

## USO DE MICROCOMPUTADORAS EN SISTEMAS GEOGRAFICOS DE INFORMACION

--UN EJEMPLO EN EL ESTADO DE MORELOS 1/

Diego Fabián Lozano García y Chris J. Johannsen 2/

Resumen-- Se presenta el uso de microcomputadoras en el análisis de imágenes multispectrales y sistemas geográficos de información. Empleando mapas publicadas por DETENAL e imágenes de satélite, se desarrolló un conjunto de datos cartográficos digitales, con el cual los usuarios pueden producir nueva información, de acuerdo a sus requerimientos. Dos ensayos de aplicación, muestran el uso de los datos su utilidad en aplicaciones en actividades tales como planeación del uso del suelo.

Abstract-- This paper presents the use of microcomputers in the analysis of multispectral scanner data and geographic information systems. Using maps published by DETENAL and Landsat-1 MSS data, a set of digital cartographic data was produced, this data set can be used to generate new information according to the requirements of the user. Two applications were developed to show the use and capabilities of the system in areas such as land-use planning.

Introducción

La información sobre localización, abundancia y accesibilidad de los recursos naturales de un país o región, es un elemento de gran importancia en los procesos de planeación, uso y conservación del patrimonio nacional. Para aquellos involucrados tanto en investigación así como en el proceso de toma de decisiones, el tener acceso y el contar con técnicas capaces de manipular, combinar y actualizar dicha información es de capital importancia.

Los avances más recientes en la tecnología de la computación han hecho posible el diseño y creación de sistemas que permiten integrar información tradicionalmente presentada en forma de mapas. Un avance paralelo en la percepción remota nos permite obtener nuevos tipos y grandes cantidades de información sobre los recursos naturales así como de su dinámica, tanto en el tiempo, como en el espacio.

Desde un punto de vista general, un sistema geográfico de información permite almacenar, mantener y analizar datos cartográficos y tabulares. Esta definición involucra el uso de datos de muy diversos orígenes tales como mapas a diferentes escalas y proyecciones cartográficas, fotografías aéreas e imágenes de percepción remota (barredores multispectrales, radar); así como inventarios del tipo de los censos nacionales, colecciones científicas, etc.

El almacenamiento y manejo de grandes volúmenes de datos hace casi obligatorio el uso de computadoras digitales.

La parte más importante de dicho sistema, es la del análisis de los datos, ya que es en este subsistema en donde el usuario toma decisiones basándose en sus objetivos y criterios.

Finalmente, los productos del análisis de los datos, es decir, la información generada por y para los usuarios, debe hacerse accesible en la forma de nuevos mapas o reportes.

El reto que actualmente enfrentamos es el de combinar los avances logrados, con los inventarios ya existentes y proporcionar a los usuarios potenciales una herramienta capaz de manipular grandes volúmenes de información proveniente de diversas fuentes y que al mismo tiempo, el técnico o especialista pueda operar sin requerir un entrenamiento largo o costoso.

El objetivo de este trabajo es el de desarrollar un sistema geográfico de

1/ Artículo presentado en la Reunión de Evaluación de Tierras y Recursos para la Planeación Nacional en las Zonas Tropicales, (Chetumal, México, Enero 25-31, 1987).

2/ Diego Fabián Lozano-García y Chris J. Johannsen, Estudiante Graduado y Director respectivamente, en el Laboratorio para Aplicaciones de la Percepción Remota, Universidad de Purdue, West Lafayette, IN.

información, utilizando cartografía ya existente, empleando programas y equipos disponibles en el mercado, y probar su utilidad con base en dos ensayos de aplicación de las técnicas de percepción remota integradas a un análisis cartográfico.

### Fuentes de Información

Como fuente de datos cartográficos, se utilizó la "Síntesis Geográfica de Morelos" publicada por la Secretaría de Programación y Presupuesto. Esta publicación consiste de un folleto descriptivo y un anexo cartográfico que incluye la geografía física de la entidad (tabla 1), a una escala de 1:250,000.

Tabla 1 Información Cartográfica.

Mapa	Escala	Clases
División Política	1:250,000	33
Comunicaciones	1:250,000	11
Poblaciones	1:250,000	7
Topografía	1:250,000	
Fisiografía	1:250,000	34
Geología	1:250,000	10
Suelos	1:250,000	23
Hidrología Sup.	1:250,000	15
Hidrología Sub.	1:250,000	7
Climas	1:250,000	10
Vegetación/ Uso del Suelo	1:250,000	38
Precipitación Media	1:500,000	4
Temperatura Media	1:500,000	11
Prec. de Heladas	1:500,000	10
Prec. de Granizadas	1:500,000	10

Esta publicación esta organizada con base en fuentes de datos tales como el Marco Geoestadístico Nacional, la División Nacional de Cuencas y las cartas publicadas por DETENAL. Puesto que las cartas que acompañan a la Síntesis Geográfica se encuentran a la misma escala y proyección geográfica, son una excelente fuente de mapas base sobre los cuales es posible realizar combinaciones para generar "nuevos mapas", los cuales proporcionan al usuario o especialista, una herramienta mucho mas util para su trabajo.

Una imagen del satélite Landsat-1, obtenida el 24 de Marzo de 1973 fue utilizada en el análisis de percepción remota de este trabajo.

### Procesamiento

La captura de información (a formato digital), así como todos los pasos en la

preparación de los datos, análisis y presentación de los resultados se realizó empleando el sistema ERDAS. Este sistema esta basado en una computadora personal IBM-AT, con 1.5 mg bytes de memoria, un procesador de imagenes con monitor de alta resolución de 512 x 512 x 32 bits, un disco de 72 mg bytes de almacenamiento, una tabla digitalizadora y otros equipos periféricos.

El sistema cuenta con modulos de programas que incluyen entre otros:

- Procesamiento de Imagenes
  - Clasificación
  - Realces
  - Registración

### -Análisis Cartográfico

#### -Análisis

### -Digitalización

- Creación de polígonos
- Conversión de sistemas de coordenadas
- Transformación de polígonos a celdas

### Digitalización

La primera fase del trabajo consistió en la digitalización de 16 mapas temáticos de la Síntesis Geográfica. Inicialmente, la digitalización se realizó en formato de polígonos, los cuales fueron posteriormente transformados al formato de celdas, lo que los hace compatibles con las imagenes de satélite y los resultados de la clasificación de estas. Puesto que la escala de los mapas corresponde a una cobertura estatal, se decidió emplear una celda de 100 x 100 metros como tamaño base en los mapas digitales.'

### Análisis Multiespectral

En primer lugar, el canal cuatro ( 0.8 a 1.1  $\mu$ m) de la imagen landsat fue remuestreada a un rango dinámico de 0-127, para que las cuatro bandas de la imagen presentaran el mismo rango dinámico. A continuación, se utilizó un algoritmo de análisis de agrupamientos en toda la imagen (1200 líneas por 1340 columnas) para generar las estadísticas de entrenamiento. Como resultados se obtuvieron 47 clases espectrales, de estas se mantuvieron 13 clases. Posteriormente se añadieron 2 clases (nieve y selva baja) utilizando un metodo de entrenamiento supervisado. Para la clasificación se utilizaron las 15 clases finales (tabla 2) y la imagen Landsat a su escala original (elementos de resolución de 59 x 76 m.).

Tabla 2. Resultados de la Clasificación de la imagen Landsat.

	Clases	Hectareas	Porcentaje
1	Suelo	207,042	21.31 %
2	Derrame con vegetación	17,285	1.78 %
3	Suelos oscuros	38,182	3.93 %
4	Bosque de pinos	3,496	0.36 %
5	Bosque de pinos en cañadas	775	0.08 %
6	Cultivos	53,293	5.49 %
7	Bosque de pinos	9,404	0.97 %
8	Pastizal	61,010	6.28 %
9	Suelo	25,518	2.63 %
10	Suelo	5,130	0.53 %
11	Cultivos	30,233	3.11 %
12	Pradera de alta montaña	1,731	0.18 %
13	Lagunas	1,047	0.11 %
14	Selva baja caducifolia	29,034	2.99 %
15	Nieve	58	0.01 %

Tanto la imagen Landsat como la clasificación resultante, se corrigieron y registraron a la base cartográfica, para ello se determinaron 28 puntos de control (puntos con coordenadas conocidas tanto en el mapa como en la imagen) distribuidos sobre toda la imagen. Dichos puntos son empleados por un programa que realiza el remuestreo de la imagen utilizando un algoritmo de "el vecino mas cercano".

El primer criterio a utilizar fue el localizar aquellas áreas con morfología montañosa utilizando el mapa de fisografía, en combinación con el mapa de precipitación media anual, para generar un mapa que muestre zonas con condiciones climáticas y geomofológicas poco propicias para el desarrollo agropecuario. En este paso se utilizó el programa denominado matrices, el cual realiza operaciones de álgebra booleana con los mapas digitales. Como resultado se obtuvo un mapa de las zonas candidatas (CANDIDAL.GIS) con 16 diferentes clases (Tabla 3).

### Análisis Cartográfico

En la fase del análisis cartográfico, se realizaron dos ensayos, con el objeto de estimar la flexibilidad y potencial del sistema. El primero consistió en determinar que zonas en el estado podrían ser destinadas a una reserva ecológica. El segundo ensayo involucró el uso de la imagen Landsat (tanto los datos originales como la clasificación) en combinación con los mapas base, para determinar áreas con potencial de erosión.

### Parque Ecológico

El objetivo de este ensayo fue el de "localizar áreas" con potencial para el establecimiento de un parque ecológico, en áreas con limitado potencial de uso agropecuario y donde los recursos naturales se encuentren en adecuado estado de conservación.

La figura 1 muestra los pasos llevados a cabo en el análisis, indicando los mapas utilizados así como el tipo de operación realizado.

Tabla 3. Fisiografía Montañosa y Precipitación

Clases	Hectareas
Estrato Volcanes, 800-1000 mm.	2,991
Sierra Ladera Abrup. 800-1000 mm.	4,356
Sierra Baja, 800-1000 mm.	9,991
Sierra Ladera Abrup. 800-1000 mm.	58,621
Cañon, 800-1000 mm.	1,699
Sierra Compleja, 800-1000 mm.	16,826
Sierra Cumbres Tend. 800-1000 mm.	4,468
Sierra Lad. Escarp. 800-1000 mm.	40,259
Estrato Volcanes, 1000-1200 mm.	11,025
Sierra Lad. Abrupta, 1000-1200	1,115
Sierra Compleja, 1000-1200 mm.	5,231
Sierra Cumbre Tend. 1000-1200 mm.	1,619
Sierra Lad. Escarp. 1000-1200 mm.	261
Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	23,293
Sierra Lad. Abrupta, 1200-1500	3,501
Estrato Volcanes, 1500-2000 mm.	5,799

Empleando el mapa de vegetación y uso actual del suelo, se seleccionaron las clases cuyos tipos de vegetación se encontraran en adecuado estado de conservación. De las 39 clases presentes en el mapa de uso del suelo se seleccionaron 9, correspondientes a Bosque

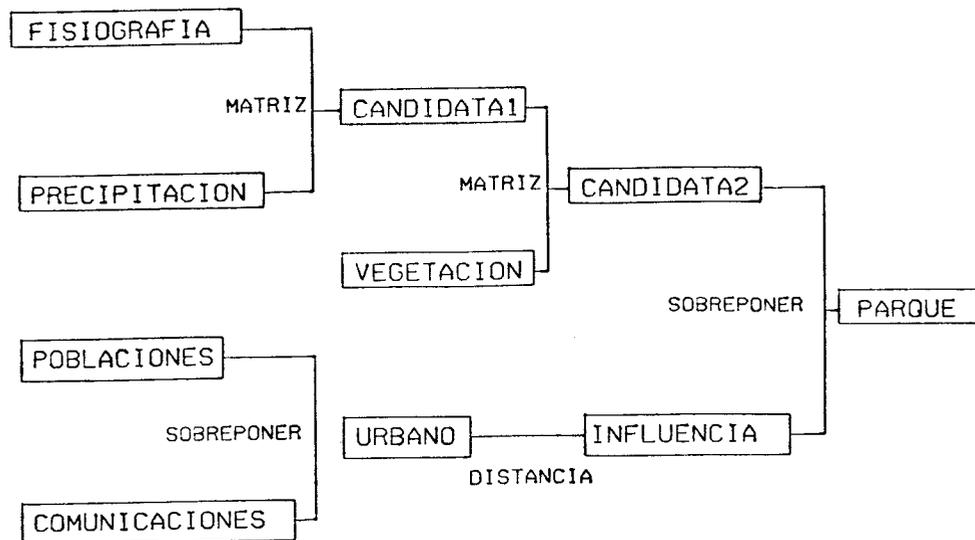


Figura 1. Diagrama de Flujo de las operaciones realizadas y los archivos utilizados.

Mesófilo de Montaña, Bosque de Pino, Bosque de Pino-Encino, Bosque de Encino, Bosque de Encino-Pino, Selva Baja Caducifolia, Bosque de Oyamel, Bosque de Pino-Oyamel y Pradera de Alta Montaña. Utilizando de nuevo el programa de matri-

ces, se combinaron las 9 clases de vegetación con el mapa CANDIDA1.GIS produciendo un mapa con 27 clases (Tabla 4), el cual se denominó CANDIDA2.GIS.

Tabla 4. Vegetación, Fisiografía Montañosa y Precipitación.

Clases	Hectareas
Mesófilo, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	3,552
Oyamel, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	548
Oyamel, Ladera Abrupta, 1200-1500 mm.	1,284
Pino, Estrato Volcanes, 1000-1200 mm.	389
Pino, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	3,962
Pino, Estrato Volcanes, 1500-2000 mm.	1,281
Pino-Oyamel, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	280
Pino-Oyamel, Estrato Volcanes, 1500-2000 mm.	589
Pino-Encino, Estrato Volcanes, 1000-1200 mm.	449
Pino-Encino, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	3,077
Pino-Encino, Estrato Volcanes, 1500-2000 mm.	317
Encino, Estrato Volcanes, 1000-1200 mm.	297
Encino, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	1,364
Encino-Pino, Ladera Abrupta, 1000-1200 mm.	668
Encino-Pino, Cumbre Tendida, 1000-1200 mm.	728
Encino-Pino, Ladera Escarpada, 1000-1200 mm.	18
Encino-Pino, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	861
Encino-Pino, Ladera Abrupta, 1200-1500 mm.	536
Encino-Pino, Estrato Volcanes, 1500-2000 mm.	77
Selva Baja, Sierra Baja, 800-1000 mm.	1,531
Selva Baja, Ladera Escarpada, 800-1000 mm.	7,012
Selva Baja, Cumbre Tendida, 800-1000 mm.	431
Selva Baja, Ladera Escarpada, 800-1000 mm.	11,634
Selva Baja, Estrato Volcanes, 1000-1200 mm.	1,105
Selva Baja, Cumbre Tendida, 1000-1200 mm.	286
Selva Baja, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	11
Pradera, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	319

Los mapas de comunicaciones y poblaciones se unieron para obtener el mapa de infraestructura urbana (URBANOL.GIS) presente en el Estado. Con el objeto de contar con una estimación de el área de influencia de estas áreas, se realizó un análisis de proximidad para las clases presentes en el mapa URBANOL.GIS. Este método clasifica cada una de las celdas en el mapa con base en un criterio de distancia a la o las clases de interés. en este análisis utilizó una distancia de 1000 m. dividida en 10 clases.

El paso final fue la combinación de los mapas CANDIDA2.GIS e INFLU1.GIS para obtener el mapa que muestre las áreas que pudieran destinarse para el establecimiento del parque ecológico. La figura 2 muestra la distribución de los diferentes áreas candidatas, con las áreas de influencia de la infraestructura urbana. La tabla 5 muestra las áreas por tipo de vegetación, geomorfología y precipitación obtenidas en este ensayo.

Tabla 5. Areas Candidatas Finales, ordenadas por Tipo de Vegetación, Fisiografía y Precipitación.

Clases	Hectareas
Mesófilo, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	1,858
Oyamel, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	548
Oyamel, Ladera Abrupta, 1200-1500 mm.	1,284
Pino, Estrato Volcanes, 1000-1200 mm.	78
Pino, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	3,456
Pino, Estrato Volcanes, 1500-2000 mm.	1,023
Pino-Oyamel, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	243
Pino-Oyamel, Estrato Volcanes, 1500-2000 mm.	551
Pino-Encino, Estrato Volcanes, 1000-1200 mm.	35
Pino-Encino, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	1,174
Pino-Encino, Estrato Volcanes, 1500-2000 mm.	129
Encino, Estrato Volcanes, 1000-1200 mm.	31
Encino, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	199
Encino-Pino, Ladera Abrupta, 1000-1200 mm.	532
Encino-Pino, Cumbre Tendida, 1000-1200 mm.	643
Encino-Pino, Ladera Escarpada, 1000-1200 mm.	4
Encino-Pino, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	858
Encino-Pino, Ladera Abrupta, 1200-1500 mm.	536
Encino-Pino, Estrato Volcanes, 1500-2000 mm.	56
Selva Baja, Sierra Baja, 800-1000 mm.	1,211
Selva Baja, Ladera Escarpada, 800-1000 mm.	6,678
Selva Baja, Cumbre Tendida, 800-1000 mm.	191
Selva Baja, Ladera Escarpada, 800-1000 mm.	7,561
Selva Baja, Estrato Volcanes, 1000-1200 mm.	507
Selva Baja, Cumbre Tendida, 1000-1200 mm.	123
Selva Baja, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	1
Pradera, Estrato Volcanes, 1200-1500 mm.	319

### Discusión y Conclusiones

La diversidad en el medio ambiente del estado de Morelos, proporciona un excelente ejemplo de las condiciones en donde los sistemas geográficos de información presentan una gran utilidad. la

### Riesgo de Erosión

En el segundo ensayo, se establecieron como objetivos el localizar áreas con potencial de erosión, determinadas a partir de la clasificación de una imagen de satélite y la información cartográfica disponible.

El primer paso en este análisis fue el obtener la clasificación multispectral de la imagen Landsat. Los resultados de la clasificación fueron remuestreados a un tamaño de celda de 100 x 100 m y registrados a la base cartográfica. A continuación, utilizando el mapa de FISIOGRAFIA, se combinaron las áreas de montaña con las clases de suelo derivadas de la clasificación multispectral. La figura 3 muestra la distribución de dichas áreas

posibilidad de crear nuevos mapas temáticos combinando clases dentro de un solo mapa es de gran ayuda para el usuario. La manipulación de los datos en este tipo de sistemas facilita el análisis de interacciones entre variables de muy diversa índole, tales como la fisiografía,

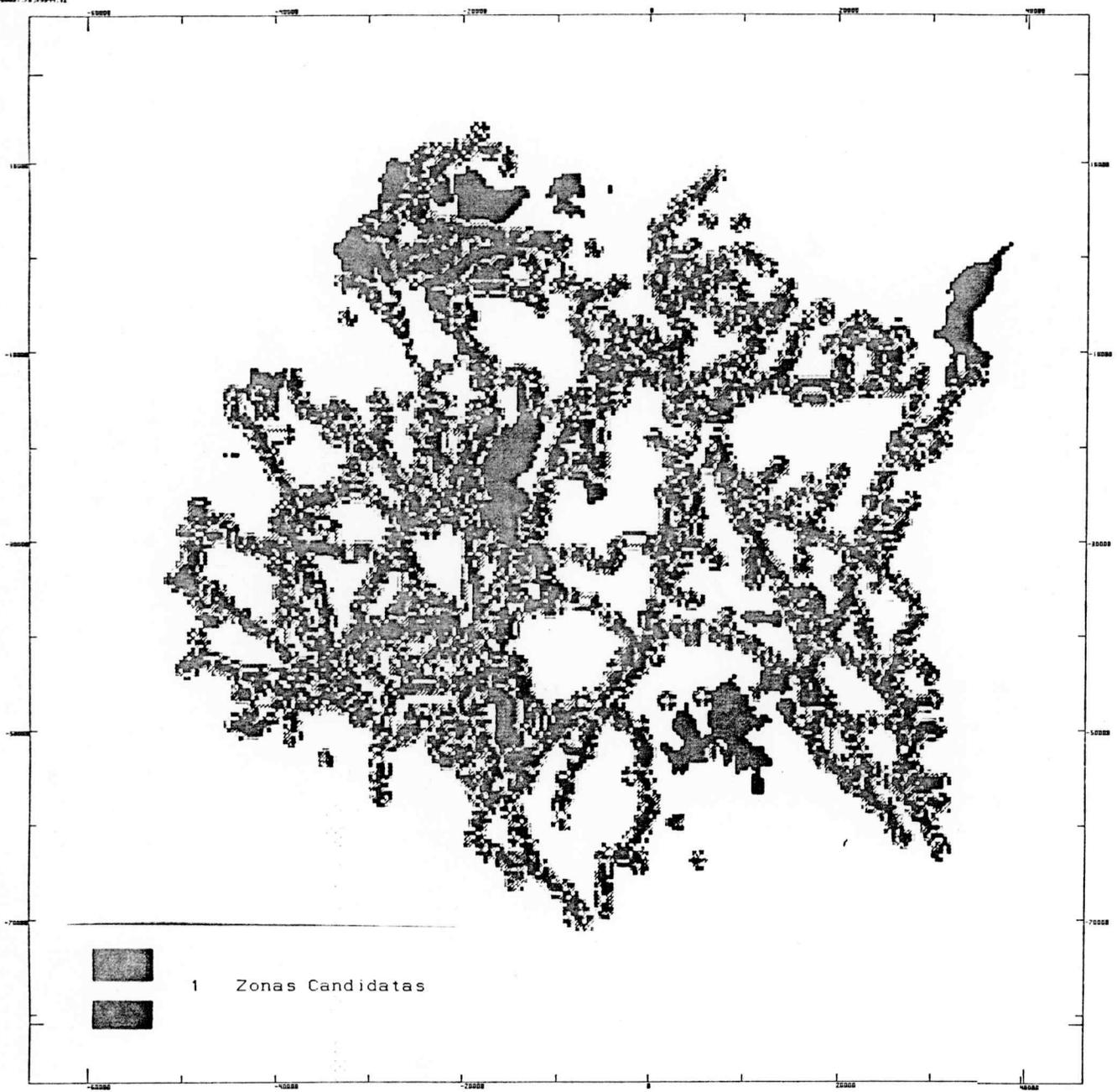
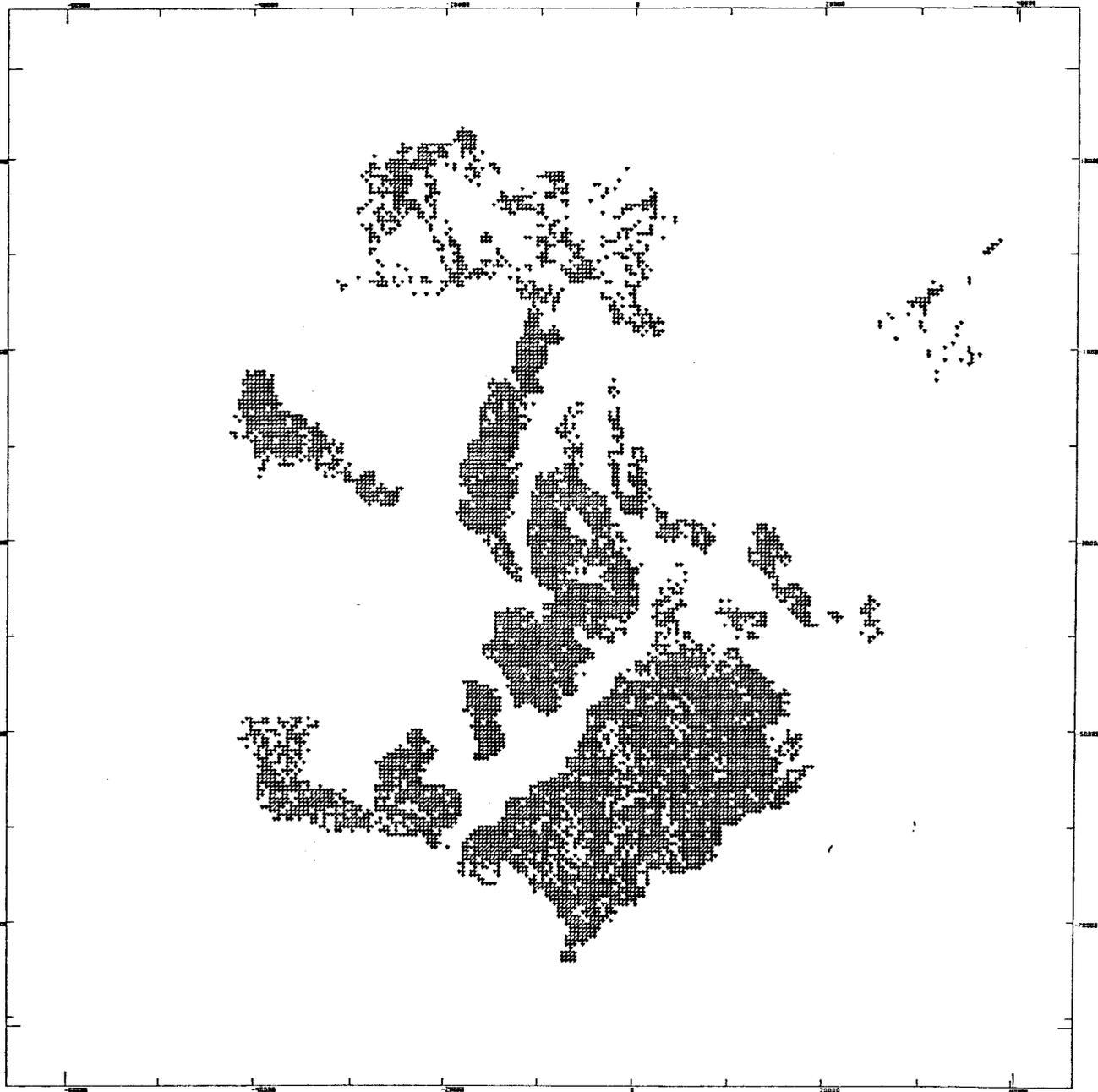


Figura 2. Zonas seleccionadas para el Parque Ecológico, y áreas de influencia de la infraestructura urbana.



L.S. - 8296 22-80736 88

Figura 3. Resultados de la combinación de suelos (deribados de la imagen Landsat) y áreas con fisiografía montañosa.

el clima, la vegetación, el desarrollo urbano, etc.

Uno de los mayores costos en cualquier tipo de inventarios es la colección inicial de datos. Los gastos de almacenaje, mantenimiento y sobre todo de actualización de los inventarios pueden ser considerablemente reducidos utilizando los sistemas digitales. Puesto que los cambios identificados en el terreno, poseen un valor y dirección unicos (de acuerdo a sistema de coordenadas empleado), la identificación y modificación de aquellos puntos en donde han ocurrido cambios puede realizarse automaticamente.

Tanto la interpretación de datos de percepción remota, como el uso de los sistemas geográficos de información, deben considerarse como herramientas que al combinarse pueden facilitar y complementar el análisis de los datos.

Los resultados obtenidos muestran la posibilidad de utilizar microcomputadoras en análisis de datos de percepción remota en combinación con sistemas geográficos de información. La flexibilidad con que esta nueva tecnología permite realizar la entrada de datos, el almacenamiento y su análisis, es de particular valor para científicos y usuarios con limitada experiencia en el uso de computadoras. Desde el punto de vista institucional, el uso de microcomputadoras implica una inversión mucho menor tanto en los equipos como en los programas, además estos sistemas se usan en innumerables aplicaciones que requieren el procesamiento electrónico de datos.

La flexibilidad del sistema permite adaptarse a diferentes objetivos y

utilizando los datos disponibles, obtener los resultados deseados. Esto implica que usuarios de diferentes especialidades pueden hacer un uso efectivo del sistema.

Es necesario desarrollar programas para microcomputadoras que permitan combinar fuentes de datos tabulares o atributos puntuales con las bases de datos cartograficos. Al mismo tiempo es necesario desarrollar algoritmos que permitan relacionar los atributos de las clases con los elementos en el terreno.

#### Referencias

Bartolucci, L.A., T.L Phillips and C.R. Valenzuela. 1983 Bolivian Digital Geographic Information System. Proc. 9th. Machine Processing of Remotely Sensed data Symposium. LARS-Purdue University, West Lafayette, IN. June 21-23

Coordinacion General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, 1981 Sintesis Geografica de Morelos. Secretaria de Programacion y Presupuesto. Mexico D.F., 110 pp y Anexo Cartografico.

Shelton, R.L & J.E. Estes. 1981 Remote Sensing and Geographic Informa information Systems: An Unrealized Potential. Geo-Processing 1:395-420.

Walsh, S. J. 1985 Geographic Information Systems for Natural Resource Management. Journal of Soil and Water Conservation 40(2):202-205.