidad del set de datos" (Fallas,1997).

Uno de los objetivos en esta investigación es aplicar un SIG en el proceso de permisología en la cuenca del río Mucujún, el cual requiere el estudio de diferentes parámetros físico-naturales en forma simultánea. Este proceso se realiza actualmente en forma manual, lo que genera lentitud; pero con la utilización de las facilidades de análisis espacial y modelado cartográfico que proveen los SIG, el trabajo puede ser realizado en forma más rápida y eficiente convirtiéndose el SIG en un sistema de apoyo para la toma de decisiones.