



20
rej

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA**

**EL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA COMO
HERRAMIENTA PARA EL DIAGNOSTICO DEL
RECURSO SUELO. CASO: SUBCUENCA ARROYO
MUERTO OCOYOACAC. EDO. DE MEXICO**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADO EN GEOGRAFIA**

P R E S E N T A :

Enrique Muñoz López



MEXICO, D. F.

1991

FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL

	Pág.
INDICE	
INDICE DE FIGURAS	
INDICE DE CUADROS	
INTRODUCCION	1
CAPITULO 1	
CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA	8
1.1 Definición y características de un sistema de información geográfica	8
1.1.1 Definición de sistema de información geográfica (SIG)	8
1.1.2 Cuatro puntos básicos en un sistema de información geográfica	10
1.1.2.1 Entrada de datos	10
1.1.2.2 Manejo de datos	13
1.1.2.3 Manipulación y análisis de datos	13
1.1.2.4 Salida de datos	15
1.1.3 Características de los datos geográficos en un sistema de información geográfica	15
1.1.3.1 Posición geográfica	15
1.1.3.2 Atributos	16
1.1.3.3 Relaciones espaciales	17
1.1.3.4 Tiempo	17
1.2 Modelos digitales utilizados en un sistema de información geográfica	18
1.2.1 Modelo vectorial	18
1.2.2 Modelo raster	19
1.2.3 Comparaciones entre el modelo vectorial y el raster	21
1.3 Utilidad de los sistemas de información geográfica en la realización de inventarios y diagnósticos de recursos naturales	24

	Pág.
CAPITULO 2	
SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA "CARTOS"	34
2.1 Características generales	34
2.2 Organización del sistema	36
CAPITULO 3	
APLICACION DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA CARTOS A LA DETERMINACION DEL DIAGNOSTICO DE LA EROSION Y USO DEL SUELO EN LA SUBCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC	52
3.1 Índice de erosión	52
3.1.1 Localización geográfica y características generales de la subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac..	52
3.1.1.1 Situación geográfica	52
3.1.1.2 Topografía	57
3.1.1.3 Clima, suelo, vegetación	58
3.1.1.4 Población y economía	59
3.1.2 Objetivo del índice de erosión	61
3.1.3 Información necesaria	62
3.1.4 Descripción del proceso de elaboración	63
3.1.5 Proceso automático de la información	73
3.1.6 Descripción de los resultados	84
3.2 Índice de uso de suelo	86
3.2.1 Objetivo del índice de uso de suelo	86
3.2.2 Información necesaria	87
3.2.3 Descripción del proceso de elaboración	88
3.2.4 Proceso automático de la información	89
3.2.5 Descripción de los resultados	91
3.3 Otros resultados	101
4 CONCLUSIONES	109
BIBLIOGRAFIA	116
ANEXO A CLASES DE SUELOS	118
ANEXO B TABLAS ESTADISTICAS	122
ANEXO C CARTOGRAFIA	135

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Fig.1 : Representación gráfica de un mapa georeferenciado.....	11
Fig.2 : Representación gráfica del modelo raster y vectorial.....	20
Fig.3 : Análisis de la sobreposición usando datos de archivos raster.....	22
Fig.4 : Descripción de atributos en un mapa con formato vectorial.....	30
Fig.5 : Organización del sistema de información geográfica CARTOS.....	37
Fig.6 : Impresión de un mapa mediante patrones escogidos en el SIG-CARTOS.....	46
Fig.7 : Encabezado de un archivo raster.....	48
Fig.8 : Croquis de localización de la subcuenca Ocoyoacac.....	53
Fig.9 : Localización geográfica de la subcuenca Ocoyoacac.....	56
Fig.10 : Representación gráfica de la magnitud de la lluvia.....	66
Fig.11 : Proceso automático para determinar la erosión.....	75
Fig.12 : Uso actual del suelo en la subcuenca Ocoyoacac.....	100
Fig.13 : Uso potencial del suelo en la subcuenca Ocoyoacac.....	100
Fig.14 : Tipos de erosión en la subcuenca Ocoyoacac.....	106

INDICE DE CUADROS

		Pág.
CUADRO I	Asignación de atributos en la digitalización de un mapa	39
CUADRO II	Combinación de atributos entre varios mapas digitalizados	42
CUADRO III	Tabla de rangos de porcentajes de pendiente utilizados por la USDA y la FAO	44
CUADRO IV	Actividades de la población por municipio.....	60
CUADRO V	Nivel de degradación del suelo según la FAO	68
CUADRO VI	Indicadores para obtener la influencia de erosión hídrica.....	69
CUADRO VII	Tabla de erodabilidad para textura del suelo.....	70
CUADRO VIII	Tabla de erodabilidad por factor topográfico.....	70
CUADRO IX	Tabla de erodabilidad por factor de uso del suelo..	71
CUADRO X	Tabla de erodabilidad por tipo de suelo	72
CUADRO XI	Rangos de erosión en la subcuenca Ocoyoacac	83
CUADRO XII	Superficies de porcentajes de pendiente en la subcuenca (en orden descendente)	85
CUADRO XIII	Niveles de erosión por vocación del suelo	104
CUADRO XIV	Superficies y tipo de erosión en la subcuenca	105
CUADRO XV	Tipos y grados de erosión en la subcuenca	105
ANEXO B		
CUADRO B1	Atributos de franjas altimétricas	122

	Pág.
CUADRO B2	Atributos de áreas de porcentaje de pendiente..... 123
CUADRO B3	Indicadores de atributos que muestran la pérdida de suelo (ton/ha/año) 124
CUADRO B4	Rangos de atributos de pérdida de suelo (ton/ha/año) 127
CUADRO B5	Atributos de tipos de suelo..... 128
CUADRO B6	Atributos de textura del suelo..... 129
CUADRO B7	Atributos de precipitación media anual..... 130
CUADRO B8	Atributos del uso actual del suelo..... 131
CUADRO B9	Atributos del uso potencial..... 132
CUADRO B10	Atributos de índice de uso de suelo..... 133
CUADRO B11	Atributos de la vocación del suelo por clases..... 134

I N T R O D U C C I O N

En México existe una necesidad muy grande de estudiar a los recursos naturales ya que la riqueza de un país depende en buena medida de los servicios y bienes materiales que los habitantes logren producir de manera racional mediante la utilización de los recursos disponibles dentro de su territorio.

Para nuestro país es tarea primordial conocer los recursos naturales con los que contamos, para que se tenga un uso y manejo adecuado de éstos; también es necesario contar con un sistema de información y técnicas adecuadas para aplicar y diagnosticar el estado que guardan los recursos naturales y disponer de datos confiables que se puedan ocupar para resolver problemas tanto de tipo preventivo como correctivo.

El avance de las técnicas automatizadas ha permitido grandes saltos en todos los campos de la ciencia. Una de estas técnicas es la de los sistemas de información geográfica (SIG), muy utilizados en instituciones tanto gubernamentales como privadas incluso por particulares. El uso de estos sistemas se dividen en un sinnúmero de aplicaciones, como lo es, la aplicación hacia inventarios de recursos naturales; los SIG proporcionan elementos técnicos que permiten la captura y análisis de información por medio de

la digitalización de mapas, sobreposiciones cartográficas automáticas, etcétera.

Los SIG son de gran ayuda para la Geografía, ya que pueden abordar los trabajos de aspectos fundamentales dentro de un ámbito analítico, por ejemplo, de estudios relacionados con los recursos naturales de una región.

Cabe aclarar que los SIG'S juegan un papel importante en este tipo de trabajos geográfico ya que en la actualidad están siendo muy usados y que los geógrafos deben participar en la adquisición de conocimientos técnicos sobre manejo de sistemas de información geográfica, para abordar estudios de los recursos naturales y nuevas formas de ordenación del espacio.

Una característica más de los SIG es que tienen la capacidad de ser compatibles con otros sistemas como los relacionados con el manejo de imágenes de satélite, permitiendo su procesamiento y análisis en la evaluación de los recursos naturales y facilitando su manejo como si fueran mapas elaborados en el mismo SIG.

En el presente trabajo se trata de dar una visión general de cómo un SIG puede manejar información cartográfica relacionada con estudios de recursos naturales para la elaboración de un inventario y diagnóstico del estado que guarda

el recurso suelo.

Este trabajo, que lleva por título "Aplicación de un sistema de información geográfica para la determinación del diagnóstico del recurso suelo en la subcuenca Ocoyoacac, Edo. de México". Surge de la inquietud de manejar información cartográfica por medios automatizados para ahorro de tiempo y mayor precisión en trabajos enfocados a los recursos naturales que de manera tradicional se vienen realizando en diferentes departamentos del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

La estructuración del trabajo se basa en cuatro capítulos:

El primero se refiere a las características generales de los sistemas de información geográfica, donde se incluye una definición. Los cuatro puntos básicos que componen a un SIG son : captura de datos, manejo de información, análisis y salida de datos, también se presentan las características de los datos geográficos que deben reunir para introducirse a un SIG. los formatos digitales con los que puede trabajar un SIG (vectoriales y raster), marcando sus principales ventajas y desventajas tanto para el sistema como para el usuario.

Con las características anteriores se compone el tema de la utilidad de los SIG aplicado al estudio de los recursos

naturales. En este capítulo se tratan de representar los conceptos básicos que definen un inventario y un diagnóstico de recursos naturales, dando la pauta para un manejo de cuencas de esta manera se tiene una visión más clara de cómo se cumple una planificación de recursos naturales, y se puede ver cómo la herramienta técnica del SIG permite la medición de superficies, localizaciones geográficas, sobreposiciones digitales de los mapas elaborados, la creación de nueva información como la realización de mapas de pendientes a partir de la topografía digitalizada, modelos tridimensionales, cálculo de la erosión del suelo, cálculo de la longitud y orientación de la pendiente, etcétera.

Cabe aclarar que el trabajo no pretende llegar a la planificación, sino a realizar una de sus fases iniciales como el inventario de recursos y algunas relaciones para formar parte del diagnóstico del recurso suelo exclusivamente.

El capítulo dos integra las características y organización del Sistema de información geográfica CARTOS. Cartos es un sistema computarizado para almacenar, analizar, mostrar o desplegar datos geográficos, y se compone de comandos automáticos como captura de datos, estadísticas, diversas formas de analizar mapas digitales, modelos tridimensionales, módulos para exhibir mapas en monitores a color, salida de archivos en impresora a color o de matriz de pun-

tos, utilerias para diferentes tipos de ayuda.

Al conocer las utilidades de los comandos del sistema podemos saber su potencial, pero más aun cuando lo aplicamos hacia un problema especifico.

En el capítulo tres, se presenta como se aplicaron los diferentes procesos del SIG. CARTOS para determinar el indice de erosión y el indice de uso de suelo en la Subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoscac localizada en la Cuenca Alta del Río Lerma, contenida en la región hidrológica número 12, la cual tiene una localización geográfica de latitud norte que va de 19°09'09" a 19°19'27" y una longitud oeste de 99°18'03" a 99°31'24". En este capítulo se presentan también las características generales de la subcuenca tanto de aspectos físicos como de aspectos económicos y sociales con el objeto de tener una idea más clara de la problemática que se presenta en la subcuenca.

La metodología del indice de erosión se basa en la Ecuación Universal de Perdida del Suelo modificada por el Colegio de Posgraduados de Chapingo para ser trabajada en el territorio mexicano.

De manera general, el objetivo principal de la metodología del indice de erosión es determinar la cantidad potencial de suelo perdido en toneladas por hectárea al año, per-

mitiendo dar una calificación de degradación y distribución, usando cartografía básica de suelo, clima, uso del suelo y vegetación y topografía. El resultado es un mapa de índice de erosión, el cual muestra la distribución y cantidad de suelo perdido en toneladas por hectárea al año (TON/HA/AÑO).

Para el índice de uso de suelo (uso inadecuado del suelo), se toma como base la cartografía de uso actual del suelo y uso potencial del suelo, aquí se maneja un proceso de sobreposición de mapas por combinación para determinar las áreas de uso no adecuado de acuerdo a su vocación.

Los resultados que se obtienen se plasman en el mapa de índice de suelo, el cual muestra las áreas que no están acorde entre el uso actual y el uso potencial del suelo, mostrando su distribución de estas zonas y el área que ocupan.

Con las dos aplicaciones anteriores se pueden dar conclusiones de la utilidad del SIG. CARTOS, marcando ventajas y desventajas hacia la aplicación en estudios de los recursos naturales.

El trabajo se complementa con un anexo cartográfico de mapas digitalizados de cartografía existente y de mapas elaborados por el SIG.CARTOS.

El anexo cartográfico se encuentra formado por 9 mapas, los cuales están impresos en escala 1:50000, ya que los mapas introducidos al sistema de información geográfica fueron también de la misma escala.

CAPITULO 1

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

1.1 Definición y características de un sistema de información geográfica

1.1.1 Definición de sistema de información geográfica

Un sistema de información geográfica (SIG) es un sistema computarizado que tiene la capacidad de manejar grandes volúmenes de datos geográficos que pueden ser manipulados y analizados, donde la localización geográfica es una de sus características más importantes, es decir, permite interpretar datos referidos a un espacio terrestre. (Aronoff 1989).

Un SIG es una herramienta poderosa para manejo de datos espaciales que se basa en modelos con aproximaciones de los aspectos relevantes de la geografía, en un SIG los datos se mantienen en un formato digital, así la información se encuentra más compactada a diferencia de mapas hechos en papel, tablas estadísticas u otras formas convencionales.

Se pueden mantener grandes cantidades de información y retraerse a grandes velocidades, lo cual permite manipular datos espaciales y sus correspondientes atributos de información e integrar distintos tipos de datos en un solo análisis.

La habilidad para representar análisis espaciales complejos provee de ventajas cualitativas y cuantitativas al SIG permitiendo realizar estudios de planeación de escenarios, modelos de decisión, detección de cambios y otros planes que pueden desarrollarse haciendo análisis sucesivos. Este proceso interactivo se hace práctico por que las computadoras pueden realizarlo rápidamente y a un costo relativamente bajo.

Es la capacidad de análisis espacial del los SIG'S lo que la distingue de los sistemas relacionados con paquetes de diseño asistido por computadora (CAD) , el análisis de datos complejos multiespaciales y no espaciales de una manera integrada, forma la mayor parte de las capacidades de los SIG'S, esta es una función que no puede ser hecha tan eficientemente con métodos manuales.

En un SIG la integración de datos permite realizar una serie de procedimientos interactivos como verificación y actualización de la información, por ejemplo: el cambio de uso de suelo, en este se pueden revisar los cambios , las zonificaciones y otras restricciones con respecto a una nueva información, que serian cambiadas y puestas al día, incluyendo los mapas y tablas de datos.

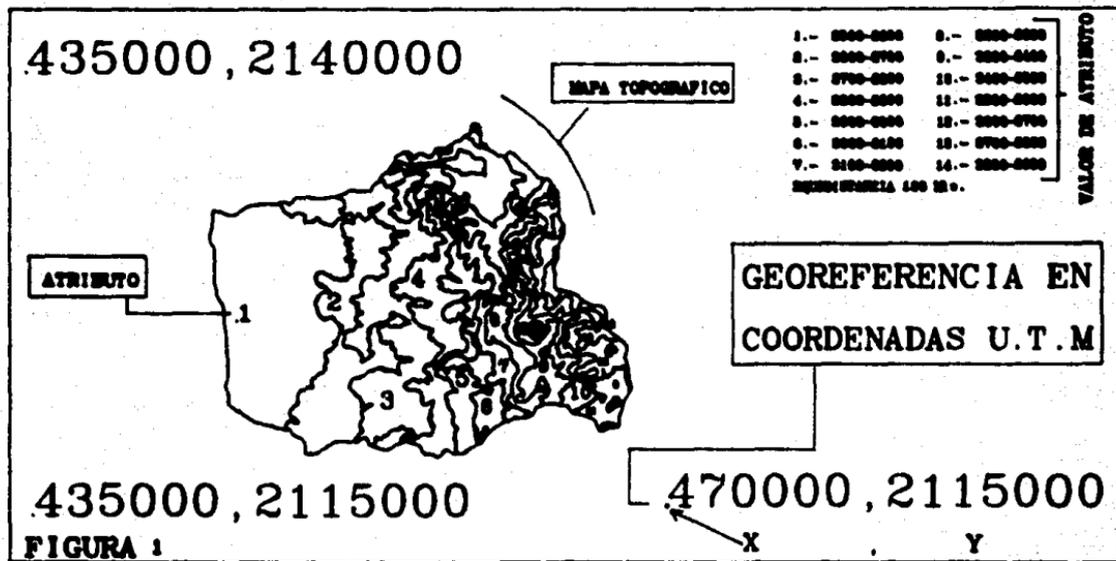
1.1.2 Cuatro puntos básicos en un sistema de información geográfica. Un sistema computarizado capaz de manejar datos georeferenciados, se basa en cuatro puntos básicos.

- 1) Entrada de datos**
- 2) Manejo de datos (retraer y almacenar datos)**
- 3) Manipulación y análisis**
- 4) Salida de datos (resultados)**

Hay varios sistemas que son usados para desempeñar estas funciones y son efectivas para las tareas que ejecutan bajo las condiciones en que ellos operan.

1.1.2.1 Entrada de datos. Los datos introducidos deben estar provistos y armados de referencias geográficas (coordenadas geográficas, UTM, etc.), para la interpretación de datos (ver fig.1), éstos se pueden obtener de mapas y datos de atributos asociados como fotografías aéreas e imágenes de satélite u otros.

Figura 1. Representación gráfica de un mapa georeferenciado.



Para que en un SIG se obtengan resultados, es necesario capturar la información, lo que típicamente la gente puede llamar cuello de botella, ya que la entrada de datos puede ser muy tediosa porque muchas veces se digitaliza grandes cantidades de información como topografía, uso del suelo, poblados, etc. Realizar esta fase, es destinar mucho tiempo y personal capacitado para obtener datos fieles.

La suma de los mapas y datos frecuentemente es deseable en la interrelación de diversos recursos en una base común, por ejemplo: Un hidrólogo que requiera información necesaria para el estudio de erosión y sedimentación, tendrá que recurrir a la topografía, pendientes, suelos, erodabilidad, precipitación, superficie de agua, características de vertientes, etcétera.

Una desventaja de los SIG'S es la construcción de grandes bases de datos ya que puede tomar de meses a años para complementar la entrada inicial de datos, lo cual provocaría que en algún proyecto que se requiera poco tiempo para obtener resultados, no se logren.

Por esta razón los métodos de entrada de datos y su calidad deben ser cuidadosamente considerados antes de introducirlos. Es aconsejable evaluar varios métodos en la introducción de los datos, los estándares a utilizar y la

forma de salida.

1.1.2.2 Manejo de datos. El componente de manejo de datos del SIG. incluye aquellas funciones necesarias para almacenar y recuperar información de la base de datos. Hay variedad de métodos a usar para organizar los datos dentro de archivos legibles para la computadora.

Componentes de manejo de datos en los SIG'S:

1. La forma en que están estructurados los datos
2. La forma en que los archivos están relacionados unos con otros.
3. La forma en que los datos se pueden recuperar y
4. La velocidad de la operación de recuperar los datos.

Las necesidades a corto y largo plazo de los usuarios deben ser identificados y usados en la evaluación de la eficiencia de la información, una persona experta en el SIG diseña y analiza los procedimientos a seguir para evaluar la información.

1.1.2.3 Manipulación y análisis de datos. La manipulación y análisis de datos determinan la información que puede ser generada por el SIG una lista de las capacidades requeridas puede ser definida como parte de los requerimientos del sistema. Lo que muy frecuentemente no se anticipa es que utili-

zar un SIG no solo automatiza ciertas actividades, sino también cambia la forma de organización de los trabajos.

Por ejemplo: los tiempos de financiamiento pueden forzar decisiones a ser hechas después de un estudio de 2 ó 3 alternativas. Si éste se convierte en menos caro y más rápido para generar alternativas, puede ser exitoso refinar los planes, el método de decisión puede entonces cambiar de seleccionar la mejor de alguna alternativa por medio de evaluaciones sugeridas.

Para anticipar la manera en la que los datos en un SIG pueden ser analizados, requiere que el usuario este envuelto en funciones necesarias y niveles de rendimiento.

El conocimiento de técnicas tradicionales manuales hace más fácil la operación de un SIG, ya que estas técnicas se aplican automáticamente y se pueden resolver problemas concretos. Por ejemplo, el conocer el método de cubrimiento o sobreposición de mapas, el cual consiste en trabajar en un pequeño equipo especializado: mapas, papel transparente, estilógrafos, etcétera.

El método anterior es manejado de manera automatizada por todos los SIG lo cual facilita su adaptación y recorta el tiempo de elaboración.

1.1.2.4 Salida de datos. La salida o reporte de funciones de los SIG varía más en calidad y facilidad de uso que en las capacidades disponibles, los reportes pueden ser en forma de mapas, tablas o valores de textos en hard-copy (papel) o en soft-copy (archivo electrónico), las funciones requeridas están determinadas por las necesidades del usuario como colores, simbologías, textos, sombreados, escalas, etcétera.

1.1.3 Características de los datos geográficos en un SIG

1.1.3.1 Posición geográfica. Los datos geográficos son fundamentalmente una forma de datos espaciales, cada rasgo tiene una localización que debe ser especificada en forma única. Las definiciones locacionales pueden ser completamente complejas porque los fenómenos geográficos tienden a ocurrir en patrones complejos e irregulares como son los caminos de terracería o los trazos de una ruta de transporte.

Un SIG requiere que se use un sistema de coordenadas común para todos los conjuntos de datos que serán usados en común, para los datos geográficos, las localizaciones se graban en términos de un sistema de coordenadas como latitud y longitud, tal como la Universal Transversa de Mercator (UTM) o sistemas de coordenadas planas (X,Y). En algunos casos las coordenadas de un sistema pueden ser matemática-

mente transformada de unas coordenadas a otras. Pero en muchos casos esto no es posible. Por ejemplo: Las fronteras exactas son descritas con referencias a rasgos locales como cercas o árboles, este tipo de referencias no pueden ser matemáticamente transformadas a geográficas.

Los datos geográficos se pueden almacenar en diferentes niveles de exactitud de localización. Algunos datos pueden ser exactos dentro de algunos centímetros, mientras otros son precisos a 10 cms.

1.1.3.2 Atributos. La segunda característica de los datos geográficos son sus atributos. por ejemplo: ¿Qué es?, la característica puede ser un bosque, sus atributos pueden incluir la composición de especies, promedio de altura de los árboles, la cobertura y la última fecha en que fue talada. Estos atributos frecuentemente se denominan a espaciales, en los cuales por ellos mismos no representan información local.

Hay un nivel de exactitud inherente en atributos a espaciales al igual que en los datos espaciales. Un distrito comercial puede no ser 100% comercial, un área de pinos no es 100% de pinos. Frecuentemente este tipo de inexactitud no es notoria por los SIG, pero para muchos tipos de análisis es importante reconocer y tomar en cuenta esta impresi

ción.

1.1.3.3 Relaciones espaciales. La 3a. característica de los datos geográficos son las relaciones espaciales , estas relaciones son numerosas, complejas e importantes, por ejemplo: no es sólo importante conocer la localización del fuego y los hidrantes, sino que tan cerca están los hidrantes del fuego. Los efectos de un derrame de petróleo dependen en que tan cerca este, así como de donde se localiza, estas relaciones son intuitivas a las personas que observan un área o un mapa, sin embargo para un SIG basado en computadoras, las relaciones deben expresarse de una manera práctica y entendible para la computadora. No es posible almacenar información para todas las relaciones espaciales posibles, sólo algunas de ellas se pueden definir en el SIG y mantenerse.

1.1.3.4 Tiempo. La información geográfica se referencia en un punto en el tiempo o en un periodo de tiempo, conocer el tiempo en que los datos fueron obtenidos pueden ser crítica para usarlos apropiadamente.

Un área puede ser cubierta por árboles un año y ser talada al siguiente, un área urbana puede ser de uso residencial y 20 años después de uso comercial.

Los cultivos agrícolas crecen en ciertas épocas. En algunas regiones del mundo crecen distintos cultivos en la misma áreas en diferentes años.

Conocer que un sitio fue un pozo agotado, puede restringir su uso en el futuro.

La información histórica puede ser un componente importante en las bases del SIG., conocer la condición previa de la localización geográfica puede ser útil. Por ejemplo: conocer el bosque que precedió a un sitio de acerraderos, puede ser decisivo en el momento de reforestar el área.

Si el modelo se diseña apropiadamente, el SIG representará el comportamiento del mundo real lo suficientemente preciso para proveer de información útil. El SIG provee de medios para organizar atributos espaciales y aespaciales por almacenado y análisis eficientes.

1.2 Modelos digitales utilizados en un sistema información geográfica.

1.2.1 Modelo vectorial. En el modelo vector, los objetos o condiciones del mundo real son representados por puntos y líneas que definen sus límites. La posición de cada objeto es definido por un lugar en el mapa y es organizado por un sistema de coordenadas (X,Y), cada objeto esta compuesto por una serie de puntos los cuales cada uno tiene un

valor único en coordenadas. (ver fig.2 inciso B)

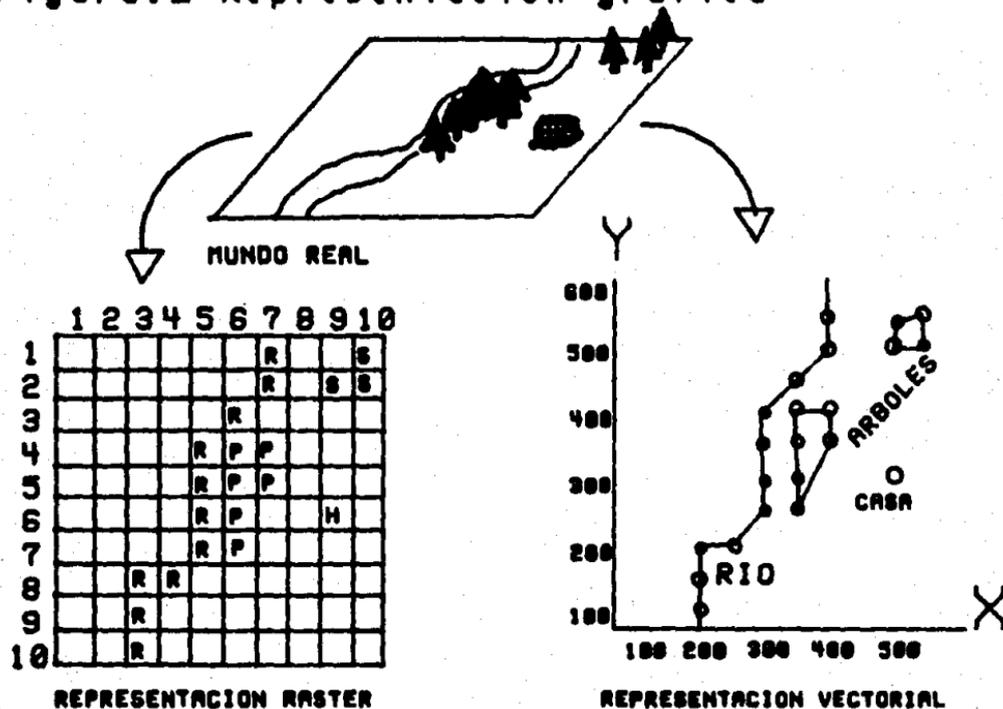
Puntos líneas y polígonos son usados para representar fenómenos geográficos distribuidos de manera irregular o ciertas condiciones del mundo real. (un polígono es un área delimitada por un segmento de línea cerrada), un polígono puede representar una zona forestal, una línea puede representar un camino, las entidades espaciales en un modelo vectorial, se ven y corresponden más o menos a las entidades espaciales que se representan en el mundo real.

1.2.2 Modelo raster. En el modelo raster el espacio es regularmente subdividido en celdas, usualmente de forma cuadrada, (ver fig.2 inciso A)

La localización geográfica de objetos o fenómenos es definido por la posición de los renglones y columnas que ocupan. El área que cada celda representa define la resolución espacial disponible, es decir, la posición es definida por el número de celda en el renglón y el número de celda en la columna.

EL MODELO RASTER Y VECTORIAL

Figura.2 Representación gráfica



El modelo raster se compone de una malla de celdas cuadradas que son homogéneas tanto numéricamente como en tamaño, estas tienen la cualidad de ser un fácil manejo en lenguajes de programación. (ver fig. 3)

1.2.3 Comparaciones entre el modelo vectorial y el raster modelo raster.

Ventajas de procesamiento de un archivo raster en un SIG :

1. Es una estructura simple de datos
2. Las operaciones de sobreposición son implementadas fácil y eficientemente.
3. La alta variabilidad espacial es representada eficientemente
4. El modelo raster se requiere más o menos para manipulaciones eficientes y realizado de imágenes digitales

Desventajas de procesamiento de un archivo raster en un SIG:

1. La estructura de datos raster es menos compacta. (Las técnicas de compresión de datos pueden solucionar este problema)
2. las relaciones topológicas son más difíciles de representar.

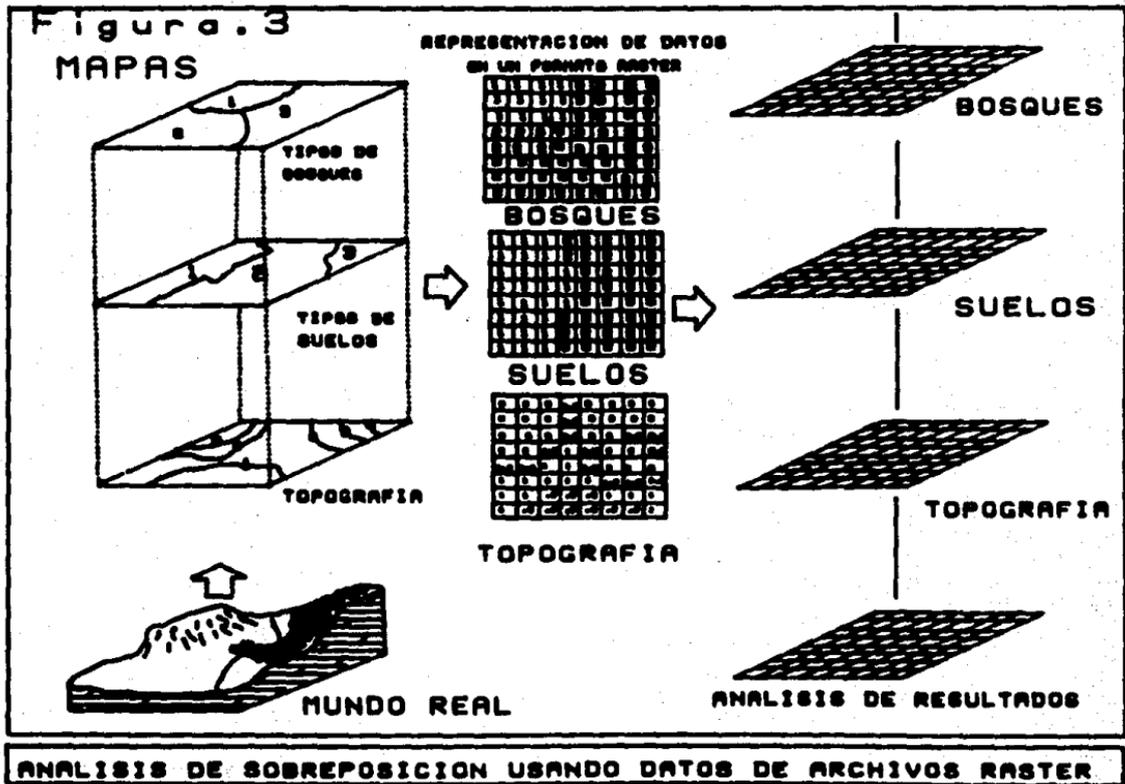


Figura 3.

3. la salida de gráficos es menos estética, ya que las orillas tienden a ser de apariencia cuadrada, no como las líneas suaves de dibujo o mapas a mano. Esto puede solucionarse usando un número mayor de celdas, pero puede resultar archivos muy largos e inaceptables.

Ventajas de procesamiento de un archivo vectorial en un SIG:

1. Provee de un modelo más compacto de estructura de datos que el modelo raster.
2. Es eficiente de acuerdo a la topología y como resultado, una implementación más eficiente de operaciones que requieren información topológica como un análisis de mosaicos.
3. El modelo vector es mejor para soportar gráficas que son muy aproximadas a mapas dibujados a mano.

Desventajas de procesamiento de un archivo vectorial en un SIG :

1. Es una estructura de datos más compleja que una de raster
2. las operaciones de sobreposición son más difíciles de implementar.
3. La representación de alta variabilidad espacial es ineficiente
4. La manipulación y realizado de imágenes digitales no puede ser hecha eficientemente en el dominio vectorial.

1.3 Utilidad de los sistemas de información geográfica en la realización de inventario y diagnóstico de recursos naturales.

Primeramente es necesario saber los conceptos de los términos que se usan para inventario de recursos naturales, diagnóstico o evaluación de recursos naturales, manejo de recursos naturales, planificación de recursos naturales, y otros que se derivan de estos como la relación entre el uso del suelo y su capacidad, esto con el objeto de dar una visión más amplia del área en donde la herramienta técnica que son los sistemas de información geográfica pueden participar para agilizar en tiempo y esfuerzo las formas de trabajo en los diferentes estudios relacionados con los recursos naturales.

Un inventario de recursos naturales es la base que sostiene el plan, por lo cual se debe dar una información amplia de los recursos para tomar decisiones en cuanto al manejo, este deberá identificar y cuantificar los diferentes recursos que se encuentren en la zona de estudio, como son: suelos, escurrimientos de drenaje natural, cuerpos de agua, topografía, pendientes, riesgo de erosión, potencial productivo de los cultivos, etcétera.

El diagnóstico o evaluación de los recursos, es considerado como la obtención del conocimiento más completo posible sobre el estado medio del ambiente, ya sea que perma-

nesca intocado o que haya sido sometido a variados niveles de intervención, que puedan haber significado degradación o mejoras. (López Portillo 1982).

A todo lo anterior hay que entender que el diagnóstico no se alcanza con la suma de estudios y lista de datos (inventario) entregadas por diversas disciplinas, lo más importante es la relación dinámica entre sus componentes y tomar en cuenta estudios con medios cualitativos más que cuantitativos, que permitan seleccionar cuales datos son realmente importantes y que relaciones entre los diversos subsistemas interesan en la evaluación del medio ambiente interferido.

Cuando se realiza un estudio de manejo de recursos naturales en un cuenca o subcuenca, no es tan fácil eliminar zonas o áreas que formen parte de ellas al igual que actividades que realiza el hombre.

En una cuenca existen flujos de energía lo que hace que halla una constante actividad de los recursos naturales. El hombre puede a través de sus múltiples actividades desequilibrar dichos flujos de energía.

Existen varias posibilidades de que el hombre no destruya los recursos en una cuenca, por ejemplo, conociendo lo que se tiene por medio de un inventario de recursos involucrando

cantidad y calidad de los mismos, planificando y manejando de manera integral los recursos naturales de la zona.

Cuando se analizan las principales actividades espaciales del hombre, es posible encontrar una serie de contradicciones, como son: construcciones de poblados sobre zonas de alto potencial agrícola, cultivos en terrenos fácilmente degradables y anulación de importantes potenciales por usos inadecuados del suelo, esto trae como consecuencia problemas de erosión, subutilización de los recursos, deforestación, sobrepastoreo, prácticas agrícolas inapropiadas. etc.

Lo anterior refleja una falta de planificación integral de los recursos y de las actividades del hombre. Estas circunstancias son ocasionadas en la mayoría de los casos por el desconocimiento del estado actual de los recursos.

La cuenca puede representar una unidad básica de análisis para la planificación y para apoyar propósitos de uso óptimo y racional de los recursos.

Un manejo de recursos naturales en una cuenca es una actividad de gran magnitud que requiere de acciones interdisciplinarias e interinstitucionales para el logro de objetivos, y perseguir mediante dicha integración la conservación, uso y manejo adecuado de los recursos naturales disponibles, preservando el potencial de producción y permii-

tiendo planificar la interrelación de las actividades que en ella se realicen.

Para lograr lo anterior se requiere un conocimiento amplio de las características de la zona y mediante un análisis detectar los factores de impacto negativo sobre los recursos naturales.

La planificación de los recursos naturales, es una de las metas principales ha desarrollar posterior al diagnóstico de recursos naturales o del ambiente; esta hay que entenderla como un proceso mediante el cual se intenta concretar aquellas aspiraciones definidas como positivas para el sistema de valores más representativo de los intereses de la población afectada con las intervenciones que se lleven a cabo en el sistema ecológico que integran a la población y su correspondiente sistema ambiental. (López Portillo 1982).

La base de la información obtenida a través de la evaluación o diagnóstico de recursos naturales, nos indica que bases reales tenemos para el desarrollo económico, será posible planificar a corto mediano y largo plazo la utilización del medio ambiente y en particular de los recursos naturales, teniendo como principal meta el de mejorar la calidad de vida a través de un desarrollo sostenible ajustado a condiciones específicas de habitats locales y a valores sociales característicos de la comunidad humana que di-

recta o indirectamente deriva o se sustenta de los mismos.

Ahora bien, para llevar acabo un manejo adecuado de los recursos se hace necesaria información de muchos tipos como mapas, estadísticas, gráficas, encuestas, visitas de campo, fotografías aéreas, imágenes de satélite, etc., aunado a esto, esta la forma de procesar la información para los fines pertinentes, se pueden abordar los temas desde técnicas manuales hasta técnicas automatizadas como a la que se refieren los sistemas de información geográfica.

Cuando se pretende usar un sistema automatizado de información geográfica aplicado a inventarios, diagnósticos o manejo de recursos naturales, es necesario conocer las características de manejo de información, ya que las cualidades de un SIG nos permiten tener un visión amplia de como abordar el tema de los recursos naturales.

Dentro de las múltiples utilidades de un SIG existen las aplicaciones destinadas a inventarios, manejo, planeación de recursos naturales, impacto en el medio ambiente, localización de industrias, rutas de transporte, análisis de la vida silvestre, manejo forestal, Geología, etc.

La ayuda que prestan los SIG es muy variada y a veces muy compleja por la cantidad de información que pueden alma-

cenar y manejar para obtener resultados.

Para realizar un inventario de recursos en un SIG, primero se captura la información por medio de un equipo de digitalización, esta información puede ser a través de mapas, fotografía aérea, etc., al ser procesada por un sistema de información geográfica, se tienen opciones de cálculo de áreas por el sistema de celdas en formato raster, localización de áreas de particular interés, que llegan a gran precisión sobre el terreno teniendo como base coordenadas UTM. o geográficas.

Las unidades en las que se pueden representar las superficies son variadas como hectáreas, metros cuadrados, kilómetros cuadrados u otra unidad, de esta manera se obtiene también el porcentaje de las áreas que la componen con respecto al total, esto se realiza de manera muy rápida donde se almacenan en resúmenes estadísticos.

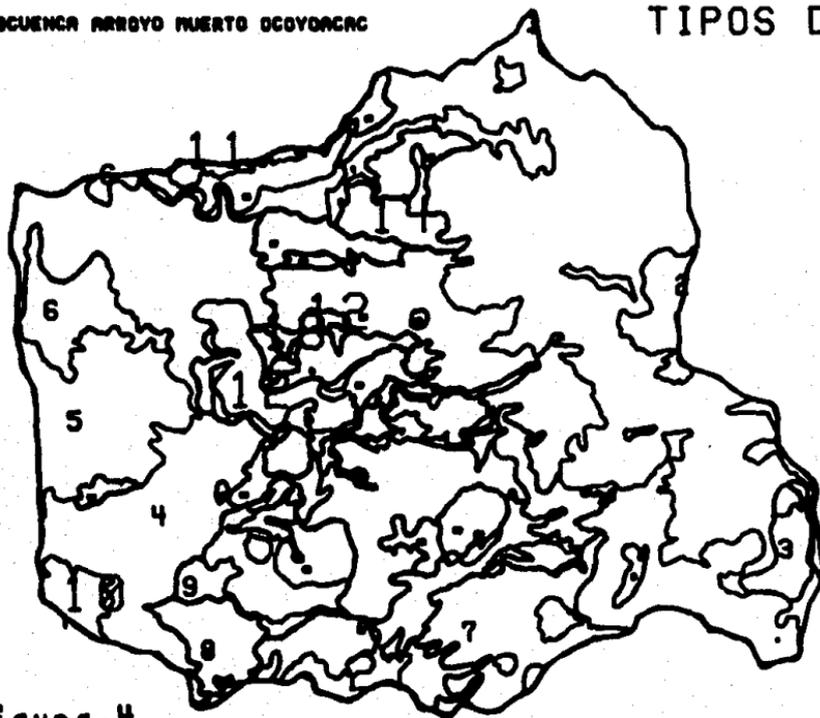
Se pueden manejar mapas asignando valores tanto numéricos como descriptivos a los diferentes atributos que componen el mapa, se tiene entonces una base de datos que se puede manejar a las necesidades del estudio. (ver fig.4)

Por ejemplo para poder analizar un mapa de recursos forestales y una de topografía, es necesario haber asignado

SUCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC

TIPOS DE SUELO

UNIDADES DE SUELO



- 1.- Tecto
- 2.- TectoB
- 3.- Tecto
- 4.- Tecto
- 5.- Tecto
- 6.- Tecto
- 7.- Tecto
- 8.- Tecto
- 9.- Tecto
- 10.- Tecto
- 11.- Tecto
- 12.- Tecto
- 13.- Tecto
- 14.- Tecto
- 15.- Tecto
- 16.- Tecto
- 17.- Tecto
- 18.- Tecto
- 19.- Tecto
- 20.- Tecto
- 21.- Tecto
- 22.- Tecto
- 23.- Tecto
- 24.- Tecto
- 25.- Tecto
- 26.- Tecto
- 27.- Tecto

Figura.4

Descripción de atributos en un mapa con formato vectorial.

valores o descripciones a los elementos que componen cada archivo (mapa), es decir, una base de datos que incluyan todos los elementos que necesitamos de cada mapa, de esta forma se puede saber el área ocupada por bosque y el área de las franjas altimétricas que se obtienen del mapa topográfico.

Una sobreposición automática puede relacionar las dos variables, mediante una combinación de atributos de cada mapa, obteniendo las áreas de bosque y la altitud a la que se encuentran.

Aquí es donde el usuario tiene que hacer uso de su experiencia profesional para resolver problemas y adaptar técnicas o metodologías a un SIG considerando sus fases de manejo y análisis de la información.

Las técnicas de sobreposición automática son variadas, ya que se pueden combinar más de dos mapas, lo que da ventaja a relacionar varios recursos como: diferentes tipos de suelos, vegetación, cuerpos de agua, relieve, clima, etcétera.

Lo anterior permite realizar un inventario de los recursos dando pauta a un diagnóstico del estado en que se encuentran estos, que sirva de base para la realización de estudios encaminados a la planeación.

La realización de un inventario de recursos naturales depende en gran medida de la información que se utilice, por ejemplo: la fecha y disposición de la fuente cartográfica, la escala, el acceso a la zona de estudio, etc. El tiempo que retrase el inventario puede repercutir en la confiabilidad de los resultados ya que en algunas zonas de las superficie terrestre los recursos cambian constantemente.

Una forma de realizar inventarios de recursos es la utilización de fotografías aéreas recientes que existan sobre la zona, estas se fotointerpretan y la información se puede digitalizar y almacenarse en una base de datos.

Otra forma es utilizar imágenes de satélite ya que estas tienen la característica de ser compatibles en casi todos los sistemas de información geográfica. Se pueden realizar sobreposiciones de mapas elaborados con imágenes de satélite recientes, de manera que la información se actualice y se pueda ver el cambio que sufrieron los recursos naturales.

La ventaja de esta técnica resalta en la rapidez y resultados muy precisos; la desventaja radica en que las imágenes tienen un alto costo económico para los particulares.

Algunas veces al realizar un inventario de los recursos nos encontramos con el problema de la variación de escalas y proyecciones para la misma zona, un SIG. ahorra mucho tiempo en la transformación de escalas y proyecciones. De manera manual este trabajo por sí llevaría algunas semanas y en el SIG. solo un par de horas.

Otra de las ventajas que tenemos de un SIG. hacia la aplicación de inventarios y diagnósticos de recursos, es la disponibilidad de imprimir los mapas que se elaboran, los resúmenes estadísticos, despliegues en pantalla, etc. cuando el usuario lo desee, permitiéndole reducir el tiempo con respecto a la manera tradicional y manual de elaboración, ocupando el tiempo extra a cuestiones de trabajo de campo o análisis de la información.

Cabe mencionar que un SIG es una herramienta poderosa, pero no por eso puede realizar todos los problemas que tengamos, por eso es necesario conocer las características de un SIG en cuanto a manejo, manipulación de datos, confiabilidad de resultados entre otros y ver la manera de hacerlo compatible con técnicas manuales tradicionales para agilizar el trabajo incluyendo tiempo y costo de elaboración de los diferentes estudios.

SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA C A R T O S

2.1 Características generales. Método computarizado para almacenar, analizar, mostrar o desplegar datos geográficos. Los datos de un Sistema de Información Geográfica (SIG), se derivan de un área particular de la superficie terrestre llamada área de estudio, el SIG.CARTOS puede manejar mapas temáticos, donde se muestre la distribución espacial de un tema o variable específica, por ejemplo: uso del suelo, climas, topografía, etcétera.

Cartos puede usar mapas temáticos por separado y cada tipo de información codificada contenida en un mapa es llamada atributo, cada atributo puede tener valores asignados o codificados llamados valores de atributo.

Por ejemplo: En un mapa temático de suelos un atributo puede contener diez valores de atributo que representen diez clases de diferentes tipos de suelos. Los valores de atributo son números enteros dentro del rango entre 1 y 9999, el valor de atributo cero se reserva generalmente a casos especiales como una no ocurrencia o área externa al área de estudio.

Para el SIG.CARTOS, Los valores de atributo son generalmente de dos tipos : nominales y cuantitativos.

Los primeros son solo códigos de identificación o dimensión de alguna variable. Por ejemplo, la precipitación media o la producción de cultivos, estos atributos cuantitativos están formados por tipos de datos ordenados de intervalo y radio.

CARTOS usa un concepto de archivo raster, que es necesario que el usuario entienda, para procesar y retener una identidad geográfica en un formato de computadora, la información capturada es una aproximación geométrica igual en unidades ,al tamaño de la matriz usada; en esta, los valores de atributo asignados a una celda se refieren al promedio o al elemento de ocurrencia más común dentro de la celda.

Las celdas están arregladas en una matriz de datos geográfica formada por una red de renglones y columnas y referenciada en coordenadas UTM o geográficas en latitud y longitud.

La dimensión de los archivos creados se refieren al número de renglones y columnas de la matriz que define el área de estudio, así de esta manera se pueden ejecutar movimientos dentro de la matriz de datos como la posición de una celda, creación de una ventana en el área de estudio espe-

cificando el par de coordenadas dentro de la matriz que uno requiera, marcando la coordenada superior izquierda y la coordenada inferior derecha del área escogida.

2.2 Organización del sistema. En lo que se refiere a la organización del sistema: esta formado por siete módulos principales. (ver figura 5.)

El módulo de captura. Se usa para la captura inicial de datos, ya sea en forma manual o semiautomática, su edición y verificación y se integra por seis fases:

Las fases que componen este módulo tienen la cualidad de permitir al usuario la introducción de datos de mapas, estos mapas tendrán la cualidad de estar referenciados geográficamente por medio de la localización renglón-columna, usando cualquiera de los sistemas de coordenadas UTM o SP.

Otra de las fases es la creación de un archivo nuevo vacío sin usar una tableta electrónica para digitalizar, donde se especifique el tamaño de las celdas de la malla a utilizar donde será vaciada la información de los mapas que se digitalicen.

ORGANIZACION DEL S. Y. G. CARTOS

Figura. 5

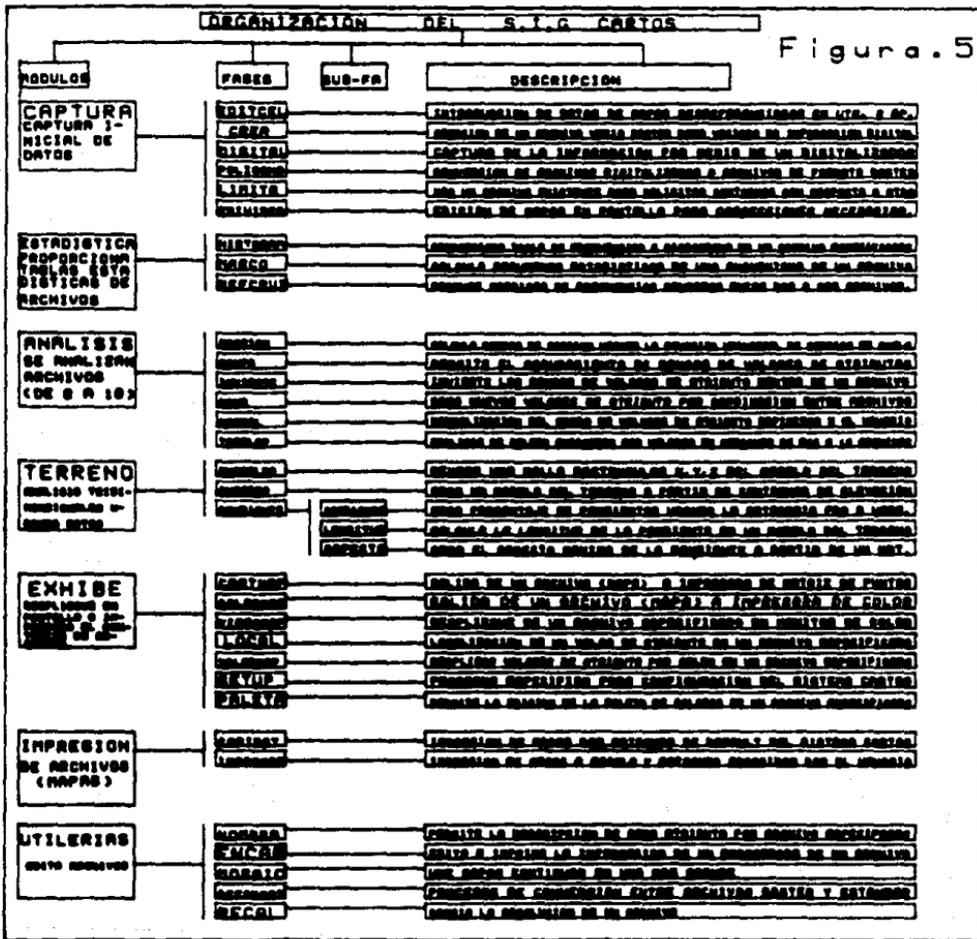


Figura 5. Organización del sistema de Información geográfica "cartos"

Una de las fases de mayor cuidado en la fase captura es la Digitalización se puede realizar mediante el paquete automatizado llamado DESIGNCAD, es un sistema muy utilizado en diseño y quiere decir, Design = diseño y CAD = Diseño Asistido por Computadora. El sistema designcad tiene la capacidad de crear dibujos en dos dimensiones, obteniendo dibujos de alta calidad, que posteriormente son trasladados al SIG.CARTOS.

La introducción de datos por medio de un tableta digitalizadora es la siguiente: se coloca el mapa en la tableta de manera que no se mueva a lo largo del proceso de digitalización, se georeferencia el mapa en coordenadas UTM (Universal Transversa De Mercator).

Una vez dadas las coordenadas de georeferencia se procede a digitalizar todos los elementos del mapa (rodiales). A cada rodal se le asigna un valor, este será el valor del atributo, si más de un rodal tienen las mismas características se podrá dar el mismo valor y bastara dársele a uno para digitalizar todos y cuando se termina de digitalizar cambiar el valor y comenzar otro rodal, para digitalizar los rodiales existen dos formas por sketch y por puntos.

El sketch. Consiste en digitalizar un rodal en forma continua moviendo solo el cursor como si se estuviera utilizando un lápiz.

Por puntos .Se digitaliza un rodal siguiendo su contorno y marcando puntos con el botón del cursor hasta terminar el rodal.

Se deben asignar valores numéricos a los diferentes atributos de un mapa que se este digitalizando, cada valor numérico representara un elemento del mapa, por ejemplo:

atributo	descripción (uso del suelo)
1	agricultura
2	Urbano
3	bosque
4	pastizal
etc.	

Cuadro I. Asignación de atributos en la digitalización de un mapa

Después de digitalizar se continua con un proceso de corrección por medio del NORTON-EDITOR (editor de archivos), esta corrección se hace a los archivos que contienen posi-

bles errores en los mapas digitalizados, el NE puede leer archivos y visualizarlos en la pantalla, observando todos los puntos del mapa en forma de coordenadas X,Y de la tableta.

Otras fases utilizadas en el comando captura son las que realizan conversión de archivos digitalizados (vectores) a archivos de matriz (raster), delimitación de contornos de archivos con respecto a otro existente y la edición en forma interactiva en pantalla de puntos, líneas y polígonos.

Módulo estadística. Se usa para proporcionar tablas estadísticas de los diferentes archivos que contengan mapas digitalizados, se forma por tres fases: Histogram, esta fase proporciona una tabla de frecuencias y el histograma de un archivo especificado por el usuario, donde el usuario tiene la opción de convertir cada celda en su unidad espacial equivalente (hectáreas, Km². m², etc.), la fase marco se usa para calcular resúmenes estadísticos de una subventana rectangular de un archivo especificado por el usuario. Y la fase refcrus, la cual produce matrices de frecuencias de tabulación cruzada de más de diez atributos de archivos con más de 255 atributos, esto permite al usuario examinar en forma tabular la frecuencia de concurrencia de atributos entre dos o más archivos.

Módulo de análisis. Se usa para realizar análisis de diferentes archivos (mapas), se pueden realizar operaciones de dos a diez archivos, esta formado por las fases de: erosión, la cual calcula rangos de erosión utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), esta fase introduce variables de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo y el usuario selecciona el peso para cada una de ellas para calcular la pérdida promedio de suelo.

Otra fases del módulo análisis manejan el agrupamiento de rango de valores de atributo especificados por el usuario, o bien el cambio de rangos de valores de atributo dentro del archivo,

Una fase de mucha importancia es la que se refiere al manejo de sobreposición cartográfica de archivos (mapas) mediante la combinación de atributos entre dos a más archivos, donde el usuario da los valores de atributo de cada archivo. Para cada combinación de ocurrencia se debe dar un nuevo valor de atributo, este nuevo valor se envía a un archivo nuevo, la fase es la llamada ocur y puede acomodar más de 1000 combinaciones de ocurrencia, los archivos seleccionados deben estar georeferenciados y sobrelaparse por al menos una celda, se deben dar las combinaciones de ocurrencia en la siguiente forma:

archivo 1	archivo 2	archivo nuevo
atributo	atributo	atributo
1	3	1
1	4	2
1	1	3 etc.

c o m b i n a c i ó n

Cuadro II. Combinación de atributos entre varios mapas digitalizados.

Otra técnica de sobreposición es la llamada Traslap, esta fase permite el análisis pesado y no pesado de los valores de atributo de celdas encimadas correspondientes, esta ejecuta una operación sobre archivos idénticos seleccionados para operaciones de análisis de sobreposición de mapas análogos, el usuario puede seleccionar entre dos a diez archivos para combinarlos en una sola operación.

Los valores de atributo (valores de entrada) por cada celda y el valor de índice derivado (valores de salida) puede ser manipulado basándose en el uso específico de la opción sobrelepar, por ejemplo la combinación de valores de atributo de archivos que pueden ser números enteros asignados por el usuario, en esta fase se pueden sumar todos los

valores de atributo por celda, multiplicar todas las celdas, dar el valor máximo o mínimo de todos los valores de atributo por celda y otras operaciones.

Módulo terreno. El módulo terreno permite al usuario realizar análisis tridimensionales de características del terreno usando datos puntuales o de área, se pueden crear archivos de tendencia del terreno usando datos de los puntos X, Y y Z, generar una malla rectangular o modelo digital de terreno (MDT), crear un MDT a partir de archivos de contornos de elevaciones.

Se pueden generar mapas de pendientes o porcentajes de pendientes a partir de un MDT. El archivo puede ser creado por la fase gradiente, donde un ángulo de pendientes de 45 grados corresponde a una pendiente de 100%, ($\tan 45 = 1$) y se propone el análisis mediante las categorías de pendientes de la USDA o FAO.

las tablas de porcentaje de pendientes son:

Opción 1. Gradiente de pendientes (%)	Categoría USDA	Atributo de salida
0- 2	Plano o casi plano	1
2- 5	ligeramente ondulado	2
5- 10	moderadamente ondulado	3
10-18	moderadamente escarpado	4
18-30	escarpado	5
30-45	muy escarpado	6
> -50	de escarpado a vertical	8

Opción 2.

F A O		
0- 4	llano o moderadamente ondulado	1
4- 8	moderadamente ondulado	2
8-12	altamente ondulado	3
12-15	escarpado a ondulado	4
15-20	moderadamente escarpado	5
20-30	escarpado	6
30-50	muy escarpado	7
> -50	de escarpado a vertical	8

Cuadro III. Tabla de rangos de porcentajes de pendiente utilizados por la USDA y la FAO.

Otros elementos que acompañan al estudio del relieve son la longitud de la pendiente a partir de un archivo MDT, el aspecto o la dirección de la máxima pendiente, medida a partir del norte verdadero, una fase que corrija irregularidades del terreno que puedan estar presentes en el modelo del terreno.

Módulo exhibe. Se usa para desplegar en pantalla o impresora el contenido de un archivo, se forma por varias fase las cuales permiten al usuario desplegar el contenido de un archivo en monitor a color con un despliegue opcional de las coordenadas de la base de datos del archivo, localización de un valor de atributo en un archivo especificado por el usuario, despliega el valor de atributo celda por celda de un archivo y permite la edición de la paleta de colores de un archivo.

Módulo impresión. Se usa para imprimir mapas de alta calidad haciendo uso de los patrones especificados o generados por el usuario, esta fase permite la creación de patrones adicionales para satisfacer las necesidades especializadas de aplicaciones particulares, impresión de mapas mediante el uso de los patrones proporcionados por CARTOS-INTA. (ver fig.6)

Módulo utilerías. Se usa para editar, reformatar y unir archivos, dentro de sus fase permite la edición y cargado de los nombres de los valores de atributo de un archivo. La edición y adición de las descripciones de los valores de atributo, en esta fase se proporciona una lista de los valores de atributo en orden creciente donde el usuario podrá ir asignando una descripción a cada atributo, lo que permitirá que cada vez que se observa un mapa desplegado en pantalla con dos monitores, en uno de ellos se tengan las descripciones de cada atributo y en el otro se tenga el mapa, lo que dará una mejor visión de análisis.

Edición e impresión de la información del encabezado de un archivo. donde se incluye la descripción del archivo, las coordenadas renglón columna de la esquina superior izquierda, referencia geográfica y el tipo de mapa. (ver figura 7).

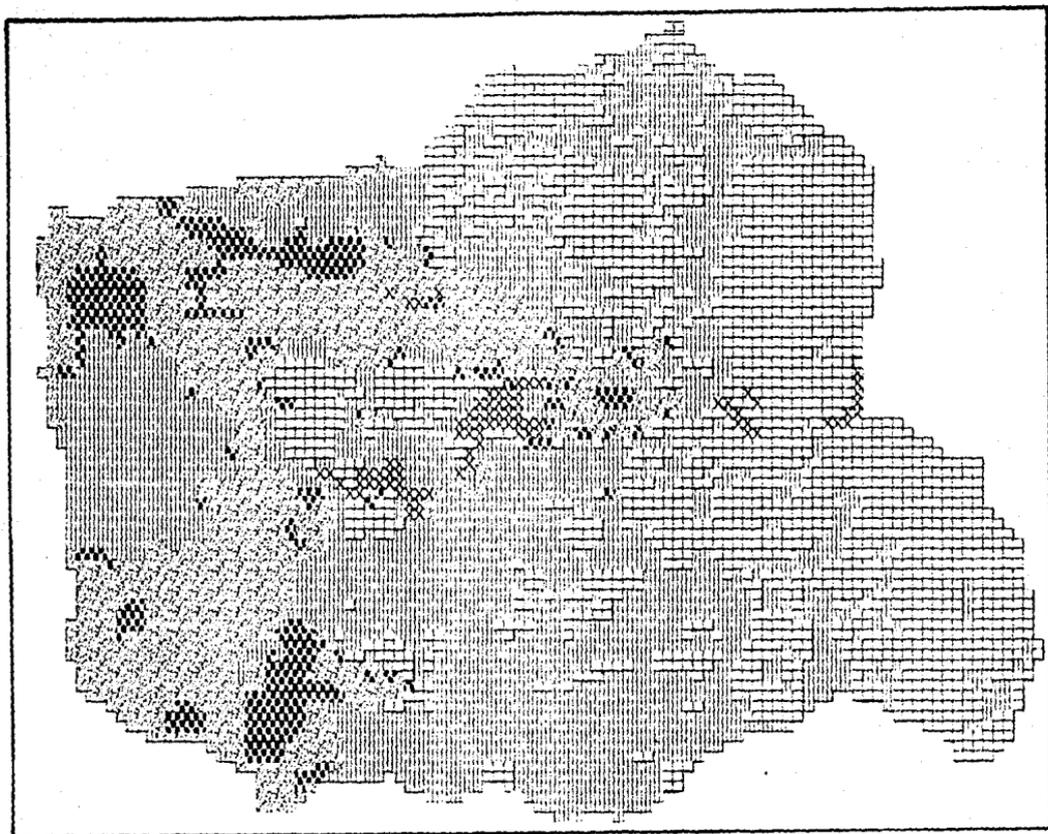


Figura 6. Impresión de un mapa mediante patrones escogidos por el usuario.

Se pueden reformatar entre archivos raster o entre archivos raster y estandar, de manera que la información pueda manejarse con mucha facilidad, en esta operación existen varias ventajas, una de ellas es que, al reformatar el raster a estándar se reduce el espacio del archivo y son más fácil de manejar.

Otras fase que quedan incluidas dentro del módulos utilitarias tienen por características la unión de mapas contiguos para formar un archivo más grande, el cambio de la resolución de un archivo, es decir, archivos que sean usados en alta resolución puedan ser manejados en archivos de baja resolución.

Dentro del SIG.CARTOS, casi todas las fases dan al usuario las respuestas que espera a sus requerimientos. Estas requisiciones tienen valores de default que pueden ser cambiadas por el usuario según las necesidades del trabajo que realice.

Proceso de transformación de mapas vectoriales a matriciales por SIG dentro de los requerimientos que el sistema de información geográfica necesita para que pueda procesar y analizar información, esta el utilizar los archivos en formato raster.

PREPARADO POR : CARTOS-SIG
MARTES 23 OCTUBRE, 1991 HORA 05:10

ARCHIVO: SUELOS.RAS

DESCRIPCION:
SUELO DESPROVISTO DE VEGETACION SUBCUENCA OCOYOACAC

NUMERO DE LA COLUMNA : 1023 POSICION DE LA COL SUP IZQ: 1
NUMERO DE RENGLON : 766 POSICION DEL RENGLON IZQ: 1

COORDENADA X DEL MAPA : 444000.0
COORDENADA Y DEL MAPA : 2137525.0

DIMENSION DE LA CELDA EN X : 50.0
DIMENSION DE LA CELDA EN Y : 50.0

MAXIMA VALOR DE ATRIBUTO : 15
SISTEMA DE COORDENADAS GEOGRAFICAS : UTM

Figura 7. Encabezado de un archivo raster.

Debido a que la información que se introduce es por medio primeramente por un paquete de diseño, este se encuentra en formato vectorial, de líneas y polígonos, por lo que se hace necesario una transformación de formato vectorial a formato raster para posteriores procesos de análisis.

El sistema contiene un proceso de conversión de archivos de mapas vectoriales a mapas matriciales por medio de los comandos y programas, *conv*, *crea*, *vconvert*, *poligono*, *refermat*, e *imainv*.

El subprograma *conv*. convierte archivos que fueron digitalizados a archivos que serán compatibles con el SIG-CARTOS y que estarán referenciados a un sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) o SP (sistema plano), es decir, los convierte de coordenadas de la tableta a coordenadas UTM.

La fase *crea*. Crea un archivo matricial (una malla) que podrá contener todas las partes del mapa digitalizado estableciendo las características básicas del mapa como son: número de columnas, número de renglones, tamaño de cada celda y número máximo de atributos a emplear.

Las características anteriores están en función de la escala empleada y el tamaño de la celda que se quiere mane-

jar.

El subprograma vconvert. Efectúa una operación de conversión de archivos que se pueden manejar en archivos de color a archivos monocromáticos y viceversa.

La fase poligono. Es de mucha importancia ya que convierte archivos de polígonos, vectores y puntos digitalizados a archivos raster y los coloca sobre la malla que previamente se elaboro en la fase crea.

Las coordenadas del archivo digitalizado y referenciado geográficamente quedarán automáticamente acomodadas sobre la malla.

La fase reformat. Formatea un archivo raster a otro archivo raster pero de formato estándar, el archivo estándar nuevo contendrá al archivo.

Fase imainv. Se caracteriza por tener varias alternativas para desplegar en pantalla un archivo raster.

En este capítulo se mostró la relación existente entre las diferentes instrucciones que es capaz de manipular el sistema de información geográfica cartos, permitiendo un fácil manejo y proceso de información geográfica. Estos comandos fueron utilizados para determinar la solución de un

problema específico que se presenta en el siguiente capítulo.

**APLICACION DEL SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA CARTOS A LA
DETERMINACION DEL DIAGNOSTICO DE LA EROSION Y USO DEL SUELO
EN LA SUBCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC.**

3.1 Indice de erosión

**3.1.1 Localización geográfica y características generales
de la subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac.**

3.1.1.1 Situación geográfica. La subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac se encuentra en la Cuenca Alta del Río Lerma situada en el Estado de México y en región hidrológica número 12. (ver fig.8), tiene una localización geográfica con coordenadas extremas de latitud norte $19^{\circ}09' 19''$ a $19^{\circ}19'27''$ y longitud oeste de $99^{\circ}18'03''$ a $99^{\circ}31' 24''$. (ver fig.9)

Limita al Este con el D.F., y dentro del mismo estado limita al SW con el Lago de Almoloya, al SE con el volcán el

Muñeco, al Oeste con la ciudad de Toluca y al NE con el poblado de Lerma.

La delimitación física de la subcuenca se realizó en base a la línea de parteaguas, en la parte oriental, por los cerros el Triángulo y el cerro Picachos, al sur por los volcanes el negro, el Cuáutl y Santa Fe Mezapa, en la porción Occidental por las partes más bajas de la subcuenca siguiendo aproximadamente el acueducto del Lerma y por la parte norte los cerros de Peñas Barrón, La Palma, La Cumbre, Las Gallinas y El Molcajete.

Los escurrimientos hidrológicos que se encuentran son el río Jalatlaco al sur de la subcuenca y el río Arroyo Muerto al norte.

La Subcuenca Ocoyoacac tiene una superficie de 29 478.5 has. y se encuentra ocupando parte de cinco municipios del Estado de México: Santiago Tianguistenco, Calpulhuac, Ocoyoacac, Xalatlaco y Atizapán.

Los principales poblados que componen a la zona son: Atenco, Ocoyoacac, Calpulhuac, Jalatlaco, Tianguistenco, La Marquesa, San Pedro Tlaltizapan, Santa Cruz Atizapan, Gualupita y San Pedro Tultepec.

Las vías principales de comunicación terrestre en la zona son la carretera libre México - Toluca , la nueva autopista de cuota que enlaza la ciudad de México y la ciudad de Toluca y la vía del tren que atraviesa a la subcuenca en la parte norte.

Debido a que la subcuenca Ocoyoacac se localiza en una de las partes más altas de la Cuenca Alta del Río Lerma, es una de las zonas menos deteriorada en sus recursos naturales.

De manera general se describen a continuación los principales problemas que presentan tanto la Cuenca del Alto Lerma como la subcuenca Ocoyoacac.

La Cuenca Alta del Río Lerma tiene problemas que resaltan en el uso irracional de los recursos naturales, sobre explotación del acuífero, la deforestación y el sobrepastoreo, esto de alguna manera a originado un cambio en el ciclo del agua con un desequilibrio de los elementos naturales y una degradación del recurso suelo, bosque y agua que se manifiesta en un ambiente que va en deterioro.

De cierto modo estas degradaciones están relacionadas con el suelo, que a su vez se asocia con el bosque , en el arrastre de suelos, la falta de humedad y disminución de la cobertura vegetal.

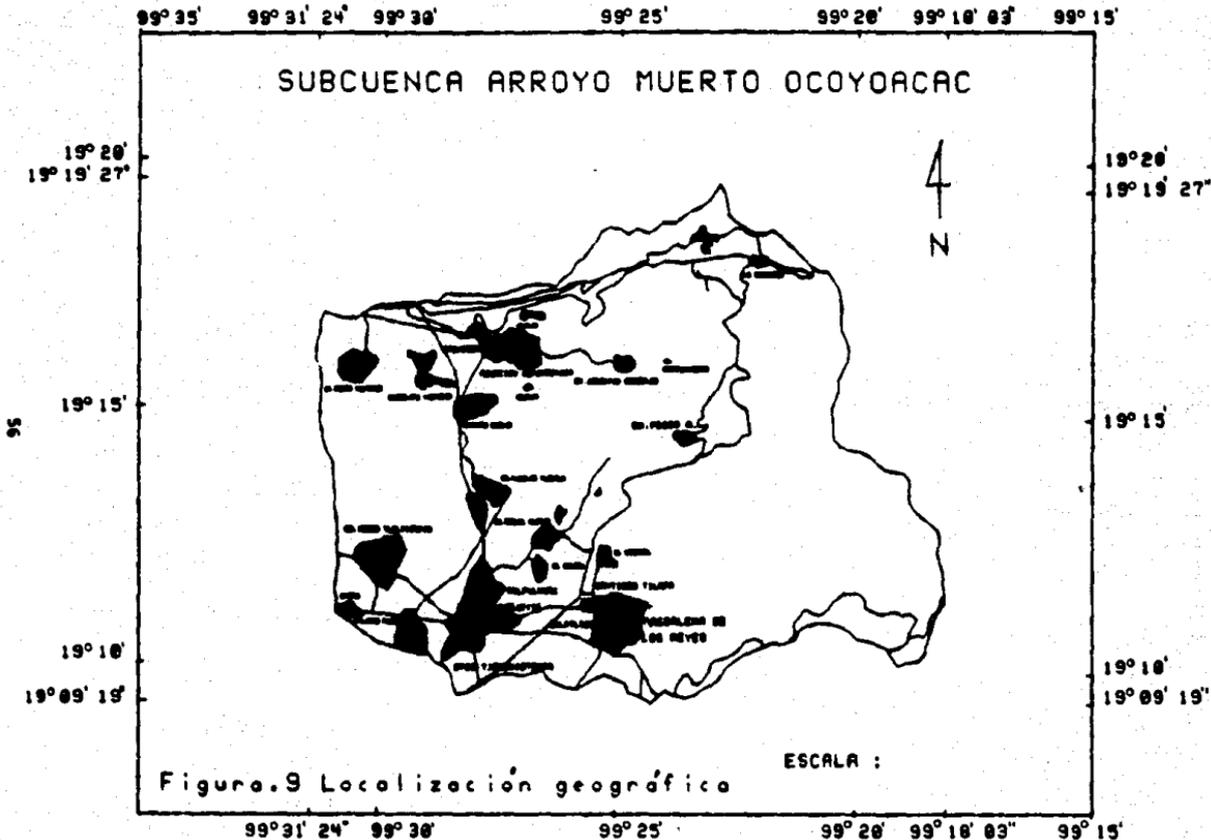


Figura.9 Localización geográfica

Otro aspecto es la disminución y contaminación del caudal en el Río Lerma, consecuencia de la sobreexplotación del acuífero y las descargas de aguas residuales industriales y domésticas sin ningún tratamiento, la tala indiscriminada y sobrepastoreo han dejado los suelos desnudos acarreado problemas en temporada de lluvias en el arrastre de sólidos provocando adelgazamiento de suelos.

Los problemas que radican en la subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac son de contaminación ambiental producida en su gran mayoría por las zonas industriales, problemas de uso inadecuado del suelo, erosión, desforestación, uso irracional del agua y escasez, desconocimiento de técnicas de reforestación y uso irracional del agua, etcétera.

3.1.1.2 Topografía. La topografía regional juega un papel importante principalmente en valles como el del Lerma, Ixtlahuaca y Toluca, donde se manifiestan fallas y fracturas de gran amplitud y longitud donde ya las aguas superficiales alcanzan el manto acuífero y son de alto riesgo por ser utilizadas para consumo humano.

El relieve de la subcuenca muestra características de formas planas en un 20%, lomeríos en un 35% y sierras en un 45%, las partes más bajas se localizan al oeste de la sub-

cuenca con una altitud de 2500 msnm. aumentando hacia el este, siendo la parte más alta de 3900 msnm.

3.1.1.3 Clima, suelo y vegetación. EL clima es templado subhúmedo con lluvias en verano, el período de lluvias va de junio a octubre, siendo en los meses de julio y agosto la temporada de lluvias torrenciales, la precipitación media anual que se registra en la subcuenca es de 1000 mm en las partes más bajas y de 1500 en las partes más altas.

Mantiene una temperatura promedio de 13°C, siendo la temperatura mínima promedio de 6°C y en algunos lugares como el municipio de Calpuhuac llega a bajar hasta 0°C, y una temperatura máxima promedio de 29°C.

Suelo. de acuerdo a las principales actividades que se realizan en la subcuenca, presenta un uso actual del suelo de la siguiente forma : 45.7% agrícola, 33.8% forestal, 5.25% urbano, 15.2% otros

Predomina la pequeña propiedad siguiendo en importancia la propiedad comunal.

Los principales tipos de suelo que presenta la zona de estudio son: Andosol húmico (T_h), Andosol ocrico (T_o), Andosol mólico (T_m), Cambisol Crómico (B_c), Cambisol eútrico (B_e), Feozem gleyico (Bg), Feozem aplico (Bh), Gleysol hú-

mico (Gh), Gleysol mólico (Gm), Histosol éútrico (Oe), Lito-
sol (I), Luvisol Crómico (Lc), Regosol éútrico (Re), Verti-
sol pelico (p). (ver anexo C, mapa.3)

La vegetación que compone a la subcuenca es muy variada.
De manera general se enlistan las diferentes especies.

Para el municipio de Atizapan existe plantas como el
diente de león, manzanilla, endibia, rosa de castilla, gor-
dolobo, mostaza, romero y ajeno, en el municipio de Calpu-
huac se tiene árboles de cedro, sauce, y madroño. también
se tiene epazote, hinojo, borraja y árnica. Para el munici-
pio de Jalatlaco hay arboles frutales como el manzano, cha-
bacano, durazno y tejocote, en el municipio de Ocoyoacac
predominan las coníferas, en Santiago Tianguistenco se en-
cuentran árboles como el cedro, ocote, madroño, eucalipto.
Plantas como el chayotillo, y simonillo principalmente.

3.1.1.4 Población y economía. La población en la sub-
cuenca Ocoyoacac tiene diferentes características de acuerdo
a las condiciones que imperan en sus diferentes municipios.
De manera general la población en su mayor parte se
concentra en áreas rurales como sucede en municipios de Ati-
zapán, Ocoyoacac y Jalatlaco.

Según el censo de 1980 la población se distribuye en sus actividades de la siguiente manera:

MUNICIPIO	ACTIVIDADES PRIMARIAS HABTS.	ACTIVIDADES SECUNDARIAS HABTS.	POBLACION TOTAL	PEA
ATIZAPAN	496	422	3001	1602
CALPULHUAC	1078	1408	6048	5317
JALATLACO	1822	495	7861	3704
OCHOYOACAC	1982	3128	19364	10546
TIANGUISTENCO	4668	2460	33386	7500

Cuadro IV. Actividades de la población por municipio.

La densidad de población para los diferentes municipios es de 6.8 habts. por km² en Atizapan, 10.7 para el municipio de Calpuhuac, 168 para Jalatlaco, y 155 habts. para Santiago Tianguistenco.

La actividad económica de la población en la subcuenca Ocoyoacac se manifiesta de la siguiente manera:

Agricultura. Se cultiva el maíz en un 90%, avena en un 5%, haba, cebada, forrajes, hortalizas, chilacayote.

Ganadería. porcino, lanar, vacuno, caprino, bovino, caballar.

Avicultura. aves de engorda y postura.

Industria. textil, industria de cuero, industria alimenticia de bebidas y tabaco, en algunos lugares de la zona industrial existe producción de objetos de hule y sustancias químicas, materiales de construcción, explotación de bosques para producción de madera y celulosa.

Dado el panorama general de las características físicas de la subcuenca Ocoyoacac, se tiene una visión más amplia de los recursos naturales y la problemática que impera en la zona, de esta manera se toma al recurso suelo de la zona para determinar un inventario seguido de un diagnóstico para saber las condiciones que guarda en el problema de la erosión, para lo cual se utilizó, como anteriormente se mencionó, la metodología para determinar el riesgo de erosión mediante el proceso automatizado de un sistema de información geográfica.

3.1.2 Objetivo del índice de erosión. El índice de erosión sirve para determinar la cantidad potencial de suelo perdido, permite dar una calificación de la degradación y determinar espacialmente los diferentes niveles del proceso

erosivo de tipo hídrico dentro de una zona de estudio.

El índice de erosión se aplicó en la Subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac, a continuación se presentan las formas de proceso automatizado de los datos de la zona.

3.1.3 Información necesaria. Para determinar el grado de erosión dentro de la Subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac, se toman como base una serie de parámetros como la Ecuación Universal de Pérdida del Suelo aplicada por Wischiner en los Estados Unidos, donde la FAO hizo una adecuación de esta ecuación de pérdida de suelo para estudios de evaluación de suelos, y el Colegio de Postgraduados de Chapingo determinó a su vez una adecuación que se maneja en estudios de suelos para México, este último parámetro es el que se utilizó en la zona de la subcuenca Ocoyoacac.

Los datos necesarios para el procesamiento digital fue la recopilación de información cartográfica elaborada por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), mapas en escala 1:50 000 :

- a) Carta de precipitación media anual
- b) Carta Edafológica
- c) Textura del suelo
- d) Carta topográfica y

e) Uso actual del suelo

El mapa de uso actual de suelo fue proporcionado por el departamento PRODERITH (Programa de Desarrollo Rural Integral para el Trópico Húmedo) ubicado en el INTA.

Dentro de la información necesaria se considera como valor importante la cantidad de lluvia más frecuente (moda) en la República Mexicana.

3.1.4 Descripción del proceso de elaboración. Primeramente para la identificación del área como zona de influencia de erosión hídrica o eólica se toman como base los siguientes parámetros:

Es necesario considerar la precipitación media anual y convertirla en precipitación modal anual para uso específico del proceso.

La moda se define como el valor más frecuente de la lluvia y por tanto corresponde al pico de la curva representativa de la distribución de frecuencias. El promedio, en todas las distribuciones asimétricas, está alejado de ese valor más frecuente y en el caso de las lluvias en las zonas áridas ese alejamiento es tanto mayor cuanto mayor es la aridez del lugar. (SPP) (ver fig.10).

Para tal estudio en la subcuenca podemos asumir alguna ventajas al usar el parámetro de la moda, es sumamente valioso en el estudio de áreas ganaderas, como un correlativo eficaz del índice de agostadero o índice de la capacidad de sustento de la población animal.

El valor para obtener la moda de la zona es de 0.95, este valor se multiplica por la precipitación media anual (el valor de las isoyetas) y se obtiene la moda. (ver cuadro VI)

Derivado de la conversión modal se obtuvieron otros parámetros como:

a) Período de crecimiento (PECRE)

Se define como el número de días al año con disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de un cultivo.

fórmula: $0.2408 \text{ (DAIMO)} - 0.0000372 \text{ (DAIMO)}^2 - 33.1019 = \text{(PECRE)}$

b) Índice de agresividad de lluvia (IALLU)

fórmula: $1.1246 \text{ (PECRE)} - 14.7875 = \text{(IALLU)}$

Si el valor es mayor de 50 , se considera zona de influencia para el estudio de la erosión hídrica.

c) Índice de agresividad de viento (IAVIE)

fórmula: $160.8252 - 0.7660 (PECRE) = (IAVIE)$

Si el valor es mayor de 20, se considera como zona de influencia para el estudio de la erosión eólica.

Los parámetros anteriores arrojan resultados que permiten observar si la zona en estudio esta influenciada por procesos erosivos hídricos o eólicos permitiendo realizar evaluaciones del proceso (s) que se considere más sobresaliente en importancia para la zona de estudio. (Ver cuadro VI).

El presente trabajo se enfocará a evaluar el proceso erosivo hídrico.

Definida el área como zona de influencia en problemas de erosión hídrica se hace necesario obtener varios factores que junto con el índice de agresividad de lluvia (IALLU) al final se multiplicaron para obtener la pérdida de suelo en toneladas por hectáreas al año, (Ton/Ha/Año).

MAGNITUD DE LA LLUVIA

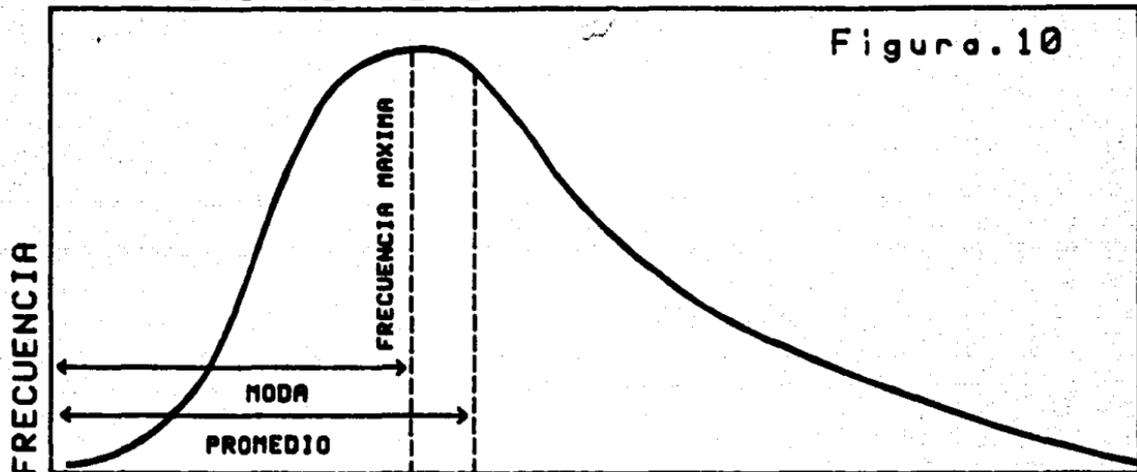


Figura 10. Representación gráfica de la magnitud de la lluvia.

Los factores que se toman en consideración para la evaluación del proceso son los siguientes y a su vez se indicarán la erodabilidad de erosión de cada factor :

- Unidades de suelo
- Clases textural
- Topografía (pendiente) y
- Uso del suelo

Dentro de la información básica cartográfica es necesario delimitar la zona de estudio marcando las unidades de suelo, textura del suelo, pendiente del terreno y uso actual del suelo. Teniendo en mapas por separado cada variable temática.

Cuando existan en una misma unidad de suelo varios tipos de suelo, realizar un promedio de acuerdo a los valores de erodabilidad.

Realizar el mismo procedimiento de búsqueda de promedio para las clases texturales y topografía.

Los valores de erodabilidad para los parámetros anteriores se observan en los cuadros VII al X

Cuando ya se obtuvieron todos los valores se procede a realizar mediante una sobreposición cartográfica la multi-

plicación de los valores obtenidos por erodabilidad de cada
mapa.

Multiplicación

ERODABILIDAD

**TIPO DE SUELO X TEXTURA-SUELO X USO DE SUELO X PENDIENTE DEL
TERRENO X IALLU = PERDIDA DE SUELO EN TON/HA/AÑO.**

Parámetros del nivel de degradación según la FAO:

CLASE DE DEGRADACION	VALOR DE LA EROSION
LIGERA	MENOR DE 10 TON/HA/AÑO
MODERADA	DE 10 A 50 TON/HA/AÑO
ALTA	DE 50 A 200 TON/HA/AÑO
MUY ALTA	MAYOR DE 200 TON/HA/AÑO

Cuadro V. Nivel de degradación del suelo según la FAO

PRECIPITACION MEDIA ANUAL

- 1.- ISOYETA DE 800 A 1000 mm
- 2.- ISOYETA DE 1000 A 1200 mm
- 3.- ISOYETA DE 1200 A 1500 mm
- 4.- ISOYETA DE 1500 mm

**PRECIPITACION MODAL ANUAL (FACTOR 0.95)
(DAINO)**

- 1.- PARA 800 A 1000 mm760 A 950 mmPROMEDIO.. 855
- 2.- PARA 1000 A 1200 mm950 A 1140 mmPROMEDIO..1045
- 3.- PARA 1200 A 1500 mm1140 A 1425 mmPROMEDIO..1282.5
- 4.- PARA 1500 mm1425 mm.....1425

PERIODO DE CRECIMIENTO (PECRE)

FORMULA: $0.2408 (DAINO) - 0.0000372 (DAINO)^2 - 33.1019 =$

- 1.- 145.58797
- 2.- 177.91077
- 3.- 214.53730
- 4.- 234.49885

INDICE DE AGRESIVIDAD DE LA LLUVIA (IALLO)

FORMULA: $1.1244 (PECRE) - 14.7875 =$

- 1.- 148.91161
- 2.- 185.25536
- 3.- 226.43824
- 4.- 248.88300

INDICE DE AGRESIVIDAD DEL VIENTO (IAVIS)

FORMULA : $160.8252 - 0.7660 (PECRE) =$ IAVIS

- 1.- 49.30481
- 2.- 24.54555
- 3.- -3.51037
- 4.- -18.6009

Cuadro VI. Tabla de indicadores para obtener la influencia de erosión hídrica.

TEXTURA	CALIFICACION POR TEXTURA
1	0.2
2	0.3
3	0.1
Fase pedregosa o gravosa.	0.5

Cuadro VII. Tabla de erodabilidad por textura del suelo

RANGO	CALIFICACION POR TOPOGRAFIA
0 - 8 %	0.35
8 - 30 %	3.50
MAYOR DE 30 %	11.00

Cuadro VIII. Tabla de erodabilidad por factor topográfico

U S O

CALIFICACION POR USO

Vegetación

AGRICOLA	0.80
BOSQUE	0.10
PASTIZAL, PRADERA	0.12
MATORRAL	0.15

Cuadro IX. Tabla de erodabilidad por factor de uso de suelo

TIPOS DE SUELO

CALIFICACION POR ERODABILIDAD

Af, Ah, Bf, Bh, Cg, Ch, Ck, Cl, E	
Fa, Fh, Fo, Fp, Fr, Fx, Gc, Gh, Gm	
Hc, Hg, Hh, Hl, Jc, Lf, Nd, Ne, Nh	0.5
Od, Oe, Ox, Qa, Qc, Qf, Ql, Rc, Th	
Ta, V, Za.	
Ag, Ac, Bc, Bd, Be, Bg, Bk, Gd, Ge	
Gp, Jd, Je, Kh, Kk, Kl, Lc, Lg, Lk	1.0
Lo, Ma, Mg, Ph, Pl, Rd, Re, Sm, To	
Tv, Wh, Wa, Zg, Zo.	
Ap, Bv, Bx, Dd, De, Dg, Gx, I, Jt	
La, Lp, Lv, Pf, Pg, Po, Pp, Rx, Sg	2.0
Vc, Vp, Wd, We, Ws, Wx, Xh, Xk, Xl	
Xy, Yh, Yk, Yl, Yy, Yt, Zt.	

CLAVE	TIPO DE SUELO
Th _____	ANDOSOL HUMICO
To _____	ANDOSOL OCRICO
Ta _____	ANDOSOL MOLICO
Bc _____	CAMBISOL CRONICO
Be _____	CAMBISOL EUTRICO
Hg _____	FEOZEM GLEYICO
Hh _____	FEOZEM HAPLICO
Gh _____	GLEYSOL HUMICO
Ga _____	GLEYSOL MOLICO

* Suelos de la zona de estudio *

Cuadro X. Tabla de erodabilidad por tipo de suelo

3.1.5 Proceso automático de la información. Primeramente se tiene que digitalizar la información cartográfica previamente adquirida, donde se delimita la zona de estudio, y en cada mapa temático delimitar las variables a utilizar.

Los mapas se digitalizaron siguiendo la fase de digitalización que utiliza el SIG- CARTOS, esta fase se realiza con el paquete de diseño DESIGNCAD, como se explicó en el tema de organización del sistema CARTOS.

Los mapas digitalizados fueron :

- mapa de precipitación media anual
- mapa de tipos de suelos
- mapa de textura del suelo
- mapa topográfico con curvas de nivel cada 100 mts.
- mapa de uso actual del suelo.

Cuando existen algunos errores en la fase de digitalización, estos se pueden corregir mediante un paquete editor de textos.

La información digitalizada es trasladada al SIG-CARTOS, mediante los comandos de conversión de un archivos vectorial de designcad a un formato raster que utiliza el SIG.CARTOS.

Estando la información (mapas) en un formato raster se procede a realizar manejo de la información mediante comando específicos del sistema. (ver fig.11)

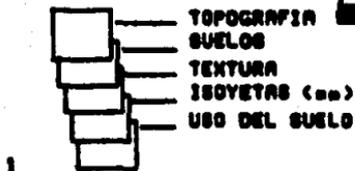
Se continua con un proceso donde el SIG.CARTOS. puede manejar los mapas digitalizados y tenerlos guardados en archivos en un formato raster, donde se pueden obtener resultados estadísticos como: áreas, porcentajes, histogramas, despliegues en pantalla e impresión de los mapas en papel, utilizando el módulo estadística y el comando histogram.

Para cada mapa temático, se asigna un valor de atributo descriptivo o numérico a las diferentes variables que lo componen.

El comando del SIG-CARTOS que se utiliza para describir los diferentes atributos que componen un archivo donde se encuentra información se llama nombre.

Una vez realizado la descripción de cada archivo se procede a realizar un manejo de la información donde se incluyen procesos de análisis de datos como la elaboración del mapa de pendientes que se elaboró a partir del mapa digitalizado con curvas de nivel.

FUENTE DE INFORMACION
MAPAS



DIGITALIZACION



2



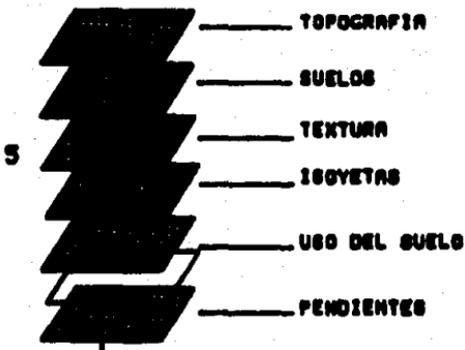
3

FIGURA 11

INFORMACION
ALMACENADA



ANALISIS DE SOBREPOSICION



RESULTADO



MAPA EROSION

- 6 PROCESO DE EDICION
- 7 REPORTE
- 8 ANEXO CARTOGRAFICO

SIG



4



PROCESO DE ELABORACION
ELABORO: ENRIQUE MUNOZ L.

Figura 11. Proceso automático para determinar la erosión.

El proceso es el siguiente:

El mapa altimétrico, archivo raster, (véase anexo C, mapa 1) se digitalizó en curvas de nivel cada 100 metros y se obtuvo el área en hectáreas. por franjas altimétricas (ver anexo B, cuadro B1), se sometió a un proceso de análisis del terreno por el SIG.CARTOS. para obtener un mapa de pendientes (ver anexo C, mapa 2).

El comando utilizado es la fase pendiente, esta a su vez contiene dos comandos (subfases), son dos categorías que se escogen por el usuario de acuerdo a las necesidades del estudio, estas permiten realizar un mapa de pendientes con los siguientes parámetros:

1.- CATEGORIA U S D A

2.- CATEGORIA F A O

Para el estudios de análisis del terreno de la Subcuenca Ocoyoacac se selecciono la categoría 2, categoría FAO.

**GRADIENTE DE
PENDIENTE %**

CATEGORIA FAO

Descripción

0 - 4	llano o moderadamente ondulado
0 - 8	Moderadamente ondulado
8 -12	Altamente Ondulado
12-15	Escarpado a ondulado
15-20	Moderadamente escarpado
20-30	Escarpado
30-50	Muy escarpado
> -50	De escarpado a vertical.

El resultado se obtiene en el despliegue de un mapa, con áreas ahuradas con diferentes símbolos que representan los rangos de pendientes según la categoría FAO y en las tablas estadísticas los atributos con sus correspondientes áreas ocupadas (ver anexo B cuadro B2).

Para obtener el mapa de índices de Erosión fue necesario relacionar los mapas de una manera tal que se multiplicaran sus atributos de acuerdo a su calificación por erodabilidad,

es decir, en cada mapa se manejan sus elementos como un atributo que tiene un valor numérico, en cada celda del archivo raster que lo componen el cual tendrá que ser multiplicado por todos los atributos que se tengan en una superposición de todos los archivos (mapas) raster.

Archivos raster:

- A) TIPOS DE SUELO
- B) TEXTURA DEL SUELO
- C) USO ACTUAL DEL SUELO
- D) PENDIENTES
- E) INDICE DE AGRESIVIDAD DE LLUVIA

El SIG.CARTOS realizó esta superposición en un tiempo muy corto (23 min.), este tiempo depende de la velocidad de la computadora que se utilice. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Se nombra en cada archivo (mapa), los elementos de cada uno con una calificación según la FAO (Ver cuadros VII al X).

2. Se utiliza el comando traslap del SIG.CARTOS que permite el análisis pesado y no pesado de los valores de atributo.

buto de celdas encimadas correspondientes.

La fase ejecuta una operación sobre archivos idénticos seleccionados para operaciones de análisis de sobreposición de mapas análogos.

El usuario puede seleccionar entre dos y diez archivos para combinarlos en una sola operación, los valores enteros se pueden utilizar para asignar el uso específico de peso a los valores de atributo utilizados con el procedimiento de sobreposición.

Los valores de atributo (valores de entrada) para cada celda y el valor del índice derivado (salida) puedan ser manipulados basándose en el uso específico de la opción sobrelapar, un ejemplo puede ser la combinación de valores de atributo de archivo los cuales pueden ser números enteros asignados por el usuario.

Dentro de este mismo comando existen subcomandos como:

- 1.- suma de todos los valores de atributo por celda
- 2.- multiplicación de todos los valores por celda
- 3.- valor mínimo de todos los valores de atributo por celda.
- 4.- valor máximo de todos los valores de atributo por

celda

Se escoge la opción 2 que servirá para multiplicar los atributos de cada mapa y así obtener un resultado.

En el SIG.CARTOS dentro del comando traslap no se permite la entrada de valores con fracciones decimales, y dado que algunos atributos de los mapas tienen valores con fracciones decimales se procedió de manera manual procedió a realizar una serie de operaciones (multiplicaciones) sin alterar el resultado final.

Los valores de atributo fueron multiplicados por un factor común que fue el número 100, lo cual originó un número que al multiplicar el factor común por el atributo en forma decimal se obtenga un número entero.

por ejemplo:

un caso según los cuadros VII al X.

un atributo del mapa de uso actual con valor de.....0.80

un atributo del mapa de pendientes con valor de....11.00

un atributo del mapa de suelos con valor de.....2.0

un atributo del mapa de textura del suelo.....0.3

.80 X 11.00 X 2.0 X 0.3 = 5.28

Multiplicando los valores x 100 se obtienen:

para el mapa de uso actual del suelo.....	80
para el mapa de pendientes.....	1100
para el mapa de suelos.....	200
para el mapa de textura del suelo.....	30

De esta manera todos los valores de todos los elementos que componen a los mapas, se introducen así, para obtener un valor entero.

Para poder recuperar el formato original de los números, existe dentro del mismo comando (traslap) una instrucción que permite hacer ponderaciones (multiplicaciones), y pregunta si el archivo en cuestión por cual número quiere ser ponderado, en las ponderaciones se permite números con decimales, los valores de atributo se ponderan por 0.01 y nuevamente se recupera el valor original.

$$80 (0.01) \times 1100 (0.01) \times 200 (0.01) \times 30 (0.01) = 5.28$$

Es así como se sobreponen 5 mapas, multiplicando sus valores, obteniendo un resultado de pérdida de suelo en toneladas por hectárea al año.

Dado que en el resultado fueron bastantes atributos, (ver anexo B cuadro B3) cada uno con un valor en Ton/Ha/Año. Se agruparon estos quedando 4 rangos.

R A N G O	CALIFICACION DE LA EROSION
TON/HA/AÑO	
1. hasta 10	Ligera
2. de 10 a 50	Moderada
3. de 51 a 200	Alta
4. mayor de 200	Muy alta

De acuerdo al cuadro B4 (anexo B), se tiene que los valores de atributo corresponden a lo siguiente:

VALOR DE ATRIBUTO	TON/HA/AÑO.	SUPERFICIE (Has.)	%	DEGRADACION
1	10	10037.00	34.26	LIGERA
2	11 A 50	13707.00	46.78	MODERADA
3	51 A 200	4987.00	17.03	ALTA
5	MAS DE 200	573.50	1.96	MUY ALTA

Cuadro XI. Rango de erosión en la subcuenca Ocoyoacac.

3.1.6 Descripción de los resultados. Los resultados que se obtienen del SIG.CARTOS permiten hacer un análisis de los mapas de la Subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac.

En el mapa de suelos (véase anexo C, mapa 3) se observan 14 diferentes tipos de suelos en 27 unidades de suelos, existiendo en algunas, ciertas combinaciones de estos. la unidad que ocupa una mayor extensión es la Th + To ocupando 6597 has.

En el cuadro B5 (anexo B) se muestran las unidades de suelo y su extensión en hectáreas y su porcentaje con respecto al total de la Subcuenca.

En el mapa de textura del suelo (véase anexo C, mapa 4) se observan solo dos tipos de textura : fina y media.

La textura media tiene ocupando una extensión de 27627 has. y la textura fina ocupa 1900 has (ver anexo B, cuadro B6).

Tomando el mapa de precipitación media anual, (véase anexo C, mapa 5) que posteriormente se convirtió en precipitación modal anual, se observan isoyetas que van de los 800 mm a 1500 mm, están distribuidas de manera que las partes más bajas de la subcuenca corresponde a una precipitación menor y a medida que aumenta la altura mayor es la precipi-

tación.

En el se puede apreciar la extensión en has. que ocupa cada franja de las isoyetas (ver anexo B, cuadro B7).

Para el mapa de pendientes, primeramente se tomaron curvas de nivel cada 100 metros, lo cual permitió observar un mapa con 14 franjas altimétricas bien definidas, en el mapa se tienen las elevaciones más bajas en la zona Oeste de la Subcuenca y las partes más elevadas en la zona Este.

Para la Subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac se tienen las siguientes pendientes en orden de importancia de acuerdo a la superficie que ocupan:

PENDIENTE (%)	SUPERFICIE EN HAS.
0 - 4	9323.75
4 - 8	6864.00
8 -12	4279.00
20-30	2450.50
15-20	2054.50
10-50	1936.00
12-15	1929.00
> -50	656.75

Cuadro XII. Superficies de porcentajes de pendiente en la subcuenca. (en orden descendente)

El mapa de uso actual del suelo (véase anexo C, mapa 6) según las tablas estadísticas arrojadas por el SIG-CARTOS muestran que el uso de suelos con mayor área es la zona de bosques, continuando en orden descendiente las áreas de arbustos, pantanos, cuerpos de agua, urbano industrial y pastisales y praderas. (ver anexo B, cuadro B8).

Para el mapa de índice de erosión se tienen valores que se agruparon de la siguiente manera:

Se tienen grados de erosión de ligera, moderada, alta y muy alta (véase anexo C, mapa 7).

De acuerdo a los resultados se muestra para la erosión ligera 10037 hectáreas ocupando el 34.26%, para la erosión moderada 13707 teniendo como área ocupada el 46.78%, para la erosión alta 4987 hectáreas con el 17.02% y para la erosión muy alta 573.50 hectáreas con el 1.96%.

3.2 Índice de uso de suelo.

3.2.1 Objetivo del índice de uso de suelo. La técnica que se utilizó para determinar si el suelo de alguna zona de estudio esta siendo utilizada adecuadamente o no, se llama índice de uso de suelo.

Con esta técnica se pueden detectar áreas en conflicto como de uso inadecuado, zonas que tengan la capacidad de poder retener otra actividad, es decir, obtener el índice de suelo con base a las características de la ocupación, confrontando los usos actual y potencial para lograr un aprovechamiento adecuado a las características del área.

Al realizar esta confrontación (sobreposición), se puede detectar y cuantificar áreas que presentan conflictos y referir situaciones a problemas ambientales afines.

3.2.2 Información necesaria. Para realizar el índice de uso de suelo se necesita información cartográfica de:

- a) carta de uso actual del suelo y
- b) carta de uso potencial

La escala utilizada en este trabajo fue la de 1:50000, elaboradas por la Secretaría de Programación y presupuesto (SPP), a través del Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI).

3.2.3 Descripción del proceso de elaboración. Se delimitaron para el uso actual del suelo zonas de agricultura, arbustos, cuerpos de agua - pantanos - hidrófitas, pastizales, zonas urbano - industrial, bosques. En éste último uso,

se definieron las diferentes especies de árboles existentes en la subcuenca Ocoyoacac como: cedro, oyamel, pino, encino y hojosas.

Para el parámetro de uso potencial del suelo, se representan las ocho clases jerárquicas que muestran la intensidad variable de aprovechamiento de los suelos, en estas clases se indican los factores limitantes, destructores y benéficos para el suelo como son: la insuficiencia de agua, profundidad efectiva del suelo, pendientes, grado de erosión, obstrucciones, posibilidad de inundación, drenaje interno, salinidad, acidez, fijación de fósforo e inestabilidad del terreno, (ver anexo A).

Para este caso en la Subcuenca Ocoyoacac, se agruparon las ocho clases de suelo de la siguiente manera: las clases de suelo apropiadas para cultivo son la 1, 2, 3 y 4. La clase 4 es apropiada para cultivos limitados, apropiadas para cultivos perennes o vegetación natural: clases 5, 6 y 7, no adecuados para usos agropecuarios y forestales la clase 8. (ver anexo B, cuadro B9).

Después de haber obtenido las delimitaciones tanto de uso actual como del uso potencial del suelo, se prosigue a un análisis del uso del suelo mediante una sobreposición cartográfica, confrontando el uso actual del suelo y el uso potencial del suelo, de esta manera se pueden observar los

diferentes problemas que pudieran existir con el uso inadecuado del suelo, delimitando y cuantificando áreas dentro de la zona de estudio.

3.2.4 Proceso automático de la información. La utilidad de un sistema de información geográfica como el CARTOS, permite mediante sus diferentes comandos de aplicación realizar un proceso rápido de la información en el manejo de información cartográfica.

En primer lugar los mapas de uso actual y uso potencial son digitalizados mediante el paquete de diseño DESIGNCAD, después de ser guardados como archivos digitalizados se sigue un proceso de conversión de archivos digitalizados vectoriales a archivos matriciales.

Enseguida se asignan descripciones a cada elemento que compone el mapa como número de atributo, mediante el comando nombre del SIG.CARTOS, esto con el objeto de que cada mapa quede asignado con un valor que tendrá suma importancia al realizar la sobreposición automática de los dos mapas (uso actual y uso potencial).

Para poder realizar las diferentes combinaciones de los elementos de cada mapa, fue necesario utilizar un programa que realiza combinaciones (combina.dat) y que puede ser procesado con cualquier editor de textos, esta fase reduce el

tiempo y obtiene combinaciones de todos los valores de cada mapa asignando un valor nuevo por cada combinación.

Inmediatamente después los resultados de la combinación se asignan al comando `ocur` del SIG.CARTOS, esta fase realiza una sobreposición automática de mapas, que pueden ser de 2 a 10 mapas, donde básicamente se obtienen combinaciones de celdas de los mapas matriciales, obteniendo al final un mapa como resultado de tales combinaciones. El proceso de combinación de dos mapas (uso actual y uso potencial de la Subcuenca Ocoyoacac), se realizó en solo cinco minutos

Se obtiene un mapa resultado de esta suma cartográfica, llamado "Índice de uso de suelo" (ver anexo C, mapa 8)

Los resultados se pueden obtener de varias maneras y todas son de gran utilidad: en pantalla, en papel con impresora de tinta negra, se obtienen datos estadísticos de los elementos conformadores del mapa, se pueden determinar en estas tablas, área en diferentes unidades: hectáreas, kilómetros, etc., porcentaje de cada elemento con respecto al total de la zona de estudio, histogramas, etc.

Para realizar estadísticas se utilizó el módulo estadística y dentro de su fase histogram la obtención de los histo-

gramas y tablas estadísticas de atributos por mapa.

Al realizar la impresión de mapas se hizo necesario utilizar la fase impremap, teniendo opciones de usar varias escalas como salida y ashures para las impresión de los diferentes atributos que componen a los mapas.

Los resultados serán de utilidad para la descripción y análisis de la zona de estudio.

3.2.5 Descripción de resultados. Una vez obtenidos los mapas de uso actual y uso potencial del suelo se tienen datos con la siguientes características:

El mapa de uso actual del suelo. en la tabla estadística (ver anexo B, cuadro B8) los valores de atributo corresponden a los siguientes usos:

- 1.- Agricultura
- 2.- Arbustos
- 3.- Pastizales y pradera
- 4.- Cuerpos de agua, Pantanos e Hidrófitas
- 5.- Urbano - Industrial

BOSQUE

- 6.- Oyamel
- 7.- Oyamel - Pino (Oyamel dominante)
- 8.- Cedro
- 9.- Pino
- 10.- Pino y Oyamel
- 11.- Pino y Encino (Pino dominante)
- 12.- Encino
- 13.- Encino - Pino (dominante)
- 14.- Encino - Oyamel (Encino Dominante)
- 15.- Hojosas - Oyamel (Hojosas dominante)

Estos diferentes usos que en la actualidad se practican se encuentran distribuidos de la siguiente forma. (ver anexo C, mapa 6)

La Subcuenca cuenta con una superficie de 29478.5 has. Para la Agricultura se tiene el 45.74 % distribuida básicamente en la parte centro y oeste de la Subcuenca alargándose de norte a sur.

La zona urbano - industrial localizadas en zonas aledañas a las zonas agrícolas ocupando estas un 5.25 % del total de la Subcuenca Ocoyoacac.

Existen zonas arbustivas en la parte central, abarcando un área del 1.6 % con respecto al total, lo que se convierte en 474.5 has.

Cuerpos de agua, hidrófitas y pantanos, cuentan con una superficie del 5.1 % y se localizan al oeste de la subcuenca y cuerpos de agua como la laguna de Salazar al norte.

Ocupando una zona considerable es a lo que se refieren las áreas forestales que cuentan con el 33.8 % (10,070.5 has.) localizadas en su mayoría al este de la subcuenca y pequeñas porciones aisladas junto a terrenos de agricultura localizados en la parte central de la zona de estudio, extendiéndose de norte a sur.

Los pastizales están ubicados en áreas conjunta a zonas boscosas ocupando una superficie de 2536 has. que equivalen al 8.5% del total de la Subcuenca Ocoyoacac.

El orden de importancia en cuanto a superficie, de mayor a menor, de los diferentes usos es el siguiente:

- 1.- Agricultura
- 2.- Bosque
 - a. Oyamel
 - b. Pino
 - c. Encino
 - d. Pino y Oyamel
 - e. Oyamel - Pino (Oyamel dominante)
 - f. Encino - Pino (Encino dominante)
 - g. Pino - Encino (Pino dominante)
 - h. Cedro
 - i. Hojosas y Oyamel (Hojosas dominante)
 - j. Encino - Oyamel (Encino dominante)
- 3.- Pastisales
- 4.- Urbano - industrial
- 5.- Cuerpos de Agua
- 6.- Arbustos.

El mapa de uso potencial del suelo, (ver anexo C, mapa 9). en la Subcuenca Ocoyoacac se tienen siete clases diferentes de calidad de suelo (ver anexo A) que van de la dos a la ocho.

Las clases de suelo que tienen vocación agrícola son la 2, 3 y 4 cuentan con una superficie de 7611.5 has. que corresponden al 26 %, hay que aclarar que cada una de las clases tiene sus características propias para poder cultivarse, es decir, tiene sus limitantes y factores de impulso hacia

esta actividad. Con lo que respecta al uso forestal y pecuario, de acuerdo al agrupamiento de las clases 5, 6 y 7 que corresponde a tierras con vocación forestal y pecuario, se tienen 21 540 has. que corresponden al 72.8 % . (ver anexo B, cuadro B10).

Los suelos con clase 8 son aquellos que no tienen cualidades como para sostener una actividad agrícola o pecuario forestal, pero si tienen capacidad de sostener una vegetación natural, esta clase ocupa una extensión de 430 hectáreas equivalente al 1.46% del total de la superficie de la subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac.

El mapa de índices de uso de suelo es el resultado de la superposición de los mapas antes descritos, realizados mediante el comando `scor` del SIG.CARTOS.

Se mostraron los siguientes resultados para el índice de uso de suelo en la Subcuenca Ocoyoacac.

Según la tabla estadística (ver anexo B, cuadro B11) que se obtuvo del mapa se tienen que los valores de atributo corresponden a los siguientes resultados:

ATRIBUTO	DESCRIPCION
0	celdas con valor 0, no son representativas.
1	zonas agrícolas que están siendo utilizadas adecuadamente según la vocación del suelo.
2	zonas agrícolas que se encuentran sobre suelos no aptos para actividad agrícola.
3	áreas arbustivas que tienen porciones de suelos adecuados para agricultura.
4	áreas arbustivas que tienen porciones de suelos con vocación forestal.
5	suelos que por su baja calidad son inprovechables tanto para uso agrícola como forestal.
6	Pastizales con áreas de vocación agrícola
7	Pastizales con áreas de vocación forestal
8	Suelos con exceso de humedad. hidrófitas, pantanos y cuerpos de agua que tienen alguna áreas con vocación agrícola.
9	Suelos con exceso de humedad. hidrófitas, pantanos y cuerpos de agua que tienen algunas áreas con vocación forestal.
10	inadecuado para uso urbano-industrial por ocupar áreas con vocación agrícola.
11	inadecuado para uso urbano-industrial por ocupar áreas con vocación forestal.
12	suelos que no tienen vocación para ser utilizados como uso forestal.
13	suelos que están siendo utilizados adecuadamente como uso forestal, de acuerdo a su vocación.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el listado anterior referente al uso del suelo, se tiene que, las tierras con vocación agrícola para la zona de estudio es de 7582.5 has, sin embargo, se utilizan 13636.5 has. lo que quiere decir que se esta haciendo un mal uso del suelo según la aptitud que muestra el uso potencial, el área que se ocupa sobre otros suelos es de 6053.75 has.

Utilizadas para labor agrícola son 1568.5 has. más las que ya se tienen como las que deberían ser las adecuadas

según la confrontación de uso vs. vocación son 6014.00 has..Lo que da un total de 7582.5 has.

Para las zonas de uso forestal la situación es la siguiente, se tiene en la actualidad en uso 10 070.5 has. y como suelos con vocación forestal 12 005.00 has, aquí la relación es a la inversa, se han desforestado zonas para implantar actividades agrícolas y recreativas, poblados que ganan terreno también a zonas forestales. Lo que quiere decir que las tierras forestales cada vez se hacen más pequeñas dentro de la subcuenca. (ver anexo C, mapa 8).

Para tener una idea más general de la situación que guarda La Subcuenca en cuanto a la relación de uso contra vocación, se puede manejar la siguiente fórmula:

$$\text{I.U.S} = 100 - \frac{\text{área de suelo con uso NO adecuado}}{\text{área total de la zona de estudio}} (100)$$

I.U.S = Índice de uso de suelo

área total de la Subcuenca = 29 478.5 has

área de uso NO adecuado en la subcuenca = 13573.5 has.

suelos inaprovechables (vegetación natural) = 431.7 has

13 573.5 has.

I.U.S = 100 - ----- (100)

29 478.5 has

= 100 - 0.460454229 (100)

= 100 - 46.04542294

= 53.95 %

De acuerdo a la escala de calificación (SEDUE 1989), el 53.95 % de la Subcuenca esta sometido a un uso SEMIADecuado. (ver escala de calificación)

ESCALA DE CALIFICACION DE I.U.S

USO	RANGO
No adecuado	0 - 25 %
Poco adecuado	26 - 50 %
Semiadecuado	51 - 75 %
Adecuado	76 - 100 %

Los resultados que arroja el indice de uso de suelo en algunos casos son muy significativos, por ejemplo: la figura 12 muestra una gráfica de barras la cual representa los di-

ferentes usos del suelo que se practican en la subcuenca, y la figura 13, muestra la vocación del suelo, determinando el área que ocupan en hectáreas.

Al observar la relación entre las dos variables anteriores se encontró que existen problemas en cuanto a la adecuada utilización que representa (ver figura 12 y 13).

Estadísticamente se obtienen resultados donde se determinan las áreas de los diferentes usos marcando una escala de calificación por uso de suelo (ver anexo B, cuadro B11). En este cuadro se pueden observar los usos del suelo que tienen problemas en su utilización y de alguna manera localizarlos para poder realizar programas que involucren a la población para detener de manera preventiva o correctiva el problema.

De la misma forma se puede determinar las áreas factibles de expansión agrícola y forestal - pecuario.

Las áreas factibles de expansión agrícola son 1568.5 has. correspondiente al 5.33 % del total de la cuenca. (ver anexo B, cuadro B11). Para el uso forestal se puede ampliar 12005.0 has. correspondiendo al 40.73 %.

Estos resultados son modificados por la forma de utilizar los recursos naturales. por ejemplo:

USO ACTUAL DEL SUELO, SUBCUENCA OCOYOACAC

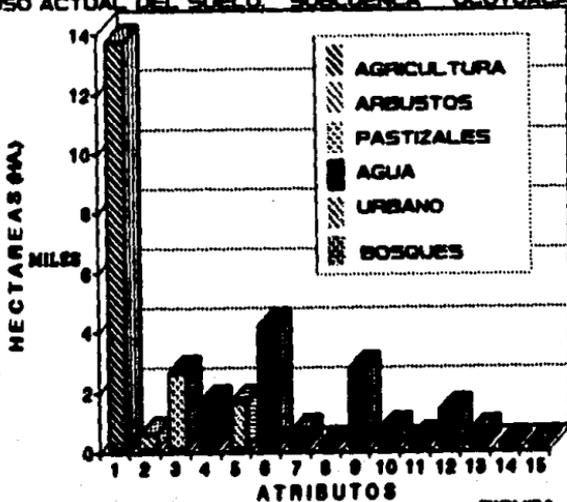


FIGURA 12

USO POTENCIAL EN LA SUBCUENCA OCOYOACAC



FIGURA 13

Los usos del suelo están siendo mal utilizados debido a varios factores, por ejemplo: de las 1568.5 has. que pueden ser utilizadas para uso agrícola 1101.25 has son ocupadas por zonas urbanas, la cual indica que los emplazamientos urbanos no están bien orientados lo que reduce aun más las áreas, sin embargo, se están tomando áreas forestales para practicar la actividad agrícola en 7406.50 has.

Otro caso son las zonas de pastizales teniendo 8.75 has. factibles de para agricultura y 2506.0 has. para uso forestal, sin embargo, las 2506 has. no están como zonas forestales sino para uso ganadero y de recreación en algunos sitios.

Lo que corresponde a bosques son 10 070 has. de las cuales 181.25 pueden usarse como agrícolas, lo que quiere decir, que las áreas de bosque serían de 17500 has. teniendo como resultado una disminución de áreas forestales.

3.3 Otros resultados. De los resultados obtenidos de los índices de erosión y de uso del suelo, se obtuvieron otros indicadores que permitieron dar un diagnóstico mayor del estado que guarda el recurso suelo, de alguna forma los índices arrojaron resultados donde se estructuró un inventario del recurso suelo de tal forma que se obtuvo cantidad y ubicación del los recursos predominantes, se analizaron algunas relaciones lo que permitió adentrarse al diagnóstico del

recurso suelo y con la ayuda de las técnicas del SIG. CARTOS el proceso se agiliza.

Se analizaron los resultados de los dos índices mediante combinaciones automáticas del SIG. CARTOS, estas combinaciones se efectuaron con los resultados de los rangos de erosión (ligera, moderada, alta y muy alta.) y el uso del suelo (agricultura, arbustos, pastizal y bosque), de esta combinación se obtuvieron resultados de niveles de erosión sobre usos de suelo.

En las áreas agrícolas es donde se presentan mayores problemas en cuanto al área que ocupan las zonas de erosión ligera y moderada, estas abarcan más del 35% de la subcuenca, las áreas de alta y muy alta erosión son relativamente mínimas, sin embargo, sino existen medidas para controlar la erosión se podría llegar a complicar y alcanzar los niveles de alta de erosión.

Para las áreas de zonas arbustivas se presentan un problema similar, sin tener mayores consecuencias en los rangos altos de erosión.

En las zonas de bosques el problema que resalta es el que se presenta en rangos moderados, estos ocupan el 22% del total de la subcuenca, de no controlarse pasarían a rangos

de alta erosión.

Para la subcuenca Ocoyoacac los principales problemas de erosión existen en las áreas agrícolas y de bosque, estos ocupan aproximadamente el 57% del total de la subcuenca (ver cuadro XIII).

ZONAS CON PROPIEDADES AGRICOLAS.

TON/HA/AÑO	%	HAS.	NIVEL DE EROSION
10	17.3	4543	LIGERA
11 - 50	18.8	4926	MODERADA
51 -200	13.2	3462	ALTA
> 200	2.0	532	MUY ALTA

PARA LAS ZONAS ARBUSTIVAS

TON/HA/AÑO	%	HAS.	NIVEL DE EROSION
10	1.49	389.0	LIGERA
11 - 50	.3	70.5	MODERADA
51 -200	.06	14.0	ALTA
> 200

PARA LAS ZONAS CON PASTIZALES

TON/HA/AÑO	t	HAS.	NIVEL DE EROSION
10	4.0	1040.0	LIGERA
11 - 50	5.48	1436.0	MODERADA
51 -200	.17	42.2	ALTA
> 200

PARA LAS ZONAS CON BOSQUE

TON/HA/AÑO	t	HAS.	NIVEL DE EROSION
10	9.98	2615.0	LIGERA
11 - 50	22.06	5782.0	MODERADA
51 -200	5.19	1359.5	ALTA
> 200

Cuadro XIII. Niveles de erosión por vocación del suelo

Para complementar la información del estado del recurso suelo se digitalizó un mapa que muestra los diferentes tipos de erosión, este mapa fue proporcionado por el departamento PRODERITH del INTA (ver fig 14), este mapa representa tras

tipos erosión: laminar, canalillo y carcava. (Ver cuadro XIV)

TIPO DE EROSION SUBCUENCA OCOYOACAC	AREA §	AREA HAS.
LAMINAR	2.48	729
CANALILLO	2.45	722
CARCAVA	1.41	413

Cuadro XIV. Superficies y tipos de erosión en la subcuenca

La relación que existe cuantitativamente entre el tipo de erosión y el grado de erosión es: (ver cuadro.XV)

TIPO DE EROSION	NIVEL DE EROSION	AREA §	AREA HAS.
LAMINAR	LIGERO	.35	102.5
LAMINAR	MODERADO	1.30	379.0
LAMINAR	ALTO	.79	229.5
LAMINAR	MUY ALTO	.05	14.0
CANALILLO	LIGERO	.94	275.0
CANALILLO	MODERADO	.44	128.5
CANALILLO	ALTO	1.03	301.0
CANALILLO	MUY ALTO	.06	16.8
CARCAVA	LIGERO	.33	94.8
CARCAVA	MODERADO	.49	141.0
CARCAVA	ALTA	.60	173.0
CARCAVA	MUY ALTA	.02	3.8

Cuadro XV. Tipos y grados de erosión en la subcuenca.

Dentro de los sistemas automatizados para realizar inventario y diagnósticos de recursos naturales se encuentran las imágenes de satélite, estas son de gran ayuda, ya que existen varios satélites que llevan abordo senso-

SUBCUENCA ARROYO N. OCOYOACAC



TIPOS DE EROSION

- E. LAMINAR
- - - - - E. CANALILLO
- E. CARRAVA

FIGURA 14

Tipo de erosion en la subcuenca Ocoyoaca.

res remotos para captar las imágenes, como lo son las imágenes tipo Landsat TM. Las características de una imagen landsat TM (thematic maper) están determinadas por varios factores, como la resolución de las celdas, que es de 79 x 79 mts.

Dentro de sus aplicaciones están la comparación de imágenes de épocas distintas donde se aprecian las diferencias entre la estación de secas y la estación de lluvia, se puede cuantificar los recursos vegetales, cultivos, bosques, cuerpos de agua, suelos desprovistos de vegetación, zonas erosionadas, etc.

Las imágenes de satélite en la mayoría de los casos pueden ser compatibles para ser procesados por los sistemas de información geográfica y ser analizados para múltiples aplicaciones.

En el presente trabajo se utilizó una imagen de tipo Landsat TM en falso color, fue tomada en el año de 1985, esta se clasificó de manera interactiva mediante el proceso pintacra del SIG.CARTOS donde se determinaron las áreas desprovistas de vegetación, se traslada a un formato del CARTOS para realizar un sobreposición automática con el comando Ocur, combinando el mapa de índice de erosión y la imagen de satélite con el objeto de observar y obtener el grado de

erosión sobre los suelos desprovistos de vegetación.

De acuerdo a los resultados de la imagen clasificada se obtiene para suelos desprovisto de cualquier cobertura vegetal la superficie de 753 hectáreas, estas áreas se relacionaron con el mapa de índice de erosión obteniendo áreas de suelos descubierto de vegetación con niveles de erosión.

CONCLUSIONES

En la presente tesis se trabajo de manera importante con un sistema de información geográfica (SIG), el cual se hizo necesario para la elaboración de trabajos que conllevaron a un manejo de grandes cantidades de información, es decir, dado las características y conocimiento del manejo de un SIG se hizo más fácil el proceso de obtención de resultados.

Se reconoció al SIG como una herramienta poderoso capas de manejar y almacenar grandes cantidades de información de manera automatizada siendo aplicables estas técnicas a diferentes estudios como el manejo de información cartográfica donde se plasmaron temas como recursos naturales, cuantificación de superficies, trabajos de percepción remota en manejo de imágenes de satélite, etcétera.

Para este trabajo y muchos otros el uso de un SIG toma un puesto importante ya que los estudios se reducen en tiempo y costo, sin embargo, se tienen también desventajas, tal el es caso de la asimilación de conocimientos en el manejo de un SIG por el usuario, esto de alguna manera en un proyecto cualquiera que fuera se debe considerar de manera importante.

También es importante que el usuarios este relacionado con conocimientos de conceptos básicos como proyecciones cartográficas, coordenadas geográficas u ortogonales, escalas, conocimientos básicos de computación, etc., El no tener idea de estos aspectos y otros afines , el usuario se verá en serios problemas de operación al usar un sistema como los SIG'S.

Es necesario establecer un programa de capacitación y actualización de los sistemas de información geográficas con el objeto de tener al día a los usuarios y futuros usuarios del manejo de los SIG'S, esto de alguna manera agilizará todo proyecto en el aspecto técnico de manejo de información, dejando al profesionista con mayor tiempo para el análisis de resultados que se obtienen para el estudio en proceso.

El SIG como herramienta técnica automatizada es de mucha utilidad, pero no hay que descartar que los resultados que se obtengan son responsabilidad del operador, es decir, la entrada de datos para conformar una base de datos, debe ser introducida con la mayor precisión posible.

Existen varias formas de almacenar información dentro de un SIG, la más utilizada para manejo de cartografía es la digitalización de mapas por medio de un digitalizador, en este proceso se debe tener mucho cuidado de no cometer

errores que lleven a la alteración de datos, sin embargo, existe una forma muy fácil de hacer este proceso, se habla en este caso, del manejo de un barreador digital (scanner), todavía no muy difundidos, estos están siendo perfeccionados y distribuidos de manera muy rápida dentro del mercado mexicano. El proceso para captar una imagen por medio del scanner, es, por ejemplo: introducir una carta topográfica por el scanner, este capta la imagen en un archivo electrónico para después ser trasladada a un SIG y utilizarla de acuerdo a las necesidades del estudio.

Existen en la actualidad decenas de sistemas de información geográfica, algunos muy complejos en el modo de operación y otros muy sencillos en su manejo, casi todos los SIG'S están dotados de técnicas variadas para manejo de información cartográfica y bases de datos que varían en su estructura y manejo. Cabe mencionar que también la mayoría es capaz de manejar imágenes de satélite, la diferencia entre cada uno de los sistemas existentes es la forma de salida de los datos resultantes tanto en calidad como en precisión.

La ayuda que se tiene de los SIG'S hacia la realización de diagnósticos de recursos naturales es sumamente valiosa ya que proporciona elementos necesarios para determinar y cuantificar superficies, ubicarlas e inferir problemas afines.

Para un inventario de recursos naturales definitivamente son muy utilizados estos sistemas de información ya que se complementan con la percepción remota dentro del manejo de las imágenes de satélite.

Un SIG es una herramienta importante en la planeación de los recursos naturales, ya que puede agilizar la toma de decisiones para obras de control o prevención en problemas de los recursos naturales.

En caso concreto el SIG CARTOS utilizado en este trabajo mostró sus ventajas y desventajas. Hablemos primero de sus cualidades, es un sistema muy amigable ya que su uso se manifiesta por medio de un menú que a su vez se compone de submenús y sus respectivas fases, el manejo de la información cartográfica con sus diferentes técnicas de manejo; se puede manejar desde un mapa hasta diez mapas, siendo muy rápido en sus procesos de obtención de resultados por superposiciones o combinación de datos.

Se podrían dar conclusiones de todos los comandos que utiliza el SIG CARTOS, pero sólo se darán aquellos que se ocuparon para el trabajo. De manera general las instrucciones del sistema son de fácil acceso donde se pueden introducir datos digitalizados o estadísticos (datos puntuales) de manera manual.

Dentro de las desventajas de uso del sistema se encuentran los procesos de digitalización y de impresión de mapas.

En la fase de digitalización se tienen contratiempos por que CARTOS trabaja el proceso de digitalización mediante un paquete de diseño, el cual una vez elaborado el trabajo pasa a ser compatible con CARTOS mediante una serie de programas de conversión, este proceso se hace largo porque se tiene que llevar una organización del trabajo que involucra hacer correcciones para no tener problemas con las fases del sistema.

Otra observación técnica como herramienta para obtener buenas salidas gráficas del sistema es la fase de impresión, la cual realiza el mapa con sus diferentes patrones que el usuario desee, el inconveniente es que no tiene una fase de edición para trabajar estos mapas agregando líneas, textos, símbolos, etc. Para una buena presentación del trabajo se realiza la edición de manera manual.

Lo anterior es mucha importancia ya que la presentación de recursos naturales sobre los mapas debe ser clara y precisa, aunque esto no quiere decir que los demás sistemas no lo tengan, al contrario existen muchos con muy buena calidad

de salida de datos.

Para los resultados obtenidos con el SIG.CARTOS en el trabajo. Determinación del diagnóstico del recurso suelo, básicamente en el fenómeno de erosión y uso del suelo, es de gran ayuda sobre todo en la fase de obtención de superficies, localización, y manejo de información cartográfica de hasta combinaciones de 10 mapas al mismo tiempo, lo cual no es muy fácil realizar de manera manual.

Para un inventario de los recursos de alguna zona de estudio es una técnica muy eficiente, para la elaboración de diagnósticos de recursos también lo es ya que infiere circunstancia de problemas que pudieran existir mediante combinaciones de elementos de los mapas temáticos que se utilizan. Tal es el caso de la aplicación de la fórmula "Ecuación Universal de Pérdida de Suelo" la cual hace un diagnóstico de la cantidad potencial de suelo perdido, en este caso, mediante información cartográfica.

A todo lo anterior hay que agregar que un sistema de información cartográfica no realiza los trabajos quedando estos al 100% confiables; debe existir una fase de verificación de campo, que calibre al información que se obtuvo en gabinete por el sistema.

Esta herramienta debe ser de gran ayuda a la ciencia geográfica ya que incluye técnicas que un profesionalista como lo es el geógrafo maneja para el análisis y solución de problemas.

El incremento de nuevas formas de manejo de la información geográfica automatizada, genera la existencia de nuevos paquetes de SIG'S.

Esta generación de nuevas tecnologías en el manejo de información geográfica exigen día a día una mayor preparación por parte del profesionalista geógrafo. Dicha preparación no solo implica la preparación técnica del geógrafo en lo que a materia de computación se refiere, sino también, a una participación más activa en cuanto a el implementar sus conocimientos técnicos y metodológicos encaminados a la creación misma de un sistema de información geográfica.

BIBLIOGRAFIA

Aronoff, Stan, 1989. Geographic information system: a management perspective. Canada .

Bassols Batalla, Angel ,1986. Recursos naturales de México. 19a. edición. Ed. Nuestro Tiempo. México.

Burrough, P.A, 1987 Principles of Geographical information system for land resources assessment. Estados Unidos.

CIDIAT, 1984. Diagnóstico físico conservacionista en cuencas hidrográficas. Mérida Venezuela.

FAO, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de suelos. Organización de las Naciones Unidas. (ONU).

Instituto de Geografía. 1975. Introducción al concepto de regionalización. Seminario del 3 al 5 de diciembre UNAM.

Instituto Mexicano de Tecnología de Agua. 1988. Manual del sistema de información geográfica CARTOS-INTA. México

Lara Vázquez, Adolfo Angel, 1987. Ordenamiento Ecológico del paisaje río Cazonas estado de Veracruz, México. Tesis Licenciatura UNAM. Fac. Ciencias. México.

Lara Vázquez, Adolfo Angel. 1990. Guía Simplificada de digitalización. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

Lillesand Thomas M. Remote Sensing and image interpretation.

López Portillo y Ramos , 1982. El medio ambiente en México: Temas problemas y alternativas.

SEDUE, 1988. Manual de ordenamiento ecológico del territorio. México .

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. s/f. Diagnóstico para el manejo de cuencas. México.

Secretaría de Programación y Presupuesto, INEGI, 1989. Guías para la interpretación de cartografía, uso potencial del suelo. México.

Secretaría de Programación y Presupuesto. INEGI, 1989. Guías para la interpretación de cartografía, uso de suelo. México

Secretaría de Programación y Presupuesto, INEGI, 1981. Cantidad de lluvia más frecuente (moda) en la República Mexicana. México

Secretaría de Programación y geográfica del Estado de México y anexo cartográfico. México.

Secretaría de Programación y Presupuesto. INEGI. Carta topográfica. escala 1:50 000, claves: E14A38, E14A39, E14A48.

Secretaría de Programación y Presupuesto. INEGI. Carta edafológica. escala 1:50 000. claves : E14A38, E14A39, E14A48.

Secretaría de Programación y Presupuesto. INEGI. Carta de uso potencial. escala 1:50 000. claves : E14A38, E14A39, E14A48.

ANEXO A

-- CLASES DE SUELO --

CARACTERISTICAS DE LA VOCACION DEL SUELO POR CLASES.

VOCACION DEL SUELO

APROPIADAS PARA CULTIVO:

CLASE I. Suelos muy buenos sin limitaciones que se pueden cultivar con los métodos ordinarios de labranza. Disponen de suficiente agua ya sea por precipitación o mediante sistemas de riego. son terranos de pendientes muy suave o planos, escasamente expuestos a la erosión; son fáciles de trabajar independientemente del uso que se les imponga son profundos y tienen buena retención de humedad debido a su drenaje natural o en algunos casos, a obras de drenaje artificial. Están situados de tal manera dentro del paisaje natural que no corren el riesgo de sufrir inundaciones.

CLASE II. Suelos buenos con limitaciones moderadas, que se trabajan con prácticas de labranza especiales pero sencillas, como nivelaciones de terreno, eliminación de pedregosidad y técnicas de control de erosión. Disponen de

agua ya sea por precipitación o por sistemas de riego.

Son áreas con pendiente suave, expuestas a una erosión no muy acentuada por efecto del agua o del viento; tienen una profundidad mediana y presentan salinidad, sodicidad o ambas en bajo grado; ocasional o periódicamente sufren inundaciones, debidas a fenómenos atmosféricos como ciclones, trombas o desbordamientos de ríos, las prácticas de conservación que estos terrenos requieren son cultivos en fajas o fajas amortiguadoras, barreras vivas o desvíos de agua.

CLASE III. Suelos agrícolas con limitaciones severas que necesitan métodos de labranza especiales. solo disponen de agua por precipitación.

Apropiadas para cultivos limitados:

CLASE IV. Suelos con limitaciones muy severas para cultivos anuales. Adecuados para praticanura o cultivos perennes.

La pendiente es entre moderada y fuerte, con alta susceptibilidad a la erosión del viento y del agua; son suelos delgados o poco profundos, cuyas condiciones físicas son desfavorables para la retención de la humedad, muy porosos con drenaje interno deficiente; cuando se presenta

inundación ésta se considera un fuerte limitante; resulta difícil drenarlos o regarlos con infraestructura y presentan un alto grado de salinidad, sodicidad o ambas.

Esta clase es de transición entre las tierras adecuadas para cultivo y las apropiadas para vegetación perenne.

NO APROPIADAS PARA CULTIVOS ANUALES, PERO SI PARA CULTIVOS PERENNES O VEGETACION NATURAL.

CLASE V. Suelos apropiados para praticallyura o silvicultura sin limitaciones.

Son terrenos con pendiente entre moderada y fuerte, poco profundo y con una gran cantidad de piedras, que están sujetas a inundaciones.

Pertenecen a esta clase los terrenos de tipo pantanoso difíciles de drenar, pero que pueden producir buenos pastisales

CLASE VI. Suelos apropiados para praticallyura con limitaciones moderadas.

Son terrenos con pendientes que van de moderadas a fuertes y que ofrecen muy escasa resistencia a la erosión causada por el agua; son suelos poco profundos con excesiva

pedregosidad y que presentan altas concentraciones de sales de sodio.

CLASE VII. Suelos con limitaciones severas apropiadas para pratericultura o silvicultura.

Son terrenos de pendientes fuerte y muy escarpada, con suelos escasos que presentan poca resistencia a la acción erosiva del agua y el viento.

NO ADECUADOS PARA USOS AGROPASTORILES Y FORESTALES

CLASE VIII. Agrológicamente inútiles. por lo general son tierras demasiado escabrosas, arenosas, húmedas o áridas, como para dedicarlas a cultivos, pratericultura o silvicultura, pero que pueden ser útiles para sostenimiento de animales silvestres; algunos de estos terrenos son útiles para la extracción de materiales de construcción.

En esta clase quedan incluidos los pantanos, las zonas de dunas (costeras y de desierto), las áreas atravesadas por numerosas cárcavas profundas y las áreas muy escarpadas y rocosas.

ANEXO B

-- TABLAS ESTADISTICAS --

PREPARADO POR SIG.CARTOS

CUADRO B1. ATRIBUTOS DE FRANJAS ALTIMETRICAS

Nombre del Archivo: **ALTIMETR.RAS**

Descripción archivo:

MAPA ALTIMETRICO DE LA SUBCUENCA ARROYO MUERTO-OCOYOACAC EDO. DE MEXICO

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
0	232025	58006.25	0
1	27325	6831.25	23.17
2	15174	3793.50	12.87
3	15763	3940.75	13.37
4	10412	2603.00	8.83
5	7902	1975.50	6.70
6	10151	2537.75	8.61
7	7121	1780.25	6.04
8	4666	1166.50	3.96
9	4479	1119.75	3.80
10	4024	1006.00	3.42
11	4922	1230.50	4.18
12	4126	1031.50	3.50
13	1871	467.75	1.59
14	39	9.75	0.04

Número total de celdas:350000

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 0> sin clasificar | 11> 3500-3600 mts. |
| 1> 2500-2600 mts. | 12> 3600-3700 |
| 2> 2600-2700 | 13> 3700-3800 |
| 3> 2700-2800 | 14> 3800-3900 |
| 4> 2800-2900 | |
| 5> 2900-3000 | |
| 6> 3000-3100 | |
| 7> 3100-3200 | |
| 8> 3200-3300 | |
| 9> 3300-3400 | |
| 10> 3400-3500 | |

CUADRO B2. ATRIBUTOS DE AREAS DE PORCENTAJES DE PENDIENTE

Nombre del archivo: **PENDIENT.RAS**

Descripción archivo:

MAPA DE PORCENTAJE (%) DE PENDIENTES, SUBCUENCA OCOYOACAC EDO. DE MEXICO.

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
0	232025	58006.25	0
1	37295	9323.75	31.62
2	27456	6864.00	23.28
3	17116	4279.00	14.51
4	7717	1929.25	6.55
5	8218	2054.50	6.97
6	9802	2450.50	8.31
7	7744	1936.00	6.57
8	2627	656.75	2.23

Número total de celdas sin cero: 117975

Número total de celdas: 350000

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

- 0> SIN CLASIFICAR
 - 1> 0 -4 % LLANO O MODERADAMENTE ONDULADO
 - 2> 4 -8 % MODERADAMENTE ONDULADO
 - 3> 8-12 % ALTAMENTE ONDULADO
 - 4> 12-15 % ESCARPADO ONDULADO
 - 5> 15-20 % MODERADAMENTE ESCARPADO
 - 6> 20-30 % ESCARPADO
 - 7> 30-50 % MUY ESCARPADO
 - 8> <-50 % DE ESCARPADO A VERTICAL
-

**CUADRO B3. INDICADORES DE ATRIBUTOS QUE MUESTRAN LA PERDIDA DE SUELO
(Ton/Ha/Año)**

Nombre del archivo: J-EROS.RAS

Descripción archivo:
MAPA INDICADORES PARA OBTENER EL INDICE DE EROSION, SUBCUENCA OCOTOACAC, EDO ME

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
0	232782	58195.50	0
1	5082	1270.50	4.34
2	6130	1530.00	5.23
3	1401	350.25	1.20
4	1553	388.25	1.33
5	172	43.00	.15
6	4671	1167.75	3.99
8	13954	3238.50	11.06
9	4441	1110.25	3.79
10	3754	938.50	3.21
12	8776	2194.00	7.49
13	1540	385.00	1.32
14	2068	517.00	1.77
15	1175	293.75	1.01
16	10184	2546.00	8.69
17	78	19.50	0.07
18	10183	2545.75	8.69
19	7947	1986.75	6.78
20	2500	625.00	2.14
21	2447	611.75	2.09
23	114	28.50	.10
24	2386	596.50	2.04
25	9	2.25	0.01
26	8	2.00	0.01
28	35	8.75	0.03
29	445	111.25	.38
30	584	146.00	.50
31	371	92.75	.32
32	2	.50	0.01
33	650	162.50	.56
35	687	171.75	.59
36	174	43.50	.15
37	1232	308.00	1.06
39	272	68.00	.24
41	119	29.75	.11
44	5	1.25	0.01
45	43	10.75	0.04

CUADRO B3. (Continuación)

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
46	674	168.50	.58
47	1	.25	0.01
49	119	29.75	.11
52	226	56.50	.20
55	9	2.25	0.01
56	4804	1201.00	4.10
58	37	9.25	0.04
61	4	1.00	0.01
62	40	10.00	0.04
65	252	63.00	.22
67	147	36.75	.13
75	201	50.25	.18
76	66	16.50	0.06
78	3687	921.75	3.15
81	126	31.50	.11
89	5	1.25	0.01
92	27	6.75	0.03
93	290	72.50	.25
94	25	6.25	0.03
95	3927	981.75	3.36
97	234	58.50	.20
102	2	.50	0.01
103	6	1.50	0.01
104	162	40.50	.14
112	27	6.75	0.03
117	735	183.75	.63
119	25	6.25	0.03
122	2	.50	0.01
125	7	1.75	0.01
129	29	7.25	0.03
142	1407	351.75	1.21
146	4	1.00	0.01
155	1330	332.50	1.14
163	19	4.75	0.02
178	24	6.00	0.03
190	1215	303.75	1.04
194	799	199.75	.69
197	48	12.00	0.05
203	8	2.00	0.01
233	26	6.50	0.03

CUADRO B3. (Continuación)

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
237	124	31.00	.11
243	59	14.75	0.06
244	695	173.75	.60
246	5	1.25	0.01
295	22	5.50	0.02
298	237	59.25	.21
305	29	7.25	0.03
311	102	25.50	0.09
326	81	20.25	0.07
366	199	49.75	.17
407	28	7.00	0.03
447	27	6.75	0.03
492	4	1.00	0.01
597	108	27.00	.10
610	483	120.75	.42
615	1	.25	0.01
733	4	1.00	0.01
746	19	4.75	0.02
763	12	8.00	0.03
977	1	.25	0.01

Número total de celdas sin cero: 117218

Número total de celdas: 350000

CUADRO B4. RANGOS DE ATRIBUTOS DE PERDIDA DEL SUELO (Ton/Ha/Año)

Nombre del archivo: **THA.RAS**

Descripción archivo:
MAPA DE INDICE DE EROSION, PERDIDA DE SUELO EN T/H/A/ANO. SUBCUERCA OCOYOACAC

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
0	232782	58195.50	0
1	40148	10037.00	34.26
2	54828	13707.00	46.78
3	19948	4987.00	17.02
4	2294	573.50	1.96

Número total de celdas sin cero: 117218

Número total de celdas: 350000

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

- 0> SIN CLASIFICAR
 - 1> LIGERA HASTA 10 TON/H/A/ANO
 - 2> MODERADA DE 10 A 50 TON/H/A/ANO
 - 3> ALTA DE 51 A 200 TON/H/A/ANO
 - 4> MUY ALTA MAYOR DE 200 TON/H/A/ANO
-

CUADRO 85. ATRIBUTOS DE TIPOS DE SUELO

Nombre del archivo: *SUELOS.RAS*

Descripción archivo:

MAPA DE TIPOS DE SUELO, SUBCUEVA ARROYO MUERTO-OCOYOACAC, EDO. DE MEXICO

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
0	231674	57918.50	0
1	26389	6597.25	22.31
2	1602	400.50	1.36
3	5164	1291.00	4.37
4	16136	4034.00	13.64
5	5929	1482.25	5.02
6	3042	760.50	2.58
7	6722	1680.50	5.69
8	2320	580.00	1.97
9	4279	1069.75	3.62
10	2577	644.25	2.18
11	2069	517.25	1.75
12	3446	861.50	2.92
13	577	144.25	.49
14	1632	408.00	1.38
15	1606	401.50	1.36
16	5422	1355.50	4.59
17	1561	390.25	1.32
18	250	62.50	.22
19	1271	317.75	1.08
20	799	199.75	.68
21	1232	308.00	1.05
22	504	126.00	.43
23	2016	504.00	1.71
24	66	16.50	0.06
25	307	76.75	.26
26	149	37.25	.13
27	21259	5314.75	17.97

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

1> Th+To	15> Lc+To
2> Th+To+Hh	16> Bc+Lc
3> I+Th	17> Vp+Hh
4> Hh+Vp	18> Bc
5> Oe+Gh	19> I
6> Hg+Gh	20> Th+be
7> Ta	21> Th+Bc
8> Vp	22> Th+Ta
9> Hh+Ta	23> To
10> Hh+Ta	24> Hh+Be
11> Hh	25> Vp+Hg
12> Hh+I, I+Hh	26> Th+Hh
13> Ra+I	27> Th
14> Lc+I	

CUADRO 06. ATRIBUTOS PARA TEXTURA DEL SUELO

Nombre del archivo: TEXTURA.RAS

Descripción archivo:

MAPA DE TEXTURA DEL SUELO SUBCUENCA ANAYOT HUERTO OCOYOACAC, EDO. DE MEXICO

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
-----	-----	-----	-----
0	231881	57970.25	0
2	110508	27627.00	97.56
1	7411	1902.75	6.45

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

- 3> SUELO CON TEXTURA MEDIA
 - 3> SUELO CON TEXTURA FINA
-

CUADRO 57. ATRIBUTOS PARA LA PRECIPITACION MEDIA ANUAL

Nombre del archivo: **ISOYETAS.RAS**

Descripción archivo:

MAPA DE ISOYETAS MEDIAS ANUALES (mm) DE LA SUBCUESCA OCOYOACAC EDO. DE MEXICO

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
-----	-----	-----	-----
0	231851	57962.75	0
1	17781	4445.25	15.05
2	49961	12490.25	42.29
3	46594	11648.50	39.44
4	3813	953.25	3.23

Número total de celdas sin cero: 118149

Número total de celdas: 350000

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

- 0> SIN CLASIFICAR
 - 1> 800-1000 mm
 - 2> 1000-1200 mm
 - 3> 1200-1500 mm
 - 4> 1500
-

CUADRO 88. ATRIBUTOS DE USO ACTUAL DEL SUELO

Nombre del archivo: USOAJ.RAS

Descripción archivo:
MAPA DE USO ACTUAL DEL SUELO. SUBCUESCA OCOYOACAC. EDO. DE MEXICO.

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
0	230734	57683.50	0
1	54545	13636.25	45.74
2	1898	474.50	1.60
3	10146	2536.50	8.51
4	6143	1535.75	5.16
5	6252	1563.00	5.25
6	16293	4073.25	13.67
7	2188	547.00	1.84
8	272	68.00	.23
9	10626	2656.50	8.91
10	2463	615.75	2.07
11	1118	279.50	.94
12	4945	1236.25	4.15
13	2060	515.00	1.73
14	97	24.25	0.09
15	220	55.00	.19

Número total de celdas sin cero: 119266

Número total de celdas: 350000

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

- 0> SIN CLASIFICAR
 - 1> AGRICULTURA
 - 2> ARBUSTOS
 - 3> PASTISALES-PRADERA
 - 4> PANTANOS-CUERPOS DE AGUA
 - 5> URBANO INDUSTRIAL
 - 6> OYANEL
 - 7> OYANEL Y PINO (OYANEL DOMINANTE)
 - 8> CEDRO
 - 9> PINO
 - 10> PINO Y OYANEL
 - 11> PINO Y ENCINO (PINO DOMINANTE)
 - 12> ENCINO
 - 13> ENCINO Y PINO (ENCINO DOMINANTE)
 - 14> ENCINO Y OYANEL (ENCINO DOMINANTE)
 - 15> HOJOSAS Y OYANEL (HOJOSAS DOMINANTE)
-

CUADRO 89. ATRIBUTOS DE USO POTENCIAL DEL SUELO

Nombre del archivo: **USOPOT.RAS**

Descripción archivo:

MAPA DE USO POTENCIAL DEL SUELO, SUBCUERCA COYOACAC, EDO. DE MEXICO.

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
-----	-----	-----	-----
0	231671	57917.75	0
2	20931	5232.75	17.69
3	5729	1432.25	4.85
4	3786	946.50	3.20
5	55884	13971.00	47.23
6	9857	2464.25	8.34
7	20415	5103.75	17.26
8	1727	431.75	1.46

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

- 2> SUELO APTO PARA USO AGRICOLA
 - 3> SUELO APTO PARA USO AGRICOLA
 - 4> SUELO APTO PARA USO AGRICOLA
 - 5> USO FORESTAL Y PECUARIO
 - 6> USO FORESTAL Y PECUARIO
 - 7> USO FORESTAL Y PECUARIO
 - 8> SUELOS INAPROVECHABLES
-

CUADRO B10. ATRIBUTOS PARA EL INDICE DE USO DEL SUELO

Nombre del archivo: *IUS.RAS*

Descripción archivo:

MAPA DE INDICE DE USO DE SUELO, SUBCUEVA OCOYOACAC, EDO. DE MEXICO.

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin caro
0	232086	58021.50	0
1	24056	6014.00	20.41
2	29626	7406.50	25.13
3	207	51.75	.18
4	1331	332.75	1.13
5	1727	431.75	1.47
6	35	8.75	0.03
7	10024	2506.00	8.51
8	902	225.50	.77
9	5202	1300.50	4.42
10	4405	1101.25	3.74
11	1837	459.25	1.56
12	725	181.25	.62
13	37837	9459.25	32.09

Número total de celdas sin caro: 117914

Número total de celdas: 350000

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

- 0> SIN CLASIFICAR
- 1> USO ADECUADO DE AGRIC. SEGUN LA VOCAC.
- 2> AREAS DE AGRIC. ADECUADAS PARA FOREST.
- 3> ZONAS DE ARBUSTOS ADECUADAS PARA AGRIC.
- 4> ZONAS DE ARBUSTOS ADECUADAS PARA FOREST
- 5> SUELOS INAPROVECHABLES - VIDA SILVESTRE
- 6> AREAS DE PASTIAL ADECUADAS PARA AGRIC.
- 7> AREAS DE PASTIAL ADECUADAS PARA FOREST
- 8> AREAS DE PANT,HIDROF,C-AGUA PARA AGRIC
- 9> AREAS DE PANT,HIDROF,C-AGUA PARA FOREST
- 10> INADEC.PARA URB-IND BUENO PARA AGRICULT
- 11> INADEC.PARA URB-IND BUENO PARA FORESTAL
- 12> INADECUADA PARA BOSQUE BUENO PARA AGRIC
- 13> USO ADECUADO DE FOREST. SEGUN LA VOCAC.

CUADRO B11. ATRIBUTOS DE LA VOCACION DEL SUELO

Nombre del archivo: IUS1.RAS

Descripción archivo:
MAPA, AREAS FACTIBLES DE EXPANSION DEL USO AGRICOLA Y FORESTAL - PECUARIO

Valor de Atrib	Número de celdas	Total de has	Porcentajes celdas sin cero
0	232086	58021.50	0
1	24056	6014.00	20.41
2	48020	12005.00	40.73
3	6274	1569.50	5.33
4	37837	9459.25	32.09
5	1727	431.75	1.47

Número total de celdas sin cero: 117914

Número total de celdas: 350000

DESCRIPCION DE LOS ATRIBUTOS

- 0> SIN CLASIFICAR
 - 1> USO AGRI. EN SUELOS CON VOCACION.AGRIC
 - 2> AREAS FACTIBLES DE ANPLIAR EL USO FORES
 - 3> AREAS FACTIBLES DE ANPLIAR EL USO AGRIC
 - 4> USO FORES.EN SUELOS CON VOCACION FORES.
 - 5> SUELOS INAPROVECHABLES -VIDA SILVESTRE-
-

ANEXO C

-- CARTOGRAFIA --

MAPA 1 : ALTIMETRICO

MAPA 2 : PENDIENTES

MAPA 3 : SUELOS

MAPA 4 : TEXTURA DEL SUELO

MAPA 5 : PRECIPITACION MEDIA ANUAL

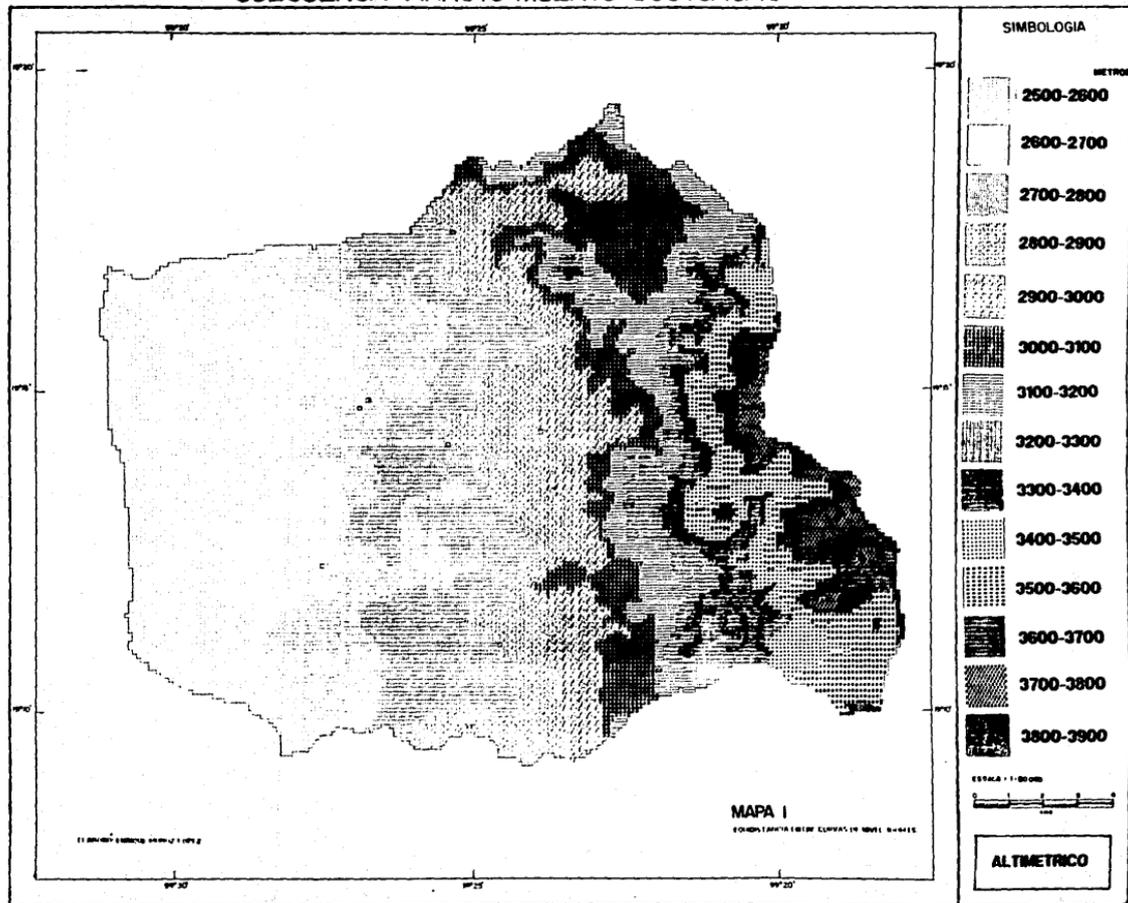
MAPA 6 : USO ACTUAL DEL SUELO

MAPA 7 : INDICE DE EROSION

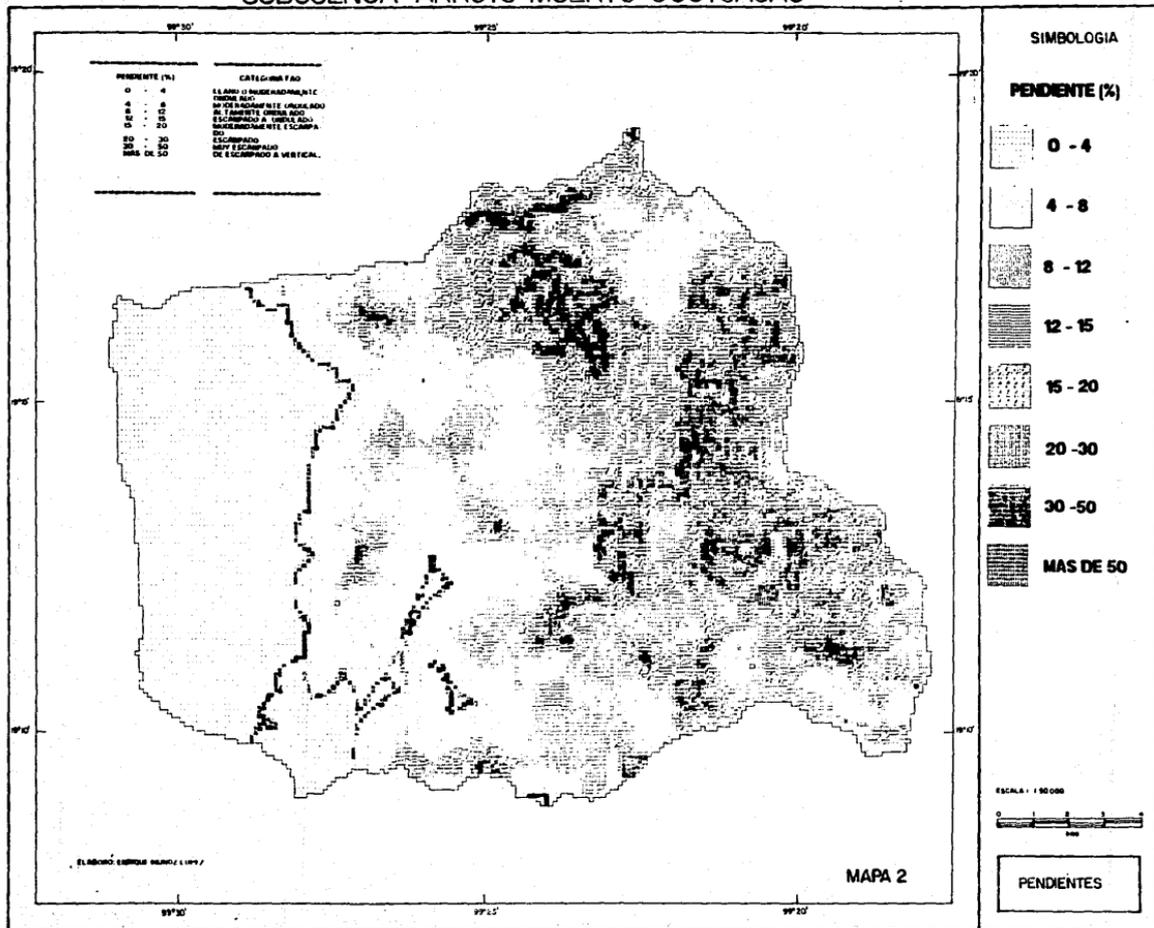
MAPA 8 : INDICE DE USO DE SUELO

MAPA 9 : USO POTENCIAL DEL SUELO

SUBCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC



SUBCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC

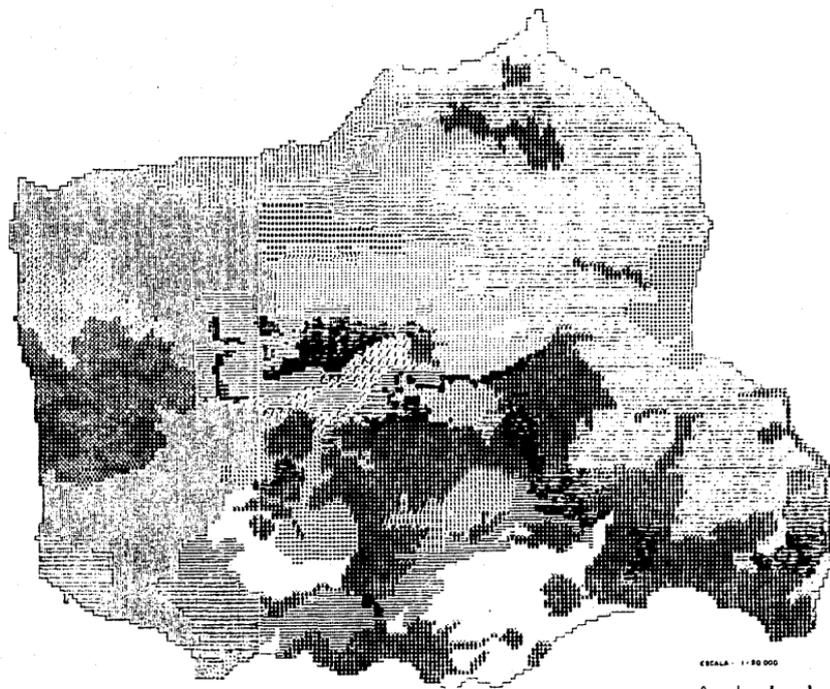


SUBCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC

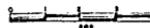
MAPA 3

SIMBOLOGIA

Th+To	Th+Hh
Th+To+Hh	
I+Th	Th
Hh+Vp	
Oe+Gh	
Hg-Gm	
Tm	
Vp	
Hh+Tm	
Hh	
Hh-Lc	
Hh-I	
Rc-I	
Lc-I	
Lc-To	
Bc-Lc	
Vp+Hh	
Bc	
Th+Be	
I	
Th+Bc	
Th+Tm	
To	
Hh+Be	
Vp+Hg	



ESCALA: 1:50 000

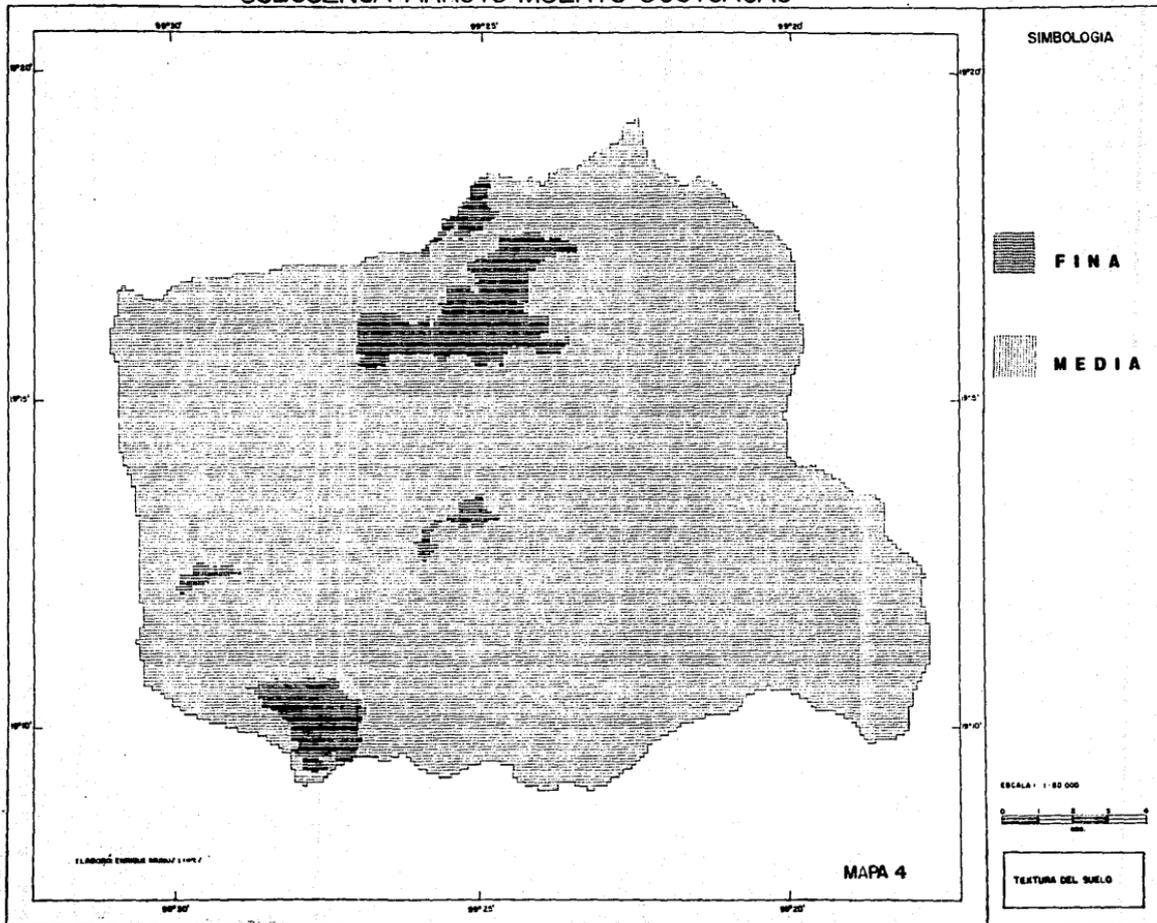


ELABORACIÓN: EMPHOTE MARAFIA LUPIZ

VER SIGNIFICADO DE
CLAVES DE SUELOS EN
EL TEXTO, PAG 72

SUELOS

SUBCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC



SIMBOLOGIA



FINA



MEDIA

ESCALA 1:50 000



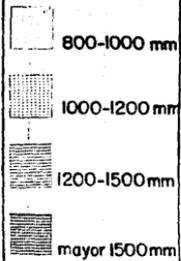
ELABORACIÓN: CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

MAPA 4

TEXTURA DEL SUELO

SUBCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC

SIMBOLOGIA



ESCALA: 1:50 000

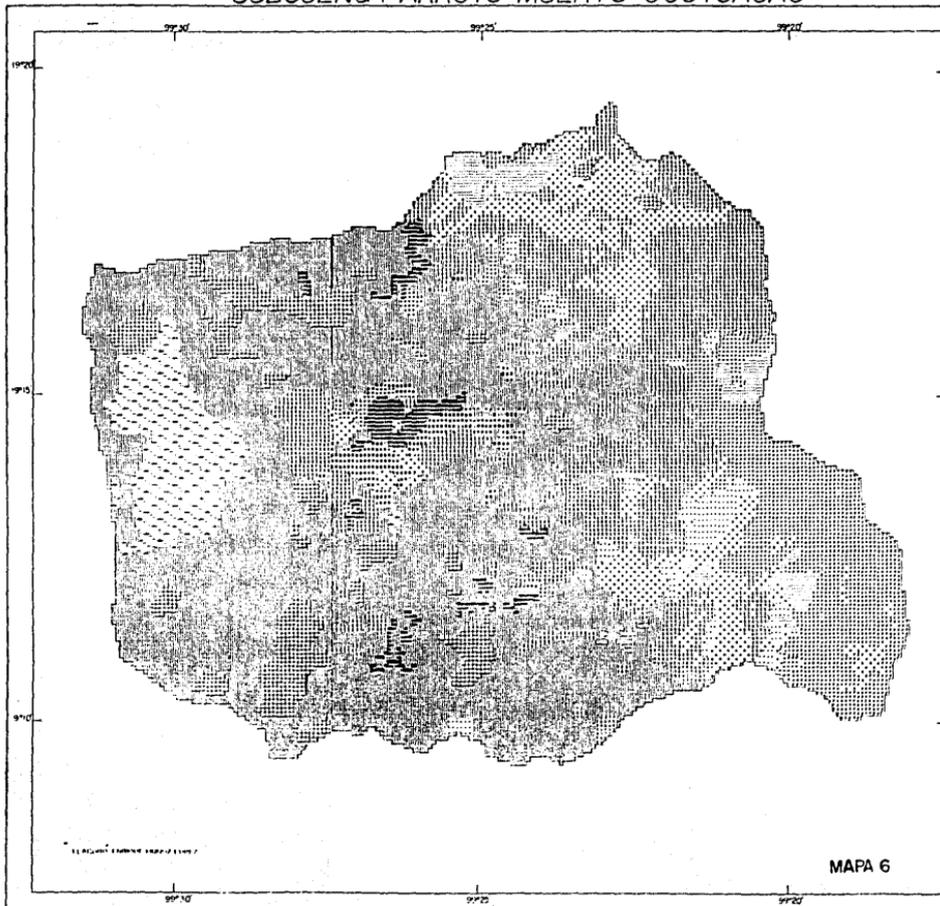


PRECIPITACION MEDIA ANUAL

ELABORADO POR: INEGI

MAPA 5

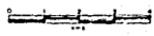
SUBCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC



SIMBOLOGIA

- AGRICULTURA**
- ARBUSTOS**
- PASTAZALES**
- PANTANOS CUERPOS DE AGUA**
- URBANO - INDUSTRIAL**
- OYAMEL**
- OYAMEL Y PINO**
- CEDRO**
- PINO**
- PINO Y OYAMEL**
- PINO Y ENCINO**
- ENCINO**
- ENCINO Y PINO**
- ENCINO Y OYAMEL**
- HOJOSAS Y OYAMEL**

ESCALA 1:50,000



USO ACTUAL DEL SUELO

MAPA 6

SUBCUENCA ARROYO MUERTO OCOYOACAC

