

UNA METODOLOGIA DE SIG PARA LA PLANEACION Y GESTION MUNICIPAL SOBRE MANEJO DE RECURSOS NATURALES

Gustavo Montañez Gómez¹

Resumen: Este artículo propone una metodología para el manejo y procesamiento de información municipal a través de la tecnología de los Sistemas de Información Geográfica, con el propósito de racionalizar la gestión ambiental y la toma de decisiones a escala local. IDRISI, un programa accesible a las instituciones públicas de escasos recursos, fue utilizado en el desarrollo metodológico.

Introducción

El uso de la tecnología de Sistemas de Información Geográfica es relativamente nuevo en Colombia, particularmente en el sector público. Dos factores han limitado su utilización como herramienta de apoyo a la planeación, gestión y toma de decisiones de este sector: la falta de "Know how" y la viabilidad para la adquisición de software y hardware por parte de las instituciones del Estado, particularmente las de ámbito local. Aunque este último obstáculo ha venido siendo superado con celeridad en los últimos dos años, el actual uso de los SIG dista mucho de contribuir a la toma más sabia de decisiones en materia de uso y manejo de los recursos naturales y de la gestión ambiental.

Durante los últimos cinco años, varios e importantes cambios han tenido lugar en las funciones políticas y administrativas de los municipios colombianos. Estas entidades locales han logrado mayor poder de decisión sobre la planeación y administración de sus propios recursos. De otro lado, el país es cada vez más urbano en cuanto a la localización de la mayoría de los habitantes y la tendencia general del campo es hacia la modernización, aunque a muy

¹ Geógrafo, Ph.D., Director del Departamento de Geografía de la Universidad Nacional.

² Es evidente que este valor está subestimado en ambos años por razones de escala y resolución, y por la manera individualizada como ocurren los cultivos de invernadero en la Sabana de Bogotá.

diferentes ritmos y con efectos contradictorios en los diversos contextos regionales del país. Estos procesos han ocasionado una creciente competencia entre viejos y nuevos usos del suelo y una intensa presión sobre los recursos naturales. Las autoridades y comunidades locales confrontan la necesidad de planear el uso y manejo de estos recursos para corregir y prevenir su deterioro y alcanzar un uso socialmente adecuado de la oferta ambiental de sus territorios.

Una de las limitaciones más importantes para hacer operacional una estrategia de planeación del uso de los recursos a nivel municipal es la ausencia de sistemas básicos de información espacial y claras metodologías para usarlos. El ejercicio que aquí se presenta, desarrollado por el autor en la Escuela Politécnica Federal de Lausana en Suiza bajo los auspicios de UNITAR, busca elaborar una metodología útil para la gestión del uso de recursos naturales a nivel municipal. Esto se hizo con base a una disponibilidad mínima de información a nivel local y se tomó el caso del municipio de Facatativá, localizado cerca a Bogotá, como estudio piloto.

La literatura sobre el uso de SIG en evaluación de recursos naturales y la planeación ambiental es abundante en otras latitudes (Lyle y Stutz, 1983; Best y Westin, 1984; Jensen et. al., 1990; Carver, 1991; Smith et. al., 1980), sin embargo, la mayoría de la literatura proviene de los países industrialmente desarrollados y ha sido producida con base en la alimentación de los SIG con inmensas bases de datos disponibles en aquellos territorios. Los países de la periferia pocas veces poseen buenas bases de datos y, por lo tanto, el uso de los SIG con frecuencia debe empezar con pequeñas bases de datos, en no pocas ocasiones de baja calidad.

En general, las revistas especializadas en SIG no son generosas en artículos donde se presenten casos de aplicación de SIG a los países periféricos, lo cual, no implica que en ellos no se este trabajando en aplicaciones de esta tecnología. Un rasgo para destacar consiste en que la mayoría de los casos de aplicación referidos a los países de la periferia corresponden a estudios de grandes áreas, es decir en escalas pequeñas (Kessell, 1990; Abel, 1989) o a problemas muy especializados (Grimshaw, 1988; Hunter y Williamson, 1990). Hay muy poco espacio en la literatura para aplicaciones a escalas intermedias, como es el caso de la planeación municipal. Una de las excepciones en este sentido es el artículo elaborado por Eyre (1989) sobre la experiencia del montaje de un SIG en Jamaica. Señala el autor dos principales obstáculos para el montaje y operación del SIG en ese país: problemas burocráticos y baja calidad de la información. Esta observación no debería ser subestimada en el caso colombiano.

En mi opinión, para mostrar la bondad de los SIG, como herramientas para la toma de decisiones en nuestro medio, se debería empezar por proyectos de carácter local en lugar de aquellos dirigidos a grandes áreas. De esta manera

se puede facilitar más el control de los resultados del SIG y, simultáneamente, los gobiernos y comunidades locales obtendrán, en corto y mediano plazo, los beneficios que se derivan de tomar decisiones más racionales.

Después de revisar la literatura de SIG sobre casos de aplicación a nivel local en algunos condados y ciudades norteamericanas, Dangermond y Freedman (1984) propusieron los fundamentos para un modelo conceptual con bases de datos municipales. Una característica de esta metodología fue el punto de partida: empezaron por llevar a cabo numerosas entrevistas a las autoridades locales y a los planificadores sobre las principales decisiones que con frecuencia ellos debían tomar. Muchos departamentos y oficinas relacionadas con información espacial fueron entrevistados de manera extensa sobre sus funciones, su organización y responsabilidades, las tareas que ellos realizaban, la información disponible, las fuentes de datos y las condiciones para un potencial uso de los SIG. Esta orientación parece bastante apropiada para lograr pronto beneficios al montar los SIG a nivel local. Ello evitaría la frustración de autoridades y comunidades locales, en la medida que el SIG pudiese responder a sus inquietudes y necesidades decisionales.

En el caso colombiano, debemos recordar que a partir de la nueva constitución de 1991, los municipios, por primera vez en la historia del país, obtuvieron autonomía para diseñar sus propias políticas sobre el uso y manejo de los recursos naturales. Por lo tanto, los gobiernos locales necesitan construir un mínimo de bases de datos para definir y diseñar políticas ambientales. Requieren, por ahora, simples pero útiles metodologías para esos propósitos. En este sentido, el ejercicio que se presenta aquí ofrece una vía para ayudar a las comunidades y gobiernos locales para planear y ejecutar políticas ambientales.

La metodología elaborada contiene varias características que hacen viable su aplicación en el futuro cercano, particularmente en esos municipios que tienen un equipo mínimo de computación y pueden comprar un software de bajo costo como IDRISI. Las principales características de la metodología son las siguientes:

1. Usa el tipo de información existente en la mayoría del país, particularmente la disponible en la Sabana de Bogotá.
2. Puede ser utilizada para sustentar las decisiones de administración y planeación que deben tomarse a escala municipal.
3. Incorpora las veredas, como unidades territoriales intramunicipales, las cuales tienen una reconocida importancia social y política a nivel municipal.
4. Promete ser un instrumento útil para la planeación, el diseño de políticas, y la priorización de programas y proyectos ambientales a escala local.

Región y problema de estudio

El municipio de Facatativá está localizado en La Sabana de Bogotá, a 2600 m de altitud, en la parte central de Colombia, cerca a la ciudad de Santafé de Bogotá. La superficie total del municipio, estimada mediante el SIG, es de 15.845.22 hectáreas. Tenía 49.393 habitantes en 1985 (DANE, 1985) y su población actual se estima en 65.000 personas (Montañez et. al., 1991). La tasa de crecimiento de la población es del 5 por ciento y se concentra principalmente en la cabecera municipal, donde vive el 88 % de la gente. Las principales actividades económicas son las terciarias, la agricultura y la ganadería. En los últimos 15 años la producción de flores para la exportación ha crecido significativamente.

Debido a su localización cercana a Bogotá, Facatativá ha recibido el impacto del proceso de metropolización que tiene lugar en la región. Este fenómeno ha ocasionado una creciente presión por nuevos usos de la tierra y al mismo tiempo una competencia por recursos hídricos. Los cambios tan rápidos no han dado tiempo para diseñar unos enfoques apropiados, ni generales ni específicos, sobre el uso y manejo de los recursos naturales. Las decisiones en este sentido se toman sin una clara definición de políticas y sin un adecuado nivel de información.

El presente artículo sugiere que la toma de decisiones en el municipio podría ser mejorada de manera significativa si las autoridades y organizaciones comunitarias incorporasen la tecnología SIG, como una herramienta de análisis y planeación del uso de los recursos naturales.

Los principales objetivos de este estudio fueron responder a las siguientes preguntas:

1. Cuáles son las condiciones de manejo de la tierra en el municipio?
2. Cuáles son las principales tendencias en el uso de la tierra?
3. Cuáles factores podrían ser relevantes para explicar las actuales tendencias?
4. Qué podría sugerirse como políticas y estrategias espaciales para el uso y manejo del recurso tierra en el municipio?

Fuentes de información

La base de datos para el municipio se construyó a partir de los siguientes conjuntos de información:

Recursos suelo y tierra.

a. Se produjo un modelo digital de terreno mediante la digitalización, rasterización e interpolación del mapa de escala 1: 100.000, con contornos de 50 metros de intervalo. El mapa original fue producido por el IGAC (1985).

b. Se utilizó un mapa de suelos, escala 1: 100.000, elaborado por el IGAC (1980), cuya leyenda señala múltiples características y atributos para cada unidad de suelos, incluyendo pendiente, material parental, tipo de erosión y uso recomendado. Este mapa fue digitalizado, numerizado de acuerdo con las unidades originales y posteriormente rasterizado. Se creó un archivo de atributos para cada una de las características de las unidades de suelos contenidas en el mapa.

Recursos hídricos.

a. Se utilizó un mapa de permeabilidad de las rocas, escala 1: 200.000 (ORSTOM-IGAC, 1982). Fue digitalizado y numerizado según las unidades originales; después se rasterizó y reclasificó.

b. Se utilizó un mapa de balance hídrico global anual del suelo, escala 1: 200.000 (ORSTOM-IGAC, 1982). Este mapa contenía isolíneas con base en el índice de aridez que relaciona la evapotranspiración potencial, ETP, con evapotranspiración real, ETR. Este mapa fue digitalizado, rasterizado y posteriormente interpolado.

c. La distribución de la red hidrográfica fue tomada del mapa topográfico de escala 1: 100.000 (IGAC, 1985) y las corrientes fueron numerizadas según su orden y posteriormente rasterizadas.

Uso de la tierra y cobertura

Para evaluar los cambios y tendencias en el uso del suelo desde 1980 hasta 1987, se utilizaron sendos mapas, los cuales fueron digitalizados, numerizados y rasterizados. Los mapas señalados fueron los siguientes:

a. Mapa de cobertura y uso del suelo de 1980, escala 1: 200.000 (ORSTOM-IGAC, 1982).

b. Mapa de cobertura y uso del suelo de 1987, escala 1:100.000 (Ministerio de Agricultura, 1987).

Red vial

La distribución de la red vial se tomó del mapa topográfico escala 1: 100.000 (IGAC, 1985), se digitalizó, numerizó y rasterizó. Las vías se clasificaron como se indica en la Figura 1.

Veredas

La distribución de las veredas al interior del municipio fue tomada de un mapa de población de escala 1: 200.000 (ORSTOM-IGAC, 1982), el cual se actualizó al año 1987 mediante el uso de varias funciones de IDRISI.

Metodología

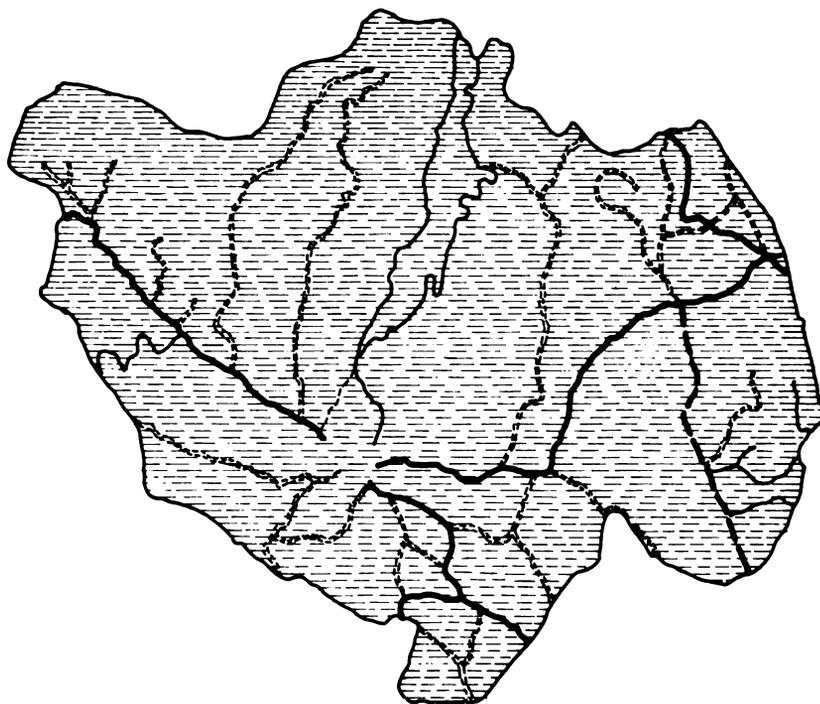
En este caso se entendió como tierra el conjunto de recursos naturales relacionados principalmente con actividades agrícolas, especialmente suelo, agua y cobertura vegetal. Se siguió un enfoque integrado, con base en cinco grandes componentes importantes en el análisis ambiental municipal: (1) aptitud de la tierra para la agricultura, (2) condiciones actuales de manejo de la tierra, (3) evolución reciente de los usos de la tierra y sus tendencias, (4) 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 (5) algunas herramientas para el diseño de la política pública ambiental a nivel local.

El programa ROOTS desarrollado por Harvard College (1990) fue utilizado para digitalizar la información vectorial indicada previamente. Como programa de SIG se utilizó IDRISI, desarrollado por la Universidad de Clark (1990).

Se seleccionó un tamaño del pixel de 90x90 metros, teniendo en cuenta que su tamaño mínimo de percepción visual es de 0.9 mm a una escala de 1: 100.000. Este tamaño fue considerado aceptable dado que el grueso de la información disponible provenía de esa escala. Desde el punto de vista técnico, esta decisión no parece la más acertada, no obstante, una evaluación a posteriori sobre identificación de errores, mostró que los problemas surgidos eran de menor cuantía y que para los propósitos del estudio los resultados eran suficientemente confiables.

La impresión en color de los mapas originales se realizó mediante el programa Dr. Genius, sin embargo, debido a restricciones de impresión, para esta publicación los mapas se dibujaron manualmente. Por limitaciones de espacio sólo se presentan aquí algunos mapas de la serie original.

FIGURA 1
TIPOS DE VIAS MUNICIPALES
FACATATIVA

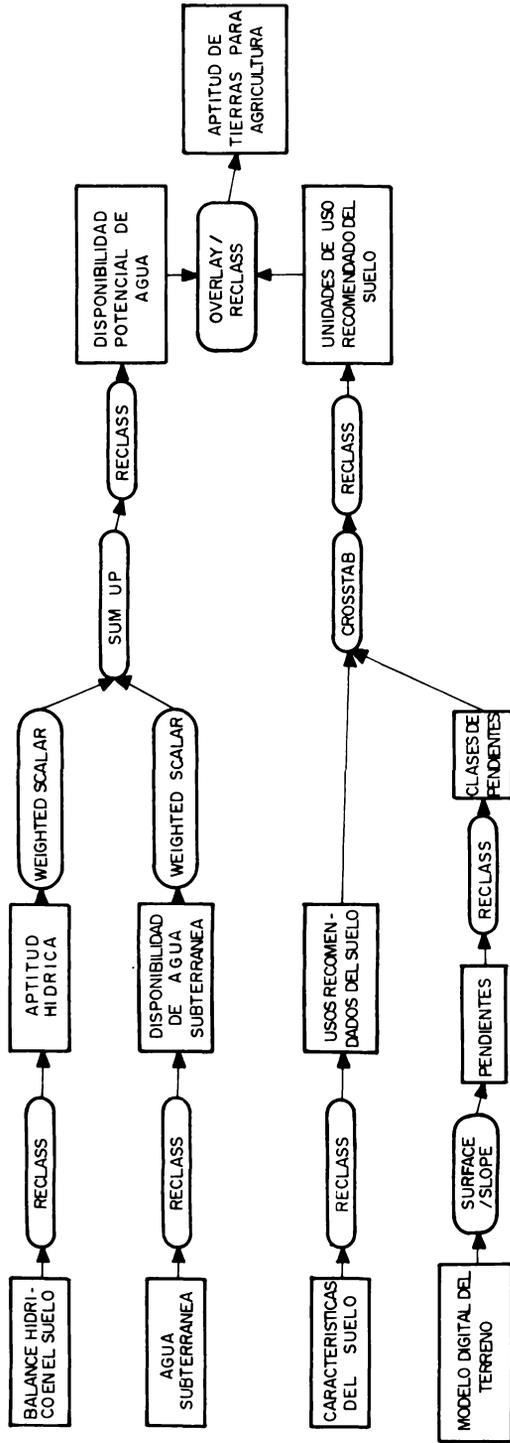


CONVENCIONES

-  AREA MUNICIPAL
-  CAMINO
-  CAMINO ESTACIONAL
-  VIA ANGOSTA NO PAVIMENTADA
-  VIA ANGOSTA PAVIMENTADA
-  VIA ANCHA NO PAVIMENTADA
-  VIA ANCHA PAVIMENTADA

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
DIBUJO: Dolly Ramírez L. IV-93

FIGURA 2
PROCEDIMIENTO DE ESTIMACION DE LA APTITUD DE LA TIERRA PARA LA AGRICULTURA



DIBUJO: DOLLY RAMIREZ L.
 VII - 1992

Aptitud de la tierra para la agricultura

La aptitud de la tierra para la agricultura fue definida como la condición de la misma resultante de la combinación de la aptitud del suelo y la disponibilidad de agua para la agricultura. La Figura 2 indica el procedimiento general para producir el mapa de aptitud de la tierra para la agricultura. La forma como esta información fue conceptualizada se describe a continuación:

a. Características del suelo

La aptitud del suelo para la agricultura se definió en relación con los usos recomendados de acuerdo con las condiciones agroecológicas inferidas a partir de un estudio general de suelos de la región (IGAC, 1980). Esto fue hecho mediante la reclasificación de las unidades originales de suelo en clases de uso recomendado del suelo.

Adicionalmente se construyó un Modelo Digital de Terreno con el fin de controlar la información y ayudar a la interpretación de las relaciones espaciales. Además, a partir de las curvas de nivel se generó y reclasificó un mapa de pendientes (Figura 3), tomando en cuenta las mismas categorías establecidas en el estudio de suelos (IGAC, 1980); este ejercicio sirvió para verificar la bondad de las unidades de suelos según la morfología del relieve.

b. Disponibilidad de agua

La disponibilidad de agua para actividades agrícolas se definió como el balance ponderado de la combinación entre las condiciones de humedad del suelo y la disponibilidad de agua subterránea, como se indica en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Criterios para clasificar la disponibilidad potencial de agua para la agricultura, con base en el balance hídrico global anual del suelo.

Fuente de Humedad	Nivel del Factor	Valor Asignado	Factor de Ponderación	Disponibilidad Potencial de Agua
Humedad natural del suelo	Baja	1	10	10
	Moderada	2		20
	Alta	3		30
Agua subterránea	Baja	1	7	7
	Moderada	2		14
	Alta	3		21

c. Humedad del suelo

Las condiciones de humedad del suelo fueron calificadas de manera indirecta con base en un mapa de isolíneas que muestra un índice de aridez obtenido restando de la evaporación potencial estimada para la zona, la evapotranspiración real, y dividiendo este resultado por la evapotranspiración potencial (ORSTOM-IGAC, 1982). Este indicador intenta medir el promedio anual de déficit de humedad del suelo, tomando en cuenta los requerimientos de agua de las plantas, dadas unas condiciones climáticas específicas, con base en datos anuales. Después de digitalizar y rasterizar el mapa, este fue reclasificado según rangos definidos de aptitud para la producción agrícola.

d. Disponibilidad potencial de agua subterránea

La disponibilidad potencial de agua subterránea se infirió de manera cualitativa con base en un mapa de unidades hidrogeológicas (ORSTOM-IGAC, 1982) que fue reclasificado con base en las características de permeabilidad de las rocas. A partir del procesamiento de la información sobre suelos y agua señalada antes, se procedió de la siguiente manera:

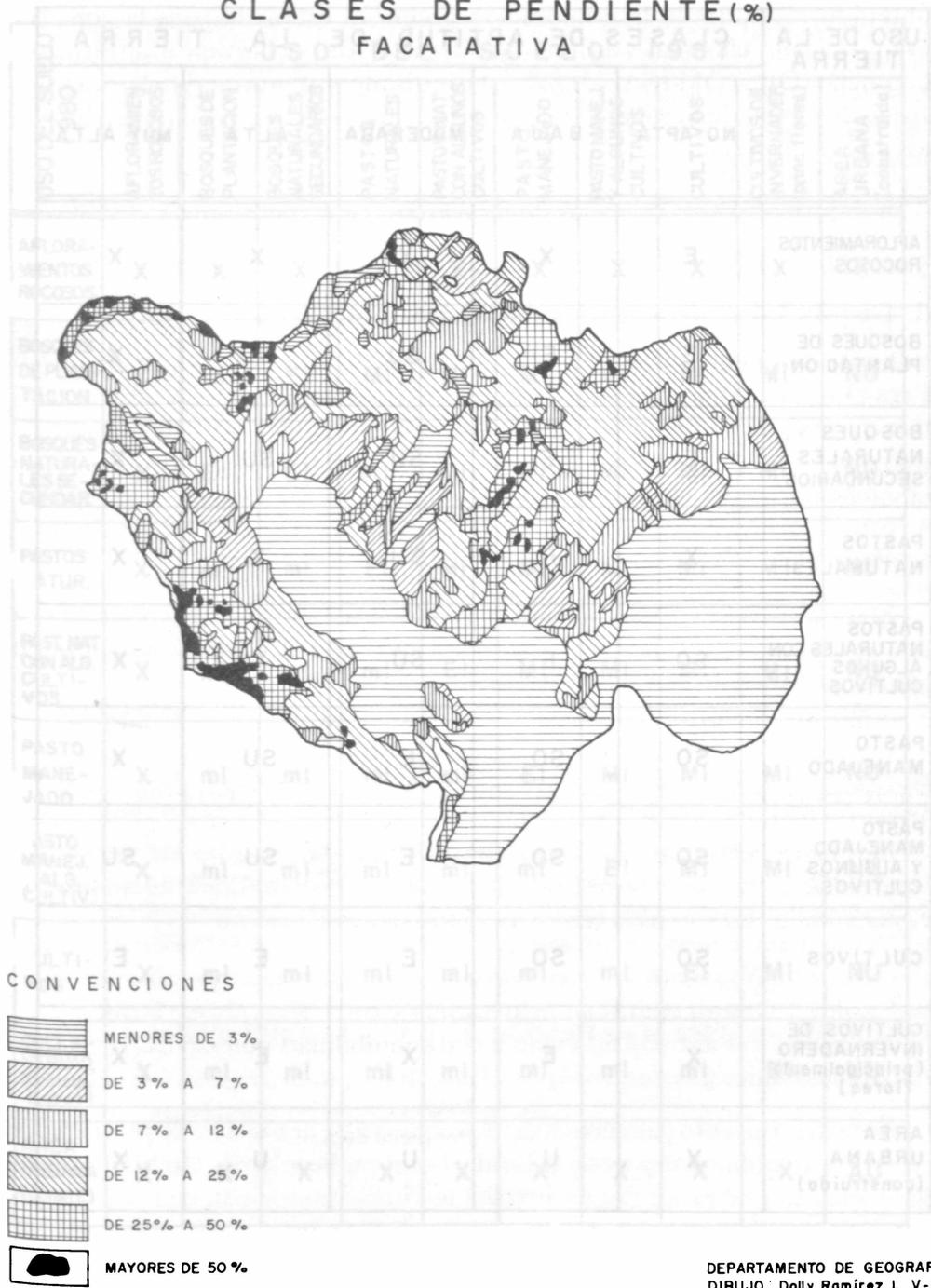
Primero, se identificó la tierra no apta para agricultura a través de una reclasificación de las unidades de suelo originales, las cuales fueron transformadas analíticamente en unidades de manejo recomendado. Una vez abstraídas las áreas no aptas para agricultura, tanto las condiciones de pendiente del suelo como las de disponibilidad potencial de agua fueron reclasificadas en tres clases: baja, moderada y alta. Posteriormente estas categorías fueron cruzadas entre sí utilizando los criterios que aparecen en el Cuadro 2. Como se puede notar, se asumió de acuerdo con la ley biológica del factor limitante mínimo, que niveles bajos de un factor o insumo restringen la disponibilidad de otros. Este procedimiento permitió la identificación de cuatro clases de tierra, además de la no apta para la agricultura. Estas unidades de aptitud de la tierra para la agricultura fueron: baja, moderada, alta y muy alta.

Cuadro 2. Criterios para clasificar la aptitud de la tierra para agricultura con base en la aptitud del suelo y la disponibilidad potencial de agua para los cultivos.

	Disponibilidad Potencial de Agua		
	Baja	Moderada	Alta
Aptitud del Suelo			
Baja	B	B	B
Moderada	B	M	A
Alta	B	A	MA

B: Baja aptitud de la tierra para agricultura; **M:** Moderada aptitud de la tierra para agricultura; **A:** Alta aptitud de la tierra para agricultura; **MA:** Muy alta aptitud de la tierra para agricultura.

FIGURA 3
CLASES DE PENDIENTE (%)
FACATATIVA



CUADRO 3

CRITERIOS PARA CLASIFICAR LAS CONDICIONES ACTUALES DE MANEJO DE LA TIERRA

USO DE LA TIERRA	CLASES DE APTITUD DE LA TIERRA				
	NO APTA	BAJA	MODERADA	ALTA	MUY ALTA
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	E	X	X	X	X
BOSQUES DE PLANTACION	E	E	SU	SU	X
BOSQUES NATURALES SECUNDARIOS	E	E	SU	SU	X
PASTOS NATURALES	X	E	SU	X	X
PASTOS NATURALES CON ALGUNOS CULTIVOS	SO	E	SU	X	X
PASTO MANEJADO	SO	SO	E	SU	X
PASTO MANEJADO Y ALGUNOS CULTIVOS	SO	SO	E	SU	SU
CULTIVOS	SO	SO	E	E	E
CULTIVOS DE INVERNADERO (principalmente flores)	X	E	X	E	X
AREA URBANA (construida)	X	U	U	U	X

X : NO APLICABLE
 SU : SUB-UTILIZADA
 E : EN EQUILIBRIO

SO : SOBREUTILIZADA
 U : AREA URBANA

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
 DIBUJO: Dolly Ramirez L. III-93

CRITERIOS PARA CLASIFICAR LAS TENDENCIAS DE CAMBIO EN EL USO DE LA TIERRA

USO DEL SUELO 1980	USO DEL SUELO 1987									
	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	BOSQUES DE PLANTACION	BOSQUES NATURALES SECUNDARIOS	PASTOS NATURALES	PASTOS NAT. CON ALGUNOS CULTIVOS	PASTO MANEJADO	PASTO MANEJ. Y ALGUNOS CULTIVOS	CULTIVOS	CULTIVOS DE INVERNADER (princ. flores)	AREA URBANA (construida)
AFLORAMIENTOS ROCOSOS	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
BOSQUES DE PLANTACION	X	EI	EI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	NU
BOSQUES NATURALES SECUNDAR.	X	EI	EI	MI	MI	MI	MI	MI	MI	NU
PASTOS NATUR.	X	mi	mi	EI	MI	MI	MI	MI	MI	NU
PAST. NAT. CON ALG. CULTIVOS	X	mi	mi	mi	EI	MI	MI	MI	MI	NU
PASTO MANEJADO	X	mi	mi	mi	mi	EI	MI	MI	MI	NU
PASTO MANEJ. Y ALG. CULTIV.	X	mi	mi	mi	mi	mi	EI	MI	MI	NU
CULTIVOS	X	mi	mi	mi	mi	mi	mi	EI	MI	NU
CULT. INVERNADER. (princip. flores)	X	mi	mi	mi	mi	mi	mi	mi	EI	NU
AREA URBANA (constr.)	X	X	X	X	X	X	X	X	X	AU

X : NO APLICABLE
 EI : IGUAL INTENSIDAD DE USO DEL SUELO
 AU : ANTIGUA AREA URBANA

mi : MENOR INTENSIDAD DE USO DEL SUELO
 MI : MAYOR INTENSIDAD DE USO DEL SUELO
 NU : NUEVA AREA URBANA

Condiciones de manejo de la tierra

La caracterización de las condiciones de manejo de la tierra se efectuó mediante la comparación sistemática entre los usos reales de la tierra (1987) y los usos recomendados según el nivel de aptitud de la tierra para la actividad agropecuaria. Mediante este procedimiento se buscó detectar discrepancias y/o concordancias entre lo recomendado y lo que realmente existía como uso del suelo. El Cuadro 3 indica los criterios para clasificar las condiciones de manejo de la tierra.

Evolución del uso del suelo y tendencias del cambio

Este análisis fue llevado a cabo comparando los dos mapas disponibles de uso del suelo que corresponden aproximadamente a los años 1980 y 1987. Para ello se hizo necesario efectuar una reclasificación de cada uno de estos dos mapas con el fin de compatibilizar las respectivas leyendas, como se muestra en las Figuras 4 y 5. Después de este paso se procedió a realizar la comparación entre los usos de la tierra en los años mencionados. El Cuadro 4 ilustra la matriz que se elaboró para definir los criterios de calificación de la tendencia del cambio.

El indicador de cambio incorpora el concepto de intensidad de uso de la tierra, el cual da un indicio de la presión sobre la tierra y por tanto del riesgo ambiental asociado con ese proceso.

Factores relacionados con el uso y manejo de la tierra

Se generó un mapa de accesibilidad y otro de rondas de corrientes superficiales, cada uno de los cuales fue superpuesto y analizado como posible explicador de las condiciones de uso y manejo de la tierra.

Instrumentos para la definición de políticas ambientales a nivel local

Se hizo un intento para construir un esquema de definición de prioridades de políticas ambientales a escala local, el cual pudiese servir también para la identificación de proyectos dentro del territorio municipal, con base en las condiciones diferenciales de las veredas, las cuales se constituyen en las entidades socio-espaciales de obligada referencia para las autoridades municipales. Esto se hizo tomando un ejemplo que ilustra la utilidad de la metodología propuesta para la definición de prioridades para la gestión ambiental.

Resultados

Aptitud de la tierra para agricultura

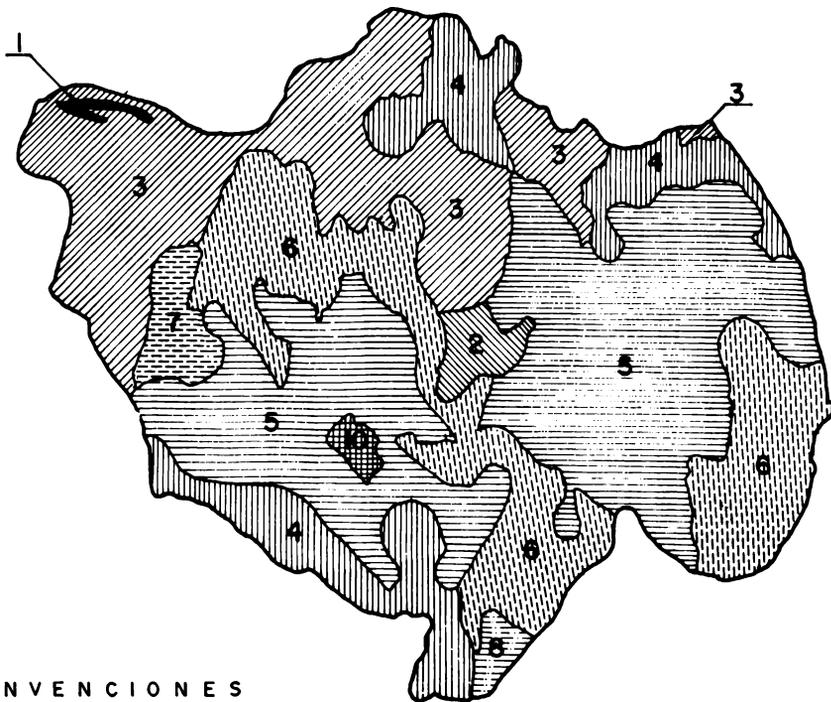
La Figura 6 muestra la distribución estimada de la tierra de acuerdo con su aptitud para el uso agrícola. El municipio de Facatativá tiene una cantidad significativa de tierra de aptitud alta para la agricultura, cerca de 7000 hectáreas, es decir aproximadamente el 45 % de su tierra se encontró bajo esta categoría, como se muestra en el Cuadro 5. Sin embargo, la cantidad de tierra con muy alta aptitud para la agricultura no alcanza el 3 %.

Cuadro 5. Distribución de la tierra según su aptitud para la agricultura, municipio de Facatativá.

Aptitud de la tierra para agricultura	Area (Hectáreas)
No Apta	2855.25
Baja	2514.24
Moderada	2839.05
Alta	7178.22
Muy Alta	458.46
Area Total	15845.22

La mayoría de la tierra de alta y muy alta aptitud para la agricultura corresponde a áreas planas o de pendientes bajas encontradas en el sureste del municipio. La porción de tierras de aptitud muy alta para la agricultura se localiza en una serie de abanicos coluvio-aluviales en la parte del municipio menos deficitaria en humedad. La tierra no apta para agricultura se localiza en las pendientes escarpadas del norte; esta zona debería ser dedicada a cobertura de vegetación natural o a proyectos de reforestación. La tierra de baja aptitud para la agricultura alcanza casi el 16 % de la superficie municipal y el 50 % de ella corresponde a la tierra más baja que bordea las corrientes superficiales de agua, donde las limitaciones principales de uso provienen del riesgo de inundación en la estación lluviosa.

FIGURA 4
CLASES DE USO DEL SUELO EN 1980
FACATATIVA

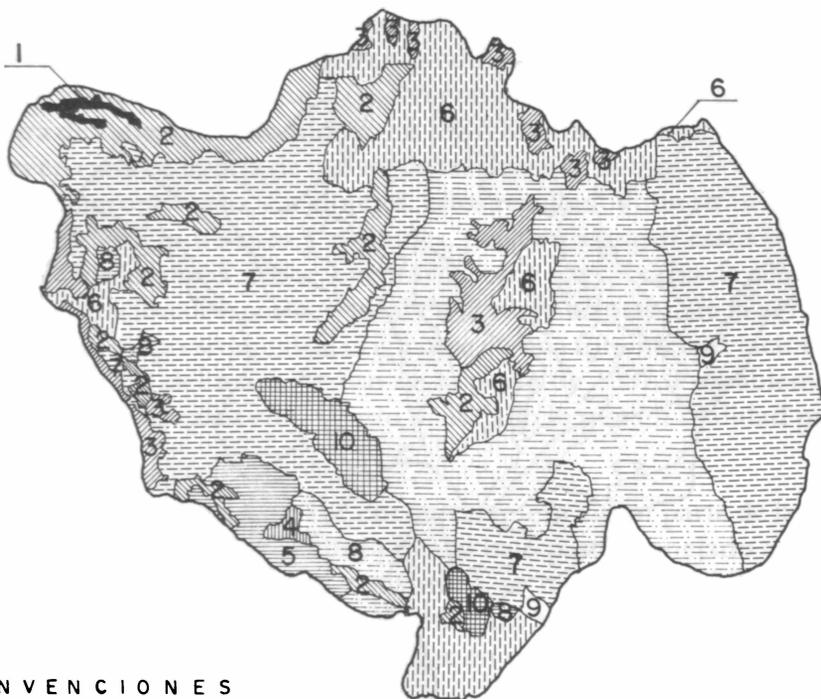


CONVENCIONES

- | | | |
|---|----|--|
|  | 1 | AFLORAMIENTOS ROCOSOS |
|  | 2 | BOSQUES DE PLANTACION |
|  | 3 | BOSQUES NATURALES SECUND. |
|  | 4 | PASTOS NATURALES |
|  | 5 | PASTOS NATURALES CON
ALGUNOS CULTIVOS |
|  | 6 | PASTO MANEJADO |
|  | 7 | PASTO MANEJADO Y
ALGUNOS CULTIVOS |
|  | 8 | CULTIVOS |
|  | 9 | |
|  | 10 | AREA URBANA |

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
 DIBUJO: Dolly Ramirez L. III-1993

FIGURA 5
 CLASES DE USO DEL SUELO EN 1987
 FACATATIVA

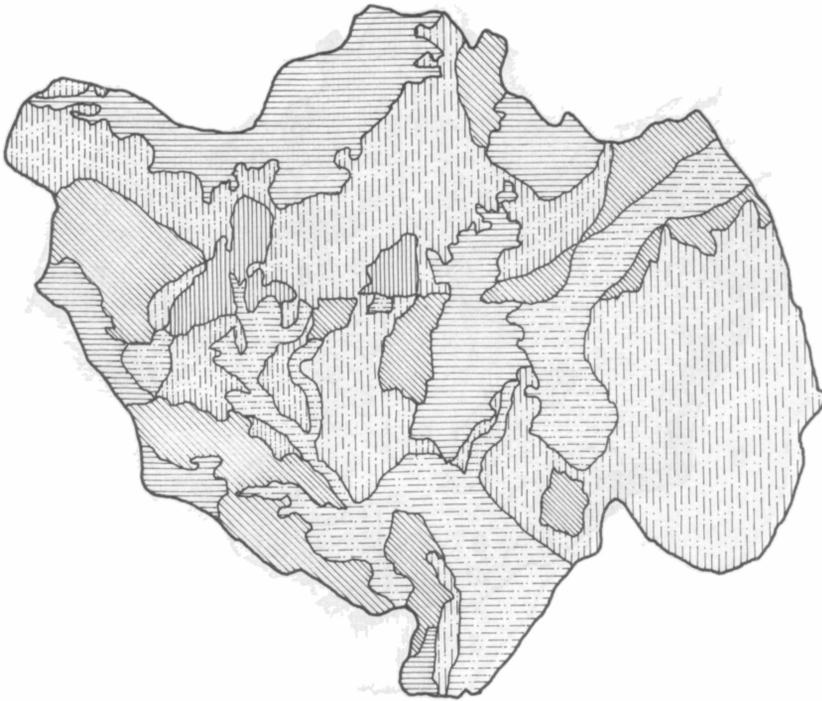


CONVENCIONES

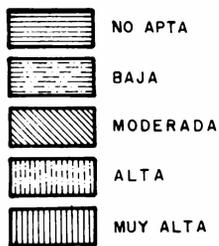
- | | |
|---|---------------------------------------|
|  | AFLORAMIENTOS ROCOSOS |
|  | BOSQUES DE PLANTACION |
|  | BOSQUES NATURALES SECUNDAR. |
|  | PASTOS NATURALES |
|  | PASTOS NATURALES CON ALGUNOS CULTIVOS |
|  | PASTO MANEJADO |
|  | PASTO MANEJADO Y ALGUNOS CULTIVOS |
|  | CULTIVOS |
|  | CULTIVOS DE INVERNADERO |
|  | AREA URBANA |

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
 DIBUJO: Dolly Ramirez L. III-1993

FIGURA 6
APTITUD DE LA TIERRA PARA USO AGRICOLA
FACATATIVA



CON VENCIONES



DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
DIBUJO : Dolly Ramirez L. IV-93

La tierra de moderada aptitud para la agricultura se encuentra espacialmente dispersa en pequeñas porciones. Comprende el 18 % de la superficie municipal y podría ser mejorada con el suministro de agua para riego y con el establecimiento de practicas especiales de manejo.

Condiciones de manejo de la tierra.

Como se indicó en la sección de metodología, las condiciones de manejo de la tierra se analizaron con base en la comparación de las clases de aptitud de la tierra para la agricultura (uso recomendado) con el mapa de uso y cobertura de la tierra del municipio en 1987. El Cuadro 6 muestra la cantidad de tierra en cada categoría de uso según las clases de aptitud de la misma para la actividad agropecuaria. En general, estos resultados muestran una correspondencia lógica entre usos y aptitudes, pero en algunos casos se hallaron situaciones inesperadas. No se encontró, como se esperaría de acuerdo con los patrones nacionales, pasto natural en tierras no aptas para la agricultura. Este resultado sorpresivo podría originarse en una fotointerpretación errada en la elaboración del mapa de uso de la tierra de 1987. Probablemente se calificó en algunos casos como pasto manejado lo que en realidad pudo ser pasto natural.

Otro resultado interesante fue encontrar que la mayor parte de la tierra de aptitud muy alta para la agricultura estaba bajo pasto manejado en lugar de ser cultivada. Además, el área construida se había venido desarrollando principalmente en tierras de aptitud alta para la agricultura, hasta el punto que 72 % de este tipo de uso tenía lugar en esa clase de tierras.

Adicionalmente, se halló una cantidad significativa de cultivos en tierras de ninguna o muy baja aptitud para agricultura. De manera similar, se detectaron otras importantes discrepancias entre los usos recomendados y los usos reales.

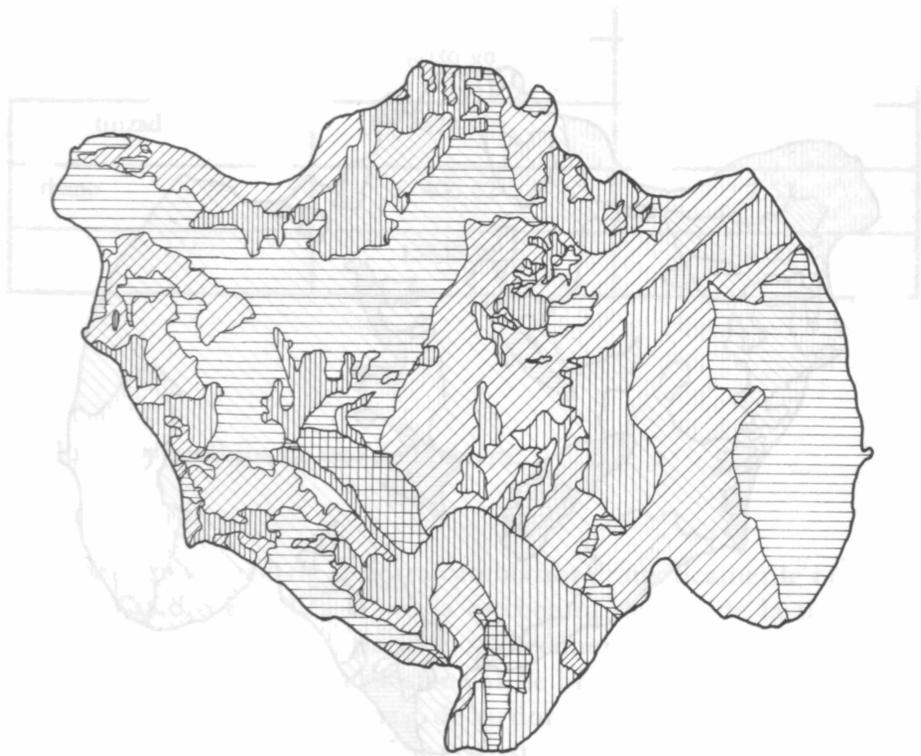
La Figura 7 y el Cuadro 7 muestran la distribución de la tierra de acuerdo a las condiciones de manejo. Las cifras indican un manejo inadecuado de la tierra en cerca del 60 % de la superficie municipal. Sólo el 38 % de la tierra es usada de acuerdo con su aptitud. Se debería dedicar especial atención a la tierra sobreutilizada dado el deterioro creciente del suelo. El municipio requiere de políticas orientadas a superar esta situación, lo mismo que a lograr un incremento de la producción agrícola en la tierra subutilizada localizada al este y oeste del municipio, como lo muestra el Mapa 8. La tierra cuyo uso real corresponde al recomendado, denominada en equilibrio, debería ser mantenida en estas condiciones, previniendo el establecimiento de usos indeseables.

Cuadro 6. Distribución de usos de la tierra en 1987 según áreas de aptitud para la agricultura (en hectáreas), municipio de Facatativá.

Unidades de Aptitud

Usos de la tierra	No apta	Baja	Moderada	Alta	Muy alta
Afloramiento rocosos	53.46	0.00	0.00	0.00	0.00
Bosques de plantación	728.19	14.58	267.30	521.64	12.15
Bosques naturales secundarios	528.93	5.67	104.49	49.41	0.00
Pastos naturales	0.00	1.62	34.02	0.00	0.00
Pastos naturales con algunos cultivos	40.50	20.25	259.20	0.00	0.00
Pastos manejados	727.38	183.06	473.85	645.57	0.00
Pastos manejados con algunos cultivos	436.59	104.65	1062.72	3257.01	358.02
Cultivos	340.20	1127.52	629.37	2385.45	88.29
Cultivos en invernadero	0.00	30.78	0.00	26.73	0.00
Area urbana (construida)	0.00	106.11	8.10	292.41	0.00
Total	2855.25	2514.24	2839.05	7178.22	458.46

FIGURA 7
MANEJO ACTUAL DE LA TIERRA
FACATATIVA



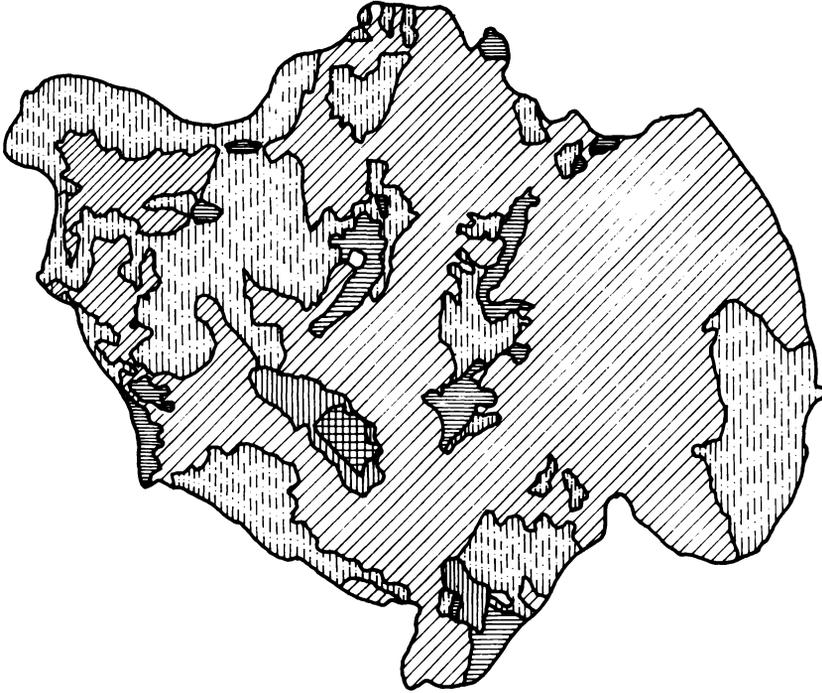
CONVENCIONES

-  SUB-UTILIZADA
-  USO EQUILIBRADO
-  SOBRE UTILIZADA
-  AREA CONSTRUIDA

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
DIBUJO : Dolly Ramírez L. V-93

FIGURA 8

TENDENCIAS DE CAMBIO EN LA INTENSIDAD DEL USO DEL SUELO 1980-1987
FACATATIVA



CON VENCIONES

-  MENOS INTENSIDAD
-  IGUAL INTENSIDAD
-  MAYOR INTENSIDAD
-  NUEVA AREA URBANA
-  VIEJA AREA URBANA

DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
DIBUJO: Dolly Ramírez L. V-93

Cuadro 7. Distribución de la tierra según su condición de manejo, 1987, municipio de Facatativá.

Condición de manejo	Area (en hectáreas)	% del total de la tierra
Subutilizado	5508.51	36.66
En equilibrio	6049.89	38.18
Sobreutilizado	3879.90	24.49
Urbano	406.62	2.57
Total	15845.22	100.00

Evolución y cambios de uso de la tierra.

La cobertura y el uso de la tierra cambiaron dramáticamente entre 1980 y 1987. El Cuadro 8 indica cómo la estructura de uso de la tierra en el municipio se modificó en un período relativamente corto. La superficie en bosque disminuyó de manera substancial. Se hizo evidente un cambio en el tipo de pasto predominante, se pasó de un dominio del pasto natural en 1980 a una situación en la que la superficie en pasto manejado es mayoritaria. Otros cambios significativos fueron el aumento de la tierra bajo cultivos y la expansión del área construida, la cual se incrementó en cerca del 300 %.

La Figura 8 señala las principales tendencias del cambio según la evolución de la intensidad de uso de la tierra en el período de referencia. El Cuadro 9 muestra una tendencia clara hacia un uso más intensivo de la tierra en la mayoría del territorio municipal. Casi el 64 % de la tierra tenía un uso más intensivo en 1987 que en 1980. Este hecho se podría interpretar como un indicador importante de una modernización dinámica del espacio rural pero no necesariamente en el sentido de un manejo moderno y racional del medio ambiente.

Los cambios en intensidad de uso que se registraron en el período considerado, obedecieron principalmente a la introducción de prácticas de manejo de pastos, lo cual permitió un uso más intensivo de los mismos.

Cuadro 8. Distribución porcentual de la tierra según su uso en 1980 y 1987, municipio de Facatativá

Usos de la tierra	1980	1987
Afloramientos rocosos	0.34	0.34
Bosques (naturales y de plantación)	24.00	14.09
Pastos naturales (con algunos cultivos dispersos)	49.81	2.24
Pastos manejados	24.27	51.55
Cultivos (con algunos pastos dispersos)	0.86	27.98
Cultivos en invernadero**	0.00	0.36
Area urbana (construida)	0.71	2.57
Total	100.00	100.00

Cuadro 9. Distribución de la tierra según cambios en su intensidad de uso, 1980-1987, municipio de Facatativá.

Cambio de intensidad de uso de la tierra	Area (Hectáreas)	% del área municipal
Menos intensivo	688.50	4.34
Igual intensidad	4634.82	29.25
Mayor intensidad	10115.28	63.83
Nueva área urbana	296.46	1.87
Vieja área urbana	110.16	0.69
Total	15845.22	100.00

Los resultados confirman la existencia de una presión creciente sobre la tierra en el municipio de Facatativá. Este fenómeno podría explicarse de un lado por su localización cercana a la capital colombiana, y de otro por la tendencia generalizada en el país hacia un uso más intensivo. Esta prospectiva parece ser independiente del tipo de aptitud de la tierra. El 48 % de la tierra

no apta para la agricultura tenía un uso más intensivo al finalizar el período analizado. La proporción de tierra en uso más intensivo superó el 65 % en las tierras de baja, moderada y alta aptitud para la agricultura. Una excepción a esta constatación ocurrió con la tierra de muy alta aptitud, en la cual el 68 % de la superficie mantuvo la misma intensidad de uso.

Factores que afectaron las tendencias de uso y manejo de la tierra.

Como se señaló en una sección previa, inicialmente se plantearon algunas conjeturas sobre los factores que probablemente estarían induciendo determinadas condiciones de manejo de la tierra y sus tendencias de cambio de uso y de su intensidad. Entre estos pueden mencionarse la accesibilidad, el tamaño de la propiedad y la vecindad a corrientes de agua. La accesibilidad se definió como la cercanía a las carreteras; el tamaño de la propiedad se planteó como el rango predominante de la propiedad de la tierra; y la vecindad a las corrientes de agua se determinó con base en la cercanía a las mismas.

De los factores mencionados, sólo se verificó la probable influencia de la accesibilidad y de la cercanía a las corrientes de agua. El análisis no confirmó la existencia de una influencia clara de estos factores de manera generalizada en el municipio. Sin embargo, en algunas áreas se encontró que por ejemplo, las tierras de aptitud muy alta para la agricultura, las cuales se encontraron subutilizadas, mostraron problemas de accesibilidad (Cuadro 10).

La cercanía a las corrientes superficiales de agua no mostró una relación clara con respecto a las condiciones de manejo y a los cambios de uso. Ello podría explicarse por el escaso volumen de agua que estas corrientes contienen para propósitos de riego.

Cuadro 10. Distribución de la tierra según su manejo y condición de accesibilidad.

Accesibilidad	Condición actual de manejo				
	Subutilizada	Equilibrio	Sobreuso	Urbano	Total
Buena	1926.18	1905.93	1087.83	406.62	5326.56
Pobre	1498.50	1809.54	1309.77	0.00	4617.81
Aislada	2084.13	2334.42	1482.30	0.00	5900.85
Total	5508.81	6049.89	3879.90	406.62	15845.22

Cuadro 11. Distribución de la tierra según cambios en intensidad de uso (1980-1987), por veredas, municipio de Facatativá.

Tipo de cambio en intensidad de uso

Código de vereda	Menos intensivo	Equilibrado	Más intensivo	Nueva área urbana	Vieja área urbana
1	29.16	1325.16	687.69	0.00	0.00
2	170.91	866.70	1225.53	0.00	0.00
3	255.15	341.01	2110.05	0.00	0.00
4	15.39	29.97	1824.93	0.00	0.00
5	0.00	873.99	1824.93	0.00	0.00
6	0.00	369.36	682.83	0.00	0.00
7	119.88	190.35	865.89	0.00	0.00
8	98.01	635.85	893.43	0.00	0.00
9		0.00	0.00	86.67	0.00
10		2.43	0.00	209.79	110.16
Total	688.50	4634.82	10115.28	296.46	110.16

Instrumentos para definición de políticas locales y toma de decisiones

Las autoridades municipales con frecuencia deben tomar decisiones con base en prioridades referidas a las veredas, como subunidades territoriales de evidente significado social y político. Para los gobiernos y oficinas de planeación local, la disponibilidad de información a nivel de veredas es básica como criterio de asignación presupuestal, identificación y priorización de proyectos de desarrollo y gestión ambiental, y monitoreo de tendencias de cambio en el uso de la tierra. Debido a estas razones, la última parte del ejercicio realizado buscó, a manera de ejemplo desarrollar un esquema de priorización para la definición de políticas y toma de decisiones.

Limitaciones de espacio impiden incluir aquí una secuencia de mapas que muestran la importancia de determinadas variables en las distintas veredas, lo cual implica solicitudes sociales y respuestas ambientales diferenciales cuya incidencia en la política y planeación local es fácil imaginar.

A cada vereda se le puede asignar un nivel de prioridad según las políticas ambientales del gobierno local. Para ello, se puede proceder a través de un

esquema de jerarquización de las veredas, según los valores de las variables ambientales pertinentes y los objetivos de las políticas ambientales locales. Estas políticas pueden consistir en impulsar procesos de reforestación, rehabilitación de la tierra, control de extracción de agua subterránea, protección de las rondas de las corrientes superficiales, fomento del uso agrícola de la tierra, control de la expansión urbana, y regulación del uso del agua de las corrientes superficiales, entre otras.

La decisión sobre cuáles de estas políticas deben seleccionarse y dónde deben ejecutarse tienen que tener en cuenta la información disponible para definir las correspondientes prioridades tanto entre políticas ambientales como entre veredas. La cantidad de tierra bajo diferentes condiciones ambientales, junto con otros factores, puede ser usada como un criterio importante para la determinación de prioridades entre veredas. El uso de métodos de criterios múltiples a partir de información como la contenida en los cuadros 11 y 12 resulta de enorme utilidad.

Cuadro 12. Distribución porcentual de la tierra según cambios en la intensidad de uso (1980-1987), por veredas, municipio de Facatativá.

Tipo de cambio en intensidad de uso

Código de vereda	Menos intensivo	Igual intensidad	Más intensivo	Nueva área urbana	Vieja área urbana
1	4.23	28.60	6.80	0.00	0.00
2	24.82	18.70	12.11	0.00	0.00
3	37.06	7.36	20.86	0.00	0.00
4	2.23	6.47	18.04	0.00	0.00
5	0.00	18.87	18.04	0.00	0.00
6	0.00	7.97	6.75	0.00	0.00
7	17.41	4.11	8.56	0.00	0.00
8	14.23	13.73	8.83	0.00	0.00
9	0.00	0.00	0.00	29.00	0.00
10	0.00	0.00	0.00	71.00	100.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Conclusiones y recomendaciones

Este ejercicio analítico de aplicación de la tecnología SIG, muestra las posibilidades de desarrollar caminos metodológicos para la organización y manejo de información ambiental, con el propósito de ayudar a los gobiernos y comunidades locales a tomar decisiones más racionales en la perspectiva de un desarrollo sostenible.

Los procedimientos metodológicos desarrollados en este estudio podrían ser incorporados como instrumentos de análisis para definir prioridades de gestión ambiental entre las veredas, sugerir estrategias de desarrollo ambiental, y diseñar políticas de desarrollo agrícola y de asentamientos humanos. Los veintisiete municipios de La Sabana de Bogotá podrían beneficiarse del enfoque metodológico aplicado ya que todos los municipios de esta región tienen como mínimo la misma información que fue utilizada en el caso de Facatativá. El estudio realizado incorporó el concepto de tierra entendido como conjunto de recursos naturales que ofrecen determinadas condiciones para la producción agropecuaria. Los recursos considerados fueron principalmente el suelo y el agua. Se tuvieron en cuenta conceptos claves en la definición de políticas ambientales, tales como aptitud, uso y manejo de la tierra, tendencias de intensidad de uso del suelo, accesibilidad y tamaño de la propiedad.

Los resultados señalan que en el municipio de Facatativá hay un evidente mal uso de la tierra, no sólo debido a sobreutilización sino principalmente por subutilización en una porción considerable del territorio. Paralelamente se detectó una tendencia clara hacia un uso más intensivo de la tierra sin importar la aptitud de la misma. Cerca del 90 % de la tierra ha cambiado su intensidad de uso en los últimos años. La tierra urbana y construida se ha incrementado de manera significativa y los cultivos de invernadero y de exportación se amplían en forma dramática. Esta situación y las nuevas funciones de las autoridades locales respecto del manejo los recursos naturales urgen herramientas de análisis y manejo de información para diseñar políticas orientadas a resolver los problemas ambientales que fueron detectados en este estudio.

Este ejercicio también demostró la necesidad de diseñar nuevos enfoques para obtener información básica con el fin de asegurar niveles más coherentes de datos para ser procesados a través de los SIG. En este sentido, uno de los problemas que debe evitarse es la mezcla de capas de información cartográfica que pertenezcan a niveles diferentes de escala y procesamiento. Para superar las limitaciones que al respecto se derivan de la información existente, se debería trabajar de manera sistemática en la formulación y diseño de nuevas formas de producir información básica por parte de las instituciones que en Colombia están encargadas de dichas funciones.

Adicionalmente, el presente estudio sugiere que la introducción de la tecnología SIG en los países llamados en desarrollo debería empezar por su aplicación en pequeños proyectos y áreas. La ayuda a los gobiernos y comunidades locales se ofrece como una oportunidad de mostrar de manera más inmediata las bondades de esta herramienta y al mismo tiempo de verificar la calidad de la información disponible y la elaborada en la aplicación. Este ejercicio puede continuarse y profundizarse en el municipio de Facatativá, verificando los cambios más recientes y poniéndolo al servicio de la toma de decisiones locales.

Literatura

ABEL, D.J.

1989. *A model for data set management in large spatial information system*. In International Journal of Geographical Information Systems, Vol.3, No.4, pgs. 291-301.

ARONOFF, S.

1989. *Geographic information systems: A management perspective*. WDL Publications. Ottawa, Canada.

BEST, R.G. and WESTIN, F.C.

1984. *GIS for soils and rangeland management*. In PECORA 9 Proceedings Spatial Information technologies for Remote Sensing today and Tomorrow, pgs. 70-74, Sioux Falls.

CARVER, S.J.

1991. *Integrating multicriteria evaluation with geographical information systems*. In International Journal of Geographical Information Systems, Vol.5, No.3, pgs. 321-339.

DANGERMOND J. and FREEDMAN C.

1984. *Findings regarding a conceptual model of a municipal data base and implications for software design*. Environmental Systems Research Institute, Inc. Redlands, California.

EYRE, L.A.

1989. *JAMGIS, the first jamaican government comprehensive multidata geographical information system, achievements and problems*. In international journal geographical information systems, Vol.3, No.4, pgs. 363-371.

1990

IDRISI Manual Graduate school of Geography, Clark University. Worcester Mass.

GRIMSHAW, D.L.

1988. *The use of land and property information systems*. In International Journal of Geographic Information Systems, Vol.2, No.2., pgs. 57-65.

HARVARD COLLEGE.

1990. *Roots Manual Draft*. Boston Mass.

HUNTER, G.J. and WILLIAMSON, I.P.

1990. *The development of a historical digital cadastral data base*. In International Journal Of Geographical Information Systems, Vol.4, No. 2., pgs. 169-179.

IGAC.

1985. *Mapa Topográfico General Escala: 1:100.000*. Bogotá,D.E.

1980. *Estudio General de Suelos de la Cuenca Alta del Río Bogotá*, Bogotá.D.C.

JENSEN. J.R., et al.

1990. *Environmental sensitivity index (ESI) mapping for oil spills using remote sensig and geographic information system technology*. In International Journal of Geographical systems, Vol.4, No.2, pgs. 181-201.

Kessell. S.R.

1990. *An australian geographical information and modelling system for natural area management*. In international Journal of Geographycal Information systems, Vol.4, No 3, pgs. 333-362.

LYLE, J. and STUTZ, F.P.

1983. *Computerised land use suitability mapping*. In The Cartographic Journal, Vol. 20, No.1, pgs. 39-49.

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY.

1991. *Geographical Information Technology in the Field of Environment*. UNEO\UNITAR and EPFL training programme in GIS. Lausanne, Suisse.

