



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

DINAMICA DE LA CUBIERTA VEGETAL EN EL  
ESTADO DE GUANAJUATO A TRAVES DE IMAGENES  
DE SATELITE LANDSAT 1979 - 1986.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
LICENCIADA EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :

María Virginia Juárez Silva

☆ OCT. 26 1988 ☆

SECRETARIA DE  
ASUNTOS ESCOLARES  
MEXICO, D. F.



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

1988.



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.

DINAMICA DE LA CUBIERTA VEGETAL  
EN EL ESTADO DE GUANAJUATO A TRAVES DE  
IMAGENES DE SATELITE LANDSAT  
1979-1986

C O N T E N I D O

	Pág.
INTRODUCCION.	
1 PANORAMA DE LA PERCEPCION REMOTA	1
1.1 DEFINICION DE LA PERCEPCION REMOTA	1
1.2 BREVE HISTORIA DE LA PERCEPCION REMOTA	8
1.3 EL SISTEMA LANDSAT	11
2 VEGETACION EN EL ESTADO DE GUANAJUATO	23
2.1 GENERALIDADES DE LA VEGETACION EN GUANAJUATO	23
2.2 ASPECTOS FISICOS QUE AFECTAN A LA VEGETACION	30
3 METODOLOGIA EMPLEADA	45
4 OBTENCION DE RESULTADOS	58
5 ANALISIS DE RESULTADOS	69
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFIA	79
RELACION DE MAPAS	84
RELACION DE FIGURAS	85
RELACION DE CUADROS	85

## INTRODUCCION

El constante desarrollo de los sensores remotos para la observación de la tierra, ha hecho posible contar con una gran cantidad de información útil para el estudio de los recursos naturales, permitiendo resolver diversos problemas que afectan el medio y sus recursos. Los datos generados por estos sensores son de gran utilidad, ya que la información puede ser analizada tanto en forma visual por el intérprete, como digitalmente por medio de computadoras, lo que reduce considerablemente el trabajo en tiempo y costos comparados con los procedimientos tradicionales de interpretación.

Es por esto que la técnica de la percepción remota se ha convertido en una herramienta útil para el estudio de los recursos naturales.

Las aplicaciones que se han generado con el desarrollo de la percepción remota son muy variadas, a continuación se mencionan algunas de ellas.

- Determinación de la cubierta vegetal natural
- Uso actual del suelo.
- Inventarios forestales y de cultivos.
- Localización de plagas y parásitos en la vegetación.
- Mapeo de unidades geológicas y detección de minerales.
- Determinación de recursos hidráulicos.
- Determinación de áreas con diferentes grados de erosión.

- Realización de estudios urbanos.
- Estimación de áreas inundadas.

El presente trabajo, da a conocer la utilidad que representa la Percepción Remota en la aplicación de estudios geográficos específicos; los cuales pueden ser realizados en forma rápida y a bajo costo; en este caso; conocer el uso de suelo y la dinámica de la cubierta vegetal en el Estado de Guanajuato mediante el empleo de imágenes de satélite LANDSAT y el apoyo de un Sistema de Interpretación Automático de Imágenes de Satélite (SIADIS).

El Estado de Guanajuato se eligió por ser un Estado de importancia agrícola en el país, con el fin de determinar como ha sido afectada su vegetación natural al abrir nuevas tierras al cultivo.

El estudio se encuentra organizado de la forma siguiente:

En el primer capítulo, se presenta un panorama general de la percepción remota, su definición, sus componentes físicos, lo que se entiende por espectro electromagnético, su historia, lo que es el sistema LANDSAT, los componentes del LANDSAT, su trayectoria al rededor de la tierra, la forma de adquirir la información, lo que es una imagen LANDSAT y su estructura.

En el segundo capítulo, trata de la vegetación en el Estado de Guanajuato, incluyéndose la localización geográfica de la entidad, generalidades de la vegetación en el Estado y aspectos físicos relacionados con la vegetación, como son: estrato rocoso, relieve, ríos, climas y suelos.

En el tercer capítulo se habla sobre la metodología utilizada para la interpretación de imágenes de satélite: en donde se incluye la delimitación del área de estudio, la búsqueda de fuentes de información, la ubicación del área en imágenes y el procesamiento de éstas.

En el cuarto capítulo, se presentan los resultados obtenidos con el Sistema de Interpretación Automático de Imágenes LANDSAT 1979-1986 y los resultados obtenidos de la verificación de campo en el uso de suelo.

En el quinto, se muestra un análisis de resultados, al efectuar una comparación en el uso de suelo de cada variante identificada, para los años 1979-1986, que cubren el Estado.

Por último, se señalan las conclusiones y recomendaciones, así como la bibliografía consultada.

Para comprender mejor el tema desarrollado se incluyen algunos de los conceptos de mayor importancia empleados en el presente trabajo.

Percepción Remota. es la obtención de información a partir de las mediciones de algunas propiedades de un objeto sin tener contacto físico con él.

Barredor o Sensor. es todo aquello capaz de capturar información de una escena en cualquier forma posible, principalmente por radiación electromagnética y la convierte en una señal que puede ser grabada y desplegada como un dato numérico o como una imagen.

Procesador. es aquél sistema que facilita la extracción e interpretación de la información contenida en una escena captada por un sensor.

Pixel. es un elemento de la imagen, dado por un sistema de coordenadas X-Y.

Digitalización. es el proceso de convertir una imagen continua a formato numérico.

## 1 PANORAMA DE LA PERCEPCION REMOTA.

### 1.1 DEFINICION DE LA PERCEPCION REMOTA.

El nombre de Percepción Remota aparece inicialmente durante las primeras misiones interplanetarias de sondas espaciales no tripuladas, a bordo de las cuales se instalaron cámaras de televisión para la captura y envío a la tierra de imágenes correspondientes a regiones selectas de la superficie de otros planetas.

El desarrollo de esta técnica, por su aplicación novedosa a la geología a la geofísica y ultimamente a la geografía la cual se ha visto involucrada tradicionalmente al estudio de la superficie planetaria terrestre; de ahí que la Percepción Remota se defina como la obtención de información a partir de las mediciones de algunas propiedades de un objeto sin tener contacto físico con él.

Cualquier objeto en el medio absorbe, emite, dispersa, transmite o refleja energía luminosa (Radiación Electromagnética), en su superficie y esta energía se propaga a la atmósfera y puede ser captada mediante aparatos de medición a distancia. Es por esta razón que se les denomina a estos objetos "Remotos" y a la técnica de su empleo, "Percepción Remota". (PURDUE UNIVERSITY, 1976; SARH, 1983 )



Actualmente, el concepto se restringe a la técnica que permite la adquisición de información desde naves aéreas y espaciales, a partir de métodos que utilizan la radiación electromagnética como medio de detección y medición de las características de un objeto. Esta radiación comprende formas de longitud de onda tales como la luz visible y la no visible, calor, ondas de radio, rayos x, rayos gamma, etcétera.

Por otro lado, la fotografía aérea fue la primera forma de la percepción remota contemporánea la cual aún es utilizada, específicamente en estudios del medio ambiente y recursos naturales. En los últimos años el hombre ha creado nuevos medios de captura de información y ha logrado obtener conocimientos de la tierra no sólo con fotografías que cubren una parte muy limitada de longitudes de onda de la radiación electromagnética, (espectro electromagnético) sino también en otras porciones del mismo que van más allá de la luz visible. (SRH, 1974; SABINS: F. F., 1978; SARH, 1984)

#### 1.1.1 LOS COMPONENTES DE LA PERCEPCION REMOTA.

Para efectuar Percepción Remota, son necesarios tres elementos: la escena o sitio, el sensor o barredor y la forma de procesar la información.

A continuación se describe lo que se entiende por cada componente:

Escena. Es todo aquéllo de lo cual se necesita recabar cierta información y ésta puede junto con el sensor, definir una o más de las características siguientes: resolución espacial, temporal, espectral y radiométrica. Por lo tanto la escena es el área sobre la tierra que es cubierta por una imagen o fotografía.

Barredor o Sensor. Es todo aquéllo capaz de capturar información de una escena en cualquier forma posible, principalmente por radiación electromagnética y la convierte en una señal eléctrica que puede ser grabada y desplegada como un dato numérico o como una imagen.

Procesador. Es todo aquél sistema que facilita la extracción e interpretación de la información contenida en una escena que es captada por un sensor.

Es importante hacer notar que un sensor es bueno o aceptable si la representación que genera la escena es suficiente para caracterizarla en un grado tal, que la resolución del mismo aporte información sobre un problema. Dado de este modo, si se desea una visión del planeta como un todo, la plataforma de observación tendría que estar tan lejana como una sonda espacial, en cuyo caso no se podría lograr información detallada requerida para la detección, por ejemplo de cultivos o áreas geológicas.

Dentro de la percepción remota actual, como ya se mencionó anteriormente, las plataformas más comunes son aviones y satélites, los sensores más usados son cámaras fotográficas y barredores multiespectrales.

Las películas fotográficas que se usan son en blanco y negro y en color; también hay películas que reaccionan a rangos de longitud de onda fuera de la porción del espectro visible, como es el caso del infrarrojo cercano y el infrarrojo térmico.

Como se sabe se puede considerar al Sol como única fuente de supervivencia en el planeta. Sin embargo, el Sol es fuente de una gran variedad de tipos de energía que van desde los rayos gamma que son las ondas de longitud más pequeña hasta las ondas más largas de radio; estas radiaciones emitidas por el Sol se dispersan, absorben y reflejan por los medios y cuerpos que se encuentran en el camino a nuestro planeta, como por todo lo que se encuentra en él mismo. Es esta reflexión de energía la que puede ser detectada por algún sensor como por ejemplo, el ojo humano. Este sólo registra la energía luminosa que los cuerpos reflejan en el rango de la luz visible (0.38 a 0.78 micrometros)\*, lo cuál le permite apreciar ciertas características de una escena determinada. (\*micrometros = milésima parte de un milímetro)

Es importante hacer notar que todo cuerpo irradia en un intervalo muy amplio de longitudes de onda del espectro electromagnético, incluso fuera del rango de la luz visible. Esto no significa que el ser humano sea capaz de detectar toda la energía irradiada por un cuerpo y éste se debe a dos razones básicas:

- 1 - El ojo humano es un sensor y como tal , tiene un rango de operación que sólo puede detectar ciertos intervalos tanto de amplitud como de frecuencia y a este rango de energía se le ha dado el nombre de la banda de la luz visible. (0.38 violeta, indigo, azul, verde, amarillo, anaranjado, rojo 0.78 micrómetros)
- 2 - Todos los cuerpos reciben la energía del Sol, pero ellos reaccionan de distinto modo reflejando sólo parte de esta energía recibida y ésta o parte de ella puede estar fuera de los rangos de la luz visible. (SARH, 1984)

Actualmente se estudian cuatro características de una imagen en relación a su capacidad de resolución entendiéndose por este término, la capacidad que un sistema sensor tiene para separar los elementos de un objeto bien definido en una sucesión de líneas equidistantes. (Lira J. , 1987)

Estas características se describen a continuación:

**Resolución Espacial.** Es la capacidad de un sensor para distinguir dos o más objetos, a los cuales se les puede registrar como entidades separadas donde la resolución es la distancia mínima entre ellos.

**Resolución Espectral.** Se interpreta como la capacidad de un sensor para separar y detectar ciertos rangos de longitud de onda del espectro electromagnético. En términos de instrumentación, resolución espectral involucra tanto el rango de frecuencias del espectro que es registrado, como el número de intervalos utilizados por el sensor; y depende del ancho de la banda del espectro admitido por el filtro del sistema detector y la calidad de energía presente en esa porción particular del espectro. Instrumentos diseñados con anchos de banda pequeños tienen excelentes características de resolución espectral.

**Resolución Radiométrica.** Se define como la capacidad de un sensor para diferenciar la intensidad de la energía medida. Esta se puede presentar en forma de luz reflejada en la porción visible del espectro para sistemas fotográficos o en forma de energía emitida en las porciones del infrarrojo térmico o en la región de microondas.

Resolución Temporal. El uso del tiempo como discriminante, permite alterar las especificaciones en las otras tres dimensiones. Por ejemplo si se planea un calendario de tomas de un área agrícola que detalle las épocas de plantación, crecimiento y cosecha, existe la posibilidad de discriminar información para separar tipos de cultivo.

### 1.1.2 ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.

El espectro electromagnético es el continuo de energía cuyas longitudes de onda van desde kilómetros hasta nanómetros; esta energía viaja a una velocidad de  $3 \times 10^8$  m/seg. y es capaz de propagarse en el vacío.

Toda materia irradia en una rango de energía electromagnética con la máxima intensidad, moviéndose progresivamente a longitudes de onda más cortas con un incremento de temperatura.

Las bandas de longitud de onda del espectro se muestran en la figura No.1 y son descritas en el cuadro no.1; las fronteras entre las bandas cambian de manera gradual. En la parte inferior de la figura se muestran las bandas comúnmente empleadas en la Percepción Remota y en el cuadro se observa que la radiación en la porción de longitudes de onda corta de la banda del infrarrojo y la porción de longitud de onda del ultravioleta, son

# BANDA ESPECTRAL

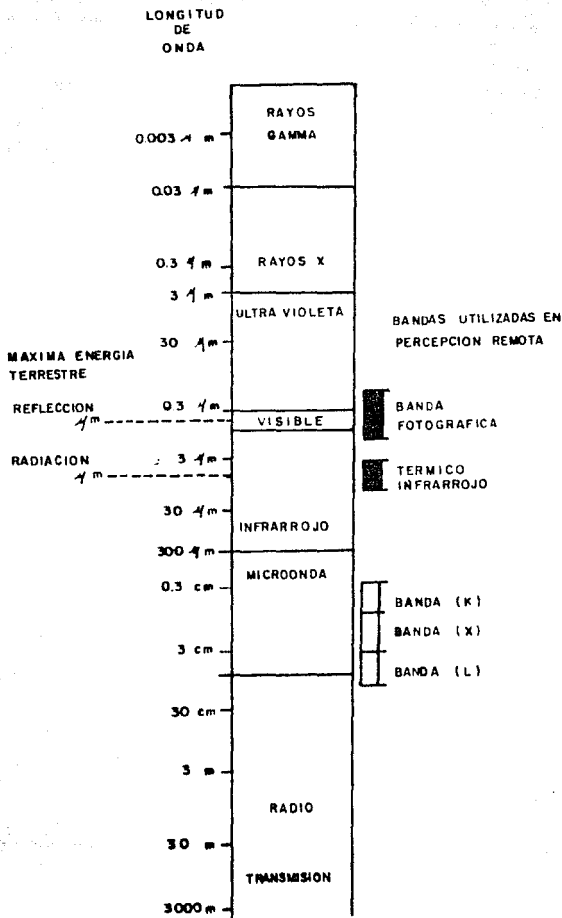


FIGURA No. 1  
FUENTE: 1978. FLOYD F. SARRIS

ESPECTRO ELECTROMAGNETICO CON LAS BANDAS  
EMPLEADAS EN PERCEPCION REMOTA.

BANDA	LONGITUD DE ONDA	OBSERVACIONES
Rayos gamma	0.02 m	Esta radiación proviene del sol y es absorbida totalmente por la parte más alta de la atmósfera y no está disponible para Percepción Remota. La radiación gamma proveniente de minerales radiactivos, es detectable mediante vuelos aéreos bajos como un método de exploración.
Rayos X	0.03 a 10 nm	La radiación al llegar es completamente absorbida por la atmósfera. No se emplea en Percepción Remota.
Ultra Violeta, UV	3 nm a 0.4 m	La radiación llega en longitudes de onda de 0.3 y es absorbida completamente por el ozono de la parte más alta de la atmósfera.
Fotografía, UV	0.3 a 0.4 m	Transmitida a través de la atmósfera. Se detecta con emulsiones fotográficas y fotodetectores pero la dispersión atmosférica es severa.
Visible	0.4 a 0.7 m	Se detecta con emulsiones y fotodetectores. Incluye la alta reflectancia de la superficie terrestre alrededor de 0.5
Infrarrojo, IR	0.7 a 300 m	La interacción con la atmósfera varía con la longitud de onda. Las ventanas de transmisión atmosférica son separadas por bandas de absorción.
IR Reflejado	0.7 a 3 m	Esta es principalmente la radiación solar reflejada y no contiene información acerca de las propiedades térmicas de los materiales. La radiación desde 0.7 hasta 0.9 es detectada con emulsiones y es llamada radiación fotográfica, IR.
IR Térmico	7 a 14 m	Estas son las principales ventanas atmosféricas en la región térmica. Las imágenes en estas longitudes de onda son adquiridas a través del uso de barredores ópticos, mecánicos no por película.
Microonda	0.3 a 300 cm	Estas longitudes de onda largas pueden penetrar las nubes y la niebla. Las imágenes pueden ser adquiridas en modo activo o pasivo.
Radar		Forma activa de las microondas en Percepción Remota.

CUADRO No. 1

BANDAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO



detectables por emulsiones fotográficas, por lo que éstas quedan incluidas dentro de las longitudes de onda visible y se denominan como la banda fotográfica de la percepción remota.

Como se dijo anteriormente los sensores detectan sólo un intervalo de frecuencias, las cuales son denominadas como ancho de banda del sensor. Asimismo gran parte de la energía emitida por el sol es absorbida por la atmósfera y sólo una porción es reflejada por la escena captada; a este rango de frecuencias de respuesta de los sensores y las frecuencias que pasan a través de la atmósfera y que son reflejadas se les conoce como "ventanas atmosféricas". (PURDUE UNIVERSITY, 1976; SARH, 1984)

## 1.2 BREVE HISTORIA DE LA PERCEPCION REMOTA.

La historia de la Percepción Remota, se puede sintetizar mencionando las etapas más importantes de su desarrollo, según información consultada. (Nieto A.; Loyo F. s/año)

A mediados del siglo XIX, con el auxilio de un globo, se empiezan a tomar fotografías aéreas, mismas que se utilizan en la elaboración de cartas topográficas.

A principios del siglo XX, se logra romper la barrera de los 1,000 metros de altura con la introducción de vuelos no tripulados de globos y cometas.

Hacia el año de 1925, aparece la fotografía en color. Para entonces, la aviación se encuentra desarrollada y la utilización de fotografía aérea tiene grandes aplicaciones en la elaboración de mapas y recolección de datos de relevancia en la planificación.

Años después, la fotografía aérea alcanzó niveles altos de sofisticación. Se había logrado disminuir el efecto de fenómenos atmosféricos de altura de la plataforma de vuelo y de las lentes utilizadas.

La utilización de los radares en el área de la cartografía se desarrolla con éxito a mediados del presente siglo, teniendo la desventaja de requerir una gran energía para emitir la señal que después es captada por el sensor.

En el año de 1957, la Unión Soviética da inicio a la era espacial con el lanzamiento del Sputnik I y con ello se abren posibilidades de alturas mayores y periodicidad en la ubicación de la plataforma de vuelo.

En 1961, el satélite Mercurio de los Estados Unidos obtiene fotografías a color y con algunas de ellas se hace un estudio geológico del Desierto del Sahara.

Las restricciones impuestas por la fotografía convencional: recuperación de la película, interpretación no automática y la sensibilidad restringida a una región del espectro electromagnético, hicieron necesaria la utilización de una nueva tecnología.

A partir de 1972, se inicia la serie LANDSAT (LAND SATELLITE); la cual está destinada exclusivamente al estudio y detección de los recursos terrestres. (Fertilizantes Mexicanos, S.A.; Centro Científico de I.B.M. de México, S.A.) s/año.

En febrero de 1978, el gobierno francés decide poner en marcha el programa de Observación de la Tierra SPOT (Satellite pour l'Observation de la Terre), para poder tener una mayor resolución de las aplicaciones de las técnicas espaciales de la teledetección de la superficie de la tierra con fines de conocimiento, inventario, supervisión y acondicionamiento.

La mayor originalidad del programa SPOT reside en que contiene un sistema de teledetección operacional y comercial; asegurando en tal forma la obtención de la información para el desarrollo de estudios específicos, obteniendo una máxima resolución en el terreno de 10x10 m.

En Julio de 1982 se crea la primera Sociedad Comercial en el mundo para la distribución de los datos y productos de los satélites de teledetección de los recursos terrestres.

El SPOT-1 fue lanzado en febrero de 1986 y en mayo del mismo año, comienza a mandar información. El SPOT-2 está programado a ser puesto en operación a principios de 1989.

Hasta aquí se tiene el registro de los adelantos en sistemas de teledetección de los recursos terrestres a nivel mundial.

(SPOT-1 Launching CNES, 1985)

### 1.3 EL SISTEMA LANDSAT.

Este sistema fue originalmente llamado ERTS (Earth Resources Technological Satellite); pero el nombre fue cambiado dos años después de que el primer satélite fuera lanzado a LANDSAT (Land Satellite); hasta ahora cinco satélites han sido puestos en órbita. El LANDSAT I fue lanzado en julio de 1972 y obtuvo información hasta mediados de 1976 cuando dejó de funcionar, el LANDSAT II fue lanzado el 21 de enero de 1975; el tercer lanzamiento se realiza en 1979 y su nombre es LANDSAT III; el LANDSAT IV fue puesto en órbita a partir del 16 de julio de 1982 y del cual se cuenta con tomas disponibles, actualmente ya no está en operación.

El 1 de marzo de 1984 se lanzó el LANDSAT V, debido a desperfectos en los paneles de energía solar del LANDSAT IV, y es éste último el que se encuentra activo actualmente.

Al LANDSAT V, se le adicionó un dispositivo para mejorar la imagen llamado Mapeador Temático (TM).

Con el aumento en la disponibilidad de datos del mapeador temático (TM) desde el LANDSAT V, se han desarrollado múltiples formas de productos de color del TM usando las bandas 2, 3 y 4.

Esto inicia la evolución de los métodos usados para obtener los productos a color, que se encuentran disponibles para los usuarios del LANDSAT.

El Mapeador Temático (TM) fue concebido por la NASA como un instrumento de segunda generación en relación al MSS; por lo que se diseñó principalmente para observar la cubierta vegetal y proveer una mejor medida de las parcelas en regiones o países con campos pequeños.

### 1.3.1 PRINCIPALES COMPONENTES DEL LANDSAT.

Los componentes principales del LANDSAT se muestran en la figura No. 2; los paneles solares generan electricidad, las antenas responden a órdenes de la tierra y transmiten datos a estaciones receptoras. Los satélites LANDSAT tienen un sistema colector de datos que recibe información de sensores en la tierra y la retransmite a estaciones terrestres, como sensores de inundación y sismómetros, que son algunos de los sensores típicos que han

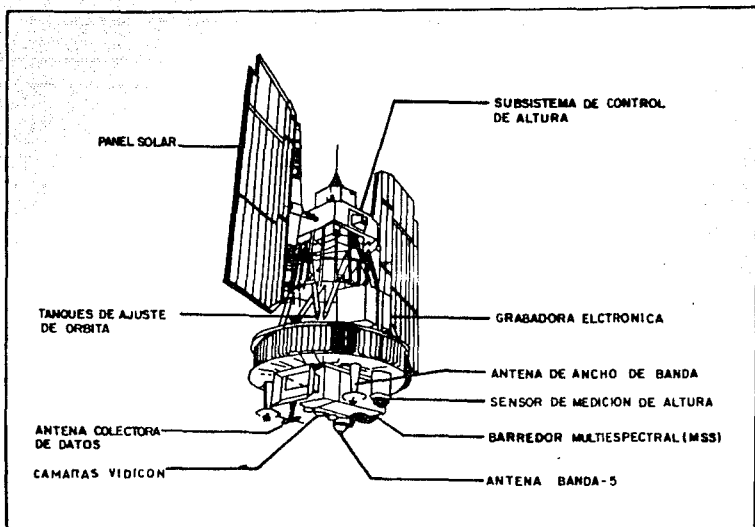


FIGURA N°2 DIAGRAMA DE LOS SATELITES LANDSAT

sido instalados en áreas de difícil acceso y desde ahí cada uno envía la información al satélite para su retransmisión a estaciones receptoras.

El Landsat I y II tenían un sistema de Vidición (RBV-Return Beam Vidicon) que consistía de tres cámaras que toman imágenes en las regiones del verde (0.475 a 0.575 micrómetros), rojo (0.580 a 0.680 micrometros) e infrarrojo (0.690 a 0.830 micrómetros).

En lugar de utilizar película para grabar una imagen, ésta se forma en una cámara de tubo fotosensible que es barrido por un haz de electrones; la imagen resultante es enviada a la tierra. Hasta este momento se ha observado que en general las imágenes del barredor multiespectral son superiores en calidad a las obtenidas con el tubo Vidición (RBV), por lo que tuvo que ser cancelado un mes después de su lanzamiento. (Juárez, M. Esteban, 1983; SARH, 1984)

En los Landsat III, IV y V los sensores son los siguientes: un sistema barredor multiespectral modificado y un sistema de dos cámaras Vidición. El barredor multiespectral es igual al del Landsat I y II pero incluye para el LANDSAT III la adición de una quinta banda en el infrarrojo térmico y tiene una ventana que va de los 10.4 a los 12.6 micrómetros. La banda térmica tiene dos detectores con una resolución de 238 micrómetros; la cual es tres

veces mayor que la de los detectores de otras bandas. La cámara Vidicón opera en la región de los 0.5 a los 0.75 micrómetros con una resolución de 40 m.

La imagen producida por la lente de la cámara y el sistema obturador, se almacena en una superficie fotosensible, la cual es barrida electrónicamente para generar una señal de video que será transmitida posteriormente. (SARH, 1984)

### 1.3.2 EL BARREDOR MULTIESPECTRAL (MSS)

El barredor multiespectral es un sistema de captura de información que simultáneamente adquiere imágenes en varias longitudes de onda, de la misma escena.

Este se encuentra localizado en la base del satélite y está formado por un espejo que oscila a través de un ángulo de  $11.56^\circ$  captando la energía reflejada por los elementos que componen la superficie terrestre, produciendo a su vez un barrido de 185 km. de ancho perpendicular a la trayectoria orbital tal como se muestra en la figura No. 3.

La información sólo es grabada durante el barrido hacia el lado este, la cual se mantiene de manera continua a lo largo de la órbita y se transmite a una estación receptora en la tierra para ser grabada en cinta magnética. La información es procesada en tierra para producir imágenes que cubren una área de  $185 \times 185$  km.



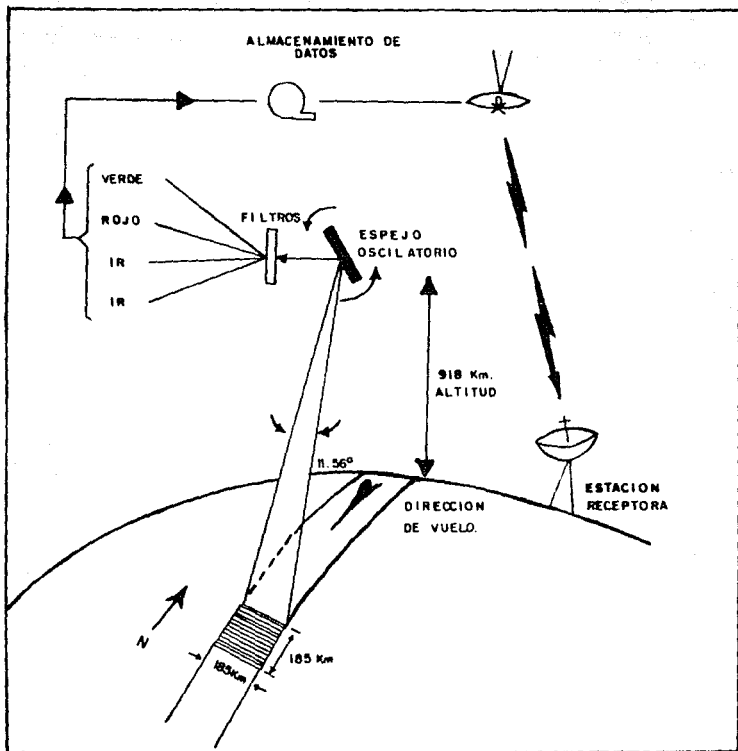


FIGURA N.º 3 BARREDOR MULTIESPECTRAL DEL SATELITE LANDSAT

El campo o área de visión instantáneo de cada detector cubre una superficie de 79x79m , y esta superficie es la que determina la resolución espacial del sistema.

La luz reflejada por el terreno es descompuesta en 4 regiones de longitud de onda o bandas espectrales; y de esta forma se obtienen imágenes en 4 rangos del espectro electromagnético; el cuadro No.2 muestra el número convencional con el que se designa cada una de las longitudes de onda.

Banda	Longitud de Onda . m	Color	Color normalmente usado para proyección
4	0.5 a 0.6	verde	azul
5	0.6 a 0.7	rojo	verde
6	0.7 a 0.8	foto. IR	rojo
7	0.8 a 1.1	foto. IR	rojo

Cuadro No.2 LOS CUATRO RANGOS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO

En los LANDSAT I, II y III las bandas designadas eran del 1 al 4 y apartir del LANDSAT IV y V las bandas se designan de acuerdo a su longitud de onda del 4 al 7; ( de .4 al .7 que es el rango del espectro visible).

### 1.3.3 LA TRAYECTORIA ORBITAL DEL LANDSAT.

El satélite LANDSAT tiene una órbita casi polar heliosincrónica , a una altitud de aproximadamente 918 km; circunda a la tierra cada 103 minutos completando 14 órbitas diarias. La figura no.4 muestra la órbita del satélite durante un día de rotaciones.

Orbita Heliosincrónica se define como la órbita del satélite en la cual la trayectoria es casi polar y la altitud es tal, que el satélite pasa por un mismo punto a la misma hora solar local.

De éstas órbitas, las de modo ascendente (al norte) cubren el lado oscuro del planeta. Las latitudes arriba de los 81° no son registradas por las órbitas LANDSAT, a una latitud de 40° existiendo un 34% de traslape lateral, el cual disminuye a un 14% en el Ecuador y se incrementa a un 70% en latitudes polares.

La órbita heliosincrónica tiene por objeto adquirir imágenes con ángulos solares intermedios y lograr tomas en condiciones de iluminación similar. Cada 18 días se obtiene una órbita respectiva la cual facilita la comparación de imágenes. La inclinación de la órbita del satélite es de ángulos medios a

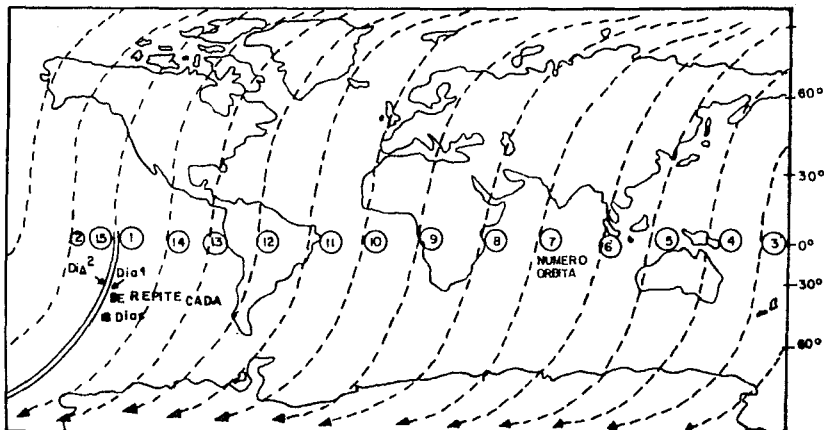


FIGURA N° 4

TRAYECTORIA DE LA ORBITA TIPICA DEL SATELITE LANDSAT.  
 CADA DIA LA TRAYECTORIA SE DESVIA 180 Km HACIA EL OESTE  
 DEL ECUADOR. LAS IMAGENES SON OBTENIDAS ENTRE LAS  
 9.30 Y 10:00 HRS. TIEMPO SOLAR LOCAL, EXCEPTO EN LAS  
 LATITUDES MAS ALTAS.

pequeños. Las imágenes logradas a ángulos pequeños en épocas de invierno resultan particularmente útiles para conocer rasgos lineales.

#### 1.3.4 ADQUISICION DE LA INFORMACION A TRAVES DEL LANDSAT.

El satélite cuenta con seis detectores para cada una de las cuatro bandas: de este modo, para cada barrido del sistema óptico, resultan seis líneas por cada banda espectral y la intensidad de la radiación registrada por los detectores se convierte en señal eléctrica, la cual es grabada y transmitida en forma de una imagen. (ver figura No.5)

Es importante resaltar que debido a los efectos de la dispersión atmosférica, no se obtiene una banda azul por el alto grado de degradación que éste sufre. Debido a esto, el satélite genera cuatro imágenes de una misma escena, una para cada rango del espectro. Dichas imágenes son captadas por las estaciones receptoras terrestres, (ver figura No.6) en forma digital y pueden ser procesadas tanto en cintas compatibles para computadora como en impresiones en blanco y negro a diversas escalas, mediante sistemas ópticos, las cuatro bandas pueden ser compuestas en la llamada imagen en falso color; para lograr esto, se efectúa un registro y una sobre posición de las bandas mediante un filtrado con los colores básicos, verde, azul y rojo

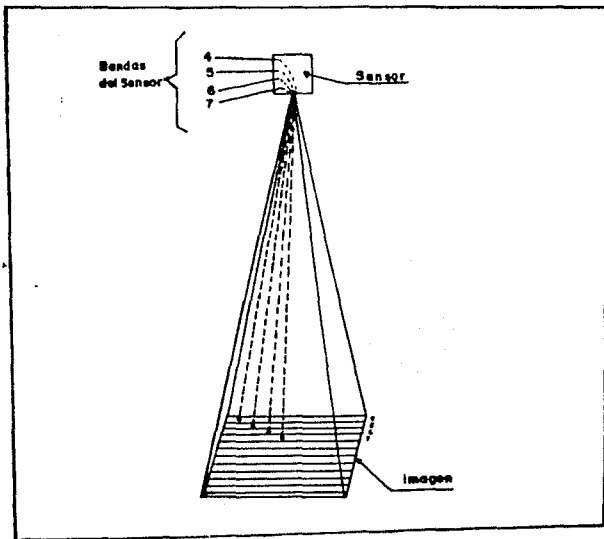
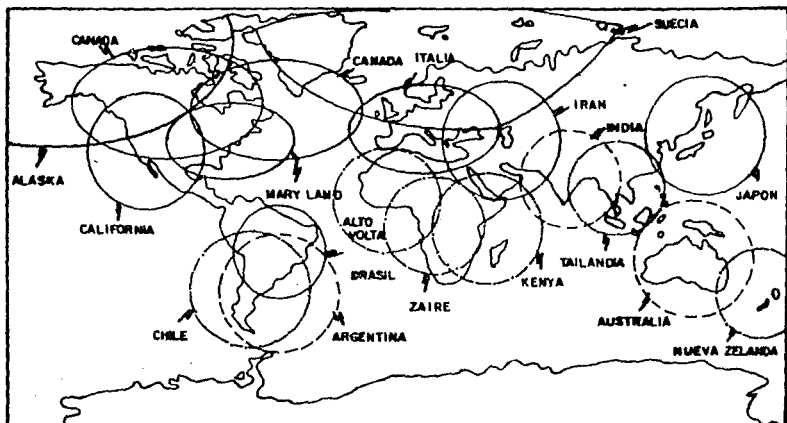


FIGURA N° 5  
Adquisición de información a través del LANDSAT



- EN OPERACION
- EN DESARROLLO
- · - · - EN PLANEACION

FIGURA N° 6

ESTACIONES RECEPTORAS TERRESTRES DEL SATELITE LANDSAT

de modo que la imagen resultante presente las mismas características de una fotografía en color infrarrojo. (SARH, 1984)

Banda 4 Filtro azul :

Banda 5 Filtro verde : Para obtener una imagen en falso

Banda 6 y 7 Filtro rojo : color en fotografía.

Una imagen de satélite cubre una área de aproximadamente 35 000 Km<sup>2</sup> y su contenido es del orden de 30 millones de datos.

### 1.3.5 CARACTERISTICAS DE LA IMAGEN LANDSAT.

La resolución espacial de las imágenes multiespectrales LANDSAT está determinada por varios factores, incluyendo el área de resolución de 79x79m. ; condiciones atmosféricas, resolución de contraste de la escena y reproductibilidad de la imagen. A diferencia de las fotografías aéreas, las imágenes LANDSAT tienen muy poca distorsión geométrica, lo cual se debe al pequeño ángulo de barrido.

Las ventajas con las que cuentan las imágenes LANDSAT se resume en la forma siguiente:



- Los rasgos lineales topográficos pueden realizarse o suprimirse dependiendo de su orientación relativa con el azimut del sol; se entiende por azimut la orientación geográfica de una línea dada como un ángulo desde el norte y en sentido de las manecillas del reloj.
  
- La cobertura relativa del LANDSAT, permite a los usuarios seleccionar imágenes de la estación climática ideal para sus propósitos. Así las imágenes de invierno dan elevaciones mínimas del sol, con lo que se logra un máximo realce de rasgos lineales topográficos.
  
- Mediante la comparación de imágenes de épocas distintas, se aprecian diferencias entre las estaciones de secas y las de lluvias, esto es más notorio en falso color que si se usara solamente imágenes en blanco y negro de alguna de las cuatro bandas (1, 2, 3, 4). Una imagen en falso color es una imagen preparada por la proyección y combinación individual de imágenes multiespectrales en blanco y negro.
  
- Se pueden obtener imágenes libres de nubes en la mayor parte del mundo; esto ayuda a que se cuente con una información sin problemas en su interpretación.

- Se cuenta con imágenes a color similares al infrarrojo, las cuales están disponibles para la mayoría de las escenas. Infrarrojo se define como la región del espectro electromagnético que incluye longitudes de onda de 0.7 a 1.0 micrómetros.
- Se presenta una amplia cobertura en las tomas de cada escena, bajo condiciones uniformes de iluminación, lo cual da relativa facilidad para la creación de mosaicos, abarcando de esta forma grandes extensiones.
- Las imágenes están disponibles en formato compatible con computadora.

#### 1.3.5.1 ESTRUCTURA DE LA IMAGEN LANDSAT

Cualquier imagen LANDSAT está estructurada por un conjunto de pequeños elementos que tienen un poder de resolución mínima, con superficies iguales arregladas en forma de líneas y columnas. La posición de cualquier elemento de la imagen o "PIXEL" (Pixel viene de "Picture Element", esto es elemento de imagen) como se le denomina está dado por un sistema de coordenadas X-Y; en donde su origen se sitúa en el vértice superior izquierdo de la imagen aumentando en forma progresiva hacia la derecha. (ver figura No. 7)

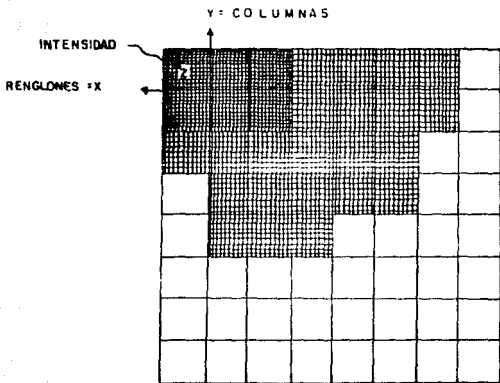


FIGURA N° 7 ESTRUCTURA DE LA IMAGEN LANDSAT.

La brillantez de cada pixel se asocia con un valor máximo que representa el blanco. Así, cualquier imagen puede ser descrita en función de valores numéricos en un sistema tridimensional con coordenadas X-Y que dan la posición del pixel o elemento dentro de la imagen y la coordenada Z que da el valor de intensidad en una escala de grises; la escala de gris es la secuencia de tonos de gris que van desde el negro hasta el blanco.

Una gran ventaja del barredor multiespectral del LANDSAT es que la imagen es grabada directamente en forma digital en cinta magnética.

El espejo oscilatorio del barredor explora el terreno en ángulo recto con respecto a la trayectoria del satélite y graba información sólo durante el barrido hacia el Este.

Las líneas de barrido son de 185 Km de longitud las cuales se alinean unas tras otras, formando una tira continua que es dividida en 2983 líneas, las cuales se utilizan para formar una imagen LANDSAT. El elemento mínimo de resolución es equivalente a una superficie de 79x79m; este cuadrado constituye el límite de resolución espacial de la imagen la cual es procesada electrónicamente, con el fin de eliminar la superposición con los elementos de resolución contiguos transformándolos en un rectángulo reducido debido a un traslape longitudinal de 56x79m; (en el IMTA se toma de 57x57m el pixel) con el cual se forma el pixel que equivale a 0.44 ha., la medida del tamaño del pixel de

57x57 se establecio para eliminar la distorsión en las orillas de la imagen causada por la curvatura de la Tierra al ser captada la información por el sensor, estableciendo de esta forma un tamaño homogéneo de pixel en la imagen.

Traslape es la extensión en la cual imágenes o fotografías adyacentes cubren el mismo terreno, expresado en porcentaje.

Por lo tanto la radiación solar reflejada por todo lo que se encuentra en esta superficie es registrada, generando una respuesta que varía en amplitud proporcionalmente con la intensidad de la radiación reflejada. (SARH, 1984)

## 2 VEGETACION EN EL ESTADO DE GUANAJUATO.

### 2.1 GENERALIDADES DE LA VEGETACION EN GUANAJUATO.

El Estado de Guanajuato está situado geográficamente en la parte central del país. En su parte sur se encuentra la fertilísima planicie del Bajío que se prolonga hasta Michoacán.

(ver Mapa No. 1)

El estado se encuentra ubicado entre los paralelos 19°55'08" y 21°52'09" de latitud norte y entre los meridianos 99°39'06" y 102°05'07" de longitud oeste del meridiano de Greenwich; existe una altitud promedio de 2,015 m.s.n.m.

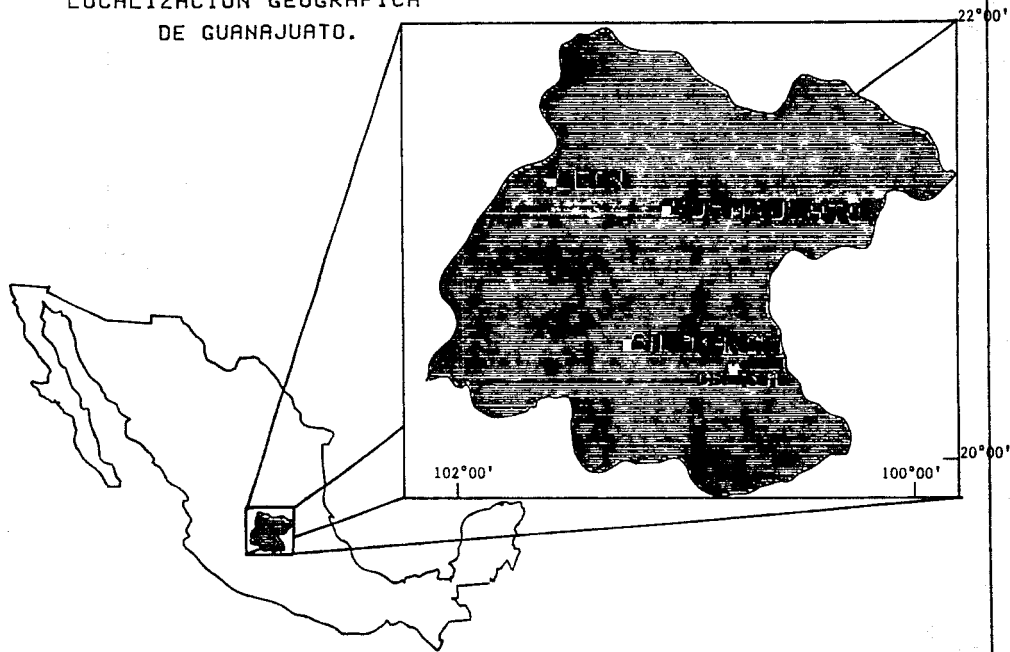
La superficie total del estado es de 3,058,900 Ha. por lo tanto ocupa el vigésimo segundo lugar por su extensión dentro del país. (SARH, 1976)

Está colindando con los siguientes Estados; al norte con Zacatecas y San Luis Potosí; al sur con Michoacán, por el este con Querétaro y al oeste con Jalisco. Políticamente se divide en 46 municipios y su capital es la ciudad de Guanajuato.

(SRH, 1975; BANCO DE COMERCIO, 1976; SPP, 1980)

Los tipos de vegetación existentes en el estado son: Matorral, Pastizal, Mezquital y Bosque de Pino-Encino con una gran variedad de especies en cada uno de ellas, (ver Mapas No. 10 y 11) para su distribución se tomaron como referencia las provincias

LOCALIZACION GEOGRAFICA  
DE GUANAJUATO.



MAPA No. 1

fisiográficas en las que se considera localizado el estado, encontrándose en éstas como sigue: hacia el norte la Mesa Central, al noreste en una pequeña porción la Sierra Madre Oriental y en toda su parte sur la provincia perteneciente al Sistema Volcánico Transversal. (ver Mapa No.2)

#### PROVINCIA DE LA MESA CENTRAL

Esta provincia cubre parte de los estados de Durango, Zacatecas, San Luis Potosí y Aguascalientes donde solamente su porción sur penetra en el estado de Guanajuato; colinda al norte y al oriente con la Sierra Madre Oriental, al oeste con la Sierra Madre Occidental y al sur con el Sistema Volcánico Transversal.

En esta provincia predomina un tipo de vegetación característica de zonas semiáridas; con un clima predominante semiseco y templado.

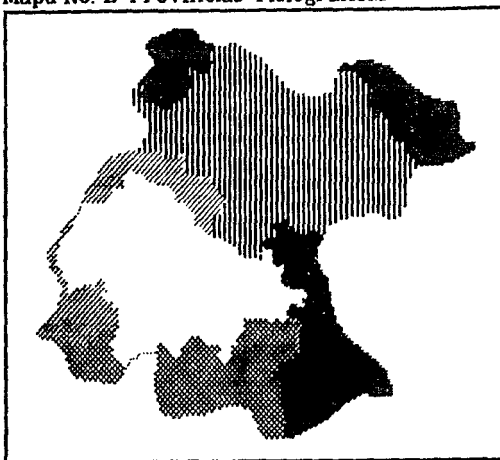
En la parte de la Mesa Central que comprende Guanajuato hay áreas que corresponden a dos subprovincias; los Llanos de Ojuelos y las Sierras del Norte de Guanajuato.

#### PROVINCIA DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL.

Esta provincia limita al norte con las sierras y llanuras de Coahuila y las sierras y bolsones del norte; al oeste con la Sierra Madre Oriental y la Mesa Central al este con la Llanura



Mapa No. 2 Provincias Fisiográficas



- Llanos de Ojuelos
- Sierra gorda
- ▨ Altos de Jalisco
- ▩ Sierras y bajíos michoacanos
- Llanos y sierras de Querétaro
- Bajío guanajuatense
- ▨ Llanuras y sierras del N de Gto.
- Sierras volcánicas y lagos del centro
- ▨ Valles paralelos del sureste

Costera del Golfo Norte y al sur con la provincia del Sistema Volcánico Transversal. Comprende partes de los estados de Durango, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Veracruz y Guanajuato.

En las partes altas de la provincia se localizan bosques de coníferas. Dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental se encuentra la Subprovincia de la Sierra Gorda.

#### PROVINCIA DEL SISTEMA VOLCANICO TRANSVERSAL.

Esta provincia llega al Océano Pacífico y al Golfo de México, ocupa la mitad sur del estado de Guanajuato y abarca también parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Querétaro, México, Hidalgo, Puebla Veracruz y todo Tlaxcala. El clima dominante de la provincia es templado subhúmedo hacia el poniente llega a ser semicálido y al norte es semiseco.

Las subprovincias de estas tres grandes provincias fisiográficas se describen en forma breve a continuación:

#### SUBPROVINCIAS DE LA MESA CENTRAL

- 1) Los Llanos de Ojuelos. Solo la parte sur de esta subprovincia penetra en el estado de Guanajuato. Los tipos de vegetación predominantes son:

- Matorral Crasicaule. Los principales componentes son la nopalera , dentro de las especies estan: nopal hartón (Opuntia sp), nopal cardón (O. streptacantha), cardenche (O. imbricata), y engorda cabra (Dalea sp).
- Pastizal. Esta compuesto por pastos de los géneros Bouteloua, Muhlenbergia, zacate tres barbas (Aristida), Lycurus y Buchloe y presenta además, como elementos acompañantes no gramínoideas como, nopal cardón (Opuntia streptacantha), Cardenche (O. imbricata), uña de gato (Acacia sp) , sangre de drago (Jatropha diorica) y engorda cabra (Dalia sp) .

Cabe aclarar que dado el uso agrícola de que ha sido objeto las llanuras, la vegetación natural está reducida lo que induce a pensar que este sistema de topofórmulas sustentaba originalmente una vegetación de tipo mezquital.

2) Las Llanuras y Sierras del Norte de Guanajuato.- En esta parte la vegetación que se considera representativa se agrupa en tres clases:

- Bosque de Encino. Se encuentran desde los 1,850 hasta 2,870 m.s.n.m. con una altura de 5 a 8m. de altura. En el estrato arbóreo se encuentran las siguientes especies: encino (Quercus sp), madroño (Arbutus sp), pino piñonero (Pinus cembroides), palma (Yuca sp) y aile (Alnus sp) .

En el estrato arbustivo se encuentran; manzanita (Azotostaphylos sp), Jara (Dodonaea viscosa), Jarilla (Baccharis sp) y madroño (Arbutus sp).

- Matorral Crasicaule. (nopalera) Esta comunidad se encuentra mezclada con elementos arbustivos espinosos e inermes (sin espinas). Las principales especies son: nopal (Opuntia sp), nopal duraznillo (Opuntia leucotricha), nopal cuiso (Opuntia cantabrigiensis), cardenche (Opuntia imbricata), garambullo (Myrtillocactus geometrizans), coyotillo (Karwinskia humboldtiana) engorda cabra (Dalea sp), pirul (Schinus molle) y huizache (Acacia sp).
  
- Pastizal natural. Incluye especies de los siguientes géneros: Aristida, Bouteloua, Cynodon, Muhlenbergia, Eragrostis, Hilaria, Setaria y Stipa.

#### SUBPROVINCIA DE LA SIERRA MADRE ORIENTAL.

- 1) De la Sierra Gorda. Se desarrollan matorrales submontanos y crasicaule, bosque de pino-encino, bosque de encino, pastizales inducidos. Ninguno de estos tipos de vegetación tiene una particular importancia, aunque los bosques de pino-encino muestran evidencias de haber sido explotados intensamente para fines agrícolas.

## SUBPROVINCIAS DEL SISTEMA VOLCANICO TRANSVERSAL.

1) Bajío Guanajuatense. Se desarrollan Bosques de encino, de encino-pino y de pino-encino, matorrales subtropicales, crasicaule y desérticos rosetófilos, mezquites, chaparrales y pastizales naturales, inducidos o halófilos.

- Matorral subtropical. Sus principales componentes son: órgano (Lemaireocereus sp), casahuate (Ipomoea sp), nopal (Opuntia sp), huizache (Acacia sp), mesquite (Prosopis), uña de gato (Mimosa sp).

- Mezquital. Este tipo de vegetación ocupa áreas sumamente localizadas en las llanuras de aluviones profundos; sus componentes principales son: mezquite (Prosopis laevigata), casahuate (Ipomoea sp), nopal (Opuntia sp), granjeno (Celtis pallida), huizache (Acacia sp).

2) Sierras y Bajíos Michoacanos. La vegetación se manifiesta como bosques de encino (en los escudos-volcánicos y sierras asociadas a lomeríos y llanuras entre 2,200-2,830 m.s.n.m. La vegetación más representativa es el matorral subtropical la cual se encuentra constituida por: huizache (Ipomoea sp), papelillo (Acacia sp), copal (Brusera sp) y garambullo (Mytillocactus geometrizans).

3) Los Altos de Jalisco. En ésta porción se presenta un predominio de bosque de encino que cubre la mayor superficie del sistema, matorral subtropical al sur y pastizal inducido. Dentro del bosque encino el que predomina es el (Quercus sp) encino, manzanita (Arctostaphylos sp), y madroño (Arbustus sp), pino (Pinus teocote).

- Matorral subtropical. Las especies que se encuentran son: casahuate (Ipomoea sp), vara dulce (Eysenhardtia polystachya), tepame (Acacia pennatula), huizache (Acacia sp), nopal (Opuntia sp).

- Bosque de pino-encino. Con sus dos estratos el arbóreo, constituido por pino (Quercus sp y Pinus teocote). El estrato arbustivo por manzanita (Arctostaphylos sp).

4) Llanos y Sierras de Querétaro. La vegetación que se encuentra en esta subprovincia es Matorral subtropical.- casahuate (Ipomoea sp), los nopales colorado chamacuero y cuijo (del género Opuntia), garambullo (Myrtillocactus geometrizans), copal (Brusera sp), guarumo (Lysiloma sp), granjeno (Celtis sp), huizache (Acacia sp), limpiatuna (Zaluzania sp), acibuche (Forestiera sp), cardenche (Q. imbricata), sangre de drago (Jatropha dioica), uña de gato (Mimosa laxiflora).

- Chaparral. manzanita (Arctostaphylos sp), encino (Quercus sp), huizache (Acacia sp), uña de gato (Mimosa sp) y nopal (Opuntia sp) .
  - Bosque encino. encino (Quercus sp), jara (Dodonaea viscosa) y madroño (Arbutus sp) .
  - Pastizal natural. Los principales elementos que lo constituyen son: (Muhlenbergia sp, y Aristida sp).
- 5) Volcanes y Lagos del centro. La vegetación existente es: Pastizal inducido, Bosque de encino, Bosque de pino-encino y Matorral subtropical de los géneros (Aristida, Muhlenbergia, Bouteloua, Rhynchelytrum y Lycurus).

## 2.2 ASPECTOS FISICOS QUE AFECTAN A LA VEGETACION.

Los aspectos físicos que influyen en la presencia de la vegetación en Guanajuato son: sustrato rocoso, relieve, ríos, climas y suelos a continuación se mencionan cada uno de ellos.

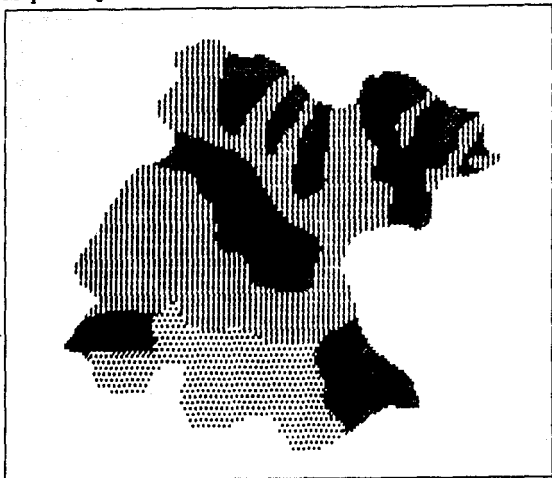
### 2.2.1 SUSTRATO ROCOSO

La importancia de la geología en la entidad radica no sólo en la actividad minera, ya que ha destacado como un productor de oro y plata, también su conformación geológica ha permitido la existencia y explotación de acuíferos subterráneos, principalmente en la parte centro y sur del Estado.

En el Estado de Guanajuato los afloramientos existentes son de rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas; sus edades varían desde el mesozoico hasta el reciente (ver Mapa No. 3). Las más antiguas en la entidad, son metamórficas del triásico-Jurásico, sedimentarias del cretácico y las que constituyen la mayoría de las rocas del Estado, ígneas extrusivas del cenozoico (terciario y cuaternario). Las estructuras en estas últimas son aparatos volcánicos, coladas de lava, fallas regionales, fracturas y vetas de diferentes dimensiones.

La parte norte y noroeste del estado está constituida por rocas ígneas, principalmente, predominando el tipo riolítico con sus diferentes unidades, como son tobas y materiales piroclásticos variados.





## SUSTRATO ROCOSO



**Rocas ígneas (riolitas, tobas)**



**Rocas sedimentarias (arcillas, limos)**



**Zona volcánica (escorias, cenizas volcánicas)**

Existen además de riolitas, rocas ígneas intermedias y básicas como andesitas y basaltos, sólo que en extensión lateral y espesores muy reducidos, así como sedimentos lacustres y depósitos aluviales.

Desde el punto de vista geohidrológico, la zona presenta muy pocas posibilidades ya que las rocas aflorantes poseen muy poca permeabilidad, a excepción de los basaltos que aunque llegan a presentar mejores condiciones no son lo suficientemente permeables, además de que los derrames se presentan como ya se dijo de muy poca extensión y como remanentes aislados en las partes bajas.

Los depósitos lacustres y aluviales se presentan hacia la zona de los valles y están constituidos principalmente por arcillas, limos y arenas y menor cantidad de grava, siendo también poco permeables.

Esta zona forma parte del parteaguas continental, separando la cuenca del Río Lerma de la del Río Pánuco, lo que acentúa aún más la escasez de agua en el subsuelo.

Las condiciones geológicas, así como la fisiografía va cambiando notablemente hacia el este, encontrándose la Sierra Gorda de Guanajuato con un relieve muy abrupto y constituida en su mayoría por rocas sedimentarias, aunque en las estribaciones, sobre todo en la zona de los municipios de San Luis de la Paz y Dr. Mora se

encuentran también rocas ígneas, especialmente riolitas y andesitas, delimitando un amplio valle que se extiende hasta las cercanías de la población de San José Iturbide encontrándose este valle formado por materiales de acarreo con un contenido variable de arcilla, motivando condiciones geohidrológicas locales más o menos favorables.

La zona central de la entidad constituye una parte muy considerable de El Bajío; está formada principalmente por depósitos lacustres y aluvión, de permeabilidad variable y en general con buenas condiciones geohidrológicas. Está constituida por una amplia planicie interrumpida esporádicamente por afloramientos de rocas ígneas, riolitas y basaltos que constituyen pequeños cerros, modificando las condiciones geohidrológicas.

Esta zona abarca desde la parte este del municipio de Apaseo el Grande, hasta la zona de Irapuato por el oeste y desde la parte norte del Municipio de Comonfort, hasta el área de Cortazar, por el sur.

El área está circundada por pequeñas Sierras, tanto al norte como al oeste constituidas por rocas ígneas ácidas, mientras que al sur y al este existen rocas ácidas y básicas, predominando las últimas.

Hacia el poniente de la zona, incluyendo al municipio de León, la geología está representada por materiales riolíticos y sedimentos lacustres principalmente en las partes bajas, existiendo al norte la Sierra de Guanajuato, que en esta parte, está constituida por diversos materiales, predominando las rocas ígneas, así como el conglomerado rojo de Guanajuato.

El área del municipio de León forma un amplio valle que se comunica en la parte noroeste con el Valle de San Francisco del Rincón, con características geológicas semejantes y al sureste con los valles de Irapuato y Silao, cuyas condiciones ya se mencionaron.

Al sur del Valle de León se localiza otra amplia planicie que abarca parte de los municipios de Manuel Doblado, Purísima del Rincón, Pénjamo, etcétera, constituidos por materiales de acarreo, principalmente arena, limos y arcillas con buenas posibilidades geohidrológicas y limitada en su parte este y sur por la Sierra de Pénjamo, formada en su mayor parte por rocas de composición ácida.

Existe una zona volcánica que se localiza al sur del Estado, incluyendo parte de los municipios de Cortazar, Valle de Santiago, Salvatierra, Tarimoro, Yuriria, Jaral del Progreso, Moroleón, Uriangato y Acámbaro; la cual está constituida principalmente por tres unidades litológicas diferentes consistentes en coladas de basalto intercaladas con depósitos

lacustres de composición arcillo-arenosa en los cuales la colada inferior está compuesta principalmente de basalto propiamente dicho, escorias y cenizas volcánicas. Se presentan buenas condiciones geohidrológicas en los estratos inferiores, las cuales van disminuyendo hacia arriba, hasta llegar al basalto superior, el cual se presenta muy compacto y por encima del nivel freático y por lo tanto con una capacidad nula como acuífero.

Esta zona presenta un relieve suave sin elevaciones muy notables, interrumpida generalmente por conos volcánicos que crearon las condiciones mencionadas.

Está limitada al este por la Sierra de los Agustinos, la cual está formada por diversos tipos de rocas ígneas, hacia las estribaciones, en especial al oeste se presentan basaltos en colados diferentes y desde luego también con propiedades diversas y hacia las partes más altas la composición de las rocas varía de andesitas a riolitas, existiendo también tobas de ambas composiciones y diferentes tipos de materiales piroclásticos. (SRH, 1975; SARH 1985)

### 2.2.2 RELIEVE

El Estado figura entre los estados montañosos del país, ya que está cruzado por diversos accidentes orográficos cuyas elevaciones fluctúan de 2,300 a poco más de 3,000 m.s.n.m. La altura media del relieve se estima en 2,305 metros para las partes altas y en 1,725 para las llanuras.

El relieve en la entidad es muy accidentado, puesto que el 55% de su superficie cuenta con alturas que oscilan de 1,800 a 2,400 m.s.n.m., en la zona norte; el 43% se encuentra a una altura de 1,200 a 1,800 m.s.n.m., en la zona Meridional de la entidad, con una topografía plana y el 2% restante de la superficie se localiza a una altura que fluctúa de 600 a 1,200 m.s.n.m.

Entre las elevaciones más notables se puede citar la Sierra Gorda, al norte del estado, así como en la parte central con dirección de noroeste-sureste se localiza la Sierra de Guanajuato. Esta sierra atravieza la entidad de poniente a oriente, quedando ésta dividida en dos zonas, la región de las áreas fértiles del Bajío que ocupan aproximadamente la mitad del estado y se extienden en una amplia faja de la parte media al sur de la entidad; la mayor parte de la superficie la ocupan valles, planicies y en general tierras llanas, en donde se manifiestan importantes accidentes orográficos.

La Sierra Gorda en el noreste da origen al Río de Santa María, que lleva sus aguas al Golfo de México; la sierra de Guanajuato y las de los Agustinos en el centro, están separadas por el Río de la Laja, afluente del Río Lerma, que sirve de límite con el estado de Michoacán, en su parte suroeste. Al suroeste se ubica la sierra de Pénjamo.

Dentro de las llanuras se cuentan las que comprenden total o parcialmente los municipios de Allende, Dolores Hidalgo, San Felipe, León, Silao e Irapuato y la formada por los municipios de Apaseo, Comonfort, Celaya, Tarimoro, Cortazar, Villagrán, Juventino Rosas, Pueblo Nuevo, Irapuato, Huanimaro, Silao, Romita, León, San Francisco, Purísima del Rincón, Manuel Doblado, Cuerámara, Pénjamo, Valle de Santiago, Maravatio y Salvatierra, todos estos municipios se encuentran ubicados en la parte centro-sur del Estado.

La parte más baja del estado se encuentra al norte del mismo en el municipio de Xichú, en la región denominada Paso de Hormigas, con una altitud de 656 m.s.n.m.

Por su conformación orohidrológica, condiciones de clima y tipos de suelo, la entidad se define en dos regiones naturales:

- La Alta, al norte formada por 14 municipios.

- El Bajío, abarca el centro-sur de la entidad integrada por 32 municipios.

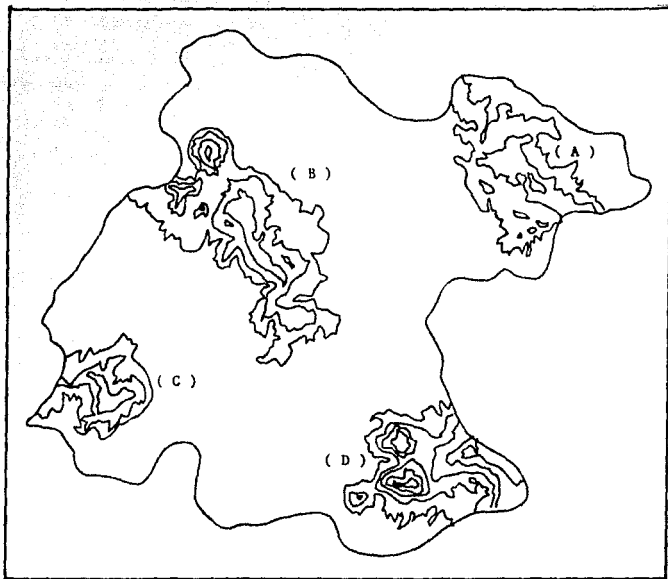
La primera se identifica por su altura que es de 2,305 m.s.n.m.; en promedio, con suelos de tipo Vertisol. La superficie de bosques es reducida; su explotación es muy baja, siendo el producto más importante, el carbón de encino y cuya explotación esta muy controlada para evitar la extinción de los pocos bosques que quedan, haciendo necesaria una reforestación de la Sierra de Guanajuato y de la Sierra Gorda principalmente. (UNIVERSIDAD DE GUANAJUATO, 1982)

La segunda es un área plana que se extiende desde Querétaro hasta los límites con Michoacán y Jalisco, con una altura promedio de 1,725 m.s.n.m.; los suelos predominantes en esta zona son de tipo Vertisol (de color negro) y Chesnut, existiendo un predominio de los primeros.

Por lo tanto, se puede concluir que el relieve de la zona norte del estado es la principal barrera que ha frenado su desarrollo, a tal grado que existen zonas marginadas por falta de comunicaciones y también por la escasez de áreas dedicadas a las actividades agropecuarias como consecuencia de escasa precipitación y obras de riego. (ver Mapa No.4) Nota:solo se representan las elevaciones más importantes.

(SRH, 1975; BANCO DE COMERCIO, 1976)





MAPA No. 4 RELIEVE

CLAVE

- (A) SIERRA GORDA
- (B) SIERRA DE GUANAJUATO
- (C) SIERRA DE PENJAMO
- (D) SIERRA DE LOS AGUSTINOS

### 2..2.3 RIOS

El sistema hidrológico del Estado corresponde a las vertientes del Océano Pacífico y del Golfo de México.

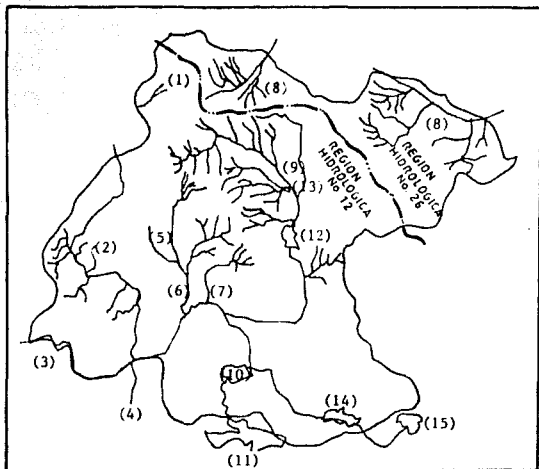
(ver Mapa No.5)

En el Estado de Guanajuato se localiza parte de la Región Hidrológica No.12 "Lerma-Chapala-Santiago, que abarca el 83% de su superficie estatal; además incluye un 98% de su población y prácticamente el total de la industria existente (25,590 Km ).

El restante 17% pertenece a la Región Hidrológica No.26 "Alto Río Pánuco" que abarca la parte norte del estado (4,872 Km ). La división de estas dos regiones es un tramo del parteaguas continental, ya que una región drena al Golfo de México y la otra al Pacífico.

#### REGION HIDROLOGICA LERMA-CHAPALA-SANTIAGO

En la Región Hidrológica "Lerma-Chapala-Santiago" la corriente principal es el Río Lerma, el cual fluye de oriente a poniente en la región sur del estado de Guanajuato. Además en su parte final constituye el límite estatal entre esta entidad y el Estado de Michoacán.



MAPA No. 5 RIOS

CLAVES

1. RIO VERDE
2. RIO TURBIO
3. RIO LERMA
4. RIO ANGULO
5. RIO SILAO
6. RIO GUANAJUATO
7. RIO TEMASCATTO
8. RIO SANTA MARIA
9. RIO LAJA
10. L. DE YURIDIA
11. L. DE CUITZEO
12. PRESA IGNACIO ALLENDE
13. PRESA PEÑUELITAS
14. PRESA SOLIS
15. PRESA TEPUXTEPEC

FUENTE: 1975, SARH; 1980, SPP; 1982, SARH.

El río Lerma nace en el Estado de México; penetra al Estado por el municipio de Tarandacuao, haciendo un recorrido de 313 Km a través de los municipios de Jerécuaro, Acambaro, Salvatierra, Jaral del Progreso, Valle de Santiago, Salamanca, Pueblo Nuevo, Huanimaro, Abasolo y Pénjamo. Sus principales afluentes en dirección E-W son los ríos: Tigre, Laja, Temascatio, Guanajuato, Silao y Turbio.

La cuenca del río Lerma se encuentra compartida por los estados siguientes: México, Michoacán y Jalisco, por los que drena hasta desembocar en el Lago de Chapala.

Debido a que se han establecido una gran cantidad de industrias a lo largo de la corriente del río Lerma; esto ha repercutido en forma negativa en la ecología del Estado por la gran cantidad de aguas residuales que recibe.

#### REGION ALTO RIO PANUCO

Esta región influye poco en el Estado ya que sólo afecta al 17% de su superficie total y beneficia a un porcentaje mínimo de su población.

La corriente principal es conocida como Río Pánuco al llegar al estado de Tamaulipas.

Dentro de esta región hidrológica se encuentran comprendidas únicamente dos cuencas que son: Río Tamuín, Río Moctezuma.

El volumen medio escurrido en los ríos de la entidad, considerando únicamente las precipitaciones que se registran en el Estado se estima en 1701.00 millones de m<sup>3</sup> de los cuales actualmente se aprovechan 1,145 millones de m<sup>3</sup>, aproximadamente, mediante 865 almacenamientos, 19 presas derivadoras, 10 tomas directas, 2 plantas de bombeo y 25 manantiales. (SAR, 1975; SPP, 1980)

#### 2.2.4 CLIMAS

Según la clasificación climatológica de Köppen modificada por E. García en 1964 y 1973 "Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen" para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. En el Estado existen diferentes tipos de climas, porque tiene diversas altitudes y conformaciones topográficas, predominando en El Bajío el clima semicálido A(C), subhúmedo C(w), en la parte Norte, Central y Sureste, predomina el templado subhúmedo C(w). Hay también algunas regiones pequeñas con clima templado húmedo C(f). Hacia el norte en los límites con San Luis Potosí hay pequeñas áreas con clima templado semiseco y semicálido BS, semiseco BS, en el noreste existen pequeñas regiones con clima semicálido seco BS, cálido semiseco BW y cálido subhúmedo A(w). (SRH, 1975)

El clima en el Estado se puede dividir en tres zonas fundamentales:

-La primera de ellas se localiza hacia el centro y sur de la entidad, representando la parte del Bajío con un clima semicalido A(C), subhúmedo C(w), con precipitación media de 700 mm y temperatura media de 20°C.

-La segunda zona se ubica al norte del Estado y está representada por las estaciones de la Sierra Madre, con un clima semiseco templado (BS) y con una precipitación media de 500 mm y una temperatura media de 17°C.

-La tercera zona representa algunas áreas localizadas al norte del Estado con un clima seco cálido (BS) con precipitación de 300 mm y temperatura de 22°C.

El 90% de las aguas desembocan al Río Lerma y al Océano Pacífico y el 10% a la Vertiente del Golfo de México. (Universidad de Guanajuato, 1982)

La precipitación pluvial no es uniforme en la entidad, teniendo una distribución de 300 a 500 mm en la zona norte y noreste en sus límites con San Luis Potosí y de 700 a 800 mm en la zona central y suroeste; la precipitación media en el Estado es de 500 a 700 mm.

Las lluvias se presentan durante el período de Junio a septiembre considerándose como lluvias de verano. Por lo tanto la precipitación ocurrida durante estos meses representa aproximadamente el 80% de la precipitación anual.

La temperatura oscila entre los 16°C a 22°C. La temperatura media anual es de 18°C. La evaporación media anual es de 2113 a 2173 mm. (SRH, 1975; SPP, 1980; SARH, 1985)

(ver Mapa No.6)

### 2.2.5 SUELOS









Los suelos predominantes en la entidad se originaron de rocas sedimentarias; principalmente en la parte norte predominan los de color grisáceo de tipo desértico, propios de montañas y mesetas altas con vegetación raquítica; en el noreste son suelos de tipo Vertisol (de color negro); al oeste son suelos de tipo Chesnut (de coloración café rojizo, hasta oscura), al centro, sur y sureste predominan los suelos de tipo Vertisol, (de coloración negra) considerándose de esta forma una de las regiones más ricas del país.

Respecto a la textura, de los suelos en la zona del Bajío, se clasifican como arcillo-arenoso, con reacción alcalina dominante, encontrándose sales solubles en las cercanías de la Laguna de Yuriria, Salvatierra, Valle de Santiago, Salamanca; en la zona centro existen suelos areno-arcillosos; en la zona este hay suelos de textura migajón-arenosa con ligera reacción alcalina,

Mapa No. 6



## CLIMAS

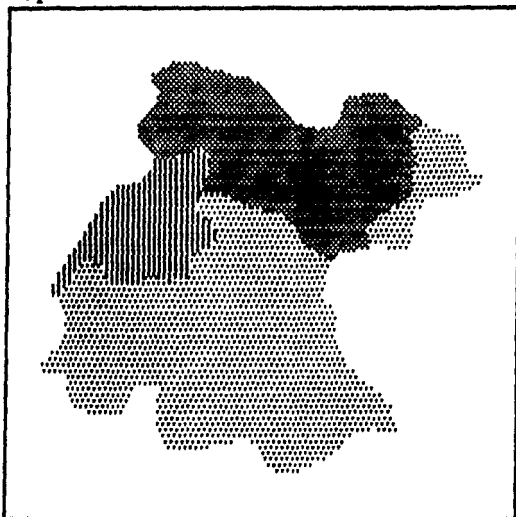
-  Cálido semiseco BW
-  Templado subhúmedo Cw
-  Cálido subhúmedo Aw
-  Templado húmedo Cw
-  Semicálido seco BS
-  Semicálido semiseco BS
-  Semicálido subhúmedo Ac(wo)
-  Templado semiseco BS

FUENTE: 1975,SRH.



no encontrándose sales solubles; en la zona norte son suelos de migajón-arenoso de reacción dominante alcalina y por lo general no hay sales solubles, (ver Mapa No. 7).

(SRH, 1975)



## SUELOS



**Vertisol, Litosol, Feozems**



**Chesnut, Vertisol**



**Suelos de Montaña, Feozems, Xerosoles**

### 3 METODOLOGIA EMPLEADA.

La metodología que se emplea para la cuantificación del uso del suelo mediante la utilización de las imágenes de satélite en el Estado de Guanajuato se basa en el empleo del Sistema de Interpretación Automática de Imágenes de Satélite (SIADIS) el cual se encuentra disponible en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA).

Los pasos que se efectuaron en el desarrollo de este estudio se resumen a continuación:

#### 3.1 DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO

El Estado de Guanajuato fue seleccionado para realizar el estudio de uso de suelo y la dinámica de la cubierta vegetal entre los años 1979, 1986 ya que en la entidad se desarrolla principalmente la actividad agrícola. Sus coordenadas geográficas se mencionan en el capítulo anterior, quedando delimitada la entidad en su totalidad.

#### 3.2 RECOPIACION DE LA INFORMACION BIBLIOGRAFICA

Se revisó la información bibliográfica existente sobre el tema, para obtener un panorama global de la situación en la que se encuentra la entidad. Esta revisión abarcó desde documentación

interna de la Comisión del Plan Nacional Hidráulico (ahora IMTA) hasta documentos elaborados por la Coordinación Regional del Centro, como fue el Plan Nacional Hidráulico.

Además de conocer la situación física de la entidad se consultaron documentos referentes a los Sensores Remotos tanto en inglés como en español, así como documentación interna.

La documentación cartográfica utilizada en apoyo al presente trabajo es la siguiente:

- Carta Sinóptica editada por la SARH (1976).
- Cartografía editada por (SPP, 1980).
- Consulta de Censos Agrícolas (SARH, 1979-1983).

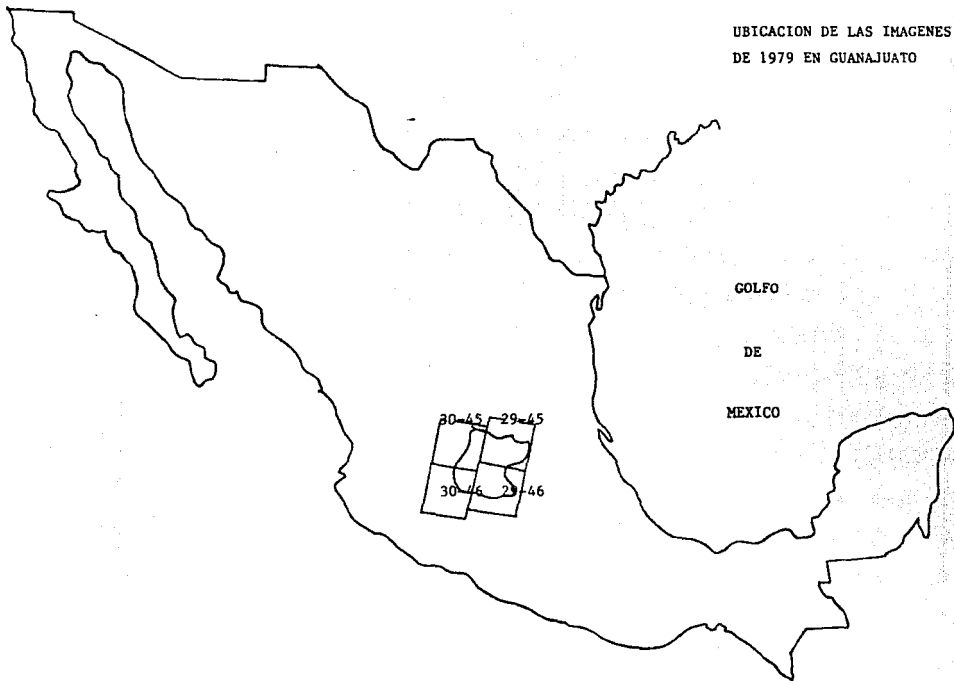
La cartografía mencionada sirvió para realizar una comparación de los resultados obtenidos a través de la interpretación automática y los que reporta la SARH. La cartografía editada por la SPP sirvió de apoyo para los aspectos físicos de este estudio

### 3.3 UBICACION DEL AREA EN IMAGENES

En total se analizaron 8 imágenes cuatro de ellas corresponden al año 1979 y cuatro al año de 1986; considerando fechas casi iguales.

Para 1979 se seleccionaron dos imágenes que corresponden a septiembre y dos a octubre; las imágenes son: 30-45 (28 de sep.) ,30-46 (28 de sep.); 29-45 (24 de oct.) ,29-46 (6 de oct.) respectivamente. (ver Mapa No.8)

UBICACION DE LAS IMAGENES  
DE 1979 EN GUANAJUATO



FUENTE: 1979, CPNH.

MAPA No. 8

Las fechas anteriores obedecen a la información LANDSAT que se encuentra disponible dentro del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Las imágenes seleccionadas se eligieron tomando en cuenta el porcentaje de nubosidad en las fotografías (menor a un 10%). La imagen 30-45 del año 1979 presentó problemas al realizar la copia ya que la cinta se encuentra dañada recuperándose solo la porción siguiente:

600, 2940 líneas y de la 1500, 3548 columnas o píxeles

en donde la presentación fotográfica y digital, permite realizar una interpretación aceptable para la zona de estudio dentro de la imagen correspondiente, quedando afectada solo una pequeña parte de aproximadamente 37 líneas de la parte sur de la imagen 30-45; pero afortunadamente no se perdió información ya que queda cubierta con el traslape de la imagen 30-46 y así se pudo realizar la unión de las imágenes y efectuar su análisis.

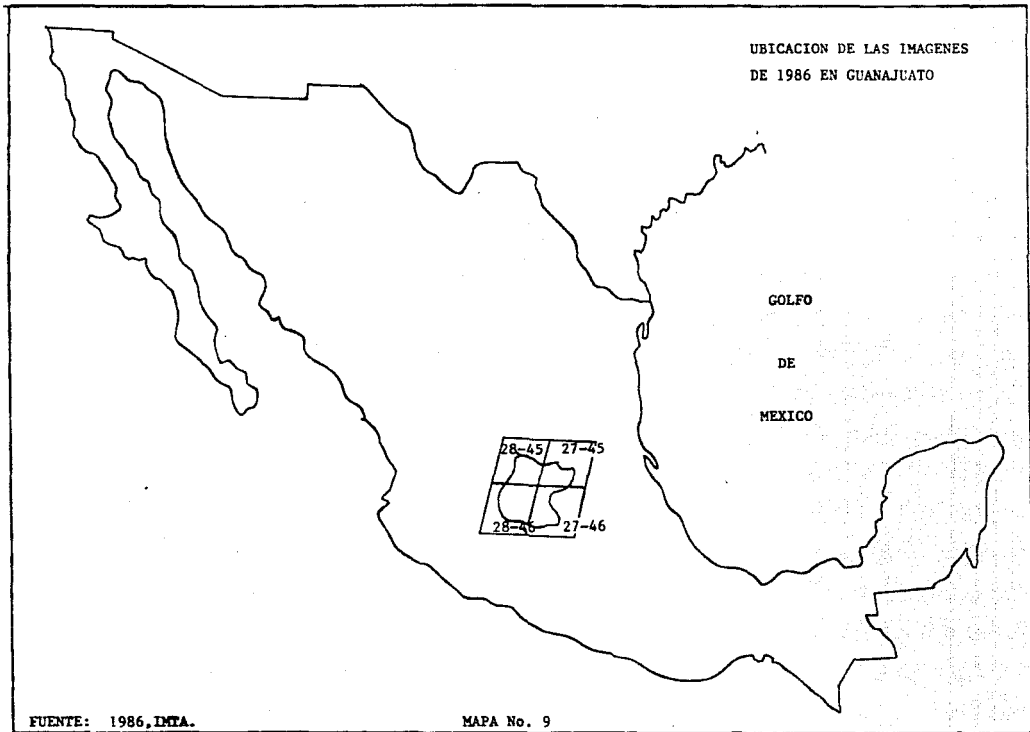
Las imágenes de 1986 que se emplearon fueron las siguientes:

27-45 (14 de marzo); 28-45 (6 de marzo); 28-46 (6 de marzo);

27-46 (14 de marzo). (ver Mapa No.9)

Estas imágenes no presentaron problemas al realizar la copia de la cinta magnética original a la cinta de trabajo.

UBICACION DE LAS IMAGENES  
DE 1986 EN GUANAJUATO



### 3.4 PROCESAMIENTO DE LAS IMAGENES

El procesamiento digital en computadora no es nuevo , ha sido utilizado en las áreas médicas, agrícolas y de estrategia militar.

Como procesamiento digital de imágenes se entiende el manejo por computadora de valores digitales de los elementos pertenecientes a una imagen.

El proceso de Interpretación Automática de Imágenes se realizó a través de un conjunto de programas de computador, los cuales permiten analizar la información captada por los satélites y aviones e interpretarla con ayuda de un computador. Este paso consta de varias fases:

#### 3.4.1 Almacenamiento.

Permite almacenar en disco una imagen digital en cinta magnética. Se puede almacenar completa, es decir toda la información o parte de esta.

Al querer seleccionar solo una parte de la imagen se debe de ubicar sobre la fotografía una malla elaborada previamente de mica o acetato en la que se trazará una cuadrícula que indique



las líneas y pixeles que constituyen la imagen, quedando de esta forma la delimitación del área a procesar indicando la línea y pixel inicial y final que la delimitan.

Si se realiza el procesamiento de toda una imagen el número total de líneas y columnas que constituyen a una imagen será de la línea 1 a la 2983 y columnas de la 1 a la 3548.

El almacenamiento de la imagen es el primer proceso que se efectúa, para posteriormente comenzar a trabajar con la imagen.

Al comenzar a almacenar una imagen el programa va desplegando un mensaje cada 500 líneas almacenadas, indicando las líneas que ha almacenando y la banda en la que se encuentra el proceso. La información inicialmente se halla en la cinta magnética con los valores de reflectancia en 4 bandas (1,2,3 y 4) para LANDSAT I, II y III y 4,5,6 y 7 para LANDSAT IV y V.

Una vez que se ha terminado el proceso de almacenamiento, la imagen quedara grabada en disco y registrada en el directorio de imágenes.

El tiempo en que se realiza el almacenamiento es de 3 hrs. aproximadamente; aunque esto depende de la carga de procesos que tenga en ese momento el sistema de cómputo.

### 3.4.2 Clasificación.

La clasificación es el proceso de asignación de píxeles individuales a diferentes categorías de una imagen multiespectral generalmente basados en las características de reflectancia espectral.

Este proceso efectúa la clasificación de una zona en base a un algoritmo de clasificación y genera datos estadísticos que sobre cada clase de uso de suelo da el intérprete. Un algoritmo es una sucesión lógica de instrucciones que traducidas por medio de un lenguaje de computadora como el FORTRAN, proporciona al sistema computacional las órdenes necesarias para efectuar una tarea específica.

La información queda grabada en disco para que posteriormente se pueda realizar la producción e impresión del mapa; quedando al mismo tiempo registrada en un directorio; además se obtiene un listado con las estadísticas de la clasificación, en el cual se reportan los datos con que se hizo la clasificación, así como el número de elementos que pertenecen a cada clase de uso del suelo y el área que ocupan, registrando los píxeles o elementos que no se identificaron como pertenecientes a alguna de las clases propuestas. Estos mismos datos quedan grabados en disco en un archivo de resultados, el cual se registra en el directorio.

En este paso de procesamiento de imágenes se dispone de dos archivos que contienen los datos de las firmas espectrales de distintos usos del suelo llamados "Tropibos" y "Desesemi". El primero se caracteriza porque facilita la discriminación de distintos tipos de vegetación en climas tropical y templado, esto da una mayor definición de los tipos de cubiertas vegetales en áreas de vegetación abundante incluyendo cultivos, de acuerdo a su reflectancia.

El segundo se caracteriza porque es aplicable a zonas con características de clima seco, ayudando de esta forma a una mejor interpretación del área de estudio.

Para fines de este estudio se utilizó el archivo de datos "Tropibos" ya que facilita realizar el análisis de los dos juegos de imágenes que abarcan el Estado de Guanajuato y detectar cuál ha sido la dinámica en su cobertura vegetal.

Las diferentes usos que se identifican en el Estado de Guanajuato son las siguientes:

- cuerpos de agua
- bosques
- matorral
- cultivos de temporal
- cultivos de riego
- pasto
- áreas sin vegetación

La clasificación despliega un mensaje cada 100 líneas indicando al mismo tiempo la banda que se esta clasificando y la línea que se esta procesando. El tiempo que tarda la clasificación de una imagen es de aproximadamente de 3hrs.

Una vez que se efectuó la clasificación de las imágenes se procede a interpretarlas e identificar los diferentes usos. Para las imágenes de 1979 el Sistema de Interpretación Automática no identificó en forma separada las áreas de bosque y de chaparral por lo que se agruparon.

En las imágenes de 1986 se agruparon las clases de matorral-chaparral por la misma razón, quedando el bosque bien identificado.

#### 3.4.3 Delimitación de Fronteras o Digitalización.

La digitalización es el proceso de convertir una imagen común a formato numérico.

Con la digitalización se definieron los límites físicos del Estado de Guanajuato dentro de las imágenes utilizadas. La delimitación del Estado se efectuó con los resultados obtenidos, con la clasificación de la imagen; una vez que se hizo la identificación de los caracteres alfanuméricos dados por el sistema en forma automática realizandose la comparación con la cartografía existente del área de estudio; aunque también es

posible efectuar la delimitación del área sobre resultados preliminares, sin necesidad de efectuar la identificación de los caracteres alfanuméricos con la cartografía.

La principal utilidad de la delimitación es la obtención de estadísticas de áreas específicas tales como estados, cuencas, etcétera.

Para realizar esta delimitación es necesario que se cuente con las coordenadas geográficas del contorno o área en estudio. Este paso se efectúa a través de un archivo llamado de límites con el cual se produce la delimitación del área o digitalización.

En caso de que el área de estudio quede comprendida en más de dos imágenes, este paso elimina las zonas de traslape de cada imagen.

#### 3.4.4 Producción de Mapas.

Con este proceso de producción de mapas se crea un archivo de valores de atributo el cual tiene como objetivo producir una imagen visual de los datos digitalizados, por medio de una impresión con caracteres alfanuméricos. Este mapa se emplea, generalmente para la identificación y ubicación de rasgos físicos característicos, los cuales intervienen en la definición de las zonas de análisis y de prueba como pueden ser cuerpos de agua o áreas de cultivo muy amplias que al realizar la comparación con la cartografía existente facilite la ubicación de la zona de

estudio. Para el Estado de Guanajuato se tomaron como punto de referencia la Laguna de Yuriria, la Presa Solis, las áreas de riego y algunas manchas boscosas.

Debido a que existen 256 posibles valores espectrales por banda, para cada pixel, y que el ojo humano no es capaz de distinguir más de 12 tonos de grises diferentes, es necesario asignar un rango de valores a cada caracter a imprimir. Estos caracteres pueden ser números, letras o cualquier otro simbolo que identifique cada uso de suelo en la imagen.

El proceso de producción de mapas envía cada 500 líneas un mensaje indicando a su vez la banda que está procesando.

En esta parte del proceso se da a elegir la escala a la cual se desea producir el mapa. Para Guanajuato se eligió la escala 1: 500 000 debido a que es la escala a la cual se encuentra la carta sinóptica de la SARH y con la cual se compararon los caracteres alfanuméricos producidos por el sistema automático, homogeneizando las escalas y facilitando la comparación. Al igual que los pasos anteriores se crea un archivo en disco quedando registrado en el directorio de impresos.

La producción de mapas consume un tiempo de 1 hrs. por imagen procesada; el tiempo depende de la escala y al igual que cualquier otro proceso, del tamaño de la subimagen procesada.

El resultado final es un mapa temático a la escala que se seleccionó inicialmente pudiendo ser cambiada por el intérprete al mandar a imprimir el mapa.

El mapa queda integrado por los caracteres que se seleccionaron para cada clase identificada de uso de suelo. Posteriormente se podrá mandar a imprimir mediante la función de impresión de resultados.

#### 3.4.5 Impresión de Resultados

Este proceso elabora un listado de un mapa previamente generado, en el cual se asigna un tipo de carácter por cada tipo de uso de suelo identificado.

El intérprete puede seleccionar los caracteres que desea para la impresión, respetar los que tiene asignados originalmente el mapa o dejar que el sistema de los de mayor contraste entre sí, en forma automática.

Un mapa puede mandarse a imprimir varias veces, ya sea modificando los caracteres o dejándolos como están.

#### 3.4.6 Análisis de los Resultados Obtenidos.

En este paso se realiza un análisis de los resultados obtenidos a través de medios electrónicos con la cartografía existente del área de estudio, en este caso el Estado de Guanajuato. Esto se

realiza para detectar las diferentes clases de uso de suelo y verificar la exactitud del proceso de la información de imágenes de satélite a través de procesos automáticos.

En esta parte del proceso, se realiza un análisis estadístico para verificar los cambios en el uso de suelo que se están generando en el área de estudio; esto se lleva a cabo con la comparación de los dos juegos de imágenes 1979-1986 y la información cartográfica existente además de información estadística disponible.

Una vez obtenida la información a través de medios electrónicos, se realiza una visita de campo a la zona de estudio identificando los rasgos característicos del área y de esta forma comparar la exactitud o falsedad que trae consigo la utilización de nuevas herramientas en el estudio de los recursos naturales y verificar aún más la exactitud o afinar la interpretación.

#### 3.4.7 Respaldo de Resultados.

El respaldo es la información salvada o guardada a través de cinta magnética o disco la cual ha sido analizada y dispone de resultados aceptables, que en cualquier momento pueden ser utilizados. Este paso se realiza como medida de seguridad para evitar la pérdida de información que ya ha sido sometida previamente a un análisis.



Los resultados obtenidos por la clasificación y la delimitación de fronteras o áreas, se deben de respaldar (guardar en cinta magnética); una vez que se crea que los resultados obtenidos por medios electrónicos son considerados como aceptables. El mapa de grises no se respalda debido a que éstos son resultados intermedios.

El respaldo se realiza por varios motivos, entre ellos: obtención de la impresión aun sin respaldar, aumentar espacio en disco. De esta forma se puede disponer de estos resultados cada vez que se requiera, ya sea porque se desea aplicar otra frontera o límite a la clasificación de esa imagen, producir nuevamente el listado del mapa, comparar resultados, etcétera.

#### 3.4.8 Almacenamiento de Resultados.

El almacenamiento es el proceso para bajar información que ha sido guardada en cinta magnética y que ha sido procesada anteriormente. Con esto se procede a trabajar, teniendo un respaldo en caso de una falla en el sistema.

Con este proceso se vuelven a almacenar en disco los resultados de los procesos que previamente se respaldaron en cinta magnética, permitiendo de esta forma su análisis y corrección en caso de ser necesario o en su defecto disponer de información de una área, cuenca o estado que ya haya sido sometida a un estudio. Con este paso queda finalizada la metodología que se emplea para la interpretación del uso de suelo de una área de interés.

#### 4 OBTENCION DE RESULTADOS

##### 4.1 Resultados del Procesamiento de las Imágenes 79-86.

Para el año de 1979 las imágenes que fueron procesadas son:

- a) 30-45 (28 de septiembre)
- b) 30-46 (28 de septiembre)
- c) 29-45 (24 de octubre)
- d) 29-46 (6 de octubre)

El cubrimiento de estas imágenes para el Estado de Guanajuato se observa en el Mapa No.8.

A través de las imágenes se definieron los siguientes tipos de uso de suelo en forma de caracteres alfanumérico, los cuales se identifican de la siguiente forma:

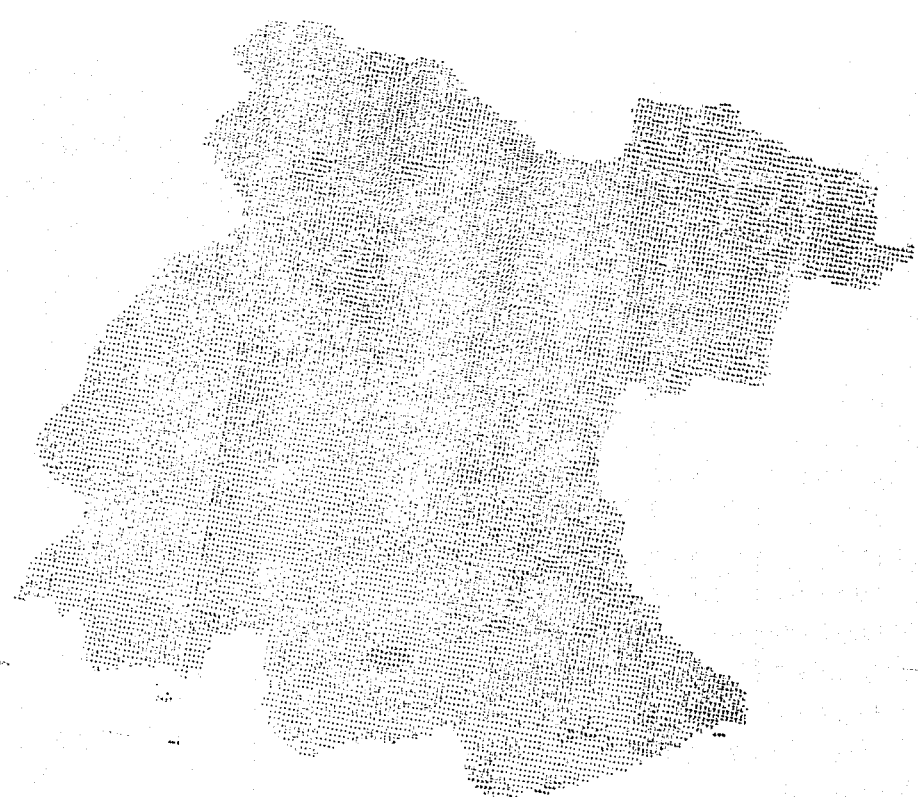
- % - Cultivos de Riego
- Z ' - Cultivos de Temporal
- & - Bosque y Chaparral
- Y - Matorral
- > - Cuerpos de Agua
- L / - Areas sin Vegetación y Pastos
- . ( - Desconocido

La superficie dominante que corresponde a cada uso, se estableció por la frecuencia del caracter respectivo, donde a través del Sistema de Interpretación Automática de Imágenes de Satélite (SIADIS), se puede evaluar la superficie de cada caracter presente en la región. Este cálculo se realizó con las estadísticas que se generaron al realizar el proceso de clasificación de las imágenes que abarca el Estado de Guanajuato.

Las estadísticas resultantes para las imágenes de 1979 se muestran en el cuadro siguiente:

	(Has. )	%
Cultivos de Riego	142,990.46	4.61
Cultivos de Temporal	1,171,705.10	37.79
Bosque y Chaparral	298,154.63	9.61
Matorral	677,951.41	21.82
Cuerpos de Agua	25,592.58	0.82
Areas sin Vegetación y Pastos	759,841.48	24.51
Desconocido	25,617.07	0.80
TOTAL	3,101,852.40	99.98

Con el procesamiento de las imágenes de 1979 se generó el mapa de uso de suelo en el Estado, a través de Sistema de Interpretación de Imágenes de Satélite. (ver Mapa No. 10)



USO DE SUELO EN EL  
ESTADO DE GUANAJUATO  
1979

CLAVE:	HAJ
1 - Cultivos de Temporales	1429644
2 - Cultivos de Temporales	1717050
3 - Bosques y Chacrarías	2867443
4 - Pasturas	4736141
5 - Cultivos no Sazonales	2534008
L - Areas sin reportar y Pisos	7984148
I - Desconocido	2547267
TOTAL	127194240

ESCALA 1:500 000

Fuente: Información obtenida a través de  
Imágenes SPOT/HRV y el Sistema de  
Información Geográfica de Imágenes  
de Satélite (SIGIS) del INIA.

MAPA No. 10

Considerando como información base la superficie reportada por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), se maneja un margen de error comparada con la superficie obtenida por el SIADIS.

Para el caso de las imágenes procesadas para el año de 1979, se registró un margen de error del 1.4%, el cual permite un ajuste a la información proporcionada por la SARH, dado que la tolerancia mínima es de un 5.0%.

De esta manera realizando el ajuste correspondiente a cada valor de la superficie de uso de suelo se obtienen los datos siguientes:

	(Ha.)	%
Cultivos de Riego	141,010.36	4.60
Cultivos de Temporal	1,155,473.40	37.77
Bosque y Chaparral	294,026.91	9.61
Matorral	668,579.20	21.85
Cuerpos de Agua	25,240.37	0.83
Áreas sin Vegetación y Pastos	749,313.85	24.49
Desconocido	25,273.45	0.83
TOTAL	3,058,917.3	99.98

La diferencia entre ambas superficies (comparación SARH-SIADIS) establece el margen de error, siendo determinado mediante la siguiente expresión numérica:

$$(SE-SARH/SE-SIADIS - 1) \times 100 = PC-ME \text{ ----- (1)}$$

Habiendo calculado el margen de error, este es compensado en función del porcentaje existente de la superficie de cada modalidad de uso de suelo en el Estado, utilizando una segunda expresión:

$$SC-USO - (DIF-S \times PC-CU) = SUP. COMPENSADA \text{ ---- (2)}$$

donde:

SE-SARH = Superficie Estatal SARH

SE-SIADIS = Superficie Estatal SIADIS

PC-ME = Porcentaje del Margen de Error

SC-USO = Superficie de cada Uso (SIADIS)

DIF-S = Diferencia de Superficies SARH-SIADIS

PC-CU = Porcentaje de cada Uso (SIADIS)

Como se puede observar, las cantidades de superficie total comparadas por las dos fuentes de información, difieren en 42,952.4 Ha.; esto es, debido a que generalmente al obtener una delimitación digital de una imagen mediante el sistema SIADIS, se obtiene un margen de error en la utilización y aplicación del

mismo. Por lo tanto en la realización de este proceso se debe de tener un cuidado de precisión máxima, aunque siempre se obtendrán datos diferentes de una misma área delimitada.

En lo que se refiere al procesamiento de las imágenes de 1986 los resultados son los siguientes:

Imágenes procesadas:

- a) 27-45 (14 de marzo)
- b) 28-45 (6 de marzo)
- c) 28-46 (6 de marzo)
- d) 27-46 (14 de marzo)

El cubrimiento total de las imágenes en el Estado se observa en el Mapa No.9.

Para la imágenes de 1986 se identificaron los siguientes usos de suelo con su respectivo caracter alfanumérico:

- % - Cultivos de Riego
- Z - Cultivos de Temporal
- & L - Bosque
- Y - Chaparral y Matorral
- > - Cuerpos de Agua
- / - Areas sin Vegetación y Pastos
- . ( ' - Desconocido

Las estadísticas de cada tipo de uso de suelo, se procesaron de la misma forma que las obtenidas en imágenes de 1979.

Las estadísticas resultantes para las imágenes de 1986 se muestran en el cuadro siguiente:

	(Ha.)	%
Cultivos de Riego	295,846.77	9.55
Cultivos de Temporal	977,105.60	31.55
Bosque	67,518.41	2.18
Chaparral y Matorral	1,013,851.80	32.7
Cuerpos de Agua	20,027.13	0.64
Áreas sin Vegetación y Pastos	722,068.73	23.31
Desconocido	374.27	0.012
TOTAL	3,096,792.7	99.94

Con el procesamiento de las imágenes de 1986, se generó el mapa de uso de suelo en Guanajuato. (ver Mapa No. 11)





USO DE SUELO EN EL  
ESTADO DE GUANAJUATO  
1961

CLAVE	Hect.
1.- Cultivos de Temp.	228,464.77
2.- Cultivos de Temporales	877,032.62
3.- Bosques	1,174,821.11
4.- Charcos, lagunas, marismas	10,181.80
5.- Cuerpos de Agua	12,000.00
6.- Areas en vegetacion, Pastos	1,128,000.00
7.- Desconocido	18,000.00
TOTAL	3,366,400.30

ESCALA 1:500,000

Fuente: Informacion obtenida a través de  
mediciones LONCHAS y el Sistema de  
Interpretación AEROFOTOGRAFICA de Imágenes  
de Satélite (SICSA) de la UNAM.

Realizando la comparación con el dato reportado por la SARH (3,058,300 Ha.) y el obtenido con el Sistema de Interpretación Automático de Imágenes de Satélite (3,096,792.7 Ha.), se obtiene un margen de error del 1.2%, existiendo una diferencia de superficie de 37.692.7 Ha.

Este resultado se obtiene a partir de la expresión (1) antes mencionada. De la misma forma la Superficie Compensada se obtiene con la expresión (2).

Los resultados compensados son los siguientes:

	(Ha.)	%
Cultivos de Riego	292,228.02	9.55
Cultivos de Temporal	965,150.46	31.55
Bosque	66,722.66	2.18
Chaparral y Matorral	1,001,460.9	32.73
Cuerpos de Agua	19,784.62	0.65
Áreas sin Vegetación y Pastos	713,235.95	23.31
Desconocido	369.72	0.012
TOTAL	3,058,952.1	99.98

#### 4.2 Resultados de la Verificación de Campo.

Para validar el proceso de interpretación de imágenes de satélite, se realizó un recorrido de verificación aéreo y terrestre de los principales rasgos característicos en el Estado.

Cabe aclarar que los resultados incluidos en la verificación de campo del presente trabajo fueron tomados de un proyecto que se desarrolló en el Departamento de Percepción Remota del IMTA; para determinar el uso de suelo actual en Guanajuato durante el año de 1986; y en donde dichos resultados sirvieron para validar los obtenidos a través del proceso de interpretación de imágenes.

Donde no fue posible realizar la verificación de campo directamente se llevó acabo una correlación de rasgos distintivos, debido a problemas que se encontraron por lo difícil del acceso al terreno y la falta de avioneta disponible.

El Recorrido en la Verificación de Campo se llevó acabo de la forma siguiente:

- TARIMORO-SALVATIERRA.

En esta porción se identificaron principalmente zonas agrícolas de riego y temporal, matorrales y pequeñas zonas de bosque en la parte sur del municipio de Tarimoro la cual está siendo disminuida en forma progresiva por la actividad del hombre.

Dentro de la zona de riego se observó un gran número de unidades de riego que no se encuentran controladas por el Distrito de Riego "Alto Rio Lerma" (No. 11), las cuales se encuentran en los alrededores del municipio de Salvatierra. Los matorrales existentes en este tramo se localizan en la parte sur de la zona de riego.

- ZONA DE YURIRIA.

Esta área se encuentra bordeada principalmente por matorrales y en forma alterna por áreas de riego y temporal, existiendo una pequeña porción de vegetación halófila en el borde este de la Laguna; se observó además el ensolvamiento de la Laguna de Yuriria por lirio, principalmente.

Los matorrales existentes en el área se encuentran combinados con pastos.

- PENJAMO-O'CORRALEJO HIDALGO

En el municipio de Pénjamo, se encontró un predominio de pastos y áreas de cultivo de temporal, existiendo pequeñas unidades de riego hacia la porción sur.

En las cercanías del poblado de O'Corralejo Hidalgo; se identifican zonas de cultivo de riego y de temporal con porciones de bosque en peligro de desaparecer hacia la porción noroeste.

- IRAPUATO-GUANAJUATO

En la zona circundante a Irapuato, se localizan zonas de riego. en la mitad norte de Irapuato existen zonas de cultivo de temporal y el noroeste se encuentra cubierto por matorrales.

Sobre el camino de Irapuato-Guanajuato, se observan algunos pastos además de lo anteriormente dicho. En el área próxima a Guanajuato, se presentan comunidades vegetales correspondientes a chaparrales y bosques, en la parte norte de la ciudad existen algunas áreas erosionadas y pastos localizados al suroeste.

- DOLORES HIDALGO-SAN MIGUEL DE ALLENDE

Se identifican principalmente matorrales y cultivos de temporal. existiendo pequeñas unidades de riego fuera de la Unidad Peñuelitas, perteneciente a al Distrito de Riego "La Begoña", que se localiza en la población de Dolores Hidalgo. En la parte

noroeste de la Presa Ignacio Allende se presentan algunas  
llanuras cubiertas de pastos.

## 5 ANALISIS DE RESULTADOS.

Los tipos de uso de suelo identificados en el análisis de las imágenes LANDSAT para el Estado de Guanajuato de los años 1979-1986, establece información reciente registrada en los últimos años.

### - Cultivos de Riego

Son aquellas áreas dedicadas al cultivo que reciben el beneficio de obras hidráulicas, ya sea por bombeo, goteo, aspersión o cualquier otro sistema que permita tener dos o tres ciclos agrícolas anuales.

En la cuantificación agrícola del Estado, es necesario aclarar que la evaluación de las áreas de riego, no es indicativo del área total cultivada que se utiliza en el Estado. Esto es debido a la consideración de un solo sub-ciclo agrícola en cada año (Otoño-Invierno para 1979 y Primavera-Verano par 1986). Por lo tanto sólo se identificaron los cultivos de las áreas de riego que se encontraban en desarrollo para esa época.

Para el año de 1979 se detectó una superficie sujeta a riego que representa el 4.61% del total de la superficie, y se encuentran localizadas en las zonas que constituyen los distritos de riego

del Estado (Alto Río Lerma, La Begoña y Dolores Hidalgo). Para las imágenes de 1986, la superficie bajo riego para este año representó el 9.55%.

Por otra parte, la superficie que se identifica como área de riego corresponde a cultivos en pleno desarrollo durante la toma de las imágenes (1979-1986), no estando cultivada la superficie correspondiente al otro sub-ciclo agrícola respectivo.

Con el recorrido de campo se observó que; las áreas de riego poseen una infraestructura para abastecer de agua durante todo el año a las áreas de cultivo existiendo para ello los siguientes Distritos de Riego:

- Alto Río Lerma
- La Begoña
- Dolores Hidalgo

Las áreas de riego existentes en el Estado se encuentran perfectamente identificadas en forma espacial.

- Cultivos de Temporal

Son los cultivos que se desarrollan solamente en el período natural de lluvias, el cual satisface las necesidades de agua de los cultivos.



Para el año de 1979 se obtuvo un porcentaje del 37.79%, y para 1986, el porcentaje fue de 31.55% de la superficie total del Estado dedicada al cultivo de temporal.

Al realizar la comparación de la superficie de temporal, obtenida con el procesamiento de imágenes, se observa una disminución del 16.5%, debido a que las áreas de temporal cuantificadas en los dos juegos de imágenes no corresponden en cuanto a época de toma. Las imágenes de 1979, corresponden a la época en que aún se observaban cultivos de temporal en pie, siendo que para 1986 las áreas de temporal, fueron registradas por el sistema de interpretación como áreas sin vegetación en la imagen.

Por otro lado existen áreas sin un período de reposo mayor a un año, y otras que después de ser utilizadas permanecen ociosas durante períodos que van de cinco años en adelante, como lo constituye la agricultura "nómada".

Durante la visita de campo se identificaron grandes áreas de cultivos de temporal distribuidas en todo el Estado, siendo la porción norte, la zona con mayores problemas para el desarrollo de cultivos, debido principalmente a las condiciones naturales prevalecientes en la región.

- Bosque, Chaparral

Estas dos formas de vegetación, se agruparon debido a que el sistema de interpretación no realizó una definición clara para el valor espectral correspondiente a bosque o chaparral, dado que el segundo lo constituye una serie de encinos bajos, y en su forma densa, los clasifica como una clase de bosque al ya existente.

La superficie total cuantificada en las imágenes de 1979 representó el 9.61% de áreas cubiertas por bosque y chaparral.

Para el año 1986, el sistema de interpretación detecta una superficie del 2.18% de bosque del total en el Estado, considerando la pérdida de las áreas boscosas hechas por el hombre, permitiendo una clasificación única de bosque quedando una segunda clasificación de matorral-chaparral.

En lo que respecta a los chaparrales y bosques existentes, su extensión es mínima comparada con los demás tipos de vegetación, ya que sólo existen en pequeñas porciones hacia la parte sureste del estado, presentándose la extensión más grande en la Sierra de Guanajuato, donde los encinares tienen un mayor predominio.

- Matorral

Esta vegetación llamada por Miranda y Hernandez X. como Selva Baja Espinosa Perennifolia, abarca una superficie considerable dentro de la entidad. Para 1979 se obtuvo una superficie que representa el 21.82% de la superficie total en el Estado exclusivamente; para 1986 el porcentaje obtenido representó el 32.7%, ya que para este año se tiene una clasificación de matorral-chaparral.

Sin embargo consultando la información reportada por la SARH para 1976; la superficie cubierta de matorral es del 28.0%, incluyéndose al chaparral, por lo cual el dato para 1979 no difiere en forma brusca sino que por el contrario la superficie de matorral se ve disminuida al ampliarse las áreas de cultivo.

El predominio de respuesta espectral se establece en todo el Estado, en donde los matorrales son los que predominan, existiendo estos en sus variedades inerme (Desprovisto de espinas y agujones), subinerme (planta que posee hojas y espinas), espinoso (planta provista de hojas en forma de espinas) y crasirosulifolio (son plantas con las hojas carnosas, dispuestas en roseta al rededor del tallo o eje principal), como por ejemplo el maguey.

#### - Cuerpos de Agua

Los cuerpos de agua existentes en el Estado, se identificaron perfectamente, al realizar el procesamiento de las imágenes para ambos años 1979-1986; siendo estas todas aquellas superficies que almacenan agua tales como lagunas, lagos, presas, bordos, y otros depósitos naturales o artificiales.

La cuantificación de los cuerpos de agua, registraron un porcentaje para 1979 del 0.83%, mientras que para 1986 el porcentaje fue de 0.65%, esto es considerando la superficie total en el Estado. El decremento observado en el año de 1986, es debido a que los cuerpos de agua registraron diferencias en su capacidad de almacenamiento, debido en parte a la fecha de toma de la imagen. Esto se puede observar claramente en la época de lluvias donde los almacenamientos de agua se encuentran a su máxima capacidad.

#### - Areas sin Vegetación y Pastos

Estas áreas corresponden a las áreas erosionadas, áreas urbanas y zonas que el satélite detecta como pastos, pudiendo ser estas áreas de cultivo de temporal. Esta confusión está dada cuando las áreas agrícolas se encuentran barbechadas cubriéndose de pequeño pasto o lo que queda en el campo después que se levanta la cosecha, clasificándolo el sistema de interpretación como pasto.

El porcentaje cuantificado para estas áreas en 1979 fue de 24.51% y para 1986 de un 23.31% del área total.

Los resultados del recorrido de campo reportan que hacia el norte del Estado, existen en mínimas extensiones en los extremos suroeste y sureste de la entidad, apareciendo en algunas partes en combinación con algunos matorrales.

- Desconocido

Son áreas no identificadas por el sistema de interpretación dada su resolución.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

La información obtenida mediante la utilización de técnicas de Percepción Remota, constituye hoy en día una fuente de información de gran ayuda para la planeación y control de los recursos naturales. Dado que su empleo facilita el estudio de una área específica en poco tiempo con gran exactitud en los resultados obtenidos.

Por ello, el presente trabajo realizado en el Estado de Guanajuato representa una aplicación de estas técnicas en un intento por conocer el desarrollo de la cubierta vegetal durante un periodo de siete años (1979-1986); cabe aclarar que el estudio se realizó en base a la información disponible, llegando a las conclusiones siguientes:

- Se detectó una pérdida intensa en las principales zonas boscosas del Estado, originada en gran medida por el hombre; siendo que para 1979, las áreas de bosque cubren un 9.61% y en 1986 cubren el 2.18%, dando como resultado una pérdida de Bosque de un 7.48% que representan 230,636.22 Ha. durante el período (1979-1986), con esto se observa que la pérdida del recurso es alarmante, poniendo en peligro la pérdida total del recurso y aumentando de esta forma la erosión.

- Para las áreas dedicadas al cultivo tanto de temporal como de riego no se pudo llevar a cabo una comparación en cuanto a aumento o disminución de superficie, debido a que en las imágenes sólo se encuentran registradas las áreas de cultivo que se encuentran en desarrollo para la fecha de toma, siendo diferente las fechas de toma de las imágenes utilizadas.

- El análisis de las imágenes de 1979 y 1986, se realizó sin tomar en cuenta desde un principio la fecha de toma de cada imagen debido a que era la información de imágenes disponibles, ocasionando con esto no poder cuantificar el área total cultivada tanto de riego como de temporal, identificando sólo las áreas cultivadas, que se encontraban en desarrollo para la fecha de toma.

- Se presentaron problemas en la clasificación aislada de los diferentes usos de suelo, debido a que la clasificación que se utilizó en el Sistema de Interpretación Automática no realiza la diferenciación clara de las diferentes asociaciones vegetales, registradas en la entidad; enfrentándose al problema de agregar bosque-chaparral, chaparral-matorral, áreas sin vegetación y pastos y no efectúa además una clasificación clara de las áreas urbanas existentes en el estado.

- A pesar de que los resultados obtenidos no explican en su totalidad la dinámica de la cubierta vegetal, principalmente para las zonas cubiertas por cultivos, el resto de las variantes en

cuanto al uso de suelo en la entidad representan cambios determinantes durante un período de siete años; esto se observa claramente en la pérdida del bosque, chaparral y matorral.



**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

**RECOMENDACIONES.**

- Con respecto a la cuantificación de cultivos, es importante considerar los calendarios agrícolas de la región, para llevar a cabo una comparación adecuada en cuanto a los resultados obtenidos para dos años diferentes.
- Se recomienda utilizar los sistema de interpretación a través de computadora, con el fin de realizar estudios sobre el uso del suelo en una forma rápida y eficaz.
- Se recomienda adquirir imágenes que presenten la misma fecha de toma, para diferentes años; facilitando la comparación en largos períodos de la dinámica de la cubierta vegetal.
- Si se utiliza el mismo Sistema de Interpretación Automática de Imágenes de Satélite (SIADIS), se recomienda utilizar otro algoritmo de clasificación que realice la diferenciación más clara de los usos de suelo en una zona. Cabe aclarar que este mismo sistema presenta otro algoritmo de calsificación que da más detalle de los usos del suelo en una zona, pero no se utilizó en este trabajo por que el proceso es más tardado.

## BIBLIOGRAFIA.

- C. Lindenlaub, 1976; Fundamentals of Remote Sensing.  
Minicourse Series developed by:  
The Laboratory for Applications of Remote Sensing.  
Purdue University West Lafayette, Indiana (USA).
  
- Centre national d'eludes spatiales (CNES), 1985.  
Satellite Pour L'Observation de la Terre SPOT-1 Launching.  
France, November.
  
- Comisión del Plan Nacional Hidráulico (CPNH).  
Algoritmos de Interpretación Automática.  
Informe final (artículo interno). s/año.
  
- Comisión del Plan Nacional Hidráulico (CPNH), 1978.  
Estudio de Justificación para un Sistema de Cómputo para  
Interpretación Automática de Información obtenida con Sensores  
Remotos.  
CPNH. s/pág.
  
- Comisión del Plan Nacional Hidráulico; 1982.  
Manual del Usuario Sistema SIADIS versión 4.1  
Dirección del Centro de Información. Departamento de Percepción  
Remota. Diciembre, México. 73 pág.

- FLOYD F. Sabins, Jr.; 1978.  
Remote Sensing Principles and Interpretation.  
Chevron Oil Field Research Company. University of Southern California and University of California, Los Angeles. Ed. Freeman and Company; San Francisco, 426 pág.
  
- FLORES Mata, G. Jiménez López, J.; 1971.  
Tipos de Vegetación de la República Mexicana.  
Subsecretaría de Planeación Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología SRH, 59 pág.
  
- LIRA, Jorge.; 1987.  
La Percepción Remota: Nuestros ojos desde el espacio No. 33.  
Secretaría de Educación Pública, Fondo de Cultura Económica y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. 150 pág.
  
- National Oceanic and Atmospheric Administration U.S.; 1985.  
Landsat Data Users notes Supplemental Issue.  
Department of Commerce (NOAA). July.
  
- NIETO, Z. J. Alfonso, Loyo F. Jorge A., Cachón Luis E.  
Taxonomía de Suelos Mediante el Empleo de Técnicas Avanzadas de Percepción Remota.  
CPNH (documento interno). S/ año, 20 pág.

- Organización de las Naciones Unidas. 1982  
La Percepción Remota Aplicada a los Recursos Naturales Renovables.  
Segunda Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Explotación y Usos Pacificos del Espacio Exterior Viena, agosto 1982.  
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma.
- RIVERA R. Sócrates, Medina G. Miguel: 1980.  
Una Metodología para Inventarios de Recursos Naturales por Interpretación Automática.  
V Congreso Nacional de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia. CPNH. 34 pág.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos; 1976.  
Características de los Distritos de Riego. Tomo II Cuenca de río Lerma.  
Subsecretaría de Operación. SRH. 191 pág.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1978  
Estadísticas del Recurso Forestal de la República Mexicana.  
Subsecretaría Forestal y de la Fauna. Dirección General del Inventario Forestal. s/p.
- Sistema Bancos de Comercio. 1976.  
La economía del Estado de Guanajuato. El Banco. 92 pág.

- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1966.  
Inventario de Aprovechamientos Superficiales y Subterráneos para Riego. Guanajuato.  
Irrigación y Control de Ríos. Dirección de Pequeña Irrigación.  
Tomo único. Octubre.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1984  
Percepción Remota Principios y Aplicaciones.  
Dirección General de Conservación de Suelo y Agua. México. 138 pág.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos; 1985  
Programa Hidráulico Estatal de Guanajuato. Diciembre. 200 pág.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1975.  
Simblanza Socioeconómica. Estado de Guanajuato. Proyección de las Obras y Unidades de Riego para el Desarrollo Rural.  
SRH, Celaya, Gto. Abril. 241 pág.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1980.  
Síntesis Geográfica de Guanajuato.  
Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística Geografía e Informática, México.

- Universidad de Guanajuato. 1982.

Boletín Climatológico de Guanajuato No. 49.

Dirección General de Servicio Meteorológico Nacional. 18 pág.

Cartografía Consultada.

- Anexo Cartográfico INEGI. SPP, 1980.

- Carta Guanajuato Frontera Agrícola y Capacidad de Uso de Suelo.

Dirección General de Agricultura. Departamento de Cartografía Sinóptica, 1980.

- Carta Sinóptica de Guanajuato.

Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1976.

## RELACION DE MAPAS

- MAPA No. 1 LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL ESTADO DE GUANAJUATO.
- MAPA No. 2 PROVINCIAS FISIOGRAFICAS EN GUANAJUATO.
- MAPA No. 3 SUSTRATO ROCOSO.
- MAPA No. 4 RELIEVE.
- MAPA No. 5 RIOS.
- MAPA No. 6 CLIMAS.
- MAPA No. 7 SUELOS.
- MAPA No. 8 UBICACION DE LAS IMAGENES DE 1979 EN GUANAJUATO.
- MAPA No. 9 UBICACION DE LAS IMAGENES DE 1986 EN GUANAJUATO.
- MAPA No. 10 MAPA DE RESULTADOS DEL USO DE SUELO DE LAS IMAGENES  
DE 1979 EN GUANAJUATO.
- MAPA No. 11 MAPA DE RESULTADOS DEL USO DE SUELO DE LAS IMAGENES  
DE 1986 EN GUANAJAUTO.

RELACION DE FIGURAS.

- FIGURA No. 1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.  
FIGURA No. 2 COMPONENTES DEL SATELITE LANDSAT.  
FIGURA No. 3 BARREDOR MULTIESPECTRAL MMS.  
FIGURA No. 4 TRAYECTORIA ORBITAL DEL LANDSAT.  
FIGURA No. 5 ADQUISICION DE LA INFORMACION A TRAVES DEL LANDSAT.  
FIGURA No. 6 ESTACIONES RECEPTORAS DE INFORMACION.  
FIGURA No. 7 ESTRUCTURA DE UNA IMAGEN LANDSAT.

RELACION DE CUADROS.

- CUADRO No. 1 EL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.  
CUADRO No. 2 LOS CUATRO RANGOS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNETICO.



86 -  
FACULTAD DE CIENCIAS Y LETRAS  
COLEGIO DE INGENIERIA