

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

PERCEPCIÓN REMOTA DE LA VEGETACIÓN DE LA  
ZONA ARIDA POBLANO-VERACRUZANA.

TESIS  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
BIOLOGO  
PRESENTA

DIEGO FABIÁN LOZANO GARCIA.

México D.F.

1979

6390

630

74



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 esta 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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DE LA TE-  
SIS N° 60

FALTAN LAS

PAGINAS

24, 33, 38

40, 44, 45A

48.

## CONTENIDO

INTRODUCCION.....	1
Antecedentes.....	1
Percepción Remota.....	2
El Satélite Landsat.....	4
OBJETIVOS.....	9
AREA DE ESTUDIO.....	9
Localización y fisiografía.....	9
Geología.....	12
Clima.....	12
METODOLOGÍA.....	16
Imágenes Remotas.....	16
Trabajo de Campo.....	16
Análisis de la precisión de la cartografía....	19
RESULTADOS.....	19
Suelos.....	19
Vegetación.....	35
Verificación de la Cartografía.....	46
DISCUSIÓN.....	50
CONSIDERACIONES FINALES.....	57
BIBLIOGRAFÍA.....	59

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	1. El Sistema Landsat.....	6
	2. Imágen del Satélite Landsat, Escena de la Región del Río Coatzacoalcos en banda 6.....	8
	3. Localización Geográfica del área de estudio.....	10
	4. Mapa topográfico.....	11
	5. Mapa geológico.....	13
	6. Mapa climático.....	14
	7. Climogramas.....	15
	8. Mapas preclasificado y clasificado de la imágen de - enero.....	21
	9. Mapas preclasificado y clasificado de la imágen de - mayo.....	22
	10. Izotales de <i>Nolina-Agave</i> .....	37
	11. Izotales de <i>Nolina-Opuntia</i> .....	37
	12. Nopalera.....	38
	13. Matorral crasirosulifolio espinoso.....	40
	14. Agrupaciones de Halófitas.....	40
	15. Bosque de <i>Cupressus-Nolina</i> .....	44
	16. Bosque de <i>Pinus cembroides</i> .....	44
	17. Pastizal.....	45
	18. Cultivo de Temporal.....	47
	19. Bosque abierto de <i>Juniperus deppeana</i> .....	47
	20. Cultivo de Riego.....	48
	21. Laguna de Quecholac.....	48

## INDICE DE TABLAS

TABLA	1. Bandas del espectro del MSS.....	7
	2. Parámetros determinados por el método de cuadrantes.....	20
	3. Unidades de superficie y código de colores de los - grupos mapeados.....	23
	4. Resultados de los análisis de los suelos.....	24
	5. Valores obtenidos por el método de cuadrantes para el Bosque de <i>Cupressus lindleyi</i> .....	43
	6. Valores obtenidos por el método de cuadrantes para el Bosque de <i>Pinus cembroides</i> .....	43
	7. Matriz de relaciones numéricas de categorías de ve- getación y uso del suelo, clasificados en las imáge- nes y localizadas en el campo.....	49
	8. Relación de tipos de vegetación y condiciones de -- uso del suelo, con algunos parámetros medio-ambien- tales y de vegetación.....	51
	9. Porcentaje de los valores de frecuencia de los ti-- pos de vegetación estudiados.....	52
	10. Valores de cobertura en centímetros, de los seis ti- pos de vegetación estudiados.....	53
	11. Valores de cobertura en porcentaje, de los seis ti- pos de vegetación estudiados.....	53
	12. Valores de reflectancia de la imagen 1180-16225 del 19 de enero de 1973.....	55
	13. Valores de reflectancia de la imagen 1306-16231 del 25 de mayo de 1973.....	56

## RESUMEN

Este trabajo presenta un estudio detallado de la vege-  
tación y el uso del suelo en la Región del Valle de Pe-  
rote, utilizando imágenes del Satélite Landsat. El área  
de estudio comprende casi la totalidad del Valle, encla-  
vado en los límites de los Estados de Veracruz y Puebla.

El Valle es una cuenca endorreica que presenta condicion-  
es de semi-aridez por la sombra de lluvia de la Sierra  
Madre Oriental, lo que combinando con otros factores, or-  
rigina el establecimiento de comunidades como Izotales,  
Matorrales, Bosques de Pino Piñonero, Bosque de Cipres-  
es, Bosque de Pinos, Agrupaciones de Halófitas y Pastiz-  
ales; gran parte del Valle es utilizado para cultivo -  
de maíz, haba y cebada. La clasificación se realizó usand-  
o 2 imágenes de enero y mayo de 1973 utilizando el --  
SIADIS de la S.A.R.H. Los resultados del análisis numéric-  
o y de las colectas y muestreos en el campo son 2 mapas  
del uso de la tierra en la Región.



## INTRODUCCION

### ANTECEDENTES

En México, la producción de mapas que reflejen la vegetación presente en un lugar antes de la perturbación por el hombre (mapas de vegetación original), así como de mapas de la vegetación presente en el momento de la observación (mapas de vegetación actual o de uso del suelo), es una tarea que ha involucrado a muy diversas personas e instituciones.

Los ejemplos cartográficos más relevantes a nivel nacional son:

- El mapa de los "Tipos de Vegetación de la República Mexicana" de Flores Mata, et. al. publicado por la S.R.H. a escala de 1:2 000 000.
- Las cartas de uso actual del suelo de DETENAL, a una escala de 1:50 000.
- Los mapas de uso actual del suelo de la oficina de Cartografía Sinóptica de la S.A.R.H., a una escala de 1:250 000 ó 1:500 000 y
- El "Mapa Esquemático de la Vegetación de México" de Rzedowski, J. 1978.

La información requerida para estos estudios debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Poseer una calidad homogénea,
- b) Ser comparable entre sí y poseer parámetros para su comparación con otra información.

- c) Poseer una cobertura amplia y resolver detalles a una escala definida.
- d) En el caso de trabajos de uso actual del suelo, ser lo más reciente posible.

Los ejemplos antes mencionados, así como muchos otros casos adolecen de fallas de acuerdo a los 4 requisitos anteriormente mencionados. Las razones son de muy variada índole, pero en el fondo son - dos los problemas fundamentales; costo de la información y tiempo utilizado para su análisis. Estos problemas se vuelven más complejos si se desea explicar ecológicamente la presencia de una comunidad vegetal en una zona.

Con esto en mente y ante la necesidad de contar con un mapa de vegetación del Estado de Veracruz, un grupo de investigadores de diversas instituciones han reunido sus esfuerzos para resolver este problema, creando un proyecto piloto de Percepción Remota; que es de hecho, un proyecto Interdisciplinario e Interinstitucional, el cual ha producido a la fecha varios trabajos y publicaciones, (Soto, M. et. al. 1977 y 1978). Con la experiencia obtenida en los trabajos previos, se decidió ensayar las técnicas de Percepción Remota en la zona árida Poblano-Veracruzana.

## PERCEPCION REMOTA

Numerosos autores, al discutir el concepto de Percepción Remota señalan que ésta, en su forma más simple "la visión", existe desde hace más de 500 millones de años. Esta generalización nos obliga a caracterizar dicho concepto con el objeto de aclarar el sentido que se dará a este término.

En principio todas las definiciones de Percepción Remota, incluyen una característica fundamental; la cual es que el objeto bajo estu

dio, del que se desea obtener información, no debe estar en contacto físico con el sistema sensor (Stone, 1974, Martínez, 1975 y Lintz 1976).

En segundo lugar, la Percepción Remota comprende relaciones de materia-energía, ya que todo cuerpo cuya temperatura se encuentre - por arriba del cero absoluto, es capaz de absorber, dispersar, emitir, reflejar o transmitir energía electromagnética (Guzmán, 1976).

Por último, Vinogradov (1977), señala que debido al desarrollo tecnológico de los últimos años, la Percepción Remota, envuelve también a los sistemas de interpretación y procesamiento de la información obtenida desde un sensor.

Estas tres características brindan un concepto general de percepción remota.

A continuación se definen algunos conceptos fundamentales de la Percepción Remota. Es importante aclarar que se presentan aquellos conceptos relacionados con el tema de este trabajo.

Resolución: se define como la capacidad de un sistema fotográfico, incluyendo el objetivo, la exposición, el procesado y otros factores de delinear claramente la imagen de un sujeto (Avery, T. 1977).

Everett y Simonett (1976), sugieren que la resolución de un sistema depende de cuatro variables a saber:

- a) La resolución espacial: envuelve 2 aspectos, primero a la resolución tal y como se definió en el párrafo anterior; y segundo, la resolución entendida como el nivel de detalle que se quiere llegar a obtener con un determinado sistema.
- b) La resolución espectral: que se define como el rango del espectro electromagnético que el sensor es capaz de captar.

- c) La resolución radiométrica; definida como la sensibilidad de un sensor a diferencias en la intensidad de la señal.
- d) La resolución temporal: entendida como la obtención de información a intervalos definidos de tiempo.

Estrategias Múltiples; se entiende en sentido general, como la posibilidad de combinar diversas técnicas. Estas pueden incluir a las siguientes:

- a) Imágenes multiespectrales: es el uso de uno o más sensores para obtener imágenes de diferentes porciones del espectro electromagnético. Esto está basado en el hecho teórico, llamado "firma espectral", el cual asevera que toda sustancia refleja, transmite y absorbe un espectro único de energía electromagnética. Al poder separar en bandas este espectro, es posible identificar la naturaleza del sujeto.
- b) Combinación de fuentes de información: entendida como el uso de información derivada de satélites, aviones y trabajo de campo, a la vez de facilitar la interpretación y el análisis de la información, permite disminuir los costos de obtención de datos para cualquier tipo de trabajos.

## EL SATÉLITE LANDSAT

La serie de satélites Landsat, inició sus trabajos con el lanzamiento del Landsat 1, en julio de 1972; un segundo satélite con las mismas características fue lanzado en enero de 1975 y en marzo de 1978, fue lanzado el Landsat III, semejante a los dos primeros.

Como señalan Lints y Simonett (1976) (fig. 1), el sistema Landsat - consiste de (1) la iluminación solar; (2) la modificación de la iluminación por su paso a través de la atmósfera, (3) el reflejo de la

energía por la superficie terrestre, (4) una nueva modificación - por la absorción y dispersión de la atmósfera, (5) la captación de la información por el sensor del satélite, (6) la energía para el funcionamiento del sensor, los controles orbitales y altitudinales del satélite y para la telemetría a la tierra, proporcionada por células solares conectadas a baterías de níquel-cadmio, (7) la señal es grabada para su telemetría posterior o es procesada directamente y enviada a la tierra, (8) la señal digitalizada es propagada por la atmósfera, (9) y recibida por una antena terrena, (10) - ésta es procesada en diversas formas, (11) se almacena en un banco de datos, (12) y se distribuye al público que las solicita por medio de oficinas, (13) por último se analiza.

El Landsat posee una órbita polar de 900 km de altura aproximadamente, el satélite realiza 14 circunvoluciones a la tierra cada día, - pasando cada 18 días sobre el mismo punto. La órbita ha sido planeada de tal manera que cubre la mayoría de las áreas continentales de la tierra a una hora local constante de toma de imagen.

El vehículo-plataforma incluye los siguientes instrumentos y sensores:

- Barredor multiespectral (MSS),
- Sistema de video multiespectral (RBV),
- Sistema muestreador de imágenes y almacenador de información y
- Sistema de control de potencia y transmisión.

El sensor utilizado en el presente trabajo es el barredor multiespectral. Es un sensor de tipo pasivo, que usa un espejo oscilante para el barrido continuo, perpendicular a la dirección de la órbita del satélite. El MSS posee seis detectores en cada una de las cuatro -- bandas del espectro (tabla 1) que registra, estos detectores producen imágenes con una escala de valores de grises de 127 diferentes intensidades (Holkenbrink, P. 1978).

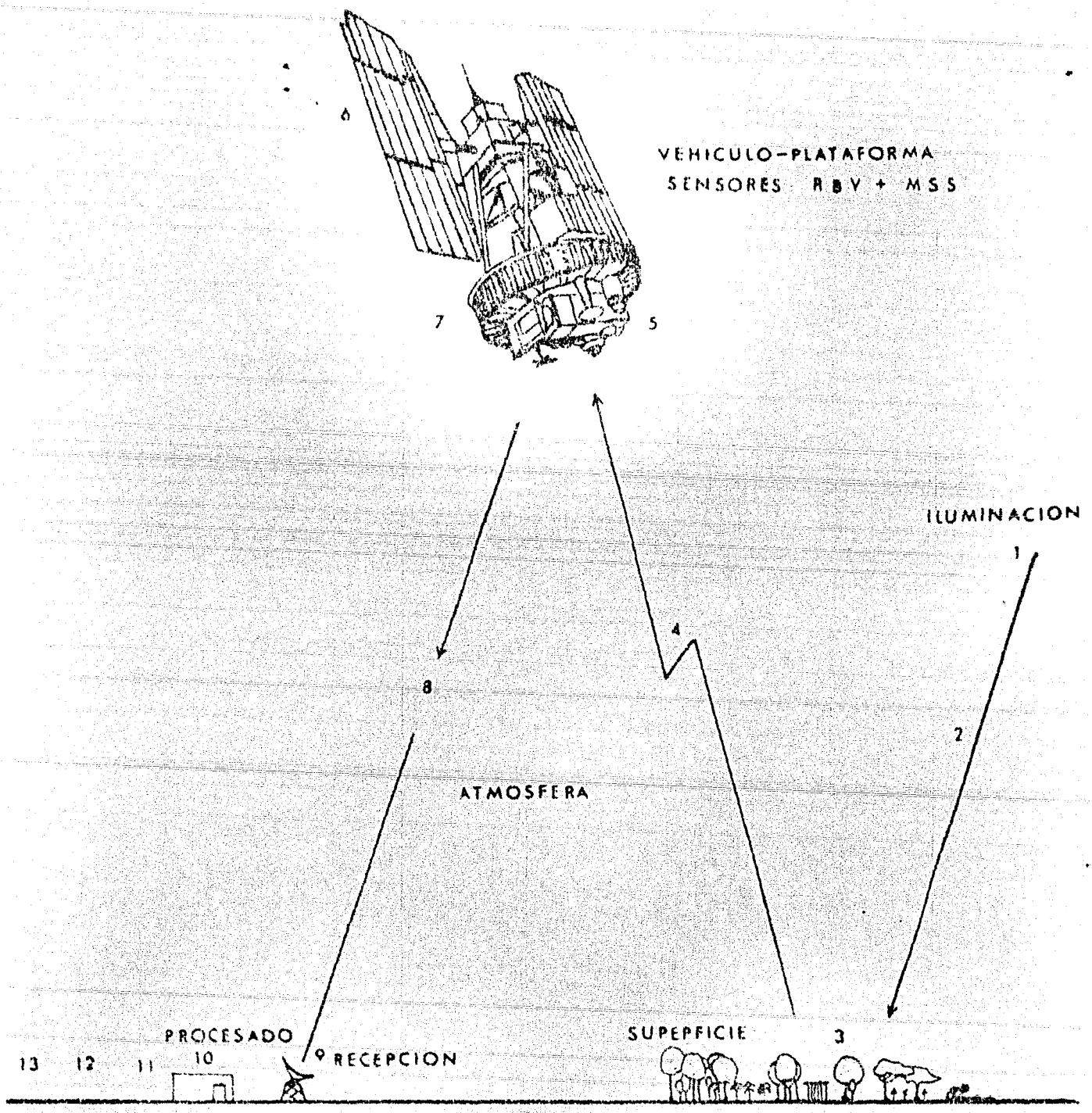


FIGURA 1. El Sistema Landsat.

BANDA	RANGO DEL ESPECTRO	COLOR
1-4	0.5-0.6 $\mu m$	Verde
2-5	0.6-0.7 $\mu m$	Rojo
3-6	0.7-0.8 $\mu m$	Infrarrojo cercano
4-7	0.8-1.1 $\mu m$	Infrarrojo cercano

TABLA 1. Bandas del espectro del M S S.

Las imágenes producidas por el MSS, son paralelogramos (fig. 2), no cuadrados, esto se debe a la rotación de la Tierra y al hecho de que la imagen es formada por un barrido óptico-mecánico, los lados son paralelos al trayecto de la órbita del satélite, con respecto a la superficie terrestre.

Las imágenes de una misma órbita, presentan un traslape arbitrario del 10%; el traslape entre imágenes de órbitas contiguas varía entre los rangos del 14% en el Ecuador hasta el 85% en los paralelos 80° de latitud.

En una impresión fotográfica de las imágenes del MSS, la latitud y longitud se marcan con un intervalo de 30 minutos en la parte exterior de la fotografía, estas referencias geográficas son anotadas en grados y minutos. Una escala de 15 niveles de grises es colocada en cada una, se utiliza para controlar su procesamiento además de proveer una referencia al analizar una imagen en particular. Finalmente en la parte inferior de la fotografía, encontramos los datos más relevantes de la imagen tales como la fecha de la toma, -- identificación, localización geográfica del centro de la imagen, la hora de toma con respecto al meridiano de Greenwich, y el número de la banda.

También existen disponibles imágenes del MSS en forma digitalizada en cintas compatibles con máquinas computadoras. Las cintas son de

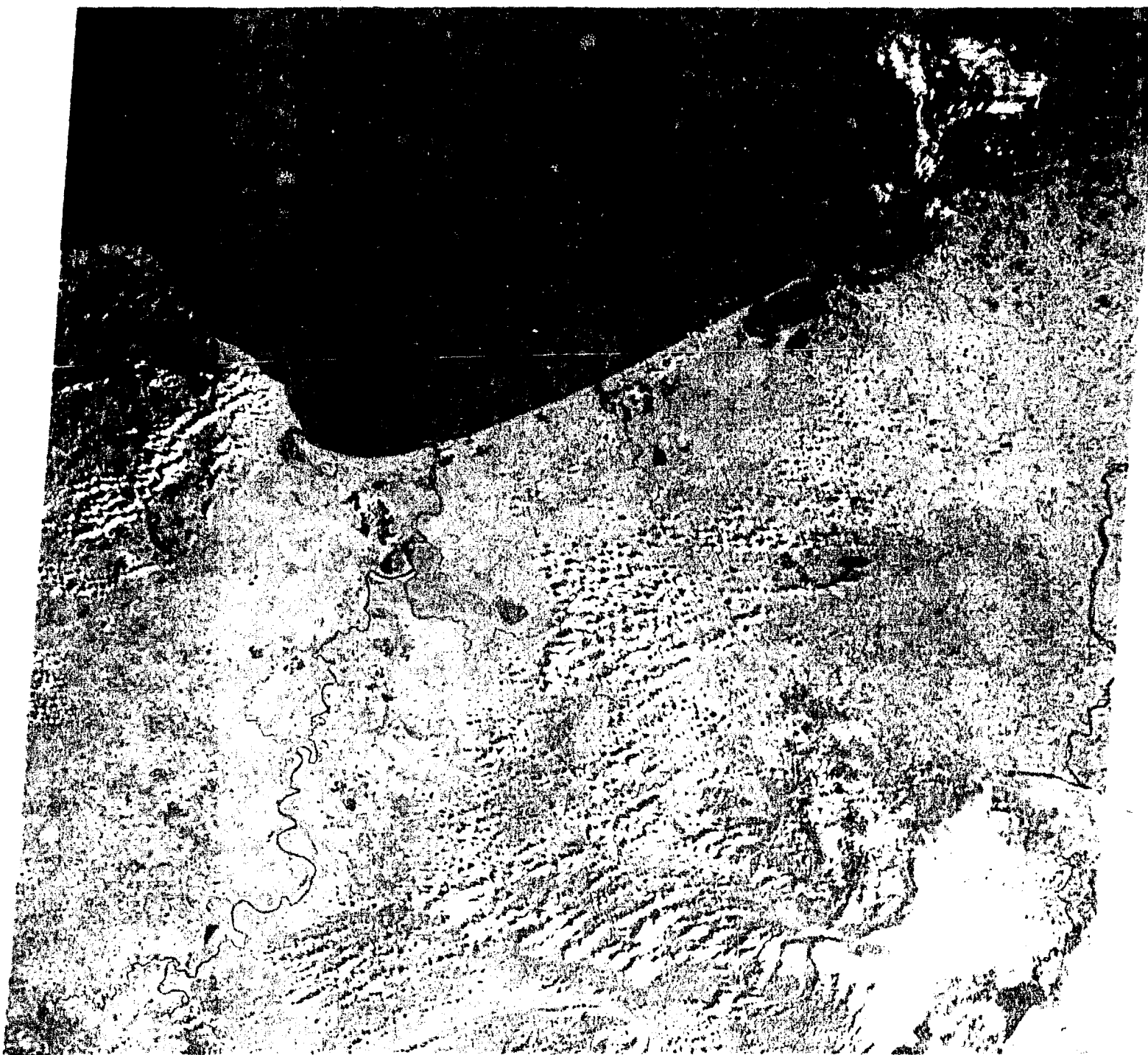


FIGURA 2. Imágen del Satélite Landsat. Escena de la región del Río Coatzacoalcos, en banda 6.



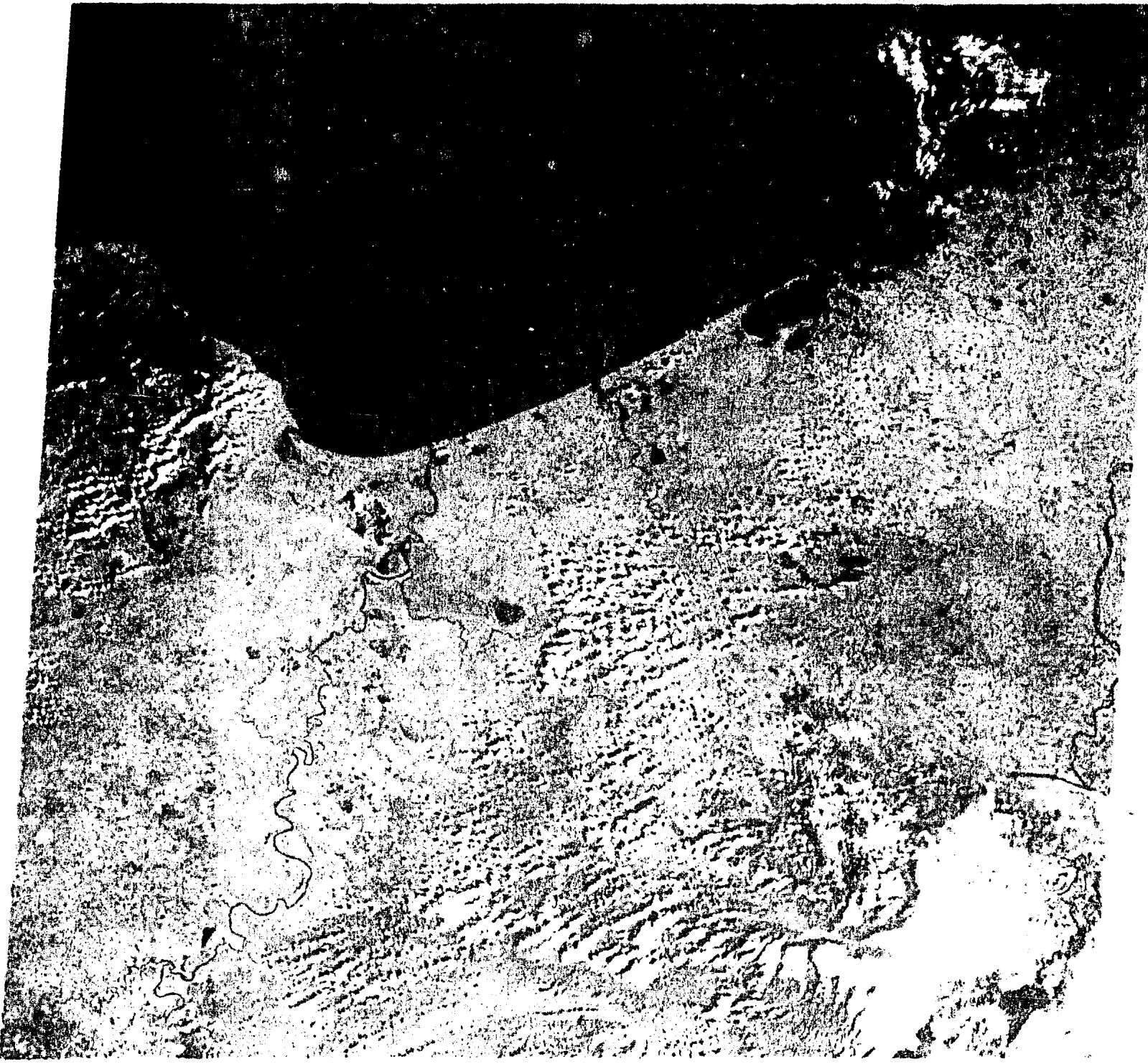


FIGURA 2. Imágen del Satélite Landsat. Escena de la región del Río Coatzacoalcos, en banda 6.

1/2 pulgadas, y se encuentran en formato de 7 ó 9 canales a 800 ó 1,600 bpi (US Department of the Interior, 1976).

## OBJETIVOS

- Elaboración de mapas Ecológicos de Vegetación de acuerdo a los criterios propuestos por Morain.
- Comparación de 2 mapas realizados con la misma metodología y sensores, pero con información obtenida en distintas fechas.
- Obtención de los valores espectrales de los distintos grupos mapeados.

## AREA DE ESTUDIO.

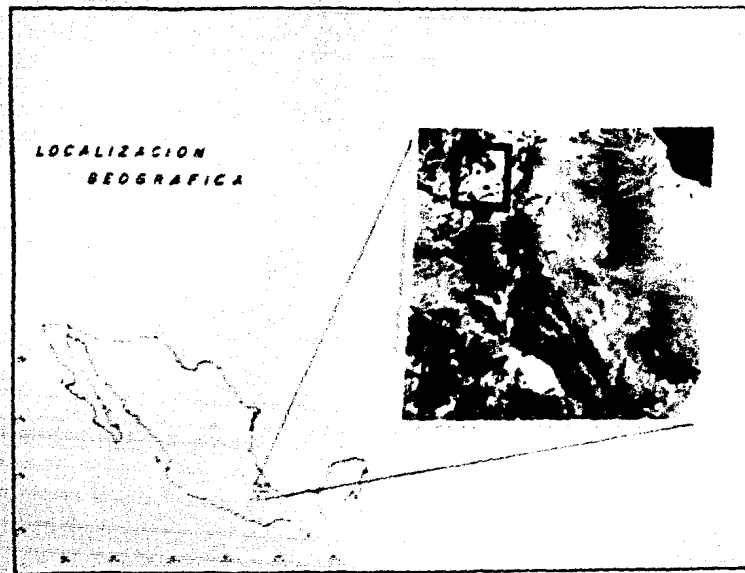
### LOCALIZACIÓN Y FISIOGRAFÍA.

Corresponde a la porción Noreste de la Región Arida Poblana y a la totalidad de la zona Arida Veracruzana (fig.3)

En ella se encuentra un extenso valle de suelos de aluvión cuya altitud varía de 2,300 a 2,400 m.s.n.m., siendo utilizada en la agricultura para la producción de maíz, cebada y haba principalmente.

Hay numerosos cerros de naturaleza caliza, con dirección general de Sureste a Noreste, cuyas altitudes mayores varían entre los 2,400 y 2,500 m.s.n.m. (Ramos y González 1972).

Se presentan además, diversos afloramientos ígneos en forma de derrames basálticos denominados Mal país o en forma de conos Volcánicos con alturas de hasta 2,900 m.s.n.m. (fig. 4)



F I G U R A 3.

En la Región, existen cuatro lagunas del tipo de los Xalapazos o crater de explosión, debidos al intenso calentamiento que sufrió el agua del manto freático, generando presiones que bajo - condiciones adecuadas produce una explosión que excava un crater (Alvarez, 1976), estas Lagunas son la de Alchichica, Quecholac, - Preciosa y Atexcaqui.

No se localizaron corrientes permanentes superficiales y sólo en la época de lluvias, cuando estas caen en forma torrencial se originan corrientes efímeras que arrastran gran cantidad de suelo y materia orgánica.

Entre el cerro Pizarro y la laguna de Alchichica, durante las lluvias se forma un depósito de agua poco profundo.

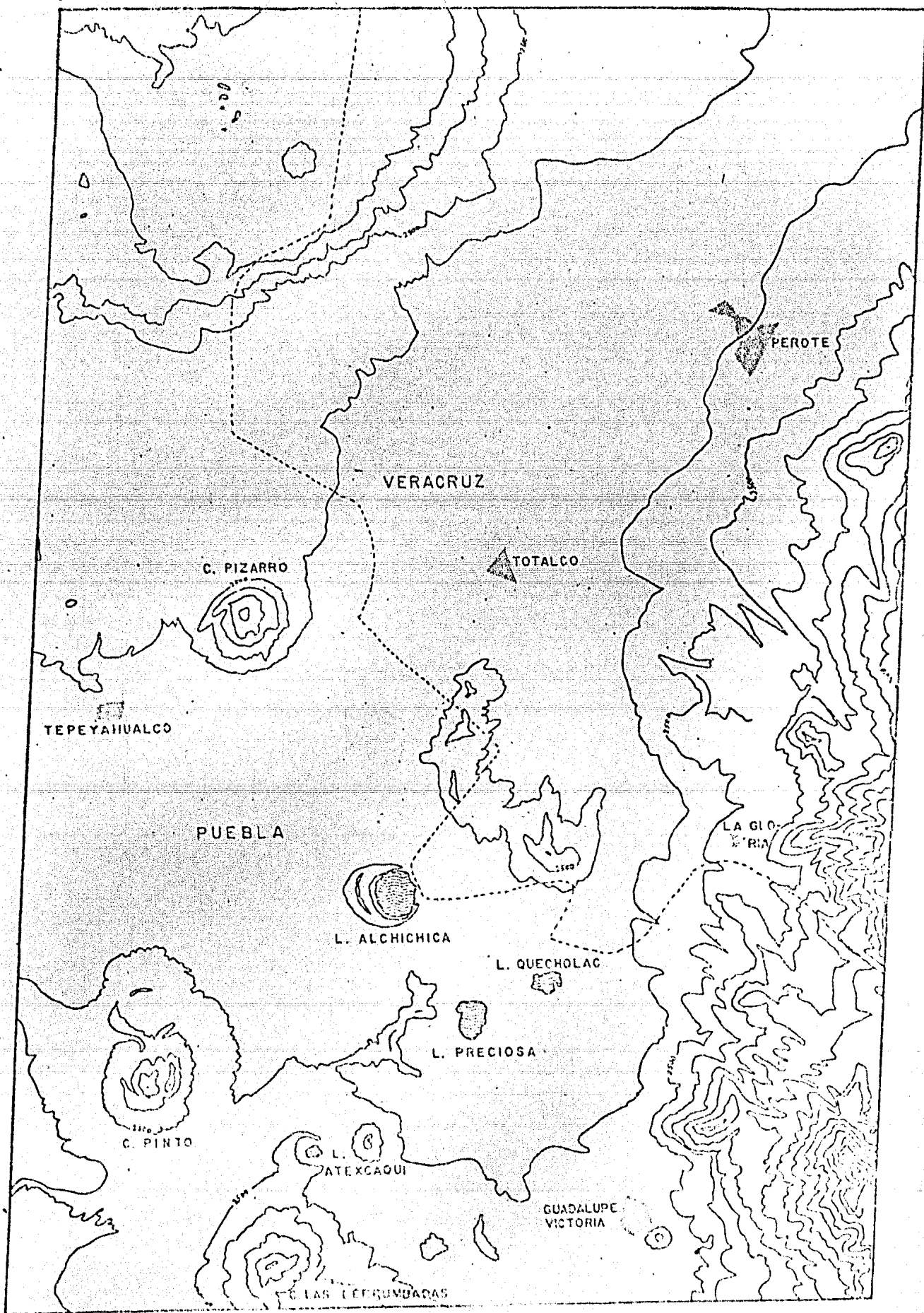


FIGURA 4. Mapa topográfico tomado de la Carta Topográfica de la Secretaría de la Defensa Nacional (1968).

## GEOLOGÍA

Desde el punto de vista geológico, encontramos las siguientes rocas y edades (fig. 5).

Jurásico superior: Sedimentarias Calizas (Js)

Cretácico: Sedimentarias Calizas (K:, KM, Kor, Ks)

Terciario: Igneas intrusivas y extrusivas (Igi e Ige), -  
del tipo de las Tobas (Tb y T. Tb)

Cenozoico: Igneas extrusivas (Cv y Cus)

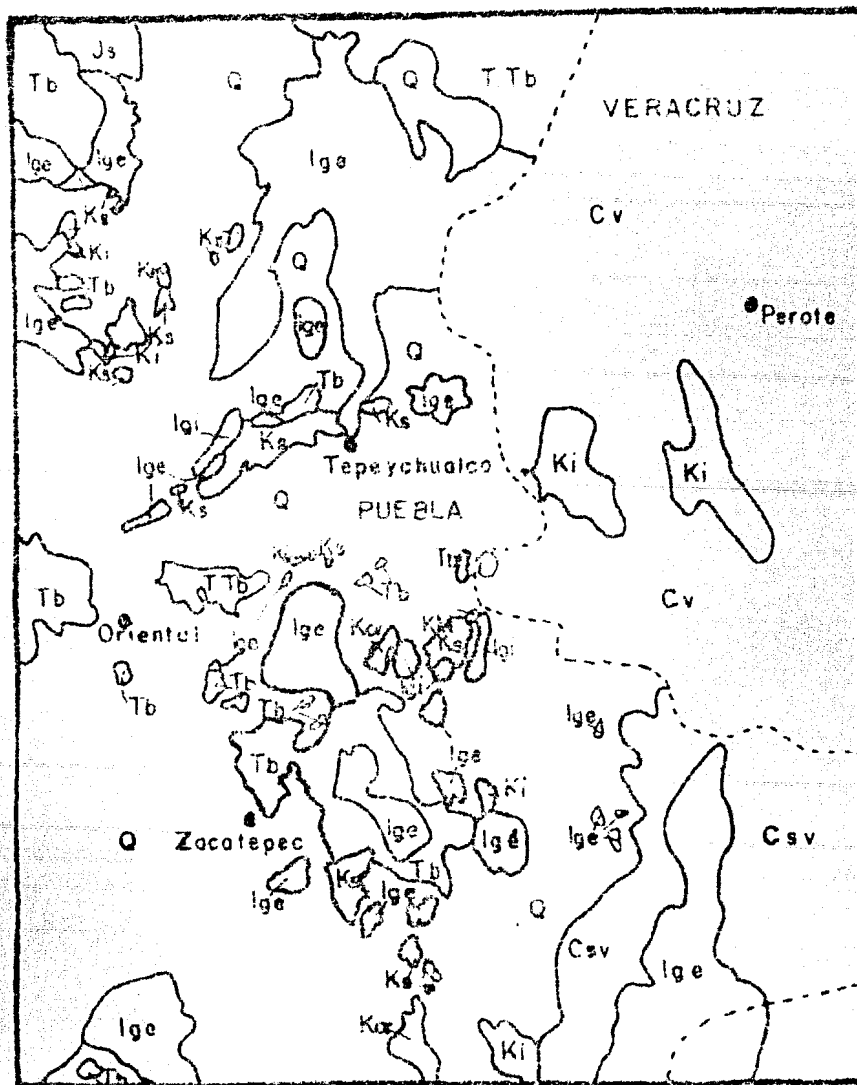
Cuaternario: Aluviones (Q)

## CLIMA

Existen datos climáticos en cuatro estaciones meteorológicas, las cuales presentan los siguientes tipos de climas de acuerdo a la clasificación de Köppen modificada por García (fig. 6 y 7)

Oriental	BS <sub>1</sub> k w" (i')
Perote	BS <sub>1</sub> k'w" (i) g
Tepeyahualco	BS, k w" (w) (i')
Zacatepec	BS <sub>1</sub> k'w" (i)

En general el clima es el más húmedo de los Semiáridos, templado con verano cálido con lluvias en verano, canícula y poca oscilación térmica.



**SEDIMENTARIAS**

- Js Jurásico superior
- Ki Cretácico inferior
- KM/Kor Cretácico medio
- Ks Cretácico superior
- Q Cuaternario

**IGNEAS EXTRUSIVAS**

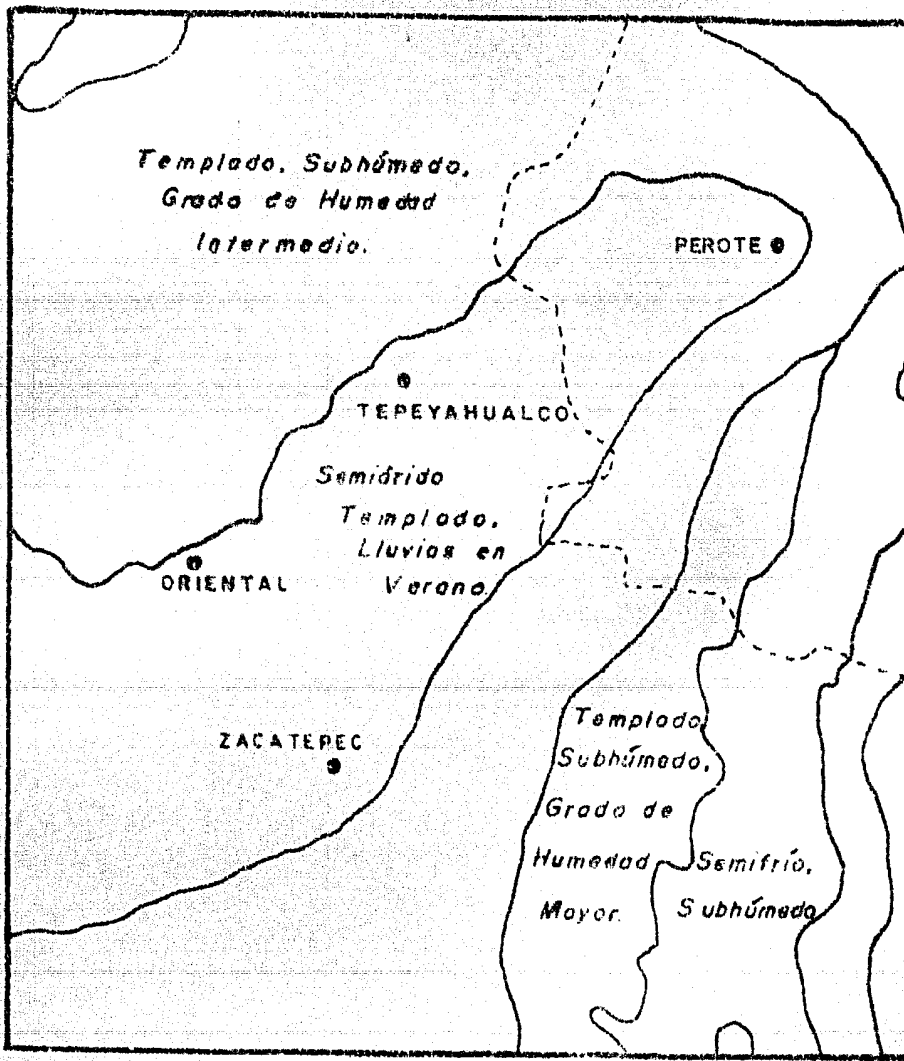
- Cv Cenozoico
- Csv Cenozoico superior volcánico
- Ige Terciario
- T.T Terciario (tobas indiferenciadas)
- Tb Terciario (tobas y cenizas volcánicas)

**IGNEAS INTRUSIVAS**

- Igi Terciario (granitos, pórfidos, etc.)

ESCALA 1.500.000

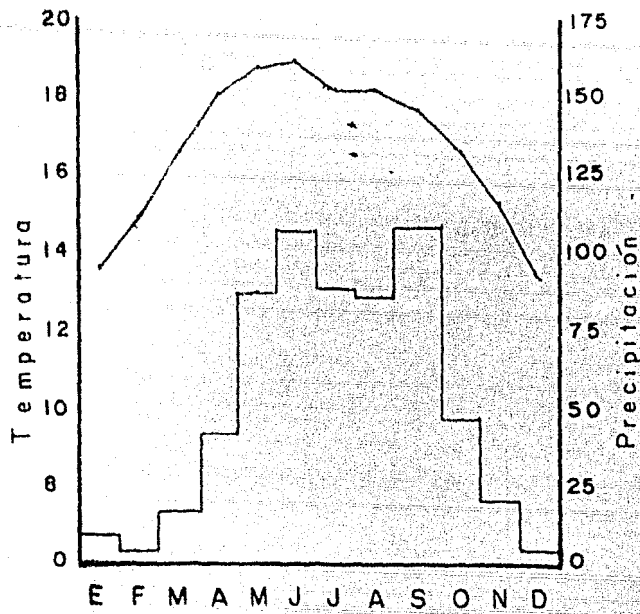
FIGURA 5. Mapa Geológico, tomado de la Carta Geológica de la República Mexicana. López Ramos (1966).



ESCALA 1: 500 000    • Estación    ---- Límite Estatal

FIGURA 6. Mapa Climático, tomado de la carta climática de DETENAL.

FIGURA 7. Climogramas.

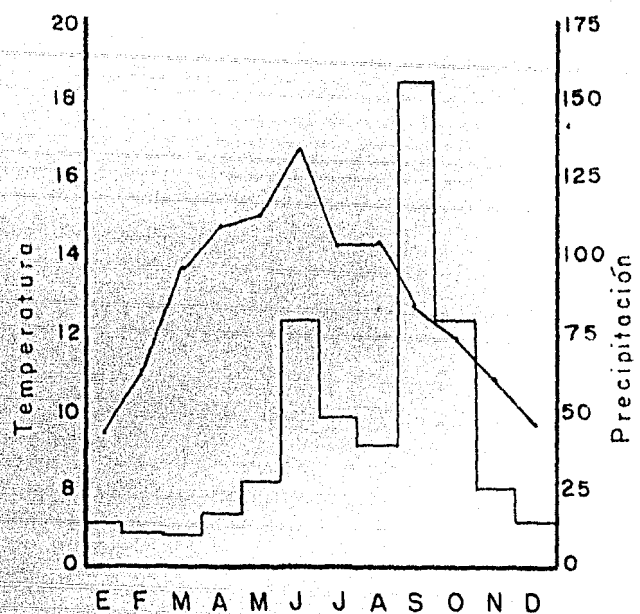


Oriental

% Lluvia invernal: 4.3

P/T: 36.2

Oscilación anual térmica: 5.6°

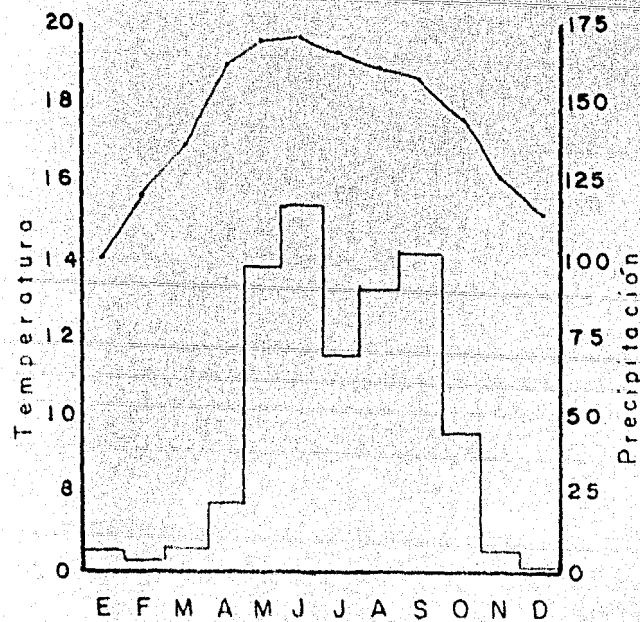


Perote

% Lluvia invernal: 6.9

P/T: 40.2

Oscilación anual térmica: 7.1°

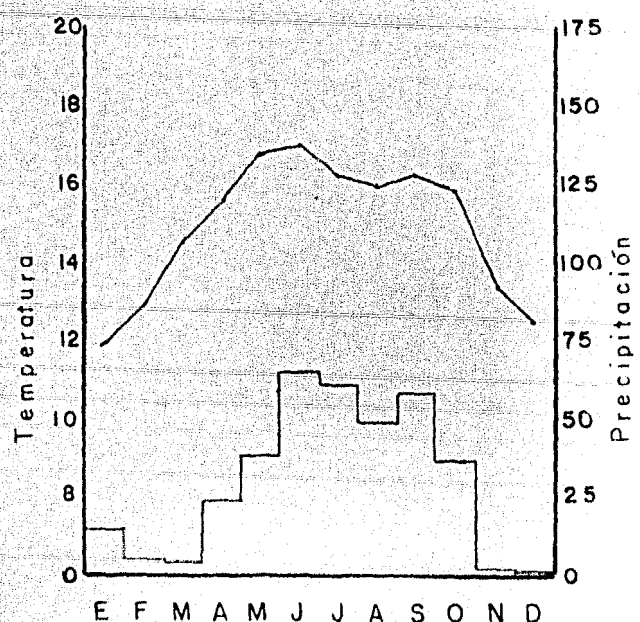


Tepeyahualco

% Lluvia invernal: 4.3

P/T: 0.33

Oscilación anual térmica: 5.8°



Zacatepec

% Lluvia invernal: 7.6

P/T: 24.3

Oscilación anual térmica: 5.8°



## METODOLOGIA

### IMÁGENES REMOTAS

Para este estudio se utilizaron dos imágenes del Satélite LANDSAT-I NASA ERTS E-1180-16225 del 19 de enero de 1973 y NASA ERTS E-1306-16231 del 25 de mayo de 1973

La primera corresponde a mediados de la época de sequía y la segunda al final de esta estación.

Además se utilizaron fotografías aéreas estereoscópicas escala -- 1:50 000 de DETENAL.

El análisis y la clasificación de las imágenes de satélite se realizó con el SIADIS (Sistema de Interpretación Automática de Imágenes de Satélite) del Departamento de Percepción Remota de la Comisión - del Plan Nacional Hidráulico que permite obtener mapas a escala -- 1:22 000 ó menores.

"El proceso de identificación de zonas con características comunes se basa en algoritmos que encasillan puntos con análogos valores de intensidad, de radiación en las diferentes bandas"(Diez, A. y A. Flores 1974). Lo anterior está basado en el concepto de "firma espectral".

### TRABAJO DE CAMPO

El trabajo de campo se realizó en 3 fases. La primera correspondió a un reconocimiento general de la zona por medio de recorridos terrestres, vuelos en avioneta y una fotointerpretación general de -

las imágenes de satélite y de fotografías aéreas estereoscópicas. Con la información obtenida en esta primera fase se localizaron con precisión los futuros sitios de muestreo de vegetación y suelo.

La segunda fase correspondió a la determinación de las comunidades vegetales y condiciones de uso del suelo. Para lograr esto, una vez ubicados los sitios de muestreo, se utilizaron distintos métodos dependiendo de la fisonomía y estructura de la comunidad.

Ante la discusión sobre la existencia de comunidades en la naturaleza, que pueden ser reconocidas y estudiadas (Walter, H. - 1971) versus un "Continuum" de vegetación, se adoptó en función de las necesidades de este trabajo, la idea expuesta por Margalef (1974), que afirma "No hay precisamente un abismo entre la consideración de tipos discretos de comunidades y cualquier ordenación de los inventarios según un gradiente continuo....."

Si el ecólogo se interesa más por discontinuidades define tipos; si se interesa más por las relaciones describe gradientes, pues que es necesario delimitar fronteras y estudiar grupos recurrentes de vegetación, se definieron ciertas unidades, tomando como base un criterio fisonómico y florístico.

Los muestreos en el campo se realizaron con el objeto de determinar los tipos de vegetación o condiciones de uso del suelo - que aparecieron en las clasificaciones; ya que la información existente para la zona, sólo cubría un área pequeña correspondiente al estado de Veracruz (Ramos y González, 1972), o bien era muy general (Soto, et.al. 1977).

Dados los objetivos del trabajo se hizo énfasis en las diferencias existentes entre cada tipo de uso del suelo o de vegetación.

En aquellos sitios de comunidades muy abiertas con escasa cobertura y formas arbustivas y crasirosetulifolias se determinaron los siguientes atributos:

-Densidad

-Frecuencia

-Cobertura

La densidad se obtuvo de un cuadrado de 10 por 10 metros dividido en cuatro celdas de 25 metros cuadrados que corresponde a las dimensiones del área mínima determinada por Ramos y González (1972), para esta zona. Los valores de frecuencia se obtuvieron por medio de un transecto de 50 metros de longitud, realizándose 100 toques sobre esta línea (uno cada 0.5 metros). Para los valores de cobertura se consideró la superficie de la planta, suelo, materia orgánica o roca, incluida dentro del transecto.

Para aquellas comunidades arboladas con cobertura entre 40 y 100%, además de los tres valores antes mencionados, se determinaron los valores de: distancia media entre individuos; número de individuos en 100 metros cuadrados; número de individuos de cada especie por cuadrante o por 100 metros cuadrados; área basal media; frecuencia, densidad y dominancia absoluta y relativas y finalmente el valor de importancia (tabla 2).

Siguiendo el método de cuadrantes propuesto por Batcheler (1971), que consiste en un muestreo de la población por medio de punto - determinados al azar midiendo la distancia que existe entre este punto y el individuo más cercano, así como la distancia entre este y el vecino más cercano. Además se obtuvieron los valores de DAP y altura de los individuos muestreados.

Para la tipificación de las comunidades vegetales se utilizó la clasificación de Miranda y Hernández X, indicando después del nombre, la o las especies dominantes.

Paralelamente a los muestreos de vegetación se realizaron colectas de suelo en puntos diferentes cubriéndose los grupos mapeados de los que no existía información de este tipo. Las muestras se tomaron hasta 60 cm de profundidad (donde la roca madre lo permitía), con intervalos de 15 cm para cada una.

## ANÁLISIS DE LA PRECISION DE LA CARTOGRAFÍA

La tercera fase del trabajo se realizó para determinar la precisión de la clasificación y la cartografía de los distintos grupos mapeados. Se realizó una verificación de acuerdo a los criterios propuestos por van Genderen y Lock (1977) y van Genderen, Lock y Vass (1978) que proponen un número definido de puntos de verificación en función del nivel de precisión que se desee obtener.

## RESULTADOS

Trabajando con las dos imágenes, se clasificaron un total de -- 146,775.02 hectáreas en la de enero y 159,006.28 hectáreas en mayo. En las preclasificaciones se obtuvieron 38 grupos en el mes de enero y 40 en el mes de mayo. En los mapas finales aparecen 11 grupos que corresponden a los distintos tipos de vegetación y condiciones de uso del suelo (fig. 8 y 9 y tabla 3).

## SUELOS

Se realizaron 9 pozos (tabla 3), en distintas comunidades de vegetación, siendo sus características las siguientes:

Distancia total= suma de todas las distancias

Distancia media=  $\frac{\text{Distancia total}}{(\text{Número de estaciones}) (\text{Número de cuadrante}) \times 2}$

Número de individuos en 100 m<sup>2</sup> =  $100 / (\text{distancia media})^2$

Número de individuo por especie por cuadrante=  $\frac{\text{Número de individuos de esa especie}}{(\text{Número de estaciones}) (\text{Número de cuadrante})}$

Número de individuo por especie en 100 m<sup>2</sup>=  $(\text{Número de individuos por especie por cuadrante}) \times (\text{Número de individuos en } 100 \text{ m}^2)$

Frecuencia absoluta=  $\frac{\text{Número de estaciones en que se presenta una especie}}{\text{Número de estaciones}} \times 100$

Frecuencia relativa=  $\frac{\text{Frecuencia absoluta de especie}}{\text{Suma de las frecuencias de todas las especies}} \times 100$

Densidad relativa=  $\frac{\text{Número de individuos por especie en } 100 \text{ m}^2}{\text{Número de individuos en } 100 \text{ m}^2}$

Dominancia absoluta=  $(\text{Area basal media de una especie cm}^2) \times (\text{Número de individuo por especie en } 100 \text{ m}^2)$

Dominancia relativa=  $\frac{\text{Dominancia absoluta de esa especie}}{\text{Suma de las dominancias absolutas de todas las especies}} \times 100$

Valor de importancia= Densidad relativa + dominancia relativa + frecuencia relativa

Tabla 2. Parámetros determinados por medio del método de cuadrantes.

Parte "A"

TABLA 4. Resultados de los Análisis de los Suelos.

No. del Pozo	Localización y grupo	Profundidad (cm)	C O L O R				% Arena	% Limo	% Arcilla
			S E C O		H U M E D O				
			Interpretación	Clave	Interpretación	Clave			
1	Bosque de Cipreses 13 km a 20° de Tepayahual co, Pue., 2450 m.s.n.m.	0-15	Pardo	10YR 4/3	Pardo muy oscuro	10YR 2/2	19.5	57.2	23.2
		15-30	Pardo amarillento	10YR 5/4	pardo obs. amarillento	10YR 3/4	15.7	63.1	21.2
		30-45	Pardo amarillento	10YR 5/4	Pardo obs. amarillento	10YR 3/4	32.4	48.4	19.2
		45-60	Gris-pardo claro	2.5Y 6/2	Pardo oliva	2.5Y 4/4	66.8	22.0	11.2
2	Bosque de Cipreses 15 km a 21° de Tepayahual co, Pue., 2500 m.s.n.m.	0-15	Negro	5Y 2.5/2	Negro	10YR 2/1	32.76	50.36	16.88
		15-30	Pardo muy oscuro grisáceo	10YR 3/2	Pardo muy oscuro	10YR 2/2	32.76	50.06	17.16
3	Izotal 5 km a 270° de Totalco,- Ver., 2350 m.s.n.m.	0-15	Pardo	10YR 4/3	Pardo muy oscuro	10YR 2/2	33.64	53.0	13.36
		15-30	Pardo amarillento	10YR 5/4	Pardo obs. amarillento	10YR 3/4	81.92	46.0	12.08
4	Izotal 12 km a 305° de Totalco, Ver., 2350 m.s.n.m.	0-15	Pardo oscuro grisáceo	10YR 4/2	Pardo muy oscuro	10YR 2/2	32.2	54.0	13.8
		15-30	Pardo obs. amarillento	10YR 4/4	Pardo muy oscuro	10YR 2/2	30.2	53.72	16.08
		30-45	Amarillo-pardo	10YR 6/6	Pardo obs. amarillento	10YR 3/6	33.2	49.72	17.08
5	Nopalera 2.5 km a 360° de Totalco, Ver., 2370 m.s.n.m.	0-15	Pardo	10YR 4/3	Negro	10YR 2/1	27.2	57.72	15.08
		15-30	Pardo	10YR 4/3	Negro	10YR 2/1	33.48	49.44	17.08
		30-45	Pardo	10YR 4/3	Negro	10YR 2/1	30.92	48.0	21.08
6	Nopalera 3 km a 360° de Totalco, Ver., 2350 m.s.n.m.	0-15	Pardo oliva	2.5Y 4/4	Pardo muy obs. grisáceo	2.5Y 3/2	27.76	58.08	14.16
		15-30	Pardo oscuro	10YR 3/3	Pardo muy oscuro	10YR 2/2	33.84	50.36	15.8
7	Pastizal 3 km a 340° de Totalco, Ver., 2350 m.s.n.m.	0-15	Pardo amarillento	10YR 5/4	Pardo obs. amarillento	10YR 3/4	46.04	39.08	14.88
		15-30	Pardo amarillento	10YR 5/4	Pardo obs. amarillento	10YR 3/4	50.76	33.72	15.52
		30-45	Pardo amarillento	10YR 5/4	Pardo obs. amarillento	10YR 3/4	50.2	36.72	13.08
8	Agrupaciones de halófitas. 5 km a 110° de Tepayahual co, Pue., 2320 m.s.n.m.	0-15	Gris claro	10YR 7/2	Pardo pálido	10YR 6/3	66.2	14.72	19.08
		15-30	Gris claro	10YR 7/2	Pardo muy pálido	10YR 7/3	48.2	14.72	37.08
		30-45	Gris claro	10YR 7/2	Pardo muy pálido	10YR 7/3	37.2	12.44	50.36
9	Bosque de pino piñonero 12 km a 25° de Tepayahual co, Pue., 2500 m.s.n.m.	0-15	Pardo olivo claro	2.5Y 5/4	Pardo muy obs. grisáceo	2.5Y 3/2	58.92	30.0	11.08
		15-30	Pardo olivo claro	2.5Y 5/4	Pardo muy obs. grisáceo	2.5Y 3/2	68.20	24.36	7.44
		30-45	Amarillo oliva	2.5Y 6/6	Pardo oliva	2.5Y 4/4	74.12	19.72	6.16
		45-60	Amarillo oliva	2.5Y 6/6	Pardo oliva	2.5Y 4/4	77.48	16.72	5.8

Parte "B"

NUTRIENTES ASIMILABLES meq/L.

Textura	pH	C.I.C. Meq/100g	Materia orgánica	NUTRIENTES ASIMILABLES meq/L.				Fósforo ppm (mg/kg sue- to seco)
				Sodio	Potasio	Calcio	Magnesio	
Franco-limoso	6.86	23.9	3.49	0.19	0.7	5.0	0.53	
Franco-limoso	6.98	23.2	2.24	0.7	0.44	4.3	0.92	
Franco	6.32	26.9	2.15	1.1	0.52	7.45	1.16	
Franco arenoso	8.62	6.8	2.48	0.8	0.5	5.1	0.55	
Franco limoso	7.25	34.9	8.35	0.1	0.32	9.6	0.22	
Franco limoso	6.25	31.3	12.3	0.1	0.06	5.11	0.5	
Franco limoso	7.22	18.1	3.88	0.06	0.2	4.8	----	3.0
Franco	7.15	18.4	2.45	0.14	0.2	5.7	0.1	8.2
Franco limoso	6.45	33.2	8.0	0.05	0.28	2.6	----	3.4
Franco limoso	7.0	30.3	3.96	0.11	0.33	6.1	----	2.2
Franco	7.0	26.5	1.57	0.12	0.23	4.95	0.1	3.1
Franco limoso	6.45	31.9	9.02	0.11	0.4	8.1	----	6.6
Franco	6.95	21.7	3.9	0.13	0.11	5.6	----	2.2
Franco	6.9	21.7	3.3	0.18	0.1	6.1	----	3.0
Franco limoso	6.05	18.8	7.1	0.09	0.2	4.9	----	9.7
Franco limoso	6.7	22.3	5.1	0.11	0.17	2.2	----	3.9
Franco	7.45	15.3	1.9	0.12	0.23	4.95	0.1	4.8
Franco	7.95	15.1	1.4	0.11	0.4	8.1	----	3.8
Franco	8.15	15.9	1.49	0.13	0.11	5.6	----	3.8
Franco arenoso	9.7	11.7	0.41	0.04	1.65	2.6	----	8.2
Arcillo arenoso	9.4	20.8	0.31	12.9	2.1	3.7	----	5.1
Arcillo	9.35	24.8	0.3	15.2	2.8	5.4	----	6.0
Franco arenoso	6.65	11.3	3.43	0.04	0.21	3.3	----	4.3
Franco arenoso	7.35	9.8	2.01	0.08	0.31	4.5	0.02	5.2
Franco arenoso	7.5	9.1	1.01	0.09	0.36	3.9	----	5.3
Franco arenoso	7.65	10.0	0.8	0.1	0.4	4.1	----	6.1

	E N E R O	M A Y O	
IZOTAL	10,554.66	17,512.89	Verde
NOPALERA - MATORRAL	16,397.58	14,064.13	Rojo
BOSQUE DE CIPRESES	3,911.74	2,677.29	Negro
BOSQUE DE PINO PIÑONERO	8,248.39	5,868.74	Azul claro
BOSQUE DE PINO	8,895.29	12,806.12	Rosa
AGRUPACIONES DE HALOFITAS	4,069.86	703.07	Gris
CULTIVO DE TEMPORAL	72,383.64	82,298.06	Amarillo
CULTIVO DE RIEGO	7,045.02	1,140.69	Café
PASTIZAL	7,675.79	9,808.11	Naranja
AGUA	938.64	- - -	Azul oscuro
NO IDENTIFICADA	4,000.53	516.88	Violeta

TABLA 3. Unidades de superficie (en hectáreas) y código de colores de los grupos mapeados.



Pozo No. 1 Localizado a 13 km. a 20° de Tepeyahualco, Pue., a 2450 m.s.n.m., en el Tipo de Vegetación denominado Bosque de cipreses; comunidad establecida sobre el malpais.

El análisis nos muestra los siguientes datos: El color en seco es pardo en la capa superficial, pardo-amarillento, en los horizontes medios y gris-pardo claro, en la parte profunda del pozo. El color húmedo varía de pardo muy oscuro en la parte superior, en medio se presenta pardo oscuro amarillento y en el fondo es de color pardo oliva.

La textura varía con relación a la profundidad, el porcentaje de arena aumenta con esta (de 19.5 a 66.8%), al tiempo que disminuye el limo (de 57.2 a 22.0%); la arcilla está en menor proporción y también varía con la profundidad (de 23.2 a 11.2%). La textura es entonces franco-limosa, en los dos niveles superiores, franca en el intermedio y loam-arenosa en la parte inferior del pozo.

Los valores de pH, varían de neutro en las 2 capas superiores a ligeramente ácido en la tercera (6.32) y en el fondo cambia a moderadamente alcalino con un valor de 8.62.

La capacidad de intercambio catiónico se mantiene relativamente constante en los 2 estratos superficiales con valores de 23.9 y 23.2 miliequivalentes en 100 gramos. La materia orgánica es relativamente escasa y esta disminuye con la profundidad (con valores de 3.49 a 2.48%).

De los nutrientes asimilables, el calcio es el más --

abundante con valores de 5.0, 4.3, 7.45 y 5.1 Meq/Lt. Le sigue en abundancia el Magnesio, variando de 0.53, 0.92, 1.16 y 0.55 Meq/Lt. A continuación encontramos el Potasio con valores de 0.7 a 0.5 Meq/Lt. y finalmente el sodio aumenta con la profundidad con valores de 0.19 a 0.8 Meq/Lt.

**Pozo No. 2** Realizado a 15 km a 21° de Tepeyahualco, Pue., a 2500 m.s.n.m. Se efectuó al igual que el pozo #1 sobre el mismo tipo de vegetación.

Este pozo alcanzó la profundidad de 30 cm., presentando color negro en la capa superficial tanto húmedo como seco. En la parte inferior, el color fue pardo muy oscuro grisáceo en seco, y húmedo se presentó pardo muy oscuro.

El análisis indica una textura franco-limosa con un porcentaje de limo de 50.36 y 50.06 en los 2 niveles muestreados; los valores de arena se mantienen constantes con 32.76%; la arcilla aumenta muy poco con la profundidad pasando de 16.88% a 17.16%.

El pH varía del neutro (7.25) a ligeramente ácido -- (6.25). La capacidad de intercambio catiónico disminuye de 34.9 a 31.3 Meq/100 g. El contenido de materia orgánica es elevado y aumenta con la profundidad de 8.35 a 12.3%.

Nuevamente, como en el pozo #1, el calcio es el nutriente más abundante, disminuyendo con la profundidad de 9.6 a 5.11 Meq/Lt., sin embargo, el potasio es ahora el segundo en abundancia presentándose en 0.32 y 0.06 Meq/Lt., el magnesio aumenta con la profundidad de 0.22

a 0.5 Meq/Lt.; el sodio se mantiene constante con 0.1 Meq/Lt.

Pozo No. 3 Se realizó en la comunidad denominada Izotal, que presenta a *Nolina parviflora* y *Opuntia robusta* como especies dominantes estableciéndose sobre el malpais. 5 km y 270° de Totalco, Ver., a 2350 m.s.n.m., este pozo alcanzó una profundidad de 30 cm.

Los colores en seco son: pardo en la parte superficial y pardo amarillento en la parte inferior; los colores húmedos, en el mismo orden son: pardo muy oscuro y pardo oscuro amarillento.

El estudio mecánico indica una disminución del limo - con la profundidad, pasando de 53.0% a 46.0%, la arena aumenta de 33.64% a 41.92%; la arcilla se mantiene más o menos constante con valores de 13.36 y 12.08%. La textura es por lo tanto franco-limosa en la capa superficial y franca en la parte inferior.

El pH, es neutro, pues la parte superior posee un valor de 7.22 y la subyacente de 7.15; la capacidad de intercambio catiónico se mantiene casi constante con valores de 18.1 y 18.4 Meq/100 g; la materia orgánica es escasa y disminuye con la profundidad de 3.88% a 2.45%.

Los nutrientes asimilables son en orden de importancia el calcio, con valores que fluctúan de 4.8 a 5.7 Meq/Lt., el potasio se mantiene en 0.2 Meq/Lt., el sodio varía de 0.1 a 0.06 Meq/Lt., y el magnesio no se encuentra en la capa superficial y aparece en la inferior con 0.1 Meq/Lt., el fósforo cambia de 3.0 a 8.2 mg/kg de suelo seco, al descender.

Pozo No. 4 Este muestreo fué hecho a 12 km a 305° de Totalco, Ver. a una altitud de 2350 m.s.n.m., en la comunidad reconocida como Izotal y alcanzó una profundidad de 45 cm.

Encontramos variaciones de color de los suelos secos, estos van de pardo oscuro grisáceos en la parte más superficial, a pardo oscuro amarillento en la intermedia y hasta amarillo-pardo en la parte inferior; los colores húmedos son pardo muy oscuro en las 2 primeras capas y pardo oscuro amarillento.

La textura va de franco-limosa en los 2 primeros niveles a franca en el nivel más bajo; disminuyendo con la profundidad la cantidad de limo (54.0% a 49.72%) y aumentando ligeramente el contenido de arena y arcilla.

El pH, es ligeramente ácido en la superficie (6.45) y neutro en las otras 2 capas; la capacidad de intercambio catiónico disminuye conforme excavamos de 33.2 -- Meq/100 g a 26.5 Meq/100 g; el porcentaje de materia orgánica es de 8.0 arriba hasta 1.57 abajo.

Los nutrientes se presentan de la siguiente manera de acuerdo a la profundidad: calcio 2.6, 6.1 y 4.95 Meq/Lt., potasio 0.28, 0.33 y 0.23 Meq/Lt., sodio 0.05, - 0.11, 0.12 Meq/Lt., y magnesio ausente en los 2 primeros niveles y con valor de 0.1 Meq/Lt., al fondo, el fósforo varía de 3.4 a 3.1 mg/kg, suelo seco.

Pozo No. 5 Este se realizó a 2.5 km a 360° de Totalco, Ver., a una altitud de 2370 m.s.n.m., hasta una profundidad de 45 cm. la comunidad que ocupa ésta zona presenta como dominantes a *Opuntia robusta* y *Agave obscura*, fué tipificandó como nopalera.

Hay una constancia en todo el perfil con respecto a los colores. El suelo seco es pardo y húmedo es negro.

El análisis mecánico de los suelos nos muestra pequeñas fluctuaciones en el contenido de arena (27.2, -- 33.48 y 30.92%) y de limo (57.72, 49.44 y 48.0%) conforme excavamos; así como un aumento del 6% en el contenido de arcilla. La textura es por tanto franco-limoso en la parte superior y franca en la parte inferior.

El valor del pH, aumenta con la profundidad, siendo ligeramente ácido en la superficie (6.45) y neutro en los 2 niveles más bajos. La capacidad de intercambio catiónico disminuyó de 31.9 a 21.7 Meq/100 g y lo mismo sucede con el contenido de materia orgánica (9.02 a 3.3%).

En relación a los nutrientes vemos que, también respecto a la profundidad, el calcio disminuye de (8.1 a -- 6.1 Meq/Lt.), el potasio también baja de (0.4 a 0.1 - Meq/Lt.), mientras que el sodio aumenta ligeramente - de (0.11 a 0.18 Meq/Lt.), no se registró presencia de magnesio. Los valores de fósforo fluctúan entre 6.6,- 2.2 y 3.0 mg/kg de suelo seco.

Pozo No. 6 Realizado a 3 km a 360° de Totalco, Ver., a 2350 m.s. n.m., alcanzó una profundidad de 30 cm.

El análisis nos presenta que los colores secos son pardo oliva en la superficie y pardo oscuro en la parte inferior, mientras que los húmedos son pardo muy oscuro grisáceo y pardo muy oscuro en el mismo orden.

El estudio mecánico nos muestra una disminución en el contenido de limo y aumento en la presencia de arena

y arcilla; la textura es franco-limosa.

El pH, se mantiene ligeramente ácido en la superficie (6.05) y neutro en el fondo (6.7); la capacidad de intercambio catiónico, aumenta ligeramente de 18.8 a 22.3 Meq/100 g y el contenido de materia orgánica disminuye en un 2%, manteniendo valores medios.

La presencia de nutrientes se reflejó en los siguientes datos: disminución en la cantidad de calcio y potasio; aumentó en los valores de sodio y ausencia de magnesio. El fósforo disminuye de 9.7 a 3.9 mg/kg de suelo seco, todo esto con respecto a la profundidad.

Pozo No. 7 Realizado en la comunidad tipificada como pastizal, - localizada a 3 km a 340° de Totalco, Ver., a 2350 m.s.n.m., alcanzó una profundidad de 45 cm.

La coloración del suelo se mantiene constante tanto seco (pardo amarillento) como húmedo (pardo oscuro amarillento).

La textura es franca en los 3 niveles muestreados con valores de arena de 46.04% a 50.2%, de limo de 39.08% a 36.72% y de arcilla de 14.88% a 13.08%.

La reacción de pH, va de medianamente alcalino a moderadamente alcalino (7.45 a 8.15), la capacidad de intercambio iónico varía muy poco de 15.3 a 15.9, la cantidad de materia orgánica es muy baja (1.9 a 1.49%).

Pozo No. 8 Fué realizado en 5 km a 110° de Tepeyahualco, Puebla, a 2320 m.s.n.m., en la zona de inundación denominada salado, alcanzando una profundidad de 45 cm.

El análisis de color seco muestra un gris-claro en -- los 3 niveles y pardo pálido en al superficie pasando a pardo muy pálido en las capas profundas cuando el - suelo se humedece.

La proporción de arena, limo y arcilla nos muestra un suelo franco-arenoso en la superficie, arcillo-arenosa en la capa intermedia y arcilla en el fondo.

El pH de extremadamente alcalino en la superficie -- (9.7) a muy fuertemente alcalino en el fondo (9.35); la C.I.C., aumenta de 11.7 Meq/100 g; la materia orgánica es muy escasa con valores que oscilan entre 0.8% y 0.3%.

El sodio es el catión más abundante y su concentración aumenta con la profundidad de (8.04 a 15.2 Meq/Lt.); en orden de importancia le sigue el calcio y potasio, los cuales también aumentan conforme excavamos; no se detectó magnesio. El fósforo disminuye ligeramente de 8.2 a 6.0 ppm (mg/kg de suelo seco).

Pozo No. 9 Fué realizado en el malpais, en una comunidad tipificada como Bosque de Pino piñonero a una distancia de 12 km a 25° de Tepeyahualco, Pue., a 2500 m.s.n.m., alcanzando una profundidad de 60 cm.

Los colores secos varían de pardo oliva en la superficie a amarillo oliva abajo y húmedos, son pardo muy - obscuro grisáceo a pardo oliva respectivamente.

El análisis mecánico nos presenta un suelo franco-arenoso con aumento considerable en la presencia de arena al excavar (de 58.92% a 77.48%) y disminución del limo y arcilla.

La reacción de pH es neutra en la capa superficial - (6.65) y medianamente alcalino en las 3 capas inferiores (7.35 - 7.65); la C.I.C, varía entre 11.3 y 9.1 sin relación con la profundidad; la cantidad de materia orgánica es baja en la superficie disminuyendo hasta muy baja con la profundidad.

El clacio es el nutriente más abundante y su concentración varía sin encontrarse en relación con la profundidad; le sigue el potasio y el sodio aumentando su concentración conforme descendemos, el magnesio sólo se presenta en el segundo nivel de muestreo con un valor muy bajo (0.02 Meq/Lt.), el fósforo aumenta de 8.3 a 6.1 ppm (mg/kg de suelo seco).

Un análisis menos detallado de 2 pozos realizados en el borde elevado oeste de la laguna de Alchichica -- (aproximadamente a 3 km a 275° de Zavaleta, Ver.) en donde se establece una comunidad de *Nolina*, *Dasyllirion* y *Hechtia*; nos mostró textura del tipo franco arenosa, un pH fuertemente alcalino, y alta capacidad de intercambio catiónico (de 39.9 Meq/100 g de peso seco).

En los suelos analizados, las texturas predominantes son en orden de importancia las siguientes: franco-limoso, franco y franco-arenoso.

En el caso de la textura franco-limoso, las partículas se distribuyen de acuerdo a los siguientes porcentajes:

- 50% ó más de limo,
- 34% ó más de arena y
- 23% ó menos de arcilla.



Los suelos francos muestran la siguiente distribución de las partículas minerales:

Arena de 30 a 50%,

Limo de 33 a 49% y

Arcilla de 12 a 21%

En los suelos de tipo franco-arenosos encontramos:

Menos de 77% de arena,

Entre 16 a 30% de limo y

No más de 19% de arcilla.

Distinguimos 2 grandes grupos, el primero es aquel que se origina de un sustrato de naturaleza ígnea, presentándose 2 tipos de formaciones; los denominados malpaís, que son derrames basálticos de diversas edades y los conos volcánicos. El segundo grupo corresponde a aquellas zonas con un sustrato de tipo sedimentario, principalmente calizas y aluviones.

En el área de estudio predominan en las zonas con sustrato ígneo con suelos de textura franco-limosa, siendo la excepción los suelos localizados en la zona de Bosque *Pinus cembroides*, cuya textura corresponde al tipo franco arenoso.

De acuerdo con Ramos y González M. (1972), los suelos derivados de roca caliza son fundamentalmente de textura franco-arenosa y franca. Los aluviones, que están ocupados por la extensa zona de cultivo de temporal de riego presentan textura cremosa.

Finalmente, en la parte más baja de la cuenca endorreica al formarse durante la época de lluvias un depósito y evaporarse el agua, se originan condiciones particulares que dan lugar a un suelo de tipo arcilloso.

El contenido de hidrogeniones en los suelos, divide a estos en 3 grandes grupos; aquellos cuyo pH varía de ligeramente ácido a neutro (6.1 a 7.3), todos estos los encontramos sobre el malpais, - los suelos desarrollados a partir de calizas con pH que fluctúa de 7.4 a 7.9 y que se tipifica como medianamente alcalino y el -- tercer tipo corresponde a los suelos extremadamente alcalinos con pH arriba de 9.5.

En los suelos de la comunidad de Bosque Cipreses, Izotal y Nopallera, la presencia de materia orgánica fluctúa entre valores medios. Estos porcentajes varían con la profundidad, presentándose en la superficie el siguiente intervalo:

de 3.49% a 9.02%

y en el fondo:

de 2.45% a 12.3%

El suelo de la comunidad de Pastizal, posee bajos valores entre 1.4 y 1.9% de materia orgánica; el suelo del Bosque *Pinus cembroides* presenta valores que varían con la profundidad desde bajo hasta muy bajo; finalmente el suelo de las Agrupaciones de Halófitas muestra valores muy bajos.

Las capacidades de intercambio catiónico, se encuentran entre 34.9 y 18.1 Meq/100 g correspondiendo en este caso al grupo de la ilita, son por lo general valores bajos debido muy probablemente al bajo contenido de arcilla de (5.8 a 23.2%), excepto el pozo #8 del salado.

La cantidad de calcio es baja, siendo sin embargo el catión más abundante (excepto el pozo #8), con intervalos de 2.2 a 9.6 Meq/Lt.

El potasio y el sodio son extremadamente pobres presentándose valores entre:

Potasio 0.06 a 0.7 Meq/Lt.

Sódio 0.04 a 1.1 Meq/Lt.

Siendo la excepción el pozo #8, en donde la concentración de estos cationes aumenta hasta 2.8 Meq/Lt. El potasio y 15.2 Meq/Lt., el sodio debido a la condición de inundación de esta zona.

El magnesio es muy escaso o definitivamente no aparece en algunos pozos, el fósforo, flutúa entre 2.2 y 8.2 ppm (mg/km suelo seco).

## VEGETACIÓN

La flora presenta afinidades con los desiertos centrales de México, compartiendo muchos taxa con la zona árida Hidalguense y la Poblana (Gómez Pompa, A. 1973).

La vegetación corresponde de acuerdo a Rzedowski (1978), al tipo de Matorral Xerófito y al de Bosque de Coníferas. Siguiendo la clasificación de Miranda y Hernández X. (1973), podemos distinguir distintos tipos de vegetación que corresponden a: Izotales, Matorral Crasirrosulifolio Espinoso, Nopaleras, Bosque de Escumifolios, Pinar de Pino Piñonero, Pinar de *Pinus pseudostrobus*, pastizal y Agrupaciones de Halófitas, además encontramos las siguientes condiciones de uso del suelo: Cultivo de Temporal, Cultivo de Riego y Cuerpos de Agua.

Izotales.- "Miranda y Hernández X, describen bajo el nombre de izotales comunidades propias de clima árido caracterizadas por el predominio de especies de *Yucca* y de otras plantas de aspecto similar, como *Beaucarnea* y *Nolina*" (Rzedowski J. 1978).

En la zona de estudio, Ramos y González reportan un Izotal en las

laderas norte de los cerros calizos en suelos cuyo pH varía de mediana a fuertemente alcalino y con textura franco-limosa (fig.10).

"Las especies dominantes son *Nolina parviflora* y *Agave obscura*" (Ramos y González, op. cit.).

Este tipo de vegetación se presenta también en suelos con textura franco-limosa en la superficie y franca en el fondo, con pH neutro. Se desarrollan a partir de rocas ígneas extrusivas del terciario (basaltos), (fig. 11). Las especies dominantes son:

	Densidad Indv/hect	Cobertura m	Frecuencia %
<i>Nolina parviflora</i>	372	1.46	1.75
<i>Opuntia robusta</i>	400	0.83	2.0

Nopaleras.- "Son asociaciones de nopales (*Opuntia spp.*) que se presentan en climas subtemplados áridos ... se encuentran ordinariamente en suelos someros derivados de rocas volcánicas" (Miranda y Hernández X. op. cit.).

En la zona encontramos extensas áreas cuya especie dominante es *Opuntia robusta*. (fig. 12) Estas comunidades se establecen sobre suelos poco profundos con textura franco-limosa, pH de neutro a ligeramente ácido. Los valores obtenidos para los tres atributos medidos fueron:

	Densidad Indv/hect	Frecuencia %	Cobertura m
<i>Opuntia robusta</i>	2,480	11.0	4.92
<i>Mammillaria discolor</i>	10,240	3.6	0.32

Dentro de esta misma agrupación se incluyen los matorrales crasi

rosulifolios espinosos identificados por Ramos y González (1972), que se encuentran en las elevaciones calizas (fig. 13).

Agrupaciones de Halófitas.- Alcanzan su mayor difusión en el fondo salino más o menos inundable de las cuencas cerradas de las regiones áridas o subáridas del interior (Miranda y Hernández X. op. cit.).

En una pequeña zona donde confluyen los escurrimientos de las aguas de los alrededores, se originan en la época de lluvias inundaciones trayendo como consecuencia el establecimiento de una comunidad característica.

Aquí los suelos son arcillosos con un pH extremadamente alcalino, un alto contenido de sodio y muy bajo contenido de materia orgánica. En ellos encontramos una agrupación de halófitas (fig. 14) cuyas especies dominantes son:

	Densidad Indv/hect	Frecuencia %	Cobertura m
<i>Portulaca oleracea</i>	21,250	8.3	2.65
<i>Tajetes coronopifolia</i>	11,452	14.6	4.06
<i>Distichlis spicata</i>	- - -	10.3	1.46

Bosque de Cipreses.- "Las especies de *Cupressus* sólo en muy pocos lugares llegan a ser dominantes en la vegetación de México, aunque en algunas regiones conviven con *Abies* y a veces con *Pinus* - y con *Quercus* (Rzedowski op. cit.).

Al analizar las imágenes multiespectrales, se encontró en el área de estudio, en la región noroeste, una formación que llamó poderosamente la atención. Al realizar las primeras clasificaciones, ésta se agrupaba diferente a pesar de formar parte de un extenso derrame de basalto llamado malpais, sólo hasta que se realizó un vuelo fue que se identificó como una comunidad boscosa.

Este bosque se establece sobre suelos franco-limoso, con una gran cantidad de roca aflorante. En el estrato arbóreo son dominantes *Cupressus lindley* y *Nolina parviflora* (fig. 15), ya que presentan los siguientes valores:

	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Dominancia relativa %	Valor de importancia
<i>Cupressus lindley</i>	44.4	61.1	62.15	167.65
<i>Nolina parviflora</i>	33.3	23.7	29.7	86.7

También en el estrato arbóreo aparecen *Pinus cembroides* y *Quercus microphylla* y con menor frecuencia *Yucca filifera*. (tabla 5), en el sotobosque encontramos a *Oxalis corniculata*, *Bouteloua curtipendula*, *Senecio* sp. *Agave obscura*, *Cyperus rotundus* y *Arbutus* sp. abundante sobre las especies arbóreas se encontró a *Tillandsia usneoides*.

Bosque de Pino Piñonero.- "El piñonar" de *Pinus cembroides* se encuentra en colindancia con las zonas áridas principalmente del norte del país. Estas asociaciones son más o menos bajas, rara vez exceden los 8 m de altura y siendo generalmente menores, habitan las laderas medianas o inferiores de los cerros sobre suelos más o menos someros bien drenados" (Gómez-Pompa 1965).

Las asociaciones de *Pinus cembroides* y *Nolina parviflora*, (fig. 16), ocurren sobre suelos profundos con escasa roca aflorante, de textura franco-arenosa con pH neutro y escasa materia orgánica cuya cantidad disminuye con la profundidad. Los valores obtenidos para esta comunidad son los siguientes:

	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Dominancia relativa %	Valor de importancia
<i>Pinus cembroides</i>	47.6	52.3	81.0	180.9
<i>Nolina parviflora</i>	31.0	16.8	11.2	59.0

En el mismo estrato, encontramos *Yucca filifera* y con mucho menos abundancia *Cyressus lindleyi* (tabla 6).

Bosque de Pinos.- "Son en su mayoría comunidades resistentes a heladas, a un largo período de sequía, a incendios frecuentes, al pastoreo y a otros tipos de maltrato; se establecen a menudo sobre suelos someros, rocosos y muchas veces pobres en nutrientes minerales". (Rzedowski op. cit.).

Por arriba de la cota de los 2,700 m.s.n.m., encontramos bosques de *Pinus teocote* y *P. pseudostrobus* como especies dominantes, apareciendo en el estrato arbustivo; *Arbutus xalapensis*, *Quercus sp.* y *Dasylyrion acrotriche*. Estos bosques los encontramos sobre suelos poco profundos derivados de rocas ígneas extrusivas.

Pastizales.- Rzedowski, (1978 op. cit.) y Gómez Pompa (1965) entre otros, consideran al pastizal como una asociación donde dominan especies de la familia Gramineae, pudiendo ser de carácter primario o secundario.

En el área de estudio se localizan entre los pedregales pequeños valles en los que se establecen pastizales de pequeña altura (fig. 17), sobre suelos de coluvión, de textura franca, pH moderadamente alcalino y escasa materia orgánica. Están sometidas a perturbaciones por la introducción de ganado caprino y lanar. Aquí las especies presentes son:

*Bouteloua sp.*, *Aristida barbata* y *Stipa sp.*

Cultivo de Temporal.- Ocupando la mayor superficie de la zona, están los cultivos temporales de Perote (fig. 18), productores de maíz, haba y cebada principalmente. Estos ocupan aluviales profundos con pH alcalino con textura arenosa, en estos suelos se establece un bosque muy abierto de *Juniperus deppeana* que como afirma Ramos y González (1972) "sus individuos se encuentran considerablemente separados entre sí, probablemente ocasionado por

	# de individuos por especie -- por cuadrante	# de individuos por especie en 100 m	Area basal media cm	Frecuencia absoluta %	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Densidad absoluta cm	Dominancia relativa %	Valor de importancia.
<i>Cupresus lindley</i>	0.61	5.75	268.4	100	44.4	61.1	1,543.3	62.15	167.65
<i>Nolina parviflora</i>	0.23	2.23	330.7	75	33.3	23.7	737.4	29.7	86.7
<i>Pinus cembroides</i>	0.09	0.88	197.0	30	13.3	9.3	173.36	6.98	29.58
<i>Quercus sp.</i>	0.05	0.52	55.7	20	8.8	5.5	28.96	1.17	15.47

TABLA 5. VALORES OBTENIDOS POR EL METODO DE CUADRANTES PARA EL BOSQUE *CUPRESUS LINDLEY*.

	# de individuos por especie -- por cuadrante.	# de individuos por especie en 100 m	Area basal media cm	Frecuencia absoluta %	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Densidad absoluta cm	Dominancia relativa %	Valor de importancia.
<i>Pinus cembroides</i>	0.65	2.61	740.99	100	47.6	52.3	1,933.9	81.0	180.9
<i>Nolina parviflora</i>	0.21	0.84	318.55	65	31.0	16.8	267.5	11.2	59.0
<i>Yucca filifera</i>	0.13	0.52	333.89	40	19.0	10.4	173.6	7.3	36.7
<i>Cupresus lindley</i>	0.01	0.04	258.15	5	2.3	0.8	16.3	0.4	3.5

TABLA 6. VALORES OBTENIDOS POR EL METODO DE CUADRANTES PARA EL BOSQUE *PINUS CEMBROIDES*.



la tala de árboles y arbustos debido al uso de la tierra" (fig. 19).

Cultivo de riego.- Una pequeña porción de los suelos utilizadas para la agricultura, está sometida a un sistema de riego de paso profundo (fig. 20).

Lagunas.- Las lagunas de Alchichica, Preciosa, Quecholac y Atexcac, forman los únicos depósitos permanentes de agua (fig. 21).

### VERIFICACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA

Siguiendo el método propuesto por van Genderen, et.al., se obtuvieron los valores de precisión de la cartografía realizada (tabla 7). En general se observó un valor de 89.7% de exactitud para la imagen de enero y un total de 95.5% para la de mayo.

Los grupos que más errores presentaron fueron:

- a) Las "Agrupaciones de Halófitas" mostraron una fuerte tendencia a clasificarse como "Cultivo de Temporal" (un 13% aproximadamente en las 2 imágenes).
- b) Asimismo, el "Cultivo de Temporal" presentó una tendencia del 10% aproximadamente a clasificarse como "Agrupaciones de Halófitas".
- c) En la imagen de enero, aparecen "Cultivos de Riego" en las partes altas de la sierra.
- d) La clase "Agua" en la clasificación de enero se confundió con la sombra producida por las elevaciones montañosas.

GRUPOS EN EL TERRENO GRUPOS CLASIFICADOS EN LA IMAGEN	IZOTAL	MATORRAL-NOPALERA	BOSQUE DE CIPRESES	BOSQUE DE PINO PIÑONERO	BOSQUE DE PINO	AGRUPACIONES DE HALOFITAS	CULTIVO DE TEMPORAL	CULTIVO DE RIEGO	PASTIZAL	AGUA	SUMA
IZOTAL	29 30	1	2								30 32
NOPALERA-MATORRAL		28 28					2 2				30 30
BOSQUE DE CIPRESES	1		17 18		2 1						19 20
BOSQUE DE PINO PIÑONERO				19 19			1				20 19
BOSQUE DE PINO		1			17 20						18 20
AGRUPACIONES DE HALOFITAS						16 15	3 2				19 17
CULTIVO DE TEMPORAL						2 2	30 30		1 1		33 33
CULTIVO DE RIEGO	1				1			14 15			16 15
PASTIZAL		1					2 1		16 17		19 18
AGUA					3					15 16	18 16
SUMA	30 31	31 28	17 20	19 19	23 21	18 17	38 35	14 15	16 17	15 16	223 219

TABLA 7 . MATRIZ DE RELACIONES NUMERICAS DE CATEGORIAS DE VEGETACION Y USO DEL SUELO, CLASIFICADAS EN LAS IMAGENES Y LOCALIZADAS EN EL TERRENO.

LOS NUMEROS ARRIBA DE LA DIAGONAL INDICAN LA FECHA DE ENERO Y LOS DE ABAJO LA DE MAYO.

## DISCUSION

La tabla 8 muestra los tipos de vegetación y uso del suelo estudiados y reportados en la literatura, relacionándolos con algunos parámetros tales como suelo, geología, frecuencia y cobertura de material orgánico y mineral, así como otros datos relevantes.

En el caso concreto de este trabajo, dos factores son los que condicionan la presencia de los distintos tipos de vegetación y uso del suelo a nivel regional. Uno es el clima semiárido producido por la sombra de lluvias de la Sierra Madre Oriental, esta condición sólo es modificada por la presencia de elevaciones montañosas, originando una mayor humedad y menor temperatura a nivel local; el otro factor es de hecho la conjunción del sustrato geológico y el suelo. Así por ejemplo, en los derrames lávicos del terciario, son las variaciones en la textura y el pH básicamente, lo que va a determinar el establecimiento de ciertos grupos vegetales.

Sólo en el caso de las "Agrupaciones de Halófitas" y los Cultivos de Temporal y de Riego" es otra la causa. En el primero, la hidrología es el factor fundamental ya que las inundaciones periódicas en esta zona originan suelos con alta salinidad, condicionando el establecimiento de ciertas plantas. En el caso de los cultivos es el manejo de la tierra con sus desmontes, introducción de riego, etc., lo que determina la fisonomía y composición florística del área.

Respecto a la información obtenida en el campo, fueron los valores de frecuencia y cobertura, los que resultaron de mayor utilidad para correlacionar estos datos con los obtenidos del análisis de las imágenes Landsat. Con base en estos valores (tabla 9, 10 y 11) es posible distinguir grandes grupos en donde se incluyeron varios tipos de vegetación y uso del suelo, estos grupos son:

	# de individuos por especie -- por cuadrante	# de individuos por especie en 100 m	Area basal media cm	Frecuencia absoluta %	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Densidad absoluta cm	Dominancia relativa %	Valor de importancia.
<i>Cupresus lindley</i>	0.61	5.75	268.4	100	44.4	61.1	1,543.3	62.15	167.65
<i>Nolina parviflora</i>	0.23	2.23	330.7	75	33.3	23.7	737.4	29.7	86.7
<i>Pinus cembroides</i>	0.09	0.88	197.0	30	13.3	9.3	173.36	6.98	29.58
<i>Quercus sp.</i>	0.05	0.52	55.7	20	8.8	5.5	28.96	1.17	15.47

TABLA 5. VALORES OBTENIDOS POR EL METODO DE CUADRANTES PARA EL BOSQUE *CUPRESUS LINDLEY*.

	# de individuos por especie -- por cuadrante.	# de individuos por especie en 100 m	Area basal media cm	Frecuencia absoluta %	Frecuencia relativa %	Densidad relativa %	Densidad absoluta cm	Dominancia relativa %	Valor de importancia.
<i>Pinus cembroides</i>	0.65	2.61	740.99	100	47.6	52.3	1,933.9	81.0	180.9
<i>Nolina parviflora</i>	0.21	0.84	318.55	65	31.0	16.8	267.5	11.2	59.0
<i>Yucca filifera</i>	0.13	0.52	333.89	40	19.0	10.4	173.6	7.3	36.7
<i>Cupresus lindley</i>	0.01	0.04	258.15	5	2.3	0.8	16.3	0.4	3.5

TABLA 6. VALORES OBTENIDOS POR EL METODO DE CUADRANTES PARA EL BOSQUE *PINUS CEMBROIDES*.

GRUPOS EN EL TERRENO GRUPOS CLASIFICADOS EN LA IMAGEN	IZOTAL	MATORRAL-NOPALERA	BOSQUE DE CIPRESES	BOSQUE DE PINO PIÑONERO	BOSQUE DE PINO	AGRUPACIONES DE HALOFITAS	CULTIVO DE TEMPORAL	CULTIVO DE RIEGO	PASTIZAL	AGUA	SUMA
IZOTAL	29 30	1	2								30 32
NOPALERA-MATORRAL		28 28					2 2				30 30
BOSQUE DE CIPRESES	1		17 18		2 1						19 20
BOSQUE DE PINO PIÑONERO				19 19			1				20 19
BOSQUE DE PINO		1			17 20						18 20
AGRUPACIONES DE HALOFITAS						16 15	3 2				19 17
CULTIVO DE TEMPORAL						2 2	30 30		1 1		33 33
CULTIVO DE RIEGO	1				1			14 15			16 15
PASTIZAL		1					2 1		16 17		19 18
AGUA					3					15 16	18 16
SUMA	30 31	31 28	17 20	19 19	23 21	18 17	38 35	14 15	16 17	15 16	223 219

TABLA 7 . MATRIZ DE RELACIONES NUMERICAS DE CATEGORIAS DE VEGETACION Y USO DEL SUELO, CLASIFICADAS EN LAS IMAGENES Y LOCALIZADAS EN EL TERRENO.

LOS NUMEROS ARRIBA DE LA DIAGONAL INDICAN LA FECHA DE ENERO Y LOS DE ABAJO LA DE MAYO.

	S U E L O			G e o l o g í a	F R E C U E N C I A		C O B E R T U R A		Otros Datos
	pH	Textura	Materia Orgánica		% Mineral	% Orgánico	% Mineral	% Orgánico	
IZOTAL	Neutro	Franca a Franco-limosa.	Baja	Igneo extrusivo Terciario	64.0	36.0	78.35	21.65	
NO PALERA	Neutro	Franco-limosa	Media	Igneo extrusivo Terciario	63.0	37.0	79.83	20.17	
BOSQUE DE CIPRESES	Neutro	Franco-limosa	Media	Igneo extrusivo Terciario	65.0	45.0	58.80	41.20	
BOSQUE DE PINO PIÑONERO	Neutro	Franco-arenosa	Baja a muy baja	Igneo extrusivo Terciario	10.0	90.0	5.00	95.00	
BOSQUE DE PINOS				Igneo extrusivo Cenozoico y Terciario					Por arriba de los 2,700 m.s.n.m.
AGRUPACIONES DE HALOFITAS	Extremadamente alcalino.	Arcillosa	Muy baja	Aluvión cuaternario	61.7	38.3	82.27	17.73	Inundado en la época de lluvias
CULTIVO DE TEMPORAL	Medianamente alcalino.	Arenosa	Baja	Aluvión cuaternario					
CULTIVO DE RIEGO	Moderadamente alcalino.	Arenosa	Baja	Aluvión cuaternario					Humedad permanente
PASTIZAL	Medianamente alcalino.	Franca	Baja		33.0	67.0	57.60	42.40	
IZOTAL CALIZA	Fuertemente alcalino.	Franco-arenosa	Media	Caliza cretácico					
NATURAL	Medianamente alcalino	Franca	Media	Caliza cretácico					

TABLA 8. RELACION DE TIPOS DE VEGETACION Y CONDICIONES DE USO DEL SUELO CON ALGUNOS PARAMETROS MEDIO-AMBIENTALES Y DE VEGETACION.

	SUELO			G e o l o g í a	F R E C U E N C I A		C O B E R T U R A		Otros Datos
	pH	Textura	Materia Orgánica		% Mineral	% Orgánico	% Mineral	% Orgánico	
IZOTAL	Neutro	Franca a Franco-limosa.	Baja	Igneo extrusivo Terciario	64.0	36.0	78.35	21.65	
NO PALERA	Neutro	Franco-limosa	Media	Igneo extrusivo Terciario	63.0	37.0	79.83	20.17	
BOSQUE DE CIPRESES	Neutro	Franco-limosa	Media	Igneo extrusivo Terciario	65.0	45.0	58.80	41.20	
BOSQUE DE PINO PIÑONERO	Neutro	Franco-arenosa	Baja a muy baja	Igneo extrusivo Terciario	10.0	90.0	5.00	95.00	
BOSQUE DE PINOS				Igneo extrusivo Cenozoico y Terciario					Por arriba de los 2,700 m.s.n.m.
AGRUPACIONES DE HALOFITAS	Extremadamente alcalino.	Arcillosa	Muy baja	Aluvión cuaternario	61.7	38.3	82.27	17.73	Inundado en la época de lluvias
CULTIVO DE TEMPORAL	Medianamente alcalino.	Arenosa	Baja	Aluvión cuaternario					
CULTIVO DE RIEGO	Moderadamente alcalino.	Arenosa	Baja	Aluvión cuaternario					Humedad permanente
PASTIZAL	Medianamente alcalino.	Franca	Baja		33.0	67.0	57.60	42.40	
IZOTAL CALIZA	Fuertemente alcalino.	Franco-arenosa	Media	Caliza cretácico					
NATURAL	Medianamente alcalino	Franca	Media	Caliza cretácico					

TABLA 8. RELACION DE TIPOS DE VEGETACION Y CONDICIONES DE USO DEL SUELO CON ALGUNOS PARAMETROS MEDIO-AMBIENTALES Y DE VEGETACION.

	I Z O T A L	NOPALERA	AGRUPACIONES DE HALOFITAS	BOSQUE DE CIPRESES.	BOSQUE DE PINO	PASTIZAL
R O C A	45.0	42.7	0	28.5	11.5	1.0
S U E L O	19.0	20.3	01.7	37.0	15.5	32.0
H O J A R A S C A	5.0	4.3	1.0	0.0	26.5	3.0
V E G E T A L E S	31.0	32.7	37.3	35.0(45.0)*	46.5(90.0)*	64.0

TABLA 9. Porcentaje de los valores de frecuencia, de los tipos de vegetación estudiados.

\* Valor del doseil de los bosques.



	IZOTAL	NOPALERA	AGRUPACIONES DE HALOFITAS	PASTIZAL	BOSQUE DE CIPRESES	BOSQUE DE PINOS
ROCA	3,373.5	3,651.0	0	7.0	936.0	301.5
SUELO	544.0	340.3	4,113.3	2,873.0	2,752.7	2,132.5
HOJARASCA	140.5	81.0	11.3	16.0	14.3	966.0
VEGETALES	942.0	927.7	875.3	2,104.0	1,297.0 (2059.3)*	1,800.0(4750.0)*

TABLA 10. VALORES DE COBERTURA EXPRESADOS EN CENTIMETROS EN UNA LINEA DE 50 METROS, DE LOS 6 TIPOS DE VEGETACION ESTUDIADOS.

	IZOTAL	NOPALERA	AGRUPACIONES DE HALOFITAS	PASTIZAL	BOSQUE DE CIPRESES	BOSQUE DE PINOS
ROCA	67.47	73.02	0	0.14	18.72	6.03
SUELO	10.88	6.81	82.27	57.46	55.05	42.65
HOJARASCA	2.81	1.62	0.22	0.32	0.29	19.32
VEGETALES	18.84	18.55	17.51	42.08	25.94 (41.2)*	32.00 (95.0)*

TABLA 11. VALORES DE COBERTURA EXPRESADOS EN PORCENTAJE EN UNA LINEA DE 50 METROS, DE LOS 6 TIPOS DE VEGETACION ESTUDIADOS.

\* Valores del dosel arbóreo de los bosques

- a) Escasa cobertura vegetal de 18% aproximadamente y mucha roca aflorante, cerca del 70% (Izotal y Nopalera).
- b) De mediana a gran cobertura vegetal, con valores que oscilan de 40 al 95% y suelo desnudo con escasa roca aflorante (Bosques).
- c) Cobertura vegetal y suelo desnudo casi iguales (Pastizal).
- d) Suelo desnudo en un 80% aproximadamente y el resto de vegetales (Agrupaciones de Halófitas).

Con respecto a los resultados cartográficos, es importante señalar que las superficies ocupadas por cada grupo en las dos imágenes no pueden ser comparadas ya que no se contó con mapas que abarcan exactamente la misma zona.

Acerca de los valores de radianza obtenidos en ambas clasificaciones, (tablas 12 y 13) es necesario anotar que: los valores espectrales del agua son extremadamente bajos debido a su alta absorción en la parte del espectro electro-magnético analizado.

Todo lo contrario sucede con la zona de inundación, la cual por características tales como suelo desnudo, cuerpos de agua poco profundos y tipo de suelo; refleja una gran cantidad de la energía incidente.

El hecho de que el grupo no se encuentre cubriendo una superficie homogénea como sería de esperarse, se debe a que la fecha de las imágenes corresponden a la época seca ya que, después de varios recorridos de campo y el análisis de los estereopares, se observó que en el mes de enero aparecen pequeños estancamientos de agua poco profundos (de 5 a 10 cms.), y zonas completamente desprovistas de vegetación, por lo que resultan altos valores de reflectancia.

VALORES ESPECTRALES CLASES	BANDA 4		BANDA 5		BANDA 6		BANDA 7	
	$\bar{X}$	Radio	$\bar{X}$	Radio	$\bar{X}$	Radio	$\bar{X}$	Radio
IZOTAL	23.8	4.03	21.39	4.06	22.61	4.0	11.46	3.32
NOPALERA MATORRAL	26.24	3.85	26.59	3.13	29.24	3.84	15.30	3.43
BOSQUE DE CIPRESES	19.57	3.54	15.7	3.98	18.46	3.04	9.51	3.08
BOSQUE DE PINO PINONERO	21.25	3.5	19.34	3.86	26.74	4.57	15.05	3.86
BOSQUE DE PINO	21.07	4.48	18.21	5.08	23.39	5.23	12.73	4.26
AGRUPACIONES DE HALOFITAS	48.13	3.57	54.11	3.81	50.63	4.14	22.67	3.35
CULTIVOS DE TEMPORAL	35.6	3.7	38.51	3.68	38.73	3.82	18.28	3.41
CULTIVOS DE RIEGO	30.07	4.4	32.41	5.15	35.78	4.4	18.2	4.42
PASTIZAL	29.48	3.91	28.9	3.45	29.9	3.61	14.82	3.08
AGUA	15.88	3.33	8.8	3.74	7.34	5.26	2.21	4.35
NO IDENTIFICADA	31.76	3.48	32.24	3.49	30.85	4.26	15.0	4.21

TABLA 12. VALORES DE REFLECTANCIA PARA LA IMAGEN 1180-16225 DEL 19 DE ENERO DE 1973.

VALORES ESPECTRALES CLASES	BANDA 4		BANDA 5		BANDA 6		BANDA 7	
	$\bar{X}$	Radio	$\bar{X}$	Radio	$\bar{X}$	Radio	$\bar{X}$	Radio
IZOTAL	32.83	4.36	31.38	3.91	34.24	4.00	17.35	3.46
NOPALERA MATORRAL	38.76	3.89	38.42	4.25	41.04	4.26	20.03	4.09
BOSQUE DE CIPRESES	27.47	3.89	24.1	4.43	29.21	4.08	15.47	3.18
BOSQUE DE PINO PINONERO	34.87	4.3	37.16	4.5	42.11	4.43	21.72	3.82
BOSQUE DE PINO	24.64	5.92	20.67	7.42	30.69	7.71	17.29	6.14
AGRUPACIONES DE HALOFITAS	69.2	4.9	77.9	5.3	70.5	2.9	30.45	3.7
CULTIVO DE TEMPORAL	56.24	5.2	63.66	4.97	60.3	5.15	26.72	4.64
CULTIVO DE RIEGO	43.52	2.76	52.74	2.36	59.26	2.03	28.85	2.16
PASTIZAL	41.4	4.25	45.88	3.99	51.05	4.01	24.9	3.65
NO IDENTIFICADA	45.85	5.35	47.6	4.45	45.56	4.54	20.23	4.15

TABLA 13 . VALORES DE REFLECTANCIA PARA LA IMAGEN 1306 - 16231 DEL 25 DE MAYO DE 1973.

La igualdad de los valores espectrales de los matorrales crasiro sulifolios éspinosos y nopaleras se debe muy probablemente a que la estructura y fisonomía de ambas comunidades es muy semejante.

El problema que se presenta en las tablas de valores de reflectancia es que cada juego de datos que denominados firma espectral, corresponde sólo a un grupo en particular, así como a la fecha, hora y condiciones físico-ambientales en el momento de la obtención de la imagen. Esto redundante en el hecho de que en la literatura no se reporten estos valores y en el caso en que se llegan a presentar la referencia es muy poco precisa con respecto a la clase de objeto analizado.

Respecto a los errores en la clasificación se puede afirmar que; en el caso de la zona de "Cultivo de Temporal" confundiendo con las "agrupaciones de Halófitas" es debido a la ausencia casi absoluta de vegetación en ambos grupos durante la época de toma de la imagen.

En la clasificación del mes de enero, aparecen algunas áreas de "Cultivo de Riego" en las partes altas de la Sierra, esto se debe a que en esa época del año se mantienen pequeñas zonas de cultivo de temporal que asemejan en sus valores de radianza a las del área de riego en el valle.

Con respecto al problema de la sombra de las montañas agrupándose como "agua" es posible resolverlo utilizando el método propuesto por Taranik (1978) que corrige las diferencias en la iluminación solar.

## CONSIDERACIONES FINALES

Las técnicas de Percepción Remota, deben ser consideradas como un auxiliar para la interpretación y conocimiento de las condiciones

de uso del suelo de una región; sólo el trabajo de campo rigurosamente planificado y desarrollado puede dar la pauta de lo acertado de las clasificaciones realizadas en el gabinete.

La participación de diversos especialistas, tales como analistas de sistemas, biólogos, edafólogos y geólogos - por citar sólo algunos, formando un equipo interdisciplinario, se plantea como una condición necesaria para el desarrollo adecuado de la interpretación de la información generada por los diversos sensores.

Es necesario contar con niveles de resolución espacial de mucho mayor detalle, si se desea aplicar esta metodología en zonas ecológicamente distintas a la analizada en este trabajo. Será necesario contar con el equipo periférico necesario para este tipo de trabajos, tales como: terminales en color, graficadores, microdensitómetros, etc.

El empleo de tres niveles de observación-imágenes de satélite, fotografía aérea estereoscópica, y trabajo de campo, permite en primer término el fácil reconocimiento de los accidentes geográficos y los grandes grupos de vegetación y de uso del suelo. En segundo lugar al utilizar información digitalizada, es posible procesar dicha información con mayor rapidez y menor costo que los necesarios para realizar este mismo trabajo utilizando fotointerpretación convencional; permite además ubicar con mucha precisión los sitios de muestreo, condición muy importante para la correlación de la información generada por el satélite y los datos recabados en el campo.

El problema que se origina por lo particular y único de los valores espectrales obtenidos, debe ser resuelto con la utilización de imágenes de distintas fechas, esto requerirá necesariamente el desarrollo de los programas para el análisis multitemporal de la información.

## BIBLIOGRAFIA

- Alvarez, R. 1976. La Geotermia y alternativas Energéticas de México. Ciencia y Desarrollo. México 2 (10): 3-13.
- Avery, T.E. 1977. Interpretation of aerial photographs. Burgess - Publ. Co. Minneapolis.
- Batcheler, C.L. 1971. Estimation of density from a sample of joint and nearest-neighbor distances. Ecology 52(4): 703-709.
- Diéz, P.A. 1974. Percepción Remota aplicada en la Secretaría de Recursos Hidráulicos, S.R.H. Publicaciones Técnicas 2(1): 48 pp.
- Diéz, P.A. y A. Flores 1974. Hacia una fotointerpretación automática. Dirección General de usos del agua y Prevención de la contaminación, S.R.H. México, D.F.
- Everett, J. and D.S. Simonett. 1976. Principles, concepts and philosophical problems in remote sensing. In: Remote Sensing of Environment. Addison-Wesley Publ. Co. Reading. 85-127.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 2a. Ed. Instituto de Geografía UNAM. 246 pp.
- Gómez Pompa, A. 1965. La vegetación de México. Bol. Soc. Bot. Méx. 29: 76-120.
- Gómez Pompa, A. 1973. Ecology of the vegetation of Veracruz. In: Vegetation and Vegetational History of Northern

Latin American. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 73-148.

Guzmán, A. 1976. Percepción Remota por computadora, equipo, programas y aplicaciones. CIMAS, UNAM Comunicaciones Técnicas, 3(18)62 pp.

Holkenbrink, P.F. 1978. Manual on Characteristics of Landsat -- computer-compatible tapes produced by the EROS Data Center digital image processing system, U. S. Geological Survey. Sioux Falls. 69 pp.

Hernández, S.R. y J. Sánchez 1973. Guía para la descripción de suelos de áreas forestales. S.A.G. Subsecretaría Forestal y de la Fauna, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Bol. Div. 32: - 87 pp.

Küchler, A.W. 1967. Vegetation Mapping. The Ronald Press Co. New York.

Lintz, J. and D.S. Simonett 1976. Remote sensing of environment Addison Wesley Publ. Co. Reading. 694 pp.

Lintz, J. and D.S. Simonett 1976. Sensors for Spacecraft In: Remote sensing of environment. Addison-Wesley Publ. Co. Reading. 85-127.

López Ramos, E. 1966. (Editor) Carta Geológica de la República Mexicana. Hojas Puebla y Veracruz. Escala -- 1: 500 000 Inst. Geol. UNAM.

Margalef, R. 1974. Ecología. Edit. Omega. Barcelona. 951 pp.

Martínez O.E. y J. Morello. 1977. El Medio Físico y las Unidades Fisonómico-Florísticas del Bolsón de Mapimí. -



Instituto de Ecología. Méx. D.F. 63 pp.

Martínez, O.E. y M. Saldivar. 1978. Unidades de Vegetación en la Reserva de la Biósfera, La Michilia, Durango. In: Reservas de la Biósfera en el Estado de Durango. Instituto de Ecología. México, D.F. -- 137-181.

Martínez, S.V. 1975. La exploración espacial de Recursos Terrestres. Nonotza 4: 29-33.

Martínez, S.V. y M. Hernández. 1976. El Procesamiento digital de las imágenes. Naturaleza 7(6): 268-275.

McLean, R.C. y W.R. Ivimey-Cook. 1973. Textbook of theoretical Botany, Vol. 4. Longman. London.

Millar, E., L.M. Turk y M.O. Foth. 1971. Fundamentos de la Ciencia del suelo. C.E.C.S.A. México, D.F. 531 pp.

Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de Vegetación de México y su clasificación Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-179.

Morain, S.A. 1974. Interpretation and Mapping Natural Vegetation. In: Remote Sensing, Techniques for environmental Analysis. Hamilton Publ. Co. Santa Bárbara. - 127-165.

Ramos, A.C. y F. González, M. 1972. La Vegetación de la Zona Arida Veracruzana. An. Inst. Biol. Méx. Ser. Bot. 43: 77-99.

Rzedowski, J. 1978. La Vegetación de México, Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.

- Schanda- E. 1976. Introductory remarks on remote sensing In: Remote sensing for environmental sciences. Springer-Verlag, ecological studies Vol. 18 Berlin. 1-10.
- Secretaría de la Defensa Nacional. 1968. Carta Topográfica. Hojas Coatepec, Huamantla, Jalapa y Teziutlán. Escala 1:100 000. México, D.F.
- Soto M., F. Lozano, A. Diéz, C. Mejía y J. Villa. 1977. Estudio Piloto de la Vegetación en la Región Alchichica-Perote por medio de Percepción Remota. Biótica 2(3): 19-36.
- Soto M., F. Lozano, C. Mejía, A. Diéz y M. Medina. 1978. Mapping Tropical Vegetation in the State of Veracruz, Mexico In; Proceedings of the XII World Symposium of Remote Sensing, Manila.
- Stone, K.H. 1974. Developing Geographical Remote Sensing In: Remote Sensing, Techniques for environmental analysis. Hamilton. Publ. Co. Santa Bárbara. 1-14.
- Storie, E.R. 1970. Manual de evaluación de suelos. U.T.E.H.A., México, D.F. 125 pp.
- Taranik, J.U. 1978. Principles of computer processing of Landsat data for Geological applications U.S. Geological Survey open file report 78-117. Sidux Falls.
- Van Genderen, J.L. and B.F. Lock. 1977. Testing Land-use map accuracy. Photogrammetric engineering and remote sensing 63(9): 1135-1138.
- Van Genderen, J.L., B.F. Lock and P.A. Vass. 1978. Remote sensing: Statistical testing of thematic map accuracy. Remote sensing of environment. 7: 3-14.

Vinogradov, B.V. 1977. Remote sensing in ecological botany. Remote sensing of environment. 6: 83-94.

Walter, H. 1971. Ecology of tropical and subtropical vegetation. Oliver and Boyd. Edinburgh. 539 pp.

Watkins, H.A. 1978. The EROS data center. US. Department of the Interior. Sioux Falls. 37 pp.