

Z 5053.08
UNAM
1975



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

DIVISIÓN DE ESTUDIOS SUPERIORES

Colegio de Geografía

METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA VEGETACIÓN

CON EL USO DE FOTOGRAFÍAS AERIAS

Tesis de grado para obtener el título de

Maestría en Geografía

DIDIMA DE LAS MERCEDES OLAVE FARIAS



México, D. F.

Octubre 1975

TGg 0340



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.

CON GRATITUD Y CARIÑO

A

MIS PADRES

HERMANOS Y SOBRINOS.

CON ADMIRACION Y AGRADECIMIENTO
AL DR. FELIPE GUERRA PEÑA
COMO MAESTRO Y DIRECTOR DE ESTA TESIS.

A MIS EXTRAORDINARIAS AMIGAS
MA. LUISA SANDOVAL G.

Y

GRACIELA HUERTA R.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Jorge A. Vivó E., Maestro Emérito de la Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, por sus sabias enseñanzas y extraordinaria ayuda moral.

Al Biol. Xavier Madrigal S., del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, como reconocimiento a su ayuda extraordinaria y acertadas sugerencias para la elaboración de este trabajo.

Al Maestro Nicolás Aguilera, Jefe del Departamento de Edafología del Instituto de Geología, por las facilidades dadas para la realización del análisis de suelo aportes y corrección de esta parte del estudio.

A la Licenciada Mireya Maples, por su extraordinaria colaboración en el análisis de suelos.

Al Ing. Ramón Cardoza, Jefe del Departamento de Recursos Naturales y al Biol. Francisco Takaki de CETENAL, por sus sugerencias e ideas para la realización de esta tesis.

Sinceros agradecimientos a mis maestros Sinodales:

Dra. Silvana Levi de López

Dra. Laura Maderey R.

Maestra Carmen Valverde.

Comprometo mi máxima gratitud a la Universidad Católica de Chile Sede Regional del Maule y al Banco Interamericano de Desarrollo, que hicieron posible la realización de mis estudios de Maestría en México.

I N D I C E

Introducción

Primera Parte

1. Generalidades
2. Características Cualitativas de las Fotografías Aéreas
 1. Características Físicas de las Fotografías Aéreas
 2. Los objetos fotográficos
3. El Fotointérprete y la Técnica de la Interpretación
4. Claves de Fotointerpretación
5. Las Imágenes Multiespectrales como una Nueva Técnica de Interpretación

Segunda Parte

1. Aplicación de Fotografías Aéreas al Estudio de la Vegetación en el Área de Parres a Tres Cumbres.
 1. Objetivos
 2. Materiales y Método
 3. Delimitación del Área
 4. Características Físicas del Área
 - Geología
 - Hidrología
 - Suelos
 - Clima
 5. Aspectos Generales de la Vegetación
 6. Interpretación de la Vegetación
 7. Discusión
 8. Conclusiones
 9. Citas Bibliográficas
 10. Bibliografía.

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

La necesidad de los países latinoamericanos de lograr un aprovechamiento inmediato de sus recursos naturales, requiere de la localización y conocimiento cabal de los mismos, lo que trae como consecuencia, la obligación de elaborar un inventario y evaluación de tales riquezas.

Existe, sin embargo, en todos estos países un desconocimiento muy asentado sobre la verdadera magnitud de sus recursos, especialmente de los naturales no renovables, siendo un ejemplo notable el de la vegetación. Esto se debe en muchos casos a la falta de información y a la falta de técnicas más rápidas para poder hacer los estudios pertinentes. De ahí la necesidad de encontrar estos medios, que permitan realizar un inventario y evaluación del volumen de estos recursos. Especialmente con el fin de obtener una contribución efectiva al desarrollo socio-económico de un país.

Mediante el conocimiento correcto de sus recursos, un país podrá conducir sus actividades económicas hacia una explotación adecuada, ya sea para un aprovechamiento limitado o intensivo, y para obtener mayores beneficios, preservarlos y aumentarlos. Para estos fines hoy día se cuenta con modernas técnicas, citándose la utilidad de los sensores remotos, entre ellos las fotografías aéreas, que acompañadas de computadoras electrónicas y métodos estadísticos, permiten obtener de una manera más rápida y, a la larga más económica como un conocimiento amplio de los recursos naturales de un país.

Esta técnica, en estudios de vegetación se le está dando un empleo variado como: clasificación de la vegetación, identificación de especies de árboles, estudios dasonómicos, inventario forestal etc., en los cuales se demuestran las ventajas que esta técnica proporciona.

No ajena a sus bondades, están las limitaciones consecuentes tales como, las derivadas de la planeación de vuelo, de la química fotográfica, de los factores geométricos y asimismo, de las cualidades personales del especialista fotointérprete. Esto requiere de habilidad personal, experiencia, condiciones académicas y otras propias todas del desarrollo de la ciencia.

El objetivo de este trabajo es presentar algunos aspectos básicos en el empleo de las fotografías aéreas, así como de los factores cualitativos de ella y aspectos fundamentales de la técnica fotointerpretativa. Como objetivo principal, aplicar una metodología para el estudio de la vegetación con el uso de fotografías aéreas, con el fin de valorar la ayuda que ella presta para un estudio de este tipo. Por tal motivo se eligió el área localizada de Parres a Tres Cumbres.

GENERALIDADES

1. DESARROLLO HISTORICO DE LA FOTOINTERPRETACION

1.1. Las primeras fotografías.

Antes de que los primeros globos ascendieran, los hombres imaginaban como eran las formas de la tierra desde el aire. Los resultados de estos vuelos de fantasía eran retratados a ojo de pájaro por los artistas y cartógrafos, ya en el siglo XVI y XVII. Aparecían estas vistas en forma no vertical y con ángulo oblicuo. Las formas de la tierra aparecían como si se vieran desde una torre o de una montaña vecina y aunque esta perspectiva era producida solamente por la imaginación, constituía el antecedente de las primeras fotos aéreas de la tierra. En Canadá, George Catlins hizo una fotografía, llamada "Topografía del Niágara", de perspectiva vertical, en la que la relación geométrica asemeja una proyección central, como una fotografía aérea vertical.

Sin embargo, el origen de la fotografía, todavía terrestre, se encuentra alrededor de 1839, cuando Luis J. M. Daguerre de París, inventó un proceso para desarrollar imágenes positivas con el fin de hacer retratos. En su método Daguerre utilizaba para sus películas las placas de metal sensibles a la luz revestidas con una capa de yoduro de plata. Su cámara no poseía más que una luz tenue con una simple placa de vidrio que comprimía los lentes. Después que una fotografía era tomada la placa fotográfica era removida desde la cámara y expuesta a vapor de mercurio calentado, para producir una imagen positiva directa. Esta imagen no podía ser duplicada.

Unos años más tarde, la técnica de Daguerre fue desarrollada por el inglés Williams H. Fox Talbot, quien introdujo el proceso negativo-positivo que es el que continúa en uso hoy. En 1840, realizó una reducción en el tiempo de exposición de la cámara de varios minutos a segundos. Esto fue posible por el desarrollo de nuevos lentes y el descubrimiento de una sensibilidad superior de la luz en las placas fotográficas revestidas de cloruro de plata y más tarde de bromuro de plata. La técnica de Fox Talbot permanece básicamente casi incambiable hasta hoy.

Pero el uso de las fotografías con fines de estudio, comenzó en Francia 1858 con Aimé Civiale, miembro del cuerpo de ingenieros, quien dedicó más de 10 años de su vida a esta técnica. En 1858, comenzó sus estudios con diversos ensayos en los Pirineos, luego emprendió la exploración fotogenológica de los Alpes, concluyendo en 1868. Participó sus trabajos a la academia de ciencias de París, donde obtuvo la aprobación de todos sus miembros, cuyos trabajos fueron laboriosamente examinados. Para sus trabajos utilizó cámaras fotográficas de grandes dimensiones, con fotografías de formatos 30 x 40 cm, hasta un total de 25 panoramas y 450 fotografías, todas ellas tomadas después de vencer enormes dificultades.

Con fines militares, en 1858, el fotográfico y aeronauta Jacques Tournachon, "Nadar", por medio de globos cautivos logró tomar las primeras fotografías en París, anclando su globo sobre el antiguo hipódromo de Saint Cloud, ascendió a cientos de metros de altura para tomar a ojo de pájaro sus fotografías. "Esta fotografía es oblicua alta y corresponde a la zona del Arco del Triunfo de la Estrella de Montmatre, en la lejanía y la avenida del Bosque de Bonia, al pie". (1).

En el mismo año 1858, los señores King y Black, hicieron 8 pruebas fotográficas aéreas, esta vez oblicuas bajas, sobre la ciu

dad de Boston en un globo a una altura de 1,200 pies. En 1862, en un globo cautivo del ejército de Unión, se volvieron a tomar fotografías de la región de Richmond, durante la guerra de Secesión.

En Inglaterra las primeras fotografías fueron tomadas por Woodbury, desde globos en 1881, iguales ensayos se hicieron en Alemania y Canadá. En este último en 1888, se tomó la primera fotografía obtenida por el capitán H. Elsdale. En Rusia los primeros ensayos se hacen en 1886, por Kovanko, que tomó fotografías de la zona fortificada de Kronstadt y San Petersburgo, desde un globo.

1.2. El uso de las fotografías aéreas con fines de estudio militar y civil.

Fue durante la primera guerra mundial cuando la práctica de las fotografías aéreas se hizo más intensa con fines militares. En tonces todos los instrumentos nuevos, fueron apareciendo, naves, cámaras, experiencia personal.

Corresponde a los Rusos la primacía de haber realizado poco antes de la primera guerra mundial, un reconocimiento profundo en el territorio del Bósforo (Turquía), utilizando aviones y tomando fotografías. En la misma época, 1914, los Alemanes verificaron un reconocimiento con fotografías aéreas sobre Francia, utilizando un Zeppelin.

La aparición de los primeros vehículos aéreos, (aeroplanos), permitieron iniciar con más continuidad la toma de fotografías aéreas en los diversos países con fines explorativos militares, acompañados de una serie de experimentos, con montaje de cámaras, navegación para misiones y fotos aéreas, ensayos de películas de altura, efectos de apertura y posición. En 1919 las grandes potencias que participaban en la guerra, disponían ya de personal y

aparatos para fines de tomas de fotografías aéreas.

Fue también en los años de la primera guerra mundial, cuando mediante observaciones hechas por los mismos pilotos, se comprueba el valor del uso de las fotografías para fines de estudio. Así nacieron los ensayos fotogeológicos aéreas (1920), así como los aplicados a bosques y otras ciencias. Los Británicos fueron los primeros en desarrollar el inteligente sistema de fotointerpretación. Su destreza facilitó grandemente la localización de los sitios de lanzamiento de los V-2.

Al rededor de 1930, se producen grandes cambios. en vez de ser las fotografías aéreas un simple sustituto del mapa, llegan a ser vistas como un recurso de información con propósitos técnicos que podrían ayudar a la adquisición de datos sobre diversos tópicos. Esto abrió el camino a la fotointerpretación aérea para ser aplicada a varias disciplinas.

1.3. El uso de fotografías aéreas para estudios de vegetación.

En estudios de vegetación, se vió que las fotografías aéreas podrían ser usadas para la solución de muchos problemas, especialmente en el estudio de bosques. En 1929, en Canadá, el Departamento de Bosques, en coordinación con el Departamento de Suelos y Cartas, iniciaron una serie de estudios especiales con fotografías oblicuas de pequeño ángulo y verticales, para investigar la factibilidad de obtención básica de datos para análisis volumétricos. El parámetro de interés incluyó: altura de árboles, densidades, copas, tipos de vegetación y especies. La altura de los árboles podría ser obtenida en las fotografías aéreas por mediciones del desplazamiento radial de la imagen, por mediciones del paralelaje estereoscópico, o por cálculos usando las sombras del objeto. La sombra ha sido conocida por muchos siglos, sin embargo la posibilidad

de usarla, como imagen sobre una foto aérea, sólo se probó en 1929, en el sur de Manitoba.

En Europa, también en 1930, se hicieron mediciones con fotografías aéreas; se prepararon tablas de volúmenes, de mediciones de altura de árboles altos de copas cerradas y abiertas. El primer experimento importante de trabajo con fotografías aéreas fue hecho en Canadá, con escalas de 1:6 000 y 1:8 000, en fotografías tomadas en invierno, alrededor de 1940.

Indudablemente, que el período entre la primera y segunda guerra mundial, trajo grandes cambios y dándose prioridad a las fotografías aéreas. En 1938, hay un marcado interés por las fotografías aéreas verticales para cartografía. Entre 1921 y 1947 se llegaron a usar diferentes tipos de fotografías con estos fines. Es a partir de 1940 cuando la fotografía aérea se destinó a fines cartográficos, usándose cámaras con lentes de 15 cm de distancia focal, cambiables para fotografía de escala 1:31680 y 1:40000; tomándose con ellas fotografías en la Columbia Británica, Yukon y territorios del noroeste de Canadá.

Las fotografías trimetragón (composición a base de fotos verticales y oblicuas), se empezaron a usar alrededor de 1946-47, en Canadá especialmente con propósitos forestales. Sin embargo la técnica de aplicación de los reconocimientos aéreos se ha desarrollado extraordinariamente en los últimos 14 años, especialmente en estudios de investigación agrícola y forestal. Ya no sólo está limitada al sensor convencional en blanco y negro, sino que se cuenta con las imágenes a color y los adelantos de la técnica multi-espectral.

El uso de fotografías aéreas en gran escala, para identificación de especies de árboles individuales, permite un estudio intensivo, en el que el intérprete debe llegar a familiarizarse con pa-

tronos de ramas, formas de copas así como todas las especies importantes existentes en la región del estudio. Generalmente, la escala usada puede ser 1:12000 hasta 1:20000. Estudios muy importantes de este tipo se han hecho en Estados Unidos y Canadá, como ejemplo se cita el trabajo realizado por A. H. Alfred y L. Sayn Wihgentein del servicio de forestación de Canadá, usando fotografías a escala 1:10000 y 1:12000, quienes aplicando distintas variables llegaron hacer mediciones de altura de árboles, diferenciación de especies y mediciones de copa.

También se están usando mucho las fotografías aéreas para estudios específicos en agricultura, con el fin de diferenciar cultivos, planear un mejor uso del suelo agrícola, localización de terrenos agrícolas y de pastoreo. Muy usadas además en estudios de pastizales con el fin de distinguir áreas de vegetación naturales de pastizal, pastizales cultivados, inventario de los mismos, problemas que afectan a las áreas de pastizales como: erosión, sobre-utilización de los pastos, posibilidades de agua, etc. interesante es el estudio sobre vegetación perturbada *Aguia to Air Photo Interpretation of Forest Damage in Canada*, por P. A. Murta.

1.4. El empleo de fotografías aéreas para estudios de vegetación en México.

En México, el inicio del uso de fotografías aéreas en estudios de vegetación data del alrededor de 1935, utilizándose fotografías terrestres con fines de estudios forestales, sin bases sistemáticas para el análisis de los componentes de la fotoimagen. Fue un grupo de ingenieros forestales los que realizaron la primera "Exploración Aérea", en los bosques de Durango en un trimotor Ford en el mismo año.

También se da comienzo a la toma de fotografías aéreas, con

finés planimétricos, trabajos efectuados por diversas organizaciones, tanto particulares como oficiales, las que consideran ya la utilidad de este material, pero sin darle una aplicación específica para conocimientos cualitativos y cuantitativos de las masas forestales, ya que su aprovechamiento estaba dirigido al conocimiento de la toponimia y a la diferenciación generalizada de los usos del suelo. Años después en 1947 al inventariar una zona de la selva del estado de Campeche, se efectuaron reconocimientos en avión con el auxilio de fotografías aéreas. Estas aplicaciones incipientes de algunos materiales aéreos culminan en 1952, al iniciarse los trabajos del Inventario Forestal del estado de México, proyecto con el cual se inicia en la República Mexicana, el empleo sistemático de las fotografías aéreas, como auxiliar para elaborar mapas temáticos forestales. Se formuló entonces, la primera clave de fotointerpretación y técnicas, que se emplearon posteriormente en la construcción del mapa forestal de la "Meseta Tarasca" en el estado de Michoacán, en el año de 1956. En este caso los criterios de fotointerpretación fueron aplicados para diferenciar áreas forestales y no forestales, clasificándose además las alturas de las diversas masas de árboles, cobertura de copa, géneros presentes y separándose las áreas agrícolas y pastizales de los terrenos netamente de bosques.

De 1954 a 1960 se elaboraron diversos mapas forestales, tanto en el norte de la República como en diversas áreas vecinas al Distrito Federal, empleando para su construcción los materiales que nos ocupan.

En Febrero de 1958, durante el Seminario de Fotogrametría, efectuado en Uruapan, Michoacán, se presentaron diversos trabajos en los cuales se confirmaron algunos criterios técnicos básicos sobre la materia. El Instituto Nacional de Investigaciones Fo-

restales, elaboró un documento con el título de "Especificaciones a que se sujetarán los estudios Forestales Fotogramétricos;" son normas generales técnicas para elaborar mapas forestales, en el se contemplan informaciones sobre toma de fotografías, generalidades sobre fotointerpretación y elaboración de mapas. En 1960 la Comisión Forestal del Estado de Michoacán inicia el Inventario Forestal y con él la construcción del mapa forestal correspondiente, siguiendo las normas citadas en el documento anterior.

En 1964, se firma el acuerdo con el Fondo Especial de las Naciones Unidas y el Gobierno de México para iniciar el Plan de Operaciones para la realización del Inventario Forestal. Con este motivo en el Instituto de Investigaciones Forestales se estructuró al Departamento de Fotogrametría e Inventario Forestal, reuniéndose personal y equipo necesario. se reemplazó este Departamento en 1965 por la Dirección General del Inventario Forestal, dependiente de la Subsecretaría Forestal. Labor que consiste en la construcción de mapas forestales. Esta Dependencia en 1974 cambió su nombre por la de el Departamento de Cartografía Forestal.

La creación de la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) para la evaluación del Territorio Nacional marca un hito en los aspectos cartográficos de México. Tiene como tarea básica la formulación del inventario de los recursos que dispone el país. Las técnicas que se emplean son básicamente la fotogrametría y la fotointerpretación. Ambas, tienen como materia prima la fotografía aérea. De tal manera que la información geográfica que aporta, facilita la ejecución de la fase de construcción de mapas bases y de tipos de vegetación, como otros recursos naturales.

Desde que se inició en México, el uso de las fotografías aéreas para estudios de vegetación, los trabajos se han corregido

o ratificado con datos obtenidos en muestreo de campo y se han elaborado nuevos lineamientos complementándose con las claves de foto interpretación, como una necesidad para el perfeccionamiento de esta técnica, motivado por el interés nacional de su aplicación.

Hoy día en México sus aplicaciones en estudios de vegetación son variadas: estudios de catastro forestal, estudios de suelos forestales, conservación del uso del suelo vegetal, reforestación, estudios agrícolas, estudios de vegetación natural, vegetación perturbada, cuantificación de formaciones vegetales, estudios dasonómicos, inventario forestal, elaboración de mapas de uso del suelo forestal, mapas temáticos forestales, diversos estudios ecológicos, detección de plagas en la agricultura y bosques.

CARACTERISTICAS CUALITATIVAS DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS

1. CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS FOTOGRAFIAS AEREAS.

Algunas personas pueden tener poca dificultad para el reconocimiento de las características que presenta una fotografía, porque tales características aparecen relativamente normales al ojo humano. En este caso, el intérprete, tiene ya una experiencia, ejercicio mental, y se ha familiarizado con aquellos factores que sirven para determinar características en una fotografía, constitutivos de los criterios que sirven para la identificación de los rasgos de una fotografía aérea, criterios que forman parte del "primer grupo" de los "factores analíticos clave" para la identificación de las imágenes en las fotografías aéreas.

Estas características físicas son el tono y la textura.

1.1. El tono en una fotografía aérea.

"Una fotografía en blanco y negro, no es otra cosa que un conjunto de diversos tonos grises, que se confunden unos con otros, bien ensensible o gradualmente o con marcado contraste de un modo brusco".⁴ El tono de la fotografía es la cantidad de luz reflejada que se registra realmente.

"se define también el tono gris como una densidad o sombra que va del blanco absoluto al negro absoluto, que es registrado en el terreno en una exposición pancromática negativa de fotografías aéreas" (5).

En una correcta interpretación, es necesario hacer la evaluación de los tonos grises, lo que frecuentemente se dificulta por la carencia de conocimientos sobre los factores que los afectan. El desconocimiento de ellos puede ser observado por un conocimiento del terreno.

Los factores externos que afectan a los tonos grises son:

1. Factores técnicos; características del material, equipo y técnicas de procesamiento.
2. Factores meteorológicos y climatológicos; humedad atmosférica, nubes, ángulo del sol, estación del año.
3. Factores del terreno; topografía superficial, suelo, roca, vegetación, humedad del suelo, contenido orgánico. Cada uno de esos factores, dependen de otros que los limitan y modifican.

En cuanto al primer grupo de estos factores externos, no se tocarán en este trabajo.

Factores meteorológicos y climáticos que afectan los tonos grises.

Entre ellos tenemos: la variación regular de la luz natural del día. La distancia que existe entre el sol y la tierra, que varía de día a día y de estación a estación, puede tener un efecto de luminosidad sobre los tonos grises de la misma área, tomando dos fotografías diferentes en el año. Hay diferencia entre invierno y verano en la luz solar menor de un 10%, lo que tiene mucho significado en una investigación especializada; por ejemplo en el caso de estudios de vegetación, una fotografía tomada en una estación presentará características muy diferentes a la tomada en otra estación.

La altitud solar, contrariamente, puede ser considerada importante en el patrón tonal por una función de localización geográfica, de hora del día y de declinación solar. El efecto del ángulo con

que el rayo solar atraviesa la atmósfera, da la cantidad y cualidad a la luz que recibe la tierra y esto se refleja en el lente de la cámara. Aunque de poca importancia, también es notable el efecto -- que la sombra produce al ser iluminada por la luz de la atmósfera, "o velo atmosférico", sin ensombrecer iluminadas por la luz solar.

La atmósfera nunca está absolutamente limpia y pura, pues -- siempre contiene pequeñas partículas de materias externas en suspensión, llamadas "aerosol", que pueden ser de material sólido o líquido, las cuales se encuentran en la atmósfera formando núcleos alrededor de los cuales se condensa el agua, dando lugar a la bruma y -- principalmente a las nubes. El efecto de la bruma en las fotogra-- fías aéreas, se produce cuando el rayo de luz, que pasa a través de la atmósfera, sufre cierto desplazamiento difuso por la radiación esparcida. La alteración puede ser mayor cuanto mayor sea concentra-- ción de partículas esparcidas. En fotografías a gran altura, la luz reflejada en la cámara desde el suelo, se recibe muy atenuado. Más importante es el efecto de la luz esparcido bajo la bruma. Así la -- bruma no solamente tiene efecto en los tonos grises en la foto, si-- no también en la densidad del gradiente entre tonos.

Las nubes tienen el efecto de incrementar la brillantez y de producir así como de influir el tono. Si una fotografía aérea se to-- ma con nubes, la importancia del tono gris, disminuye excepto en ca-- sos especiales.

Además del efecto de la estación y de la distancia del sol, -- hay un efecto directo sobre el terreno mismo. La apariencia directa se relaciona con los cambios en las cualidades tonales de la cubier-- ta vegetal del suelo y la presencia o ausencia de la nieve. También tiene que ver con los cambios estacionales la humedad superficial, así como también el follaje en ciertas estaciones y en su desaparición en otras. En el caso de estudios de vegetación, es importante

que los tonos grises, permitan diferenciar asociaciones de plantas. Entónces se prefieren fotografías tomadas en invierno, que puedan mostrar tonos de contraste entre especies sanas y enfermas. En -- otros casos, en que se requiere el contraste entre varios grupos -- de especies para identificar tipos difíciles de cubiertas ejemplo; en regiones predominantes de coníferas, entónces es preferible la toma de fotografías es primavera o en la estación donde los tonos grises presentan más contraste.

Factores del terreno.- De ellos, el primero es la topografía, es decir a la conformación de la tierra, altura, valles, etc. Puede tener dos efectos sobre la intensidad de la luz recibida en el negativo; uno de ellos depende de distancia; y el otro, se refiere a la reflexión de los rayos solares y del ángulo del sol en tiempo de la exposición. La topografía del terreno y la orientación de los rayos, con respecto a la cámara, pueden reflejar alguna diferencia cuantitativa de luz en el negativo.

Suelo, Roca y Vegetación.- El film pancromático registra todas las ondas del espectro visible en los tonos grises; por lo tanto, se pueden diferenciar áreas de diferentes características producidas por la difusión de colores, que pueden dar lugar a diferentes tonos de grises. Por lo tanto, un factor altamente importante, en los tonos grises, es el producido por la humedad del suelo, materias orgánicas, etc. Así la humedad es uno de los modificadores -- más importantes de los tonos grises y su identificación es fácil y rápida. Un efecto tonal puede ser índice de humedad, pero también de porosidad del suelo y de la textura, o de la impermeabilidad.

En cuanto a vegetación, todas las gamas de verde, aparecen -- reflejadas en los tonos grises. Los tipos de vegetación tienen límites irregulares, lo que se debe frecuentemente a la diferencia de humedad. Tales tonos son observables, en la superficie de la textura

vegetal. También hay correlación con la topografía.

Mediante el estereoscopio, se puede percibir que el tono gris más oscuro, significa mayor humedad del suelo y encontrarse éste en partes bajas, mientras que los tonos más claros corresponden a las partes altas. Esto se debe a que las corrientes de agua se unen en las zonas inferiores a las que arrastran partículas de suelo y de materia orgánica, que producen un cambio en el tono. Un área de mucho follaje aparece enteramente, y si el tono de la vegetación es amarillento, en la fotografía aparece gris claro.

El patrón de los tonos grises varía pues, en la fotografía y se hace necesario hacer una correlación entre todos los factores -- que influyen en el tono. Para esto, existe una primera regla que dice: "Los objetos coloreados de la naturaleza, reflejan sus propios colores con diferente intensidad que depende, no sólo de la cantidad que del propio color absorben sino de la condición material y textura de dichos objetos; tales colores, o tonos absolutos, se corresponden con los diversos matices del gris, o tonos relativos, en las fotografías aéreas en blanco y negro, por cuyo motivo pueden -- identificarse los colores naturales por su correlativo tono gris en que aparecen transformados en dichas fotografías y, de ahí, deducir la verdadera identidad de los rasgos geológicos o de otra índole, en cuanto éstos pueden serlo por su color". (6).

1.1. La Textura de la Imágen Fotografiada.

Se puede definir la textura fotográfica como la apariencia dada por un conjunto de rasgos unidos, demasiado pequeños e imposibles de identificarlos individualmente. Es el reflejo de la vegetación y del tipo de suelo, es un agregado de la microconformación de la superficie de la tierra (partículas del suelo, fragmentos de roca, acumulación de materias orgánicas, agua superficial, etc.). So-

bre ella influyen altura, orientación, sombras, etc., que en la fotografía no pueden ser identificadas individualmente. Un suelo de arena, individualmente no se puede apreciar, pero en su conjunto da una apariencia peculiar conocida como textura fina. En cambio la textura de un cultivo que tampoco individualmente se puede distinguir, presenta una textura que en el caso del trigo es fina, pero con la práctica, se puede diferenciar de la arena.

En el caso de la vegetación, la textura de un bosque de pino y sus copas, dan en conjunto una textura moteada que puede ser gruesa o fina, según sea su diámetro; entonces se habla de una textura moteada que puede ser también abierta o moteados cerrados. Así, mediante la textura se pueden diferenciar las diferentes características de la cubierta vegetal.

Igualmente, a cada una de las rocas corresponde un tipo de textura propia en una zona determinada, lo que depende en gran parte del clima ejemplo; las calizas tropicales se pueden localizar por su textura.

La textura de la imagen, depende también de la escala de la fotografía; en una escala pequeña, la textura aparece fina, pero en una escala mayor, la misma aparece áspera o gruesa. Otro factor que influye en la textura, es el grano de la emulsión. De acuerdo con estas características, está la segunda regla: "Los rasgos de la superficie terrestre que, por su inmenso número y diminuto tamaño relativo, no puede identificarse aisladamente en sus correspondientes imágenes fotográficas aéreas, como ocurre con las arenas en el desierto o con las hierbas en una pradera, ofrece en su conjunto una apariencia típica en cada caso, que constituye lo que se denomina textura de la fotografía aérea, por lo que pueden identificarse aquellos rasgos combinados, que suelen ser geológicos o de otra naturaleza, imposibles de individualizar cuando tiene una textura par

ticular y definida". (7).

2. LOS OBJETOS FOTOGRAFICOS.

2.1. Forma y Tamaño.

Las personas, objetos y relieve terrestre, en una fotografía aérea, se identifican por su forma y volúmen y también en comparación con otros semejantes. De ahí que la forma, tamaño y sombra de los objetos, sean de vital importancia en el proceso de identificación.

En la superficie terrestre, las formas regulares o rectilíneas, generalmente se deben a obras hechas por el hombre, ejemplo: carreteras, puentes, áreas urbanas, etc. En cambio las formas irregulares corresponden casi siempre a accidentes naturales ejemplo: orografía, redes hidrográficas, rasgos geológicos, etc. Las áreas de cultivos, por ejemplo presentan formas muy rectilíneas por rasgos de tipo artificial.

La forma de un objeto debe relacionarse con su tamaño y se tendrá una idea más clara sobre los que se está identificando. A su vez hay que tomar en cuenta la escala de la fotografía.

La sombra.- Ella se encuentra estrechamente relacionada con la forma y tamaño de los objetos. Muchas veces un objeto es identificable por su sombra, sobre todo en las fotografías verticales; esto ocurre con objetos artificiales, como edificios, torres, etc. También es muy importante considerar la sombra en estudios de forestación. Se emplea para medición de alturas de sombras, en estudios de mediciones dasométricos.

En algunas fotografías, especialmente aquéllas tomadas en invierno, la sombra de los árboles puede ser claramente visible, y entonces se determinan anchuras de sombra; para esto tienen que te

nerse en cuenta algunos factores en contra, como es la penumbra, -- (sombra parcial), factores que el especialista en estos aspectos -- puede calcular.

"El relieve terrestre es el que origina casi la totalidad de las sombras normales en las fotografías aéreas, de tal manera que no hay sombra allí donde no hay relieve. Una sombra, obscurece la zona donde se produce, una fotografía debe ser tomada en momentos en que la sombra subraye el relieve abrupto, dejando libre toda la superficie posible. En cambio en terrenos no muy abruptos, conviene que las fotografías se tomen poco después de la salida del sol o un poco antes con el objeto de que las sombras sean máximas y de este modo destacar el escaso relieve terrestre y todos los rasgos geológicos que lo tengan". (8)

2.2. Factores derivados de las formas topográficas y geomorfológicas.

Estos factores analíticos claves, corresponden a la técnica particular de identificación de las imágenes fotográfica aéreas. -- Ellos son de vital importancia para estudios de la corteza terrestre superficial y sus recursos naturales. Así tenemos:

Las formas topográficas. -- éstas dependen en gran medida del área, especialmente de su naturaleza geológica; conociendo el análisis de aquéllas se puede llegar a conocer la estructura de éstas. -- Características pequeñas tienen que ver con la expresión topográfica, pero no siempre; genéticamente, están en relación con la composición y formación del material y con las formas del relieve, de -- tal manera que el aspecto topográfico o relieve del suelo, es uno de los ángulos desde los cuales se analizan geológicamente las fotografías aéreas, conjuntamente con el geomorfológico, el vegetal, el edafológico etc. La sexta Regla que se cita enuncia "Las formas de la topografía, que cubren en su totalidad la superficie reproducida

en las fotografías aéreas, se encuentra de tal modo condicionadas por la estructura geológica, total o parcialmente, que el estudio detenido de tales formas llevará al conocimiento de su naturaleza geológica o de índole similar, de la cual son aquellas directo o natural producto, teniendo en cuenta en este análisis el factor - climático". (9)

Pendientes naturales.- Las pendientes naturales son una manifestación de los materiales en su ángulo de posición natural o su estado temporal de reposos. En el análisis de relieve, juegan un papel esencial. "Toda porción de la superficie terrestre presenta una inclinación, que es necesario valorar: no existe la pendiente nula". 10 Tienen un gran significado en la interpretación - de texturas, extensión y tipo de estratificación.

Discordancias topográficas.- Es el contraste entre determinados rasgos topográficos, que tienen expresiones distintas, a causa de su diferente naturaleza o por efectos de fenómenos diversos, tales como las que se producen entre depósitos aluviales recientes, y las rocas más o menos consolidadas que aquellos ocultan en mayor o menor grado. "Las discordancias topográficas, entre las que se encuentran las rupturas o cambios de pendientes, originadas por la diversa naturaleza de los elementos que constituyen la superficie terrestre, así como por los fenómenos de diversa naturaleza que en ella tienen lugar, originan marcados contrastes, cuyo exámen estereoscópico permite descubrir muchos fenómenos geológicos o similares en las fotografías aéreas, tanto estratigráficos como estructurales y tectónicos". (11).

Las alineaciones.- "Las imágenes que en las fotografías aéreas tienen una definida expresión lineal, de apariencia más o menos recta, aislada, o agrupadas formando sistemas, corresponden a - rasgos tectónicos, estructurales y estratigráficos del área reprodu

cida, pudiéndose localizar y correlacionar de esta manera, mucho más fácilmente y de forma más completa que en el propio terreno en la mayoría de los casos". (12).

Erosión y drenaje .- El Dr. Felipe Guerra P. en su obra citada, Reglas del Grupo Cuarto, hace mención de rasgos correspondientes a la gomofología como son la erosión y el drenaje. Ambos de vital importancia en un estudio de tipo físico.

Los diferentes factores erosivos actúan sobre la superficie terrestre, se produce en ella una secuencia de formas que tienen características distintas en las sucesivas etapas del desarrollo. Si se conocen los diversos modos de erosión en las diferentes rocas, resulta factible su identificación directa o indirecta por la expresión erosiva que exhiben en las fotografías aéreas. Así ninguna forma erosiva es demasiado pequeña para carecer de significación, cuando se observa cuidadosamente en el estereoscopio. "Los agentes erosivos atacan a las rocas de un modo selectivo o diferencial, según los materiales de que están constituidos, originándose formas de erosión características de sus diversos grupos y del estado de desarrollo del ciclo de erosión correspondiente, para cada tipo de clima; este fenómeno permite la identificación de las unidades petrográficas más importantes, mediante el estudio en las fotografías aéreas, por medio del particular modo con que responden a la acción erosiva". 13.

El drenaje o avenamiento.- Es "la manera en que un área dispone del agua que escurre sobre ella". "Los diversos tipos de drenaje, al revelar la pendiente del terreno y la estructura geológica que lo controla, así como la expresión superficial de la tectónica y la desigual resistencia de las rocas, ponen de manifiesto, al ser identificado el sistema a que el drenaje pertenece, todos los elementos geológicos y geomorfológicos del terreno".

2.3. Fuera de las características mencionadas hay que tomar en -- cuenta algunos elementos misceláneos. La definición de estos ele-- mentos del patrón de fotografía aérea consiste en diversas cosas - heterogéneas que tienen varias cualidades y que tienen que ver con diversos objetos. No pueden ser dejadas de describir satisfactoria mente, concientemente, y en un sentido colectivo. Puede decirse -- que ellas son el agregado de todas las características que apare-- cen sobre las fotografías aéreas que puede ser conveniente separar las para los patrones de relieve, superficie drenadas, erosión y - tonos grises naturales.

Estos elementos misceláneos son:

- a).- Características de patrones de vegetación.
- b).- Características de patrones culturales.
- c).- Características del microterreno.

Las características vegetales se refieren a la vegetación en forma completa tal y como se desarrolla en la tierra, incluyendo - la natural y cultivada. Hay que considerar la variedad de pastos, arbustos y árboles y su permutación en términos de: asociación, to lerancia y condiciones de selección, anchura con respecto a la po sición del terreno, factores climáticos, características del suelo, condiciones de agua.

Las características de patrones culturales motivan la existen cia de una lista de cambios en el uso de la tierra y desuso, rela-- cionados con las cualidades del terreno natural, y de la topografía; características suelo-roca, condiciones de agua, complicados por tra dición y economía y su utilización por el hombre.

La interpretación de características culturales podrá proveer una selectiva información cualitativa del terreno, pero también una comprensión completa del patrón de la foto. Tal interpretación, de-

pende de un conocimiento regional de la cultura y práctica cultural que exista.

Características del microterreno o microtopografía.- Hay muchas y variadas características del terreno que aparecen en el factor topográfico, que son poco visibles en las fotografías aéreas. Estas características tienen amplia variedad, incluyendo indicaciones visibles de actividad de insectos, actividad animal, arenas en movimiento, características difíciles de clasificar, pero que el intérprete conocedor valoriza; son importantes en la evaluación y estudios de las condiciones generales del terreno.

Así vemos que los elementos misceláneos son variados y que se asocian por sus similitudes regionales, formacionales de condiciones climáticas, humanas y de aspectos animales, imposibles de clasificar. Ellas tienen un gran valor en la evaluación del terreno y en diversas especificaciones. Un intérprete con experiencia de las condiciones regionales, puede aprovechar estas características. Su reconocimiento y uso efectivo, puede no solamente, ser el resultado de un ejercicio teórico, sino también de una práctica geográfica y de una actividad de campo.

EL FOTOINTERPRETE Y LA TECNICA DE INTERPRETACION

La American Society of Photogrammetry, define la interpretación de fotografías aéreas "como el arte de examinar imágenes fotográficas con el propósito de identificar los objetos y buscar su importancia". 15. Para ello hay que considerar el factor humano o del fotointérprete y la técnica de interpretación.

1. El fotointérprete.

La técnica de fotointerpretar, requiere de una serie de características elementales que debe poseer la persona que realiza esta labor. Interesante es el estudio hecho por T. E. Avery y Burkhart, (sobre "Pruebas de selección para fotointérpretes) 16. En el que aplicándose una prueba a 99 estudiantes de la Universidad de Georgia, se llegó a la conclusión de que fuera de las características de habilidad personal hay una serie de factores que también influyen.

1.1. Habilidades esenciales de la persona: Visión estereoscópica, percepción normal de los colores, antecedentes educativos y capacidad mental.

1.2. Habilidad de hacer evaluación de detalles fotográficos: La fotografía aérea, proporciona una amplia información que es necesario examinar, así tenemos:

a) Exámen técnico: Se conoce como lectura de la foto o fotolectura. Ella concierne al reconocimiento y posición respectiva de las características que se presentan, ejemplo, puentes, edificios, caminos, drenaje, campos de cultivo etc. En este aspecto, en la aplicación de la prueba, antes mencionada se exigió a los examinados el reconocimiento de 24 rasgos mínimos comunes en la fotografía.

b) Fotoanálisis.- Es un proceso de separación de las cosas

que forman las partes o elementos, o exámen de todos los distintos componentes, ya sea separados o relacionándolos con el todo. Es la clarificación de las características de la fotografía y su interrelación, es dar conclusiones cualitativas y cuantitativas. En este caso, el fotointérprete debe ayudarse de instrumentos como: estereoscopios, planímetros etc. Hoy en día se emplea también el procesamiento electrónico.

c) Fotointerpretación.- Es la parte más avanzada y compleja, de la evaluación. Abarca todas las características anteriores y además se emplea la inducción y deducción para la evaluación de esos elementos, usando el sentido común, la experiencia, todo ello dependiente en gran manera del nivel académico del intérprete y la práctica en el terreno.

El factor personal constituye un elemento vital que contribuye al efectivo uso de la fotointerpretación, es decir se trata del aspecto profesional del fotointérprete, del conocimiento específico que posee en el campo en que realiza su estudio. La interpretación de elementos individuales y su propia combinación sólo es posible con una buena preparación profesional. La especialización mejora la fotointerpretación. Puede ser un especialista en el terreno o no, pero puede llegar con sus propios conocimientos a algunas conclusiones.

Los conocimientos académicos podrían clasificarse en los siguientes campos:

- 1.- Geología
- 2.- Ciencias del suelo
- 3.- Botánica
- 4.- Meteorología y Climatología
- 5.- Ciencias afines: Ingeniería Civil, Hidrología, Geografía, Geobotánica, Geoquímica, Geofísica y Ecología.

El adiestramiento significa que debe estar familiarizado con las técnicas fotográficas o con el trabajo al terreno, que con la experiencia forma la herramienta vital en fotointerpretación.

La experiencia cualidad inherente al fotointérprete, puede ser de 3 tipos.

1.- Fotoexperiencia.- Es la evaluación de la información contenida en las fotografías aéreas.

2.- Experiencia de campo.- Unica que faculta la correlación de lo obtenido en las fotografías con lo observado en el campo.

3.- Experiencia profesional.- Es el conocimiento de los problemas que se tratan de resolver a través de trabajos profesionales anteriores.

d). Deducción e inducción.- En esta fase el intérprete puede examinar rasgos a gran escala, tales como áreas drenadas, y deducir los factores que lógicamente y físicamente los producen. Siguiendo esta evaluación se puede llegar a conocer características específicas. De ahí que sea vital la iniciativa del intérprete.

2. La fotointerpretación.

En todo trabajo de fotointerpretación intervienen dos etapas fundamentales, complementarias e igualmente importantes.

2.1. Etapa de gabinete.- Comprende una serie de pasos en forma secuencial que el intérprete debe realizar:

a).- Recopilación de antecedentes necesarios, ellos ayudan a una buena interpretación, así tenemos material bibliográfico. Es conveniente investigar si existen trabajos que se hayan realizado con anterioridad en el área de estudio, analizarlos y ver si tienen alguna utilidad

Partiendo de características cualitativas se llega a cuantitativas de objetos visibles y diferenciales, así en vegetación se pueden definir; géneros botánicos, su distribución, grado de mezcla, realizar cualquiera otra clasificación de acuerdo a criterios previamente establecidos.

Un paso siguiente es la aplicación correlativa, para definir elementos no visibles en la fotografía, pero deducible a través de fotoimágenes visibles, con ayuda de información de campo y de la correlación entre los diferentes factores del medio, aplicando principios de convergencia y evidencia ejemplo: Una especie vegetal como el cedro rojo, no puede diferenciarse de las demás que viven en el mismo medio; sin embargo, su presencia está ligada con ciertas características físicas y geomorfológicas del suelo y humedad, por lo que habrá que recurrir a la interpretación de esos factores en las fotografías, a fin de localizar tales especies.

2.2. Etapa de campo: La fotointerpretación requiere de la corelación de las características de los objetos y sus fotoimágenes por lo cual existe la necesidad de efectuar reconocimientos de campo, los que se dividen en preliminares, y verificación de la fotointerpretación.

Reconocimientos preliminares, hay que realizarlos antes de la etapa de fotointerpretación con el objeto de que el fotointérprete se familiarice con la zona. Se hacen una serie de observaciones cualitativa y cuantitativa como aspectos de la vegetación, grado de mezcla, observaciones, roca-suelo-planta. Generalmente son recorridos rápidos de campo o en avión.

Un paso importante en la etapa de campo es el proceso de Muestreo. Se realiza previamente en la fotografía, con ayuda de cartas. Si ello es posible y acompañado de su instructivo correspondiente.

En el caso de estudios de vegetación se puede hacer un muestreo ecológico y de suelo. Su intensidad está de acuerdo con los fines perseguidos y características que guarde la zona de estudios. Las muestras deben ser analizadas con un especialista, en Botánica para el caso de muestra ecológica y en un laboratorio si son suelos.

Verificación final de campo. Consiste en salir al campo una o varias veces según las necesidades y experiencia del fotointérprete. Esta fase se realiza una vez que se ha terminado la interpretación final. Debe estar dirigida a áreas críticas que presenten problemas o dudas en cuanto a su clasificación y si el tiempo y el costo lo permiten, deberá hacerse un recorrido por toda el área.

La importancia de un chequeo selectivo de campo se debe a que la fotointerpretación estará o no de acuerdo con el mismo, lo que evitará la información errada, anula algunos detalles a los que se les pudo haber dado más importancia de la que verdaderamente tienen, mientras que se valorizan otros anteriormente desdeñados. Aunque la experiencia es obviamente importante, la correlación de una buena verificación de campo en la fotointerpretación es paso obligado de todo trabajo fotointerpretativo.

Etapa Final de la Fotointerpretación.- Interpretación Final; unavez que el área en cuestión ha sido estudiada y cada uno de los elementos de la secuencia de la fotointerpretación analizados, después que cada uno de los elementos han sido comparados unos con otros, se llega a una conclusión final, la que se logra por el camino de la descripción y especificación.

Una vez que todos estos pasos han sido, se selecciona la mejor conclusión posible y se puede ver la significancia de cada uno de los elementos. Todos ellos pueden ser, lógicamente académicos,

llegarse a una serie de conclusiones. Si todos los elementos o sólo uno de ellos indica una característica que esté en oposición con las conclusiones establecidas, el intérprete tiene que recurrir a su experiencia, a su intuición y conocimientos y si existen más contradicciones, el intérprete debe recurrir a un nuevo chequeo de campo. Sólo con estos pasos dados positivamente se puede llegar a conclusiones basadas en la convergencia de evidencias.

Un paso final al que se puede recurrir, es coordinar el estudio con el de otras ciencias, es decir verificar una interpretación general que puede convertirse, en una interpretación de especialistas, así las conclusiones pueden ser más acertadas.

Demostración de la interpretación: Es el último paso y se da analizando cada una de las pequeñas partes del área del modo siguiente:

1. Tonos.- Se procede partiendo de los claros a los oscuros, que pueden ser efecto de la variedad de diversos factores. El intérprete debe relacionar los factores constituídos por los tonos grises, con los colores naturales. En vegetación por ejemplo, debe considerar los tonos grises oscuros asociados con los límites de cultivos, a la vez, relacionarlos con áreas estudiadas anteriormente.
2. Formas de Relieve.- Debe asociarlas con los tonos y distinguir los niveles donde haya diferente actividad reciente, así como otras áreas que den diferentes tonos. Con el conocimiento de las formas geológicas, le es posible predecir su composición (arenas, gravas, etc.) y se obtiene el caracter litológico de los materiales; a su vez puede registrar fenómenos ocurridos recientemente.
3. Cambios y anomalías en la Topografía.- Es importante registrar lo que se ve a través de la topografía. Se hace primero el establecimiento de la naturaleza del terreno, y se continúa después con el análisis del relieve como: ver la disposición de las aguas superficiales, formación de aluviones, etc., analizar el proceso de sedimentación de los cultivos.

4. Localizar elementos de acción humana como: poblados, carreteras, presas, canales, etc., y ver la ingerencia que tiene en la configuración total.
5. Elaboración de un plano final; terminada la interpretación y demostración final, es necesario su representación en un plano, se inicia con:

Plano Base. Tiene como objeto servir de apoyo para hacer el vaciado de la fotointerpretación. Los más comunes se construyen a partir de mosaicos controlados, mosaicos ortofotográficos, sistemas de triangulación radial o bien con mapas topográficos.

Para hacer el vaciado se usan aparatos especiales entre los que figuran: el Sketchmaster, Zeiss Aerotopograph, Tectoplanigrafo Fairchild, Multiscopio H Spurr, etc.

5. CLAVES DE FOTOINTERPRETACION

La complejidad de las fotoimágenes requiere de una ayuda que es la que otorgan las claves fotointerpretativas presentando una serie de imágenes fotográficas anotadas y descritas en sus características que permitirán leer numerosos tipos de fotoimágenes y definir o deducir información de ellas.

"Una clave de fotointerpretación es un auxiliar descriptivo gráfico o escrito, mediante el cual se diferencian, califican y cuantifican una o varias características de los recursos representados en el modelo estereoscópico mediante los criterios fotográficos, en correlación con su significación en el terreno".

Normalmente se conjugan en las claves de fotointerpretación elementos: cuantitativos (escala paralelaje) y cualitativos (tono-color-acomodo-formas-sombra-textura).

Las claves tienen una aplicación estrictamente regional. Pueden modificarse a criterio, lo importante al elegir una clave es que se satisfagan los requerimientos fijados por los objetivos, como la integración de los datos producidos al tipo de análisis y aplicación que se les dará.

Las claves fotointerpretativas pueden catalogarse en dos niveles:

- 1a. Claves de nivel técnico: aquéllas que se hacen para personal profesional o experimentado.
- 2a. Claves de nivel no técnico: preparadas para personal que no reúne las condiciones anteriores.

En general se pueden adoptar claves que reúnan ambas condiciones.

Las claves también pueden dividirse en los siguientes tipos:

1. Clave directa: Fotoimágenes en las que son fácilmente reconocibles el o los objetivos representados: poblados, campos de cultivo, estratos forestales.
2. Clave de Asociación: Colección de claves parciales de las que por deducción se puede lograr información de factores asociados tales como: clima-suelo.
3. Clave individual: La que muestra varios aspectos relacionados con un mismo sujeto científico o industrial.
4. Clave regional: Es aquella que muestra todas las formas incluidas en una región geográfica o de otro tipo.
5. Clave Análoga: Preparada en regiones específicas con miras a utilizarlas en áreas poco accesibles pero similares.

Puede ocurrir que una misma clave puede ser clasificada en las cinco categorías. Así una especie vegetal, por su nombre es una clave directa (abeto) pero como se asocia a un determinado tipo de clima, es clave de asociación, y al ser reconocido como una parte de un todo forestal, es clave individual, como también al relacionarse con su aprovechamiento industrial, y como clave análoga cuando se refieren sus características generales a regiones semejantes pero de poca accesibilidad.

FUNDAMENTOS Y APLICACIONES DE LA FOTOINTERPRETACION AEREA.

Según la American Society of Photogrammetry, la aplicación de la fotointerpretación con fines de estudio en las diferentes ciencias, tiene como ventaja principal lo siguiente:

1. Muestra imágenes del terreno que son fiel reproducción de los objetos que existen en la superficie.
2. Colocadas dos fotografías sucesivas a través del estereoscopio se pueden apreciar tridimensionalmente los objetos, percibiéndose su forma volumétrica, que en simples fotografías puede aparecer plana.
3. Muestra áreas suficientemente grandes, con lo cual se obtiene un panorama más amplio.
4. La exageración de la distancia vertical, que se aprecia mediante la observación de pares estereoscópicos, constituye una ayuda para el intérprete, ya que enfatiza sobre todo los objetos pequeños.
5. La permanencia y fidelidad de la imagen fotográfica permite al intérprete hacer mediciones, así como un estudio completo, cuidadoso y detenido del área.
6. Fotografías del mismo lugar, tomadas en diferentes épocas permiten hacer un estudio comparativo de los cambios que pueden sucederse en el área.
7. Un aspecto fundamental de la fotointerpretación es el hecho de que se pueden observar las características más importantes del terreno que estén íntimamente relacionadas con el propósito específico del estudio.

La fotointerpretación tiene hoy día aplicación en las diversas disciplinas, empleándose en casi todos los campos relacionados con las ciencias que se ocupan del análisis de la superficie terrestre como:

Agronomía, Arqueología, Biología, Catastral, Cartografía, Control de: erosión, plagas, incendios, Control de tráfico, Ecología, Geología, Geografía, Hidrología, Hidro-eléctrica, Industrias, Ingeniería, Irrigación, Mineralogía, Oceanografía, Suelos, Urbanización, Vegetación, Vida silvestre, Técnica militares.

LAS IMAGENES MULTIESPECTRALES COMO UNA NUEVA TECNICA DE INTERPRETACION

La ciencia y aplicación de los reconocimientos aéreos ha avanzado extraordinariamente en los últimos años. La aparición de las imágenes multiespectrales ha llegado a tener suficiente calidad como para permitir una interpretación detallada. De tal manera, que en la actualidad, un fotointérprete puede hacer mucho más de lo que su nombre implica, pues se transforma en analista de imágenes de vuelos espaciales, desde las meramente fotográficas a la infrarrojo termal y de radar, mediante los medios que le proporciona la llamada "percepción remota". Tales imágenes son obtenidas de diversos sectores del espectro electromagnético.

Un especialista en imágenes debe familiarizarse con ciertas características, términos y conceptos que genera esta técnica, que se distingue algo de la de los convencionales sensores remotos, como es la fotografía aérea en blanco y negro.

No es el fin de este trabajo presentar un estudio acabado a este respecto, sino sólo mencionar aspectos de tipo general, con el fin de destacar al avance de la técnica de interpretación y sus logros alcanzados.

Consideraciones básicas.

El término percepción remota se refiere a la información procedente de un objeto que se encuentra a distancia, detectando energía radiante, que se refleja o emite desde el citado objeto. Se puede decir también que es un medio de información sobre objetos o fenómenos mediante el uso de instrumentos perceptores situados en po-

siciones remotas. Así se adquiere la habilidad para percibir energía radiante de muchos diferentes sectores, del espectro electromagnético.

La energía electromagnética es generada por ondas cuyo tamaño son microscópicamente pequeños en un extremo y muy largos en el otro. Son de consistencia continuada y ordenadas de acuerdo a la longitud de onda.

La energía electromagnética desde el sol se propaga en ondas electromagnéticas moviéndose aproximadamente a la velocidad de 186,000 millas por segundo, en un modelo de onda armónico; puede variar de acuerdo a la onda larga o frecuencia y llegar a constituir un espectro de energía, llamado espectro electromagnético.

El espectro visible utiliza solamente un pequeño fragmento del total de la energía disponible, desde cerca del 0.4 al 0.7 micrones. Las radiaciones infrarrojas tienen un rango de 0.7 a 1 000 micrones y las microondas encuadran ondas largas de un centímetro a tres metros de largo.

La determinación de la porción del espectro electromagnético es de gran interés para el analista de imágenes. En él encontramos porciones con una variada nomenclatura de términos, como: Rayos Gamma, Rayos X, Ultravioleta visibles, Cercano infrarrojo térmico y micro-ondas.

Los instrumentos que captan o perciben imágenes del espectro electromagnético reciben el nombre de sensores. Comienzan con una sencilla cámara fotográfica hasta las más complejas para la zona del infrarrojo térmico y radiaciones de micro-ondas. Cada tipo de sensor recibe solamente la energía de una banda de específica frecuencia y longitud de onda y onda larga.

Entre los sensores, se cuentan: El "Radar", sin detectar la luz visible y transmite micro-ondas que son invisibles al infrarrojo utilizando para ello una pequeña y diferente región del espectro electromagnético. Barredor optico-mecánico que realiza un trabajo de rastreo.

Existen también una serie de medios por los cuales se obtienen datos a través de mediciones o registros, como: radiación electromagnética por cámaras y aparatos de detección infrarrojo, ultravioleta, etc; medición de energía acústica por sismógrafos, sonares y micrófonos; mediciones de campos de fuerza por gravímetros y magnetómetros; medición de radiación nuclear.

Además de los medios ya mencionados están las imágenes enviadas desde el espacio por vehículos en órbita de la tierra o de otro planeta, que abren un nuevo horizonte en el campo de la percepción remota.

Los adelantos que ha logrado la técnica de la percepción remota en los últimos años en el campo de las imágenes multiespectrales, ha puesto de manifiesto el impresionante desarrollo de la ciencia y la tecnología del espacio. Constituyendo una de las mayores promesas que reserva el porvenir, son ya una realidad perfectamente aprovechables para el mayor conocimiento y la óptima utilización de los recursos naturales. Por este motivo existen organismos destinados a acelerar el desarrollo de estos modernos métodos, tales como: La Administración de Aeronáutica del Espacio (N A S A), que en E.E.U.U. ha promovido el trabajo sistematizado de la percepción remota: Centro de Investigaciones del Gobierno de E.E.U.U., Universidades, etc. En México, se ha creado la Comisión del Espacio Exterior, con el fin de introducir la técnica de percepción remota y aplicarla al estudio de los recursos naturales, además de preparar personal capacitado en esta técnica. Con orga-

nismos similares cuentan algunos países de América, como Brasil, Argentina, Canadá y otros. El relevante interés de la aplicación de esta nueva técnica ha permitido que se realicen Conferencias, Simposios y Congresos a nivel Latino Americano y a nivel mundial, con interesantes publicaciones.

El significado de su aplicación y los campos que ya la emplean son variados, desde la hidrología, (en este aspecto es interesante el Estudio que está realizando en México, el Plan Nacional Hidráulico, con utilización de imágenes del satélite ERTS-1) hasta la Geología para fines de estudios mineros, la Oceanografía, la Geografía, estudios de vegetación, tanto en bosques como con fines agrícolas, estudios de suelos y de contaminación atmosférica, etc.

La importancia y las ventajas del uso de las nuevas técnicas frente al de la fotografía convencional son marcadas, pues cubren un área más amplia, y así se emplea sólo una imagen en vez de las muchas fotografías requeridas para esa misma área: se puede hacer fácil asociación con lo que rodea el área; se obtiene información respectiva, debido a que, como es en el caso del satélite ERTS-1 pasa por el lugar muchas veces, pudiéndose así tener imágenes tanto en días nublados como despejados. El que las imágenes se tomen en multibanda permite, además elegir la mejor para un estudio específico o en las bandas diferentes para hacer comparaciones entre ellas.

Sin embargo, a pesar de los adelantos logrados y de las ventajas que proporciona, en estos momentos su empleo es muy limitado en la mayoría de los países, especialmente por lo que se refiere a América Latina, esto se debe a que su costo es mayor que el de la fotografía convencional, por lo que, ésta sigue siendo el instrumento más utilizado en todos los estudios, dentro de la técnica de la percepción remota.

EL EMPLEO DE LAS IMÁGENES MULTIESPECTRALES EN ESTUDIOS DE VEGETACION

Las aplicaciones de esta nueva técnica en vegetación son, prácticamente recientes, y sus empleos abarcan; estudios de agricultura con el fin de delimitación de tierras agrícolas para siembras específicas; inventario de siembras; conocimiento de la producción total de área agrícola, con aplicación de métodos estadísticos y de computación; conocimiento de factores que reducen las siembras, como enfermedades, plagas de insectos, incendios, determinación de un uso adecuado de la tierra, mejoramiento de cultivos y planeación del mejor uso del suelo agrícola. Importantes estudios a este respecto se han hecho en la Universidad de California, empleando imágenes de multibanda y comparando imágenes tomadas en diferentes estaciones.

Aplicación importante se está realizando en la administración de pastizales y de vida silvestre, con el fin de delimitar zonas de pastizal, áreas de arbustos perennes y de plantaciones anuales, de acuerdo con el suelo, la geomorfología, la hidrología, y como indicador para otros recursos también se usan en la determinación del grado de erosión de la densidad y utilización de los pastizales, de las posibilidades del recurso agua, del control de cambios del uso del suelo, en el pastoreo y en la confección de mapas de suelos para pastizales.

Uno de los mayores empleos que hoy día se está haciendo es en Silvicultura. Como ejemplo de estudios dedicados a este tipo se citan los realizados por el laboratorio de Sensores Remotos en Forestación, de la Universidad de California, por la Escuela

de Conservación y Forestación de la misma Universidad, por el Servicio de Forestación de Canadá, organismos todos que realizan estudios con estos métodos, mediante imágenes infrarrojo-térmico para su uso en Forestación. En México el Inventario Nacional Forestal (I.N.F.) está iniciando estudios para el empleo de estudio de bosques.

Los fines con los cuales se emplean en silvicultura son: confección de mapas de cubiertas arbóreas, delimitación de áreas homogéneas de bosques, inventario forestal, estudio de bosques tropicales. Su mayor eficiencia se logra en estudios de bosques perturbados.

Los mayores estudios en silvicultura se hacen aplicando imágenes de infrarrojo-térmico ideal para la detección de incendios de bosques, por el gran contraste en la superficie de la temperatura, pudiendo registrar datos de trabajo de la superficie y de sobre la superficie, así como sobre el régimen de humedad del suelo, de evapotranspiración, etc., información que no se obtiene mediante otros sensores remotos. Es de gran utilidad en estudios de vegetación perturbada, pues fácilmente detecta la temperatura de árboles enfermos, manifestaciones de insectos y otros daños.

No menos importante es el uso del radar para mostrar divisorias de agua en el campo, diferencia de áreas de vegetación como; la localización de coníferas respecto a áreas circundantes.

La limitación mayor para su interpolación que presenta una imagen de radar es, que los tonos obtenidos por la característica del terreno están influidos por la topografía que determina su resolución; de ahí la necesidad de estar familiarizado con su uso. Sin embargo es un sistema de sensor ideal para estudios de bosques tropicales.

SEGUNDA PARTE

APLICACION DE FOTOGRAFIAS AEREAS AL ESTUDIO
DE LA VEGETACION EN EL AREA DE PARRES A TRES CUMBRES.

O B J E T I V O S

El empleo de fotografías aéreas para estudios de vegetación en una área determinada permite el ahorro de tiempo, reducción de costos y la ventaja de obtener una correlación de campo.

Con el fin de comprobar la utilidad que realmente precisa el empleo de esta técnica, se ha realizado el intento poner en práctica una metodología en una área determinada, para evaluar sus ventajas y sus limitaciones.

En el presente trabajo se pretende poner en práctica los pasos teóricos requeridos para un trabajo de fotointerpretación, tanto en su etapa de gabinete como en su etapa de campo y determinar el grado de precisión a que se puede llegar con el uso de las fotografías aéreas.

Para aplicar esta metodología se seleccionó un área al sur de la Cuenca de México, localizada entre Parres y Tres Cumbres, con la que se pretende demostrar, que con el empleo de fotografías aéreas, se pueden determinar las grandes zonas de vegetación, las especies predominantes, así como destacar sus características cualitativas y cuantitativas.

Se trata de, mediante el proceso de correlación, poder definir elementos no visibles en las fotografías aéreas, pero deducibles a través de la fotoimagen, como: clima, suelos, guía, para ver la influencia que ellos ejercen sobre la vegetación.

La etapa de trabajo de campo sirvió para aplicar principios de convergencia de evidencias, y correlacionar el medio con las fo-

tos. Asimismo se logró la aclaración de dudas o errores presentados en la interpretación de las fotografías aéreas.

El desconocimiento de especies ecológicas requiere de una muestra y el análisis de ellas por un especialista. Es necesario acudir a éste con el fin de realizar un estudio de fotointerpretación más fidedigno.

El presente trabajo constituye un intento para demostrar que, con la aplicación del método antes expuesto, pueden vaciarse los datos obtenidos a un medio cartográfico, utilizándose las fotografías aéreas para la elaboración de un fotomapa, con la ayuda de la carta topográfica.

Se pretende además determinar el grado de exactitud, las bondades del método y destacar la utilidad que presta el uso de fotografías aéreas para estudios específicos de vegetación, como asimismo llegar posteriormente a las conclusiones oportunas.

MATERIALES Y METODOS

MATERIALES.

Fotografías aéreas en blanco y negro que cubrieron toda el área de estudio, (total 80) tomadas por CETENAL, a escala 1:25,000 en el mes de noviembre, año 1970.

Carta topográfica, elaborada por CETENAL, hoja Milpa Alta. Escala 1:50,000, año 1973.

Carta de climas, elaborada por CETENAL, e Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México, escala 1:500,000, año 1970.

Estereoscopio de lentes Zeiss.

Rapidographs Nos. 00,02,04,06 y 08.

Lápices Prismacolor

Planímetro

Papel albanene y papel película

Instructivo para muestreo de suelos "Guía para la descripción de muestreo de suelos en áreas forestales", confeccionado por R. Hernández y J. Sánchez. Boletín divulgativo No. 32 Julio 1973. Publicado por la Secretaría de Agricultura y Ganadería.

Instructivo para muestreo ecológico; en este caso se utilizó el "instructivo para la característica ecológica de los sitios de muestreo del estudio ecológico forestal del Eje Neovolcánico". Elaborado por F. Takaki, X. Madrugal, y J. Sánchez. Publicado por Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. S.A.G.

METODOLOGIA

La aplicación del método que se expone se realizó en dos etapas:

1. Etapa de gabinete. - Se realizó de acuerdo a los siguientes pasos:

a) Recopilación del material pertinente: fotografías aéreas, cartas, bibliografía correspondiente al área de estudio y áreas similares o conexas.

b) Preparación del material fotográfico: Esto consistió en; preparación de un fotoíndice de las líneas de vuelo, localización de puntos principales en las fotografías y puntos auxiliares, con el fin de ligar las fotografías y ayudar a la delimitación del área útil de fotointerpretación.

c) Interpretación inicial: esta fase consistió en localizar las fotografías aéreas la vegetación, separando zonas de vegetación cultivada de área de bosques y las de pastizales. Como segundo paso se separaron en las áreas de bosques las de mayor densidad de las menos densas, lo que se hizo tomando en cuenta los tonos grises y la textura de las fotografías, por último se separaron aquellas áreas que indican uniformidad de las especies de árboles de aquellas que muestran más de una especie, según el moteado de la textura.

d) Interpretación final: fase que se realizó después de la etapa de campo, por la necesidad de muestreo, verificación y correlación. Con esta fase concluye el trabajo, llegando a destacar las características cualitativas y cuantitativas de la vegetación. Se hicieron las correcciones necesarias de contactos que la etapa inicial resultaron incorrectas.

2. Etapa de campo. - En ella se realizaron las siguientes fa-

ses:

a) Visita de inspección general al área: con el fin de tener un conocimiento de su morfología y aspectos generales de la vegetación.

b) Realización de muestreo de vegetación: para ello se siguió el instructivo antes mencionado, adaptado para el estudio por no ser éste tan específico, sino sólo un estudio general de vegetación. Con este fin se realizaron 12 visitas al área de un día cada una. Los sitios de muestreo fueron señalados en las fotografías y carta topográfica. Se señalaron áreas de 30 x 30 m, en zonas de bosques de pino en el volcán "Tulmiac, La Comalera, al oeste de Parras y oeste de Tres Cumbres, zonas que en la foto presentaron características especiales como el volcán Chichinautzin; zona de bosque mixto al oeste de Huitzilac y sur de Tres Cumbres; zonas de pastizales; de vegetación cultivada. También se tomaron muestras de la vegetación en la inmediaciones de la carretera. Al mismo tiempo se tomaron fotografías de la vegetación en los sitios de muestreo y se hicieron anotaciones en fichas con los datos requeridos para un muestreo como: altura, pendiente, suelos, hidrografía, aspectos del clima, microrrelieve, rocas, posición topográfica y otras observaciones generales; igualmente se anotaron altura de los árboles y anchura. Las muestras recolectadas fueron analizadas por el Biól. Xavier Madrigal S.

c) Muestreos de suelos: también fué preparado previamente, señalándose los sitios de muestreo en las fotografías y carta topográfica. Los pozos se hicieron de 20 x 20 cm con profundidades de 60 cm. El primer perfil se realizó en el cerro La Comalera, el segundo en zona de cultivos circundante a Parras (un km al este), y el tercero se localizó a 5 km al sur de Coajomulco, en zona de bosque mixto. Al igual que el muestreo de vegetación se hicieron fi--

chas con las anotaciones requeridas en el instructivo usado. Las muestras recolectadas fueron analizadas en el laboratorio de Edafología del Instituto de Geología de la U.N.A.M.

En esta etapa de campo se logró un mayor conocimiento del área y de su vegetación, aclarándose dudas y corrigiéndose errores originados en la etapa de gabinete.

3. Traslado cartográfico de los datos. Se confeccionó primero un fotomapa con las fotografías, el cual fue corregido después de la etapa de cambio. Posteriormente fueron trasladados los datos a un mapa base confeccionado con las fotografías aéreas y carta topográfica.

DELIMITACION DEL AREA

El área en estudio comprende desde Parras hasta Tres Cumbres. Desde el límite del Estado de México por el Oeste hasta los 99° 0' por el este. La parte norte queda comprendida en el territorio del Distrito Federal, Delegación de Tlalpan. La parte sur corresponde al Estado de Morelos, integrado parte al Municipio de Huitzilac y Municipio de Tepoztlán.

LOCALIZACION DEL AREA. Toda el área queda comprendida entre:

Los 99° y 99°19' 30" de longitud oeste.

Los 19° y 19°10' de latitud norte.

Se localiza al sur de la Cuenca del Valle de México, formando parte de la Sierra del Chichinautzin, a ambos lados de la carretera federal y autopista México-Cuernavaca.

GEOLOGIA

El área en estudio forma parte de la Sierra del Chichinautzin, entre Ciudad de México y Cuernavaca.

Estratigrafía.

Las rocas que afloran más antiguas entre México y Cuernavaca son rocas volcánicas del cuaternario. Aparecen varios cerros de topografía quebrada y erosionados en una serie de capas, poco inclinadas, constituidas por depósitos clásticos, de rocas andesíticas, de grano que varía de grueso a fino, perteneciente a la serie

Tepoztlán, que por su cercanía a este pueblo, se le ha dado su mismo nombre. En aquellas partes donde las lavas basálticas no las han sepultado siguen aflorando.

Las capas que constituyen esta formación Tepoztlán varían en espesor desde medianas hasta gruesas, habiéndose de varios metros de espesor. Sus componentes son fragmentos detríticos, compuestos de arcilla fina, hasta fragmentos de decenas de centímetros de diámetro, de composición casi exclusivamente andesíticas.

Serie volcánica Xochitepec.

Entre México y Cuernavaca, al Norte de Parres y alrededor de la autopista, existen dos cortes profundos en que se exponen las tranquiandesitas de la serie Xochitepec, nombre tomado del cerro de igual denominación, formadas por una sucesión de rocas volcánicas de diversa índole.

Las rocas de la parte sur del valle de México corresponden también a esta serie, éstas se encuentran por debajo de la formación Tarango, del plioceno superior y de la serie andesítica del Ajusco (formación más reciente que la de Xochitepec). El espesor de esta serie es desconocido y posiblemente en su aspecto máximo exceda de los 1 000 metros en algunos lugares. Esta serie corresponde al oligoceno superior y mioceno.

Serie Zempoala.

Al oeste de Tres Cumbres se encuentra material correspondientes a la serie andesítica Zempoala, que culmina en el Cerro Zempoala, más o menos a 10 km de Tres Cumbres. Esta serie está formada por una serie de rocas andesíticas. Presenta una estratificación de tobas y lavas andesíticas con intercalaciones de "lahares", depósitos aluviales especialmente en la parte cercana a las Lagunas de Zempoala. Esta serie es típica de una acumulación de mate-

riales volcánicos en una zona de volcanismo activo.

Serie Basáltica Chichinautzin.

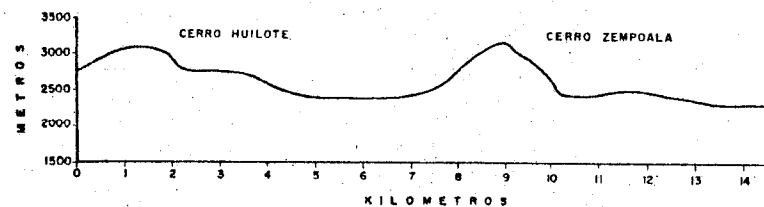
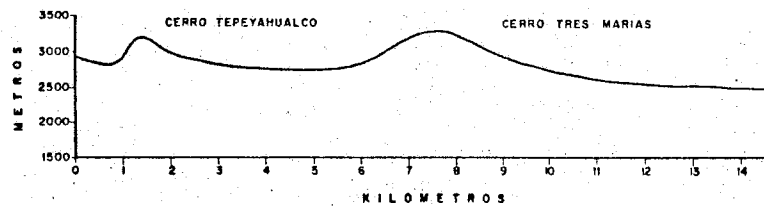
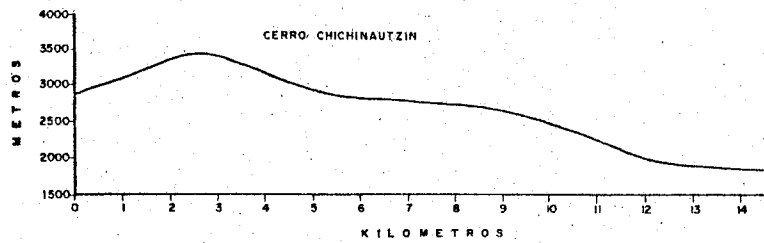
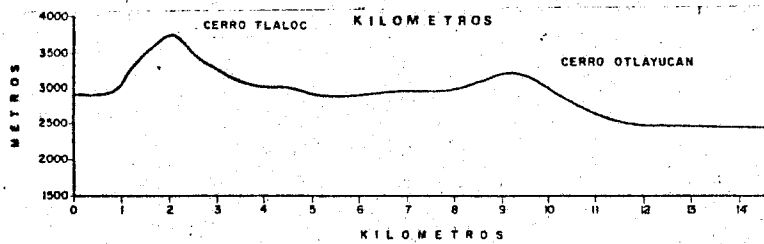
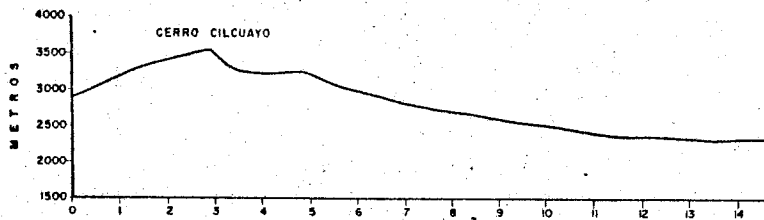
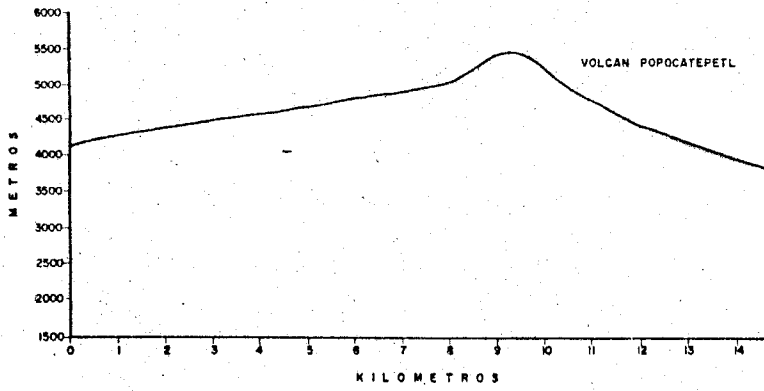
Esta serie, según Federico Mooser (1961), "se desarrolló en el cuaternario superior mediante un sinnúmero de focos, con fenómenos extraordinarios de efusiones lávicas potentes, la multitud de conos escoriáceos que coronan la Sierra del Chichinautzin, en unión de sus lavas, constituyen la serie basáltica Chichinautzin."

Esta barrera volcánica cerró el drenaje de la Cuenca del Valle de México hacia el sur de ella, influyendo en la hidrología de la zona de estudio. Tomó su nombre del Cerro Chichinautzin, uno de los conos basálticos de la gran serie. La formación de esta Sierra tuvo lugar en muy corto tiempo lo que explica la gran permeabilidad y porosidad, elementos que causan su alto poder de infiltración. Su espesor local es aproximadamente de unos 3,000 metros.

Estudios recientes hechos por el Dr. Jorge A. Vivó y Ester Cabral, han distinguido dos alineamientos muy representativos. El primero desde el volcán Popocatépetl hasta el Cerro Zempoala, según se infiere la presencia de una gran fractura que también ha permitido la formación de conos volcánicos como, Otlayuca, Tres Marías, por la mayoría de los cuales afloró material basáltico.

El segundo alineamiento se observa más al norte, presentando una serie de conos volcánicos en forma más numerosa que el anterior, constituido por los Cerros Cilcuayo, Tlaloc, Chichinautzin y Huilote. Todos ellos dieron lugar a un gran afloramiento de lava y clásticos basálticos, destacando los mantos de lava que se observan en el Cerro Chichinautzin como muestra de una actividad reciente.

DEPRESION CHICHINAUTZIN-TLALOC



ESCALA HORIZONTAL 1:75000
 ESCALA VERTICAL 1:50.000
 FTE. E. CABRAL

HIDROLOGIA

El área de estudio se extiende al sur del límite hidrográfico de la Cuenca del Valle de México, que cerro su drenaje hacia esta área justamente por la formación de la Sierra del Chichinautzin. La red de desagüe es incipiente, grupos de arroyos emergen de los conos sineríticos y montículos lavicos, que fácilmente llegan a secarse, debido a las fuertes pendientes y a la falta de consolidación del cauce.

Sólo se puede hablar de un curso de agua permanente, el río San Lucas, nace en las faldas del río Chichinautzin y está limitado al oriente por la Cuenca del arroyo San Gregorio y al poniente por el arroyo Santiago y río Buenaventura. Se inicia en dirección norte hacia el poblado de topilejo, desde donde sigue en dirección noroeste hasta desaguar en el lago Xochimilco. Su escurrimiento superficial es escaso aún cuenta con algunos manantiales como los de Tulumec, Molcajete, Texcayuca y Cuahnejuaque en la parte alta.

La sierra del Chichinautzin constituida por rocas de origen volcánico, sumamente fracturadas, fragmentadas y de estructura esponjosa hace que toda esta zona sea muy permeable, por lo que no se ha desarrollado un verdadero sistema de drenaje superficial en esta zona, y las corrientes que podrían generarse debido a las fuertes precipitaciones que caen en la zona, solamente producen arroyos de escasa importancia por su caudal y dimensiones.

Muchos de estos arroyos se pierden en tramos, por los cuales circulan bajo la superficie del suelo o se resumen totalmente por infiltración, dando como resultado corrientes efímeras que sólo

transportan agua después de fuertes aguaceros.

Todo lo anterior ha contribuido a que el aspecto exterior de esta Sierra sea de gran uniformidad y casi no existen barrancas ni cañadas profundas y prolongadas, encontrándose muchos casos en que una barranca se inicia en la parte alta y desaparece a niveles bajos.

En otras partes existen oquedades cerradas que ofrecen el aspecto de pequeños valles de erosión, como vastas depresiones en forma de embudo, en las cuales la lluvia se infiltra totalmente.

En cambio, por la falta de corrientes superficiales, de importancia, la actividad del agua subterránea en esta área es muy intensa y al pie de la sierra se encuentran los afloramientos de los manantiales más caudalosos del valle, propiciados por las fuertes precipitaciones y gran permeabilidad de la formación geológica.

La parte Sur de esta zona forma parte de la Cuenca del río Amacuzac, con cursos de agua que se desplazan hacia el Sur. Así tenemos la Barranca de San Anton y Cuajomulco que forman parte del río Aplatlaco y Jojutla, que es un afluente del río Yautepec. También forman parte de esta área las aguas del río Tepoztlán que al igual que el anterior entrega sus aguas al río Yautepec.

Se puede decir, en general, que la mayor parte de los cursos de agua que corren en el área son de régimen intermitentes.

S U E L O S

No existe un estudio acucioso sobre los suelos de esta área, por lo que fue necesario realizar un muestreo con algunos perfiles, que, junto con otros ya realizados, mostraron las siguientes características.

Los suelos en seco presentan un color Café Oscuro en la parte superficial, más claros en las profundidades y en húmedo un color Negro. Esto está en relación con el alto contenido de materia orgánica que presentan.

La densidad aparente es baja, oscila de .85 a .94, densidad que está en relación con la geología volcánica del área.

La textura es ligera, migajón arenoso, con predominio de arena, por lo que se puede decir que ha tenido gran importancia la arena volcánica en su formación.

La materia orgánica presenta porcentajes que oscilan de 13.19% a 3.50%, en la parte superficial y en la parte más profunda de los pozos respectivamente. Esto está relacionado con la naturaleza ecológica de la zona, el clima, que es templado subhúmedo, la vegetación con predominio de bosque, el suelo y microorganismos que son los factores principales que favorecen la acumulación de materia orgánica, lo que determina que ésta sea relativamente alta.

En cuanto a pH, estos suelos presentan la característica de ser ligeramente ácidos y neutros, de 6.65 a 7 respectivamente, en las relaciones de 1:25 y 1:5 en agua y con KCl en relación 1:25.

La capacidad de intercambio catiónico total, dada en miliequivalentes por 100 grs. de suelo, oscila de 32.2 en la parte más superficial, y de 14.2 en miliequivalentes (me) por 100 grs. de suelo, en la parte más profunda es decir de 40 a 60 cm. De acuerdo a esto la capacidad de intercambio catiónico total (CICT) es bajo y está relacionada con la materia orgánica y con el material formador de estos suelos.

Sin embargo, en dos perfiles aumenta dicha capacidad con la profundidad. Esto se debe a la leixiviación, pues estos valores están relacionados con la naturaleza de la arcilla de estos suelos, que generalmente es de tipo montmonilonito, por lo que se presenta una capacidad de intercambio catiónico total más alto.

El calcio intercambiable se presenta en general bajo y tienen una reacción fuerte de alofano.

POZO No. 1

Este perfil se localizó en las laderas del volcán La Comalera a 3.100 m. de altitud, con suelo formado con material coluvial de las partes altas del volcán. Su vegetación es boscosa, con predominio de asociación de Pino montezumae, encontrándose además una vegetación de gramíneas. Se observó perturbación por el hombre debida al sobre pastoreo.

Este muestreo se hizo de 20 en 20 cm., hasta una profundidad de 60 cm., tomándose tres muestras.

El color en seco es Café Grisáceo Oscuro 2.5 y 4.2, en la parte superficial y algo más claro en la parte más profunda. En húmedo el color es negro 2.5Y2/0.

La densidad aparente es baja: oscila de .85 a .94. Está en relación con el predominio de cenizas volcánicas.

La textura del pozo es migajón arenoso.

La materia orgánica se presenta en altos porcentajes llega a 11.45% en la parte más profunda. Naturaleza ecológica de esta zona favorece la acumulación de materia orgánica.

Otra de las características de estos suelos es que son ligeramente ácidos y neutros en las relaciones de 1:25 y 1:5 en agua y con KCl.

La CICT varía de 18.6, en la parte superficial, y de 14.2 en miliequivalentes por 100 grs. de suelo en la parte más profunda. Su capacidad de intercambio total es por lo tanto relativamente bajo. El intercambiable es bajo y el alofano es alto.

POZO No. 2.

Pozo localizado a los 3 000 m de altitud, al este de Parres, al norte del volcán Acopiaco. Su suelo se formó también de material coluvial. La vegetación primaria era de bosque de pinos Rudis. Actualmente la zona se presenta perturbada por la tala del hombre y sus suelos están dedicados al cultivo del maíz, cebada, chícharos, papas.

El perfil se obtuvo en un lugar dedicado al cultivo de cebada. Se muestreó de 20 x 20 cm. hasta la profundidad de 60 cm.

Estos suelos presentan color en seco Café Grisáceo Oscuro en la parte superficial y café olivo claro en la parte más profunda. En húmedo el color es Café Grisáceo Oscuro. Su color es algo más claro que los suelos del primer pozo. Esto se debe a que la materia orgánica disminuye algo por estar esta zona dedicada a cultivos y sufrir algo más de erosión hídrica que el anterior perfil.

La densidad aparente es baja, de .97 en la parte superficial y .82 en la parte más profunda.

La textura es migajón arenoso. El porcentaje de materia orgánica es relativamente alto 9.04% en la parte superficial y 3.50% en la parte más profunda.

El pH muestra también características de ser ligeramente ácido y neutro. La capacidad de intercambio catiónico total presenta diferencias con el primer pozo, 15.2 en la parte más superficial y 33.4 en la parte más profunda. Son suelos más sueltos, lo que permite que se produzca mayor mezcla de materiales; como el porcentaje de arcilla es bajo la capacidad de intercambio catiónico total es mayor y a su vez influye la cantidad relativamente alta de materia orgánica el calcio intercambiable es bajo. El contenido de alófono es alto.

POZO No. 3

Localizado en una zona dependiente de 8%, a 3 km al sur de Coajomulco a una altitud de 2 350 m. Su vegetación actual es de bosque con predominio de Pinus montezumae y Pseudostrobus encinos y pastizal zacatonal secundario.

Al igual que los otros pozos se muestreó de 20 en 20 cm Y en profundidades hasta de 60 cm. con 4 muestras el color de los suelos es seco es Café en la parte superficial 10YR4/3, y Café Gris Oscuro en la parte más profunda del pozo. En húmedo el color es Negro 10YR2/1 la textura es migajón arenoso. La materia orgánica es mayor en la parte superficial 13.19%, y menor en la parte más profunda 9.09%. De tal manera que la materia orgánica es relativamente alta, mayor que el pozo No. 2.

El pH es ligeramente ácido y neutro. La capacidad de intercambio catiónico es 38.2 en la parte superficial y 54.2 en milig

equivalentes por 100 grs en la parte más profunda del pozo.

Es el perfil que presenta más alta capacidad de intercambio catiónico total. El calcio intercambiable es bajo y el a lo fano alto.

CLASIFICACION DE LOS SUELOS.

De acuerdo a las características que presentan los pozos perforados y otros perfiles realizados en la zona, se puede decir que los suelos son derivados de cenizas volcánicas, de baja densidad, inferior a .85, en cualquiera de los sitios de muestreo y a diferentes profundidades.

La clasificación de los suelos de acuerdo con la FAO corresponde a suelos de Andosol Haplico, y de conformidad con la séptima aproximación al orden Inceptisol, Suborden Andept.

La palabra Ando deriva del japonés "an," oscuro y "do" suelo, pero no siempre los suelos Ando presentan esta coloración. En 1964 en la reunión sobre clasificación y correlación de los suelos derivados de cenizas volcánicas se les denominó Andosol.

Los Andosoles se localizan desde las regiones subalpinas, hasta los trópicos ecuatoriales húmedos. En América Latina se encuentran en toda el área circunpacífica, desde México hasta Chile. Los hay también en japon, Nueva Zelanda, Indonesia, Filipinas y en otros lugares.

En México los volcánes y depósitos de cenizas volcánicas, generalmente de origen basáltico, andesítico y riolítico se encuentran de norte a sur en la Sierra Madre Occidental, desde los Estados de Chihuahua hasta Chiapas. En la Meseta Central se encuentran formando macizos montañosos en Jalisco, Colima y Michoacán.

ANALISIS FISICO QUIMICO

DE LOS SUELOS.

1	PROFUNDIDAD	COLOR	D.A.	TEXTURA				pH			
				Arena %	Limo %	Arcilla %	Clase Textural	H2O 1:5	H2O 1:2.5	Kcl 1:2.5	
1	0-20	2.5Y4/2 Café grisáceo obscuro	2.5Y2/0 Negro	0.85	52	36	12	Migajón arenoso	7.00	6.80	6.83
	20-40	2.5Y4/2 "	2.5Y2/0 Negro	0.94	64	28	8	"	7.10	6.80	6.90
	40-60	2.5Y5/2 Café grisáceo	2.5Y3/0 Café grisáceo muy obscuro	0.79	66	32	2	"	7.14	7.08	6.98
2	0-5	2.5Y4/2 Café grisáceo muy obscuro	2.5Y3/0 Café grisáceo muy obscuro	0.97	60	28	12	"	6.91	6.96	6.90
	5-20	2.5Y4/2 "	2.5Y3/0 Café gris obscuro	0.83	56	34	10	"	7.05	6.80	6.97
	20-40	2.5Y3/2 Café gris obscuro	2.5Y3/0 Gris muy obs.	0.95	60	32	8	"	7.05	6.81	6.96
	40-60	2.5Y5/4 Café Olivo claro	2.5Y3/2 Café grisáceo	0.82	56	32	12	"	7.06	6.80	7.00
3	0-5	10YR4/3 Café	10YR 2/2 Café muy obs.	0.75	56	32	12	"	6.93	6.65	6.84
	5-20	10YR 3/2 Café gris muy obs.	10YR 2/1 Negro	0.79	66	26	8	"	7.00	6.75	6.86
	20-40	10YR4/3. Café	10YR3/2 Café gris muy obs.	0.85	58	30	12	"	7.02	6.80	6.87
	40-60	10YR3/2 Café gris obs.	10YR2/1 Negro	0.82	68	26	6	"	7.03	6.78	6.91

M.O.	C.E.	C.I.C.T.	CA	ALOFANO	OBSERVACIONES			
					UBICACION	ALTURA	PENDIENTE	VEGETACION
11.45	.14	18.6	14.41	xx	CERRO LA COMALENA	3,150 m	15%	BOSQUE DE PINO-GRAMINEAS
9.71	.28	16.0	23.42	xx				
5.74	.18	14.2	20.71	xx				
9.04	.29	15.2	17.11	xx	1 km Este de PARRIS	3,000 m	0-5%	CULTIVOS CEBADA
8.42	.29	18.4	18.91	xx				
11.02	.28	30	16.21	xx				
3.50	.28	33.4	9.00	xx				
13.19	.32	38.2	12.16	xx	2 km al SUR DE COAJOMULCO	2,350 m	8%	BOSQUE DE PINO-ENCINO
11.82	.28	44	16.21	xx				
8.42	.07	48.8	12.16	xx				
9.09	.09	54.0	20.75	xx				

Aplicación: D.A. = Densidad aparente, M.O. = Materia orgánica, C.E. = Conductibilidad eléctrica, C.I.C.T. = Capacidad intercambio Catiónica Total, y CA = Calcio Intercambiable.

C L I M A

De acuerdo a la clasificación de Koeppen y modificaciones de Enriqueta García, el clima que le corresponde al área es C(w₂) (w) b (i). El más húmedo de los templados subhúmedos, con lluvias en verano, cociente P/T mayor 55.0. Verano lluvioso e invierno seco. Las temperaturas más altas se registran antes del solsticio de verano, éstas ocurren en los meses de abril y mayo alcanzando 25°C; en cambio las mínimas ocurren en los meses de diciembre y enero llegando a -11.5°C (El Guarda). La temperatura media anual es 11°C.

La diferencia entre el mes más frío y el mes más cálido es inferior a 5°C corresponde a un clima isotermal.

La precipitación anual alcanza a 1 643.40 mm en Tres Cumbres centro de la zona en estudio, El Huitzilac es de 1 232 mm y El Guarda 1 210 mm. Los meses más lluviosos son julio y agosto con precipitaciones de hasta 400 mm, el mes menos lluvioso es diciembre de 4.7 mm.

De las 3 estaciones que se encuentran en el área, los datos experimentan muy poca variación, por lo que se puede decir que el clima se presenta homogéneo; característica que influye sobre la vegetación, permitiendo como clima templado la existencia de bosques propios de este clima (coníferas), y la práctica de cultivos como maíz, papas, cebada.

Los datos analizados corresponden a los años 1964 a 1973. Se tomaron temperaturas máximas, mínimas y medias y precipitaciones en las siguientes estaciones:

ESTACION	LOCALIZACION	TEMPERATURA			PRECIPITACION	CLIMA
		Max.	Min.	Med.		
EL GUARDA	Long. 99°12' Lat. 19°05'16"	25°C	-8°C	11.9°C	1 210 mm	C(w ₂)(w)b(i)
TRES CUMBRES	Long. 99°14'20" Lat. 19° 4'50"	25.5°C	3.5°C	11.3°C	1 643.4 mm	C(w ₂)(w)b(i)
HUITZILAC	Long. 99°16' Lat. 19°01'	25.1°C	0.5°C	11°C	1 232 mm	C(w ₂)(w)b(i)

ASPECTOS GENERALES DE LA VEGETACION

Se entiende por "vegetación", el tapiz vegetal de una área dada, formado por árboles, arbustos y especies herbáceas.

Al trasladarnos de un lugar a otro se puede observar como la vegetación sufre grandes variaciones en sus características fisionómicas y así constituye bosques, pastizales matorrales etc. en las especies que los componen, como resultado del medio ecológico y la distinta situación geográfica. Esta última es la que determina que unas especies hayan podido alcanzar el área en cuestión y otras no, en el curso de las migraciones ocurridas a lo largo de la historia geológica.

La distribución de la vegetación de un país o área determinada obedece a múltiples factores (aparte de sus propiedades biológicas) entre ellos puede destacarse: clima, relieve, suelo, hidrografía y factores inherentes a las mismas plantas.

Las distintas especies de plantas tienden a agruparse en diferentes combinaciones formando más o menos comunidades definitivas, cada una de las cuales se caracteriza por ciertas especies que pueden o no estar sentadas en otras comunidades.

Una comunidad vegetal es el complejo de plantas que ocupan una área determinada, independiente del carácter, complicación y estructura de asociación.

Una asociación vegetal se refiere a una cohabitación botánica individualizada por su composición florística. En una asociación vegetal se distinguen especies dominantes y otras subordinadas.

das. Las dominantes suelen ser tanto más numerosas, cuanto más favorable para la vegetación es el medio sobre todo el clima, por lo que en los climas tropicales suele ser difícil establecer el grado de dominancia por estar constituido por especies muy numerosas. En cambio en los climas templados la dominancia es fácil conocerla y en los climas fríos y secos ella se reduce hasta una sola especie.

Una comunidad vegetal se puede mantener invariable por tiempo indefinido a pesar de no ser la climax regional, pero también pueden desaparecer, reemplazándose por otras, a consecuencia de modificaciones del ambiente de carácter permanente o temporal. La expresión comunidad vegetal se puede aplicar a una asociación definida por su combinación característica de especies, lo mismo que a un tipo de vegetación poco diferenciado en cuanto a las especies que lo componen.

Las comunidades bien equilibradas son el resultado de una solución por largos períodos de tiempo, que presentan una estructura generalmente compleja, en virtud de la cual se aprovecha el alto grado y las posibilidades del medio. Suelen existir especies que se complementan en cuanto a sus exigencias, por lo que se refiere a estratificación aérea, subterránea, periodicidad diferente, distintas exigencias de minerales etc.

Según Miranda y Hernández X. (1963) para definir y clasificar la vegetación de un área hay que tomar en cuenta las condiciones climáticas. La clasificación usada por estos autores se hace en base a las características intrínsecas de la vegetación, pudiéndose encontrarse en distintos climas y a la inversa se pueden encontrar diversas formaciones vegetales bajo un mismo clima.

En el área de estudio los tipos de vegetación predominantes son: vegetación de bosque, bosque de Pino, bosque de pino-

encino, bosque de oyamel y comunidades secundarias derivadas de los tipos anteriores como el zacatonal etc.

"Los pinares los forman árboles en forma de agujas ubicados en las partes elevadas de las altas montañas. Se hayan difundidos en México en los cerros de las mesas y serranías. Se les puede encontrar en localidades algo cálidas, pero casi siempre habitan en zonas de clima templado frío". (19).

Los encinos si forman bosques solos, reciben el nombre de encinares, las especies que los forman varían mucho según las localidades y condiciones ecológicas. "En México alrededor de 250 especies. La altura del encinar, lo mismo su densidad está en relación con la humedad del clima. Los bosques más altos y densos se encuentran en las serranías del centro y sur de México". (20).

Los encinos y pinares constituyen las más extensas asociaciones vegetales de clima templado semifrío, semisecos o subhúmedos con época de seca más o menos pronunciada, se les puede encontrar también en lugares de clima cálido en relación con sabanas.

"Los oyameles o abetos son árboles altos, se desarrollan en climas fríos y algo húmedos, generalmente por encima de los 2 500 m de altitud y casi siempre en suelos profundos, están difundidos en las serranías elevadas de México. En el centro del país esta especie se conoce como Abies religiosa. Estos bosques suministran importantes productos industriales, como pulpa de papel y madera". (21).

El oyamel no siempre forma grandes masas sobre todo en sus límites altitudinales, donde se encuentran representados por su escaso número de individuos, otras veces sólo forman manchones o bosquecillos en medio de extensos bosques de Pino hartweggu ya en cerros aislados como ocurre en la Sierra del Chichinautzin o

en Macizos continuos, En estos sitios siempre se localizan en barrancas y cañadas protegidas por los vientos, donde la humedad, temperatura y naturaleza del suelo contrastan con los mismos factores considerados fuera de ellos donde seguramente son más variables". (22).

"Los zacatonales los forman gramíneas altas fasciculares (amacolladas) pertenecientes principalmente a los géneros Stipa, Muhlenbergia y Festuca. Se encuentran en las partes frías de las serranías de casi todo México". (23).

"INTERPRETACION DE LA VEGETACION"

hoy en día muchos campos de estudio en vegetación usan fotografías aéreas pero sólo un intérprete muy experimentado puede reconocer en ellas las diferentes especies vegetales que se presentan de tal manera que los resultados que aquí se encuentran han sido logrados con las fotografías mismas y así como mediante el muestreo de campo.

VEGETACION AGRICOLA

Estas áreas se localizan en aquellos terrenos que han sido talados por el hombre, despojándolos de su vegetación natural y generalmente están circundando los poblados.

La primera zona agrícola se localizó en los alrededores del poblado de Parres (D.F.), dedicada a cultivos anuales de temporal, como maíz, trigo, cebada, papas y chícharos, se extiende no más de 2 hectáreas cada uno de estos cultivos, sin embargo predomina el cultivo del maíz y papa. Esto se explica por las características climáticas, $C(w_2) (w)b(i)$, y por las condiciones del suelo, con textura migajón arenoso, ambas propicias para estos cultivos.

La extensión de esta área es alrededor de $1\frac{1}{2}$ km, extendiéndose al este de Parres hasta los suelos de malpais, al norte y sur del volcán Acopiaco, con pendientes de 0 a 5% en una altitud de 3 000 m, presenta erosión leve de carácter hídrico. Se puede observar claramente que los suelos son de material coluvial provenientes del volcán Acopiaco.

Al este de esta área, en las laderas del volcán Tulmiac, se encuentra una 2a zona perturbada, donde se intercalan cultivos de temporal en forma de terrazas en pequeños claros del bosque con especies de pinos Montezumae y perturbados con el pastoreo nómada. Ambas prácticas ayudan al desgaste de estos suelos. Se practica el cultivo de pastos y maíz. Se pudo observar que en esta área la tala del bosque tiende a ir en aumento. Los cultivos se realizan en pendientes de más de 15% combinándose, actividad forestal y otros usos que se le está dando al suelo.

Una tercera zona de cultivos se localiza al rededor del pueblo de Tres Cumbres (Estado de Morelos), en una extensión de poco más de un km² en terrenos de 8% y más. En esta área se observan -- restos de vegetación arbórea natural entre los cuales se realizan los cultivos, en las laderas de los cerros Tres Cumbres y Tezontle. Predominan el cultivo del maíz y cebada. Esta zona toca el área de cultivo que rodea el pueblo de Huizilac.

Los perfiles de suelos muestreados en el Cerro Tres Cumbres, tienen una textura franca y migajón arenoso y su clima es como el de toda el área C(w₂)(w)b(i), que permiten el desarrollo de los cultivos mencionados.

Alrededor del Pueblo de Huitzilac, Estado de Morelos se extiende otra área de cultivos y como en las otras zonas predomina el maíz, intercalándose maguey (Agave) como elemento protector del suelo a causa de la pendiente que presenta que es superior a 8% su extensión es alrededor de 2 km².

Esta zona, como la de Tres Cumbres en las fotografías presentan características diferentes a la de Parres, mientras que en esta última es una zona totalmente talada y permite tener una visión muy clara de la extensión del área, las primeras sólo se observan claros

que verificados en terreno permitieron identificar sus cultivos.

Otras pequeñas áreas de cultivo se localizan en los alrededores de Cuajomulco y Tlaxcatengo, también con predominio del maíz. En general las zonas de cultivos se encuentran localizadas a lo largo de las carreteras México-Cuernavaca, formando una faja bien definida que se observa claramente en las fotografías aéreas.

Su existencia se debe a los poblados que se han desarrollado en torno a estas carreteras, que han despojado estas áreas de su vegetación natural para dedicarlas a cultivos, perturbación que va en aumento por la instalación de nuevas residencias inmediatas a las carreteras.

No existen corrientes de agua permanente superficiales, observándose en las fotografías aéreas y mediante la verificación en el terreno, solamente pequeños cursos de agua intermitentes que se infiltran rápidamente, lo que se explica por las características texturales de los suelos, con predominio de arena, por lo cual se observan grandes posibilidades de escurrimiento subterráneos favorables a los cultivos y al mantenimiento de la humedad de estos suelos.

Los productos que se obtienen se consumen localmente o bien en el mercado del Distrito Federal. Las prácticas agrícolas son rudimentarias, sin rotación de cultivos. Estas prácticas realizadas en forma constante ocasionan el desgaste de los suelos, por lo que es necesario un buen manejo de ellos y de la agua.

El tono y la textura en las fotografías aéreas revelan la humedad del suelo, pero se diferencian de las áreas de pastizales que presentan un tono gris claro.

VEGETACION DE BOSQUE

Para su estudio con fotografías aéreas se usaron tres procedimientos, con el fin de diferenciar las grandes áreas de bosque y clasificar su vegetación: Primero se localizaron las grandes áreas de bosques; en segundo término se distinguieron en estas áreas las zonas de vegetación más densas de las menos densas, finalmente se separaron las áreas que presentaron aspectos de bosque con predominio de especies uniformes de aquellos de bosque mixto.

Las zonas de bosque bordean las áreas de cultivos agrícolas y se encuentran a mayor altitud, en los volcanes y cerros con pendiente en general superior al 15%. Su extensión es mayor que el de las zonas de cultivo y es la vegetación predominante en el área estudiada.

De acuerdo con la división hecha y el muestreo ecológico se encontraron los siguientes tipos de bosques:

Zona de Bosque entre Parres y Tres Cumbres: En esta zona el bosque forma una comunidad con predominio de una sola especie, que corresponde a Pinos Montezumae, localizado a más o menos 3 200 m. de altitud, se explica esto por la adaptación al suelo existente y clima predominante C (w₂) (w) b (i) o sea templado subhúmedo.

Especies que alcanzan 25 m de altura y el diámetro de su tronco hasta 80 cm. El bosque está constituido por numerosos individuos jóvenes, especialmente al Oeste de Parres y en las partes de menor altitud. En las partes más altas de los volcanes y cerros el bosque se hace más denso y aumenta la altura de los árboles.

En forma aislada se encuentran Pinus pseudostrobus y Pinus rudis como especies intercaladas cuya altura aproximada alcanza 20 m. Pinus rudis se encuentra también en forma aislada en las áreas de cultivo, lo que manifiesta el hecho de que puede haber sido la vegetación primaria de estas partes más bajas (3,000 m.s.n.m.).

Una excepción en esta zona es la vegetación que presentan los suelos de "Malpaís, que por el gran afloramiento de basaltos y por no tener un horizonte bien definido, sólo permiten el desarrollo de vegetación en aquellos lugares donde se ha podido formar cierta capa de acumulación. Estos suelos se encuentran formando una franja longitudinal al este de las áreas de cultivo de Parres, inmediatamente al norte del volcán Chichinautzin, teniendo al este a los volcánes Tulmiac, Telzacoatl y Cuatzin.

Las especies que se han desarrollado son Abies religiosa (oyamel, cuya altura alcanza a 20 m y tronco de diámetro mediano, Pinus hartwegii con altura de 10 a 12 metros y Juniperus monticola forma compacta, acompañado de musgos. En las fotografías se observa claramente su aspecto menos denso que las otras áreas de bosques el desarrollo de la vegetación en estos suelos ha tenido lugar en las grietas u poco más profundas.

Los suelos de malpaís se encuentran también inmediatamente al oeste de la carretera Federal México-Cuernavaca, un poco más al norte de Tres Cumbres, casi sin vegetación arbórea.

Otra condición también diferente en esta zona la presenta el volcán Chichinautzin, que por sus condiciones geológicas y sus suelos tiene una vegetación menos desarrollada, en comparación con los otros volcánes de la zona. Esto se debe a la corta edad del derrame y a la fuerte pendiente que presenta. Sólo se ha podido formar un poco de suelo en las grietas y oquedades que quedaron entre los grandes fragmentos de lava y en depresiones que han permitido ma-

por acumulación, aunque el suelo sigue siendo de poco espesor y no forma horizontes edafológicos. Los perfiles observados y muestreados en este volcán dan las siguientes características: color obscuro, densidad aparente baja, materia orgánica relativamente alta, capacidad de intercambio catiónico alta, textura migajón limoso y franco, alto contenido de alofano. La roca madre se encuentra a 30 m de profundidad y en la mayor parte del terreno está aflorando. El suelo es suelto con piedras sueltas, corresponde a los llamados Ranquel Andosol.

La vegetación presenta condiciones diferentes, con vegetación arbórea de oyamel de 15 a 20 m de altura hacia el lado noroeste, esto se debe a que en esta vertiente se ha podido formar un suelo algo más profundo y las condiciones de los vientos son propicias. Esta misma especie se encuentra entre los 3 000 m y los 3 400 m de altitud, en forma aislada se encuentran Juniperus monticola, Pinus pseudostrobus y P. michnacana varicornuta. En los estratos más bajos las especies arbustivas más abundantes son: Arctostaphylos arguta, Sedum oxypetalum, Baccharis conferta, Eupatorium glabatum, Salix cana, Ribes microphyllum, Salix paradoxa, acompañados de plantas herbáceas.

Vegetación al oeste de Tres Cumbres. - Hacia el oeste de este poblado en los alrededores de Huizilac, siguiendo la carretera que conduce a las Lagunas de Zempoala, la vegetación toma un aspecto diferente, observándose claramente su mayor densidad aparece un bosque de coníferas, pino y oyamel que lo constituye probablemente sus condiciones climáticas de mayor humedad. La altitud en que se extienden estos bosques está sobre los 2 500 m con pendientes de 15 y 100%. Los oyameles sólo se encontraron en forma aislada al norte de Tres Cumbres en las laderas norte de los volcánes Acopiaco y Chichinautzin, formando bosquecillos, La pre-

sencia de ellos puede interpretarse como un vestigio de la mayor extensión que ocupaban en el pasado especialmente en la Cuenca del Valle de México y alrededores.

El hecho que el oyamel se encuentre en asociación con Pinus, se explica por que estas especies limitan el bosque de oyamel, como en el caso del Pinus pseudostrobus y Pinus rudis que se encuentran en altitud inferior, mientras que en la parte altitudinal superior lo limita Pinus hartwegii. Sin embargo, en toda esta zona las Abies se encuentran mezcladas con Pinus pseudostrobus.

Los oyameles presentan una buena regeneración con alturas de más de 25 m, altura similar presentan los Pinos pseudostrobus, y también con gran cantidad de individuos jóvenes.

Bosque al sur de Tres Cumbres.- En esta zona encontramos bosque mixto; no se encuentra una especie predominante sino una combinación de Pinus y Quercus, acompañadas de especies arbustivas y zacatonal. La especie de Pinus predominante es Pinus montezumae y Pinus pseudostrobus, con alturas de 25 m.

Las especies de encino que acompañan a los pinares son Quercus laurina y Quercus currujata, predominando el primero, especie muy difundida en la serranía de la parte central de México, cuya característica es la de ser más o menos alta y hojas relativamente pequeñas y delgadas. Esta vegetación ha podido desarrollarse por las condiciones climáticas, el relieve y el suelo. La altitud donde se encuentra este tipo de bosque está entre los 2 200 m y los 2 800 m.s.n.m., con pendientes de más de 15%.

VEGETACION DE ZACATONAL

Un tercer tipo de vegetación que se encuentra en el área es la de zacatonal, que corresponde a zacatonal natural, se extien

de al oeste de la carretera federal, formando una franja a veces mezclada con los cultivos. Pero las áreas mayores de zacatonales se encuentran como estrato bajo en las zonas de bosques y muchas veces como claros en las partes más bajas de las grandes alturas. Este tipo de vegetación se desarrolla en forma más densa en las altitudes menores probablemente debido a las condiciones del suelo sobre todo por la constante humedad y buen drenaje. Sirven de alimentación para el ganado ovino que se practica en el área, especialmente en aquellas partes donde se ha talado el bosque. Los zacatonales tienen como especies predominantes, Festuca tuluacensis y Calamagrostis toluacensis, que son gramíneas altas de alrededor de 50 cm de altura. Otras especies encontradas en esta zona son: Alchemilla precumbeus, Aster exigelis, Erygium pectinatum, Muhlenbergia rigida y Erythrina campestris, Salvia cardinalis, Penstemon campanulatum en el cerro Tres Cumbres, Aster potosinus, Castilleja schaffneri, Acaena elongata, Muhlenbergia robusta, Echeveria elegans y Senecio barba en el volcán Chichinautzin. En este volcán en asociación con las gramíneas en donde las rocas están expuestas y agrietadas suelen encontrarse helechos y musgos.

LISTA DE VEGETALES PREDOMINANTES EN LA ZONA DE ESTUDIO:

1. Alrededores de Parres.-

ARBOREAS:

Pinus lawsoni

Pinus pseudostrobus

Pinus montezumae

Pinus rudis

Juniperus monticola forma compacta

Prunus capuli

Cupressus conferta

Alnus fermifolia

ARBUSTIVAS:

Salix cana

Buddleia parviflora

Baccharis conferta

Senecio cunerarioides

Ribes ciliatum

Simphoricarpos microphyllus

Salix oxylepis

Buddleia americana

HERBACEAS:

Festuca toluensis
Calamagrostis toluensis
Avena sativa L.

2. Alrededores de Tres Cumbres y Huitzilac.-

ARBOREAS:

Pinus pseudostrobus
Pinus michoacana varicornuta
Quercus rugosa
Quercus laurina
Abies religiosa
Alnus fermitolia

ARBUSTIVAS:

Hechtia podantha
Prionosciadium
Berberis
Salix cana
Senecio angulifolius
Baccharis conferta
Salvia cardinalis
Senecio callosus
Agave horrida

HERBACEAS:

Muhlenbergia robusta

Alchemilla procumbens

Stachys nepetaefolia

Eryngium pectinatum

Achillea millefolium

Muhlenbergia dubia

Epicampes macroura

Stipa ichu

Aster potosinus

Eryngium monocephalum

Peston campanulatus

Gnaphalium branchypterum

Muhlenbergia pusita

3. A lo largo de la carretera:

ARBOREAS:

Juniperus monticola

Pinus rudis

HERBACEAS:

Festuca toluensis

Tagetes micrantha

Cyperus incompletus

DISCUSION

A.- Consideraciones sobre la bondad del método.

Los aspectos básicos de la metodología empleada consisten en lograr un aprovechamiento máximo y racional de las fotografías aéreas que cubren el área, verificar la correlación con la información bibliográfica, y obtener incremento de datos con visitas de campo y muestreo ecológico, así como la verificación final, para lograr una comprobación de lo ya previamente determinado.

Al considerarse la bondad del método, cabe mencionar que el levantamiento de la vegetación requirió de un intenso muestreo de vegetación y de suelos, proceso que culminó con el análisis de ambos. Estos aspectos sirvieron para lograr una clasificación de las especies ecológicas y determinación de los suelos existentes en el área. Fue necesario en la etapa inicial confeccionar fotocartas topográficas y de vegetación, lo que se hizo con la ayuda de las fotografías aéreas y carta topográfica y elaborada por CETENAL, año 1973. Se obtuvo así una correlación de la vegetación con la altura geológica y otros aspectos físicos. Los resultados de su utilidad fueron satisfactorios, ya que llevados a la sobreposición en papel transparente permitieron determinar factores que están influyendo en el desarrollo de la vegetación.

Si bien es cierto que el muestreo de vegetación necesitó de visitas sucesivas al área, que alargaron en parte el trabajo, lo que va en demérito de los objetivos del método, que son lograr un

ahorro de tiempo en un estudio de este tipo, resultó sin embargo esta fase vital, porque permite llegar a conclusiones más precisas en la cualificación de este recurso existente.

Comparando un estudio efectuado en la misma área en cuestión, pero sin el uso de fotografías aéreas llevaría el doble de tiempo, pues implicaría una gran demanda de trabajo de campo y mayor número de individuos para efectuar el cubrimiento total de la región.

Otro aspecto que demora y limita un estudio de este tipo, es el traslado de los datos a documentos cartográficos, para lo cual se debe contar con instrumentos y técnicas fotogramétricas. Lo ideal es contar con un mosaico controlado, el que requiere de un control terrestre de apoyo y de aparatos rectificadores de aerofotografías, de gran costo y no siempre disponibles. Si se cuenta con el complemento de esta técnica, un mosaico controlado se convertiría en un almacén de datos y se obtendrían así de inmediato las deducciones necesarias para el trabajo requerido.

Sin embargo, a pesar de existir problemas para la aplicación del método fotointerpretativo, su utilidad es más ventajosa que el realizar estudios sólo con bases bibliográficas y de campo. La fotointerpretación permite la elaboración de un estudio con el 50% de tiempo menor que el empleado con otro método, además de ser precisa en las áreas de vegetación, que fue uno de los objetivos principales del presente trabajo. Por otro lado también permite la obtención de un mayor número de detalles que con trabajo de campo solamente, en muchas ocasiones pueden quedar ignoradas sin observación y verificación.

El método aplicado contiene el establecimiento y evaluación de varios elementos de juicio que se pueden apreciar en las mismas fotografías como geología, hidrología, suelo (si la vegetación no es muy densa y permite su visión) y otros aspectos que

la superficie terrestre; a su vez correlacionar la influencia que ellos tienen sobre la vegetación existente.

Todo esto influye grandemente en el establecimiento de un proceso de hipótesis sobre las condiciones particulares del área, permitiendo con ella, mediante el proceso de razonamiento inductivo y deductivo eliminar aquellas condiciones cuya presencia no se pueden explicar racionalmente, al igual que se pueden inferir aquellas que se pueden presentar. Sobre todos estos aspectos el método descrito resulta práctico y seguro; verificados en el reconocimiento de campo se obtienen las comprobaciones y rectificaciones de la hipótesis formulada antes.

B. Consideraciones sobre el grado de exactitud.

Con la metodología aplicada se obtuvo un fotomapa de los grandes rasgos de la vegetación en la etapa de fotointerpretación inicial. De las visitas a terreno en el área se pudo juzgar la precisión alcanzada y ahondar sobre algunas especies no distinguibles en las fotografías, de lo que se desprende:

- 1- Las grandes unidades señaladas en las fotografías como zonas agrícolas, pastizales y zonas de bosques no variaron.
- 2- Aclaradas las diferentes especies de vegetación en la fase de muestreo en el terreno, se pudo especificar en las fotografías aquellas que presentaron dudas o no fueron reconocidas, especialmente en zonas de bosque mixto.

De esto podemos exponer las siguientes consideraciones:

- a) que el punto de precisión alcanzado en las fotografías permite hacer un levantamiento de vegetación semidetallado.

- b) Que las situaciones especiales en áreas se debieran principalmente a la falta de adiestramiento en la técnica y a falta de bibliografía para el área en estudio.

C. Consideraciones generales.

Sobre aspectos generales de la fotointerpretación aplicada al estudio de la vegetación se puede decir lo siguiente:

- 1- La aplicación de fotografías aéreas para un estudio de vegetación está siendo cada día más usada, por lo que se refiere el desarrollo de esta técnica, por su forma práctica, aplicable y de mayor rapidez en estos estudios. Técnica actualmente no lo suficientemente desarrollada en algunos países.
- 2- La fotointerpretación en vegetación, requiere de reglas, acumulación de conocimientos afines y claves muy bien elaboradas como el manejo de los factores físicos y geométricos de las fotografías. Recursos necesarios que debe manejar un fotointérprete, agregados al adiestramiento y conocimientos académicos de tipo interdisciplinario, para que la fotointerpretación pueda ser técnica y científica a la vez.
- 3- La fotointerpretación para un estudio específico debe ser hecha por un especialista en su campo, pero a la vez debe tener una correlación con otros especialistas que le ayudarán en el grado de exactitud que se quiera alcanzar.

CONCLUSIONES

Como resultado de haber puesto en práctica la metodología señalada en un estudio para determinar la vegetación en el área entre Parres y Tres Cumbres se concluye lo siguiente:

1- El método aplicado en un área de vegetación de clima templado, permite que, con el uso de fotografías aéreas se puedan reconocer fácilmente los grandes grupos de vegetación: zona de cultivos agrícolas, zona de pastizales y zonas de bosque, en el caso de estos últimos, distinguir el predominio de una especie, y a su vez identificar un bosque mixto. De tal manera que se comprueba que la vegetación en climas templados no presenta grandes diferencias en las comunidades encontradas, lo que se puede apreciar claramente en las fotografías aéreas. No sucede lo mismo en el caso de aplicar un estudio de vegetación en climas tropicales lluviosos, en donde las especies existentes son muy variadas y su reconocimiento no es fácil hacerlo con fotografías aéreas. Se debe recurrir al razonamiento inductivo y deductivo, pero por sobre todo a un selectivo muestreo ecológico en el campo, en forma mucho más amplia que en una zona de clima templado.

2- Con la observación de rasgos perceptibles en las fotografías, como geomorfología, hidrografía se pudo hacer una relación del dominio de la vegetación en zonas determinadas, de la menor cantidad de la misma en otras. Con la especificación de los suelos se pudo obtener una mayor correlación sobre los mismos y explicarse las diferencias presentadas en zonas que mostraban

características muy diferentes sobre especies y dominio de las mismas. Tal es el caso del volcán Chichinautzin, en el que por sus características geológicas y edafológicas no se ha desarrollado una vegetación de gran densidad, aspecto fácilmente observable en las fotografías.

3- La realización del muestreo ecológico fue vital y permitió el reconocimiento de especies no identificables en las fotografías, especialmente en zonas de bosque mixto, como en aquellas donde existe variedad de especies arbustivas. De esta manera queda de manifiesto que, en un estudio de fotointerpretación y geográfico no puede estar ajena la etapa de campo.

4- Tanto el trabajo de campo como el de gabinete permitieron determinar el predominio de una vegetación boscosa en toda el área, cuyas especies corresponden a la vegetación natural con predominio de especies de Pinus. Esta vegetación se adapta al tipo de suelo de la zona migajón arenoso, como también al tipo de clima $C(w_2)(w)b(i)$ o sea templado subhúmedo.

5- La existencia de áreas agrícolas inmediatas a los poblados que se encuentran en el área, corresponden a zonas perturbadas por el hombre para dedicarlas a estas actividades, estas se encuentran en terrenos de poca pendiente. La perturbación en áreas de mayor pendiente (más del 15%) para estos fines está en comienzos, hecho que puede ser controlado mediante una conservación de estos recursos naturales, como son los bosques, abundantes en el área de estudio.

6- El grado de juicio o de acierto primario a que se llegó está en relación con los antecedentes bibliográficos encontrados para el área en estudio, que fueron escasos, especialmente en lo que respecta a suelos, motivando la necesidad de realizar

un muestreo con el siguiente análisis, para determinar características edafológicas en el área de estudio, indispensables en un estudio de este tipo. El grado de juicio o acierto secundario está en relación directa con la escala y calidad de las fotografías, elementos que deben tomarse muy en cuenta para un estudio de este tipo y otros. También está en relación con la agudeza mental y visual del fotointérprete.

7- Las fotografías aéreas utilizadas, escala 1:25 000 son adecuadas para un estudio de vegetación, como también lo son las de escala 1:20 000. Un estudio de este tipo se verá más complementado si se cuenta con fotografías aéreas a color y de falso color. Para un estudio de uso del suelo es importante contar con fotografías aéreas de épocas anteriores, en el caso de vegetación se podrá ver el despojo que ella ha sufrido. En estudios más específicos como detección de plagas y otro tipo de daños es necesario contar con fotografías de infrarrojo color.

8- El propósito de esta metodología es que sirva para estudios posteriores y que sea mejorada.

SECCION DE FOTOGRAFIAS Y MAPAS

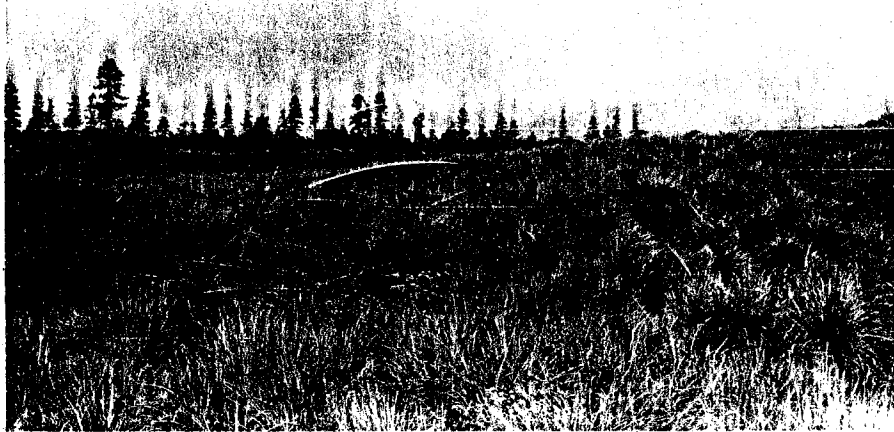
ZONA DE CULTIVOS EN LOS ALREDEDORES DE PARRES



CULTIVO DE MAIZ



CULTIVO DE TABACOS



VEGETACION DE SACATONAL



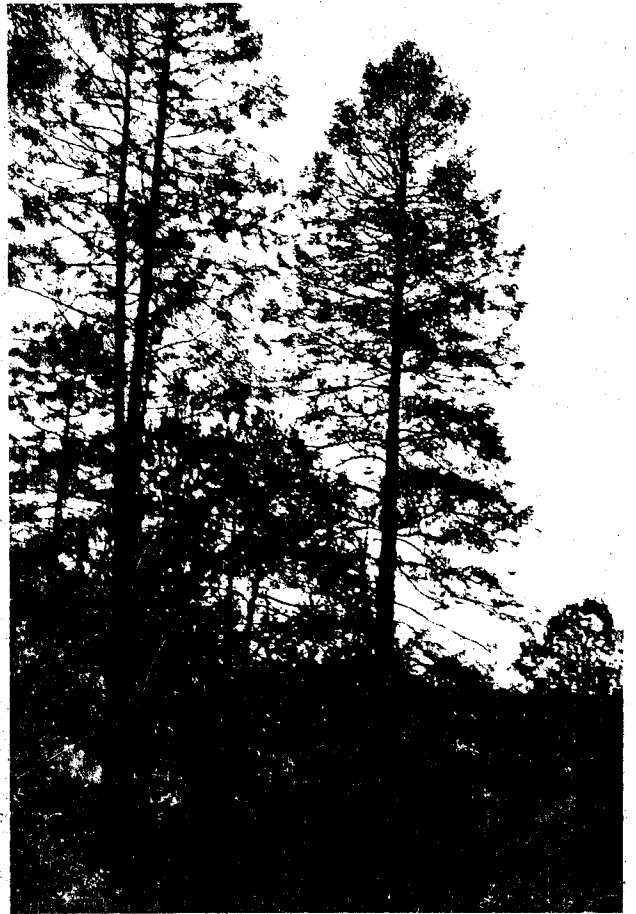
ASPECTOS DE LA VEGETACION

EN LOS SUELOS DE MALPAIS



ESPECIE DE PINO PREDOMINANTE

EN LA ZONA











ESPECIE DE OYAMEL EN LOS

ALREDEDORES DE HUITZILAC

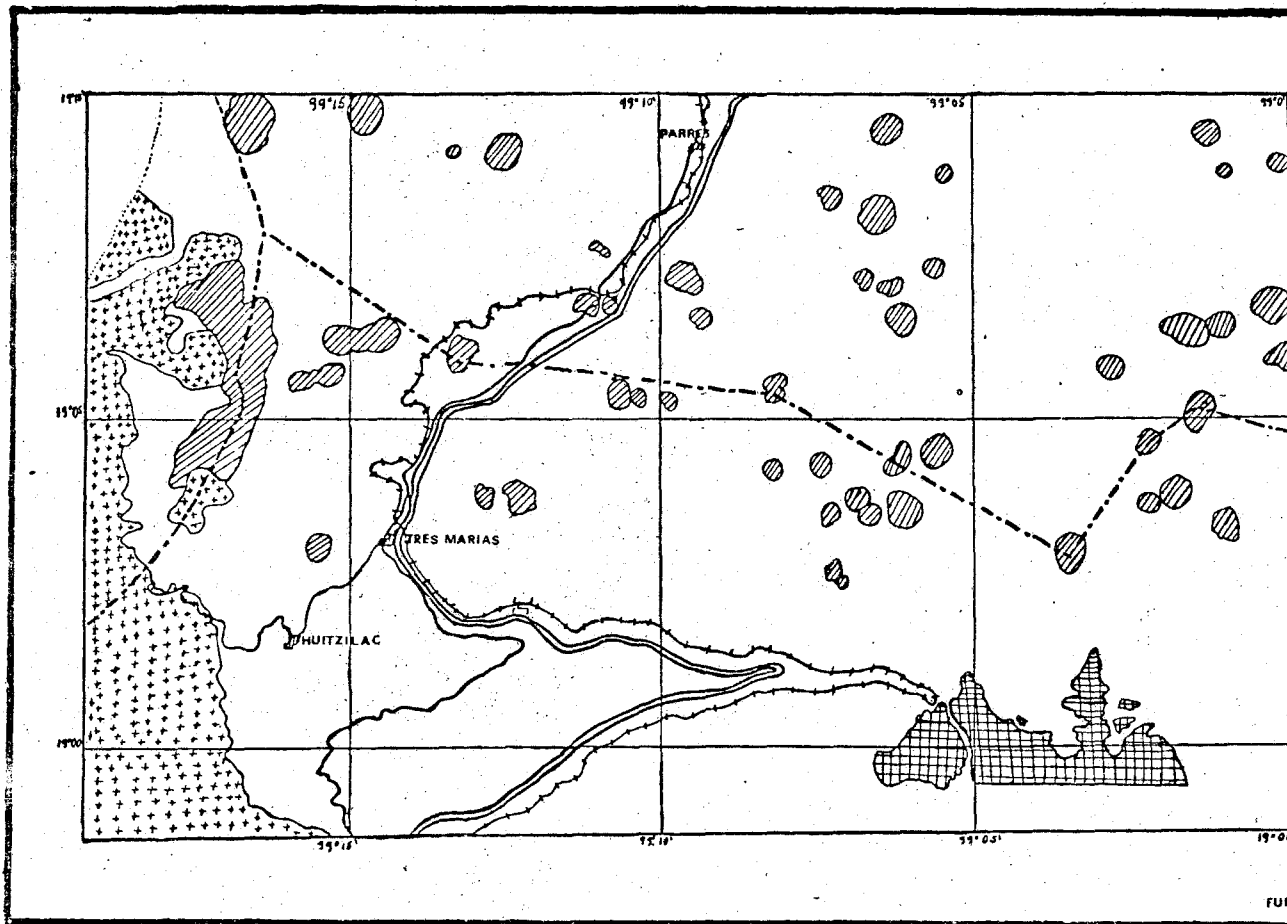
MAPA GEOLOGICO

AREA DE ESTUDIO

-  SERIE BASALTICA CHICHINAUTZIN
CONOS VOLCANICOS
-  FORMACION TEPOZTLAN
-  SERIE ANDESITICA ZEMPOALA
-  AUTOPISTA
-  CARRETERA PAV. PRIMER ORDEN
-  CARRETERA PAV. SEG. ORDEN
-  LINEA FERROCARRIL
-  LIMITE DE ESTADO

ESCALA:
0 2000 4000 6000 METROS

FUENTE: CONGRESO GEOLOGICO INTERNACIONAL
ERIES C. RAMIREZ J. MOOSER F. 1956
D. OLAVE



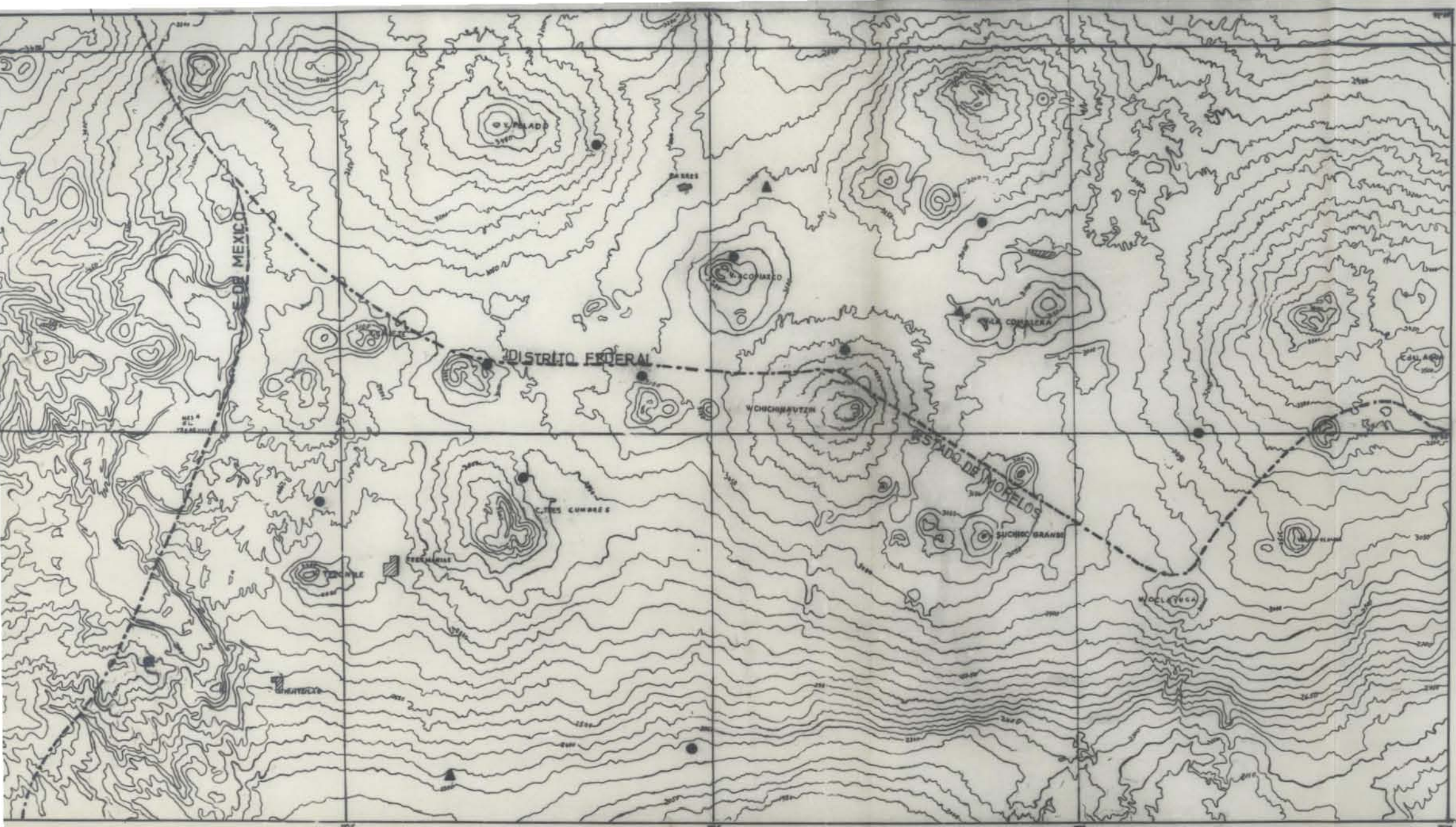
MAPA TOPOGRAFICO

(AREA DE ESTUDIO)

- ▲ SITIOS DE MUESTREO DE SUELOS
- SITIOS DE MUESTREO DE VEGETACION
- ◆ POBLADOS
- - - LIMITE DE ESTADO
- ~ CURVAS DE NIVEL

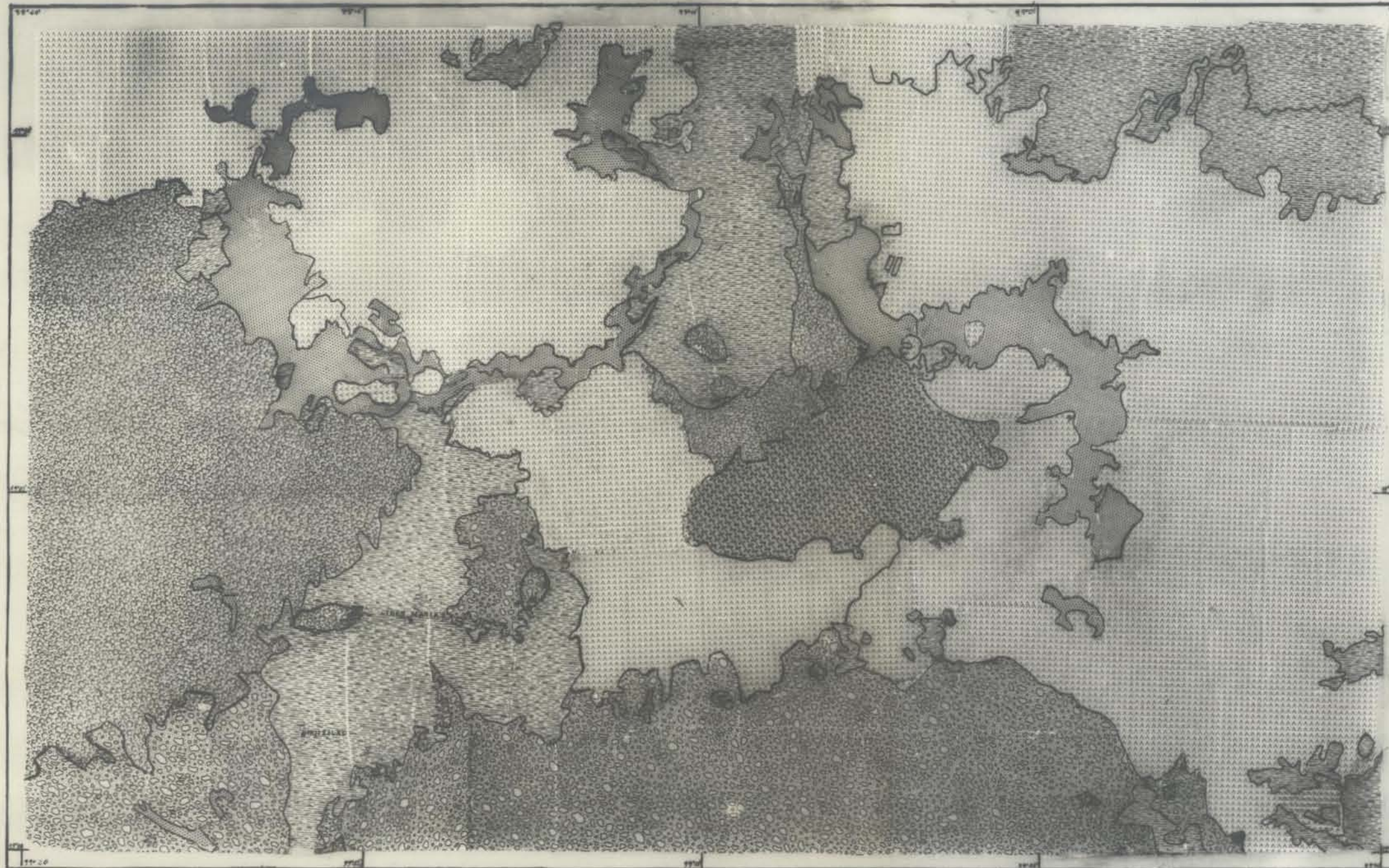
ESCALA: _____ Km.







FUENTE: CETENAL




MAPA DE VEGETACION Y USO ACTUAL DEL SUELO

(AREA DE ESTUDIO)



-  BOSQUE NATURAL DE CONIFERAS (Pino)
-  BOSQUE NATURAL DE CONIFERAS (Oyamel)
-  BOSQUE NATURAL MIXTO (Pino-Encino)
-  BOSQUE NATURAL DE CONIFERAS (Pino-Oyamel)
-  ZONAS AGRICOLAS
-  ZONAS DE PASTIZAL NATURAL

ESCALA:


ELABORADO CON FOTOGRAFIAS AEREAS Y VERIFICACION EN TERRENO
 POR DIDIMA OLAVE F.

CITAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Guerra P. F. "Las doce principales reglas de la interpretación fotogeológica y bases fundamentales que se derivan". Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. Sobretiro de Anuario de Geografía. Año I México 1961. Pág. 83.
- 2 y 3.- American Society of Photogrammetry, "The Manual of Color Aerial Photographs. Mineapolis, 1968. Pág. 45-49.
- 4.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 93.
- 5.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 94
- 6.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 95
- 7.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 96
- 8.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 98
- 9.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 99
- 10.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 101
- 11.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 103
- 12.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 104
- 13 y 14.- Guerra P. F. Obra citada Pág. 105 y 106.
- 15.- American Society of Photogrammetry, "Manual of Photographic Interpretation". Washington D.C. 1960 pág. 1
- 16.- Simposio sobre Fotointerpretación Aérea. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. Publicación No. 312 México 1967 Pág. 71-72.

- 17.- Moncayo F., "Formulación de una clave de Fotointerpretación para los bosques de coníferas de Michoacán." Boletín No. 16. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional Investigaciones Forestales, México, 1964. Págs. 69-70.
- 18.- Mooser F., "Informe sobre la Geología de la Cuenca del Valle de México y Zonas Colindantes". Secretaría de Recursos Hidráulicos. Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. México, 1961. Pág. 24.
- 19-20 y 21.- Miranda y Hernández X., "Los Tipos de Vegetación en México y sus Clasificaciones." Boletín de la Sociedad Botánica de México. México 1963. Págs. 38, 48, 50, 51, 53.
- 22.- Madrigal X., "Contribución al Conocimiento de la Ecología de los Bosques de ayamel en el Valle de México", Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico No. 18. México, 1967. Pág. 21.
- 23.- Miranda F. y Hernández X., "Obra citada pág. 50.

B I B L I O G R A F I A

- Aguilera N. "Suelos de Ando, Génesis Morfología y Clasificación" Serie de Investigaciones No. 6 Colegio de Potsgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Méx. 1965.
- American Society of Photogrammetry, "The Manual of Color aerial Photography. Washington D.C. 1968.
- Avery T. E. Interpretation of aerial photograhs. Mineapolis 1968.
- Cardoza R. "La Fotointerpretación aplicada al conocimiento y evaluación de los recursos forestales". Apuntes mimeografiados.
- Colwell R. N. A sistematic analisis of same factors afecting photographic interpretation". Photogrammetry engineering. Washington D.C. 1954.
- Comision Hidrológica de la Cuenca del Valle de México. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Boletín Hidrológico No. 1.1964.
- Carre F. "Lectura de las Fotografías Aéreas". Editorial PARANINFO Madrid. 1974.
- Eardly, A. J. Aerial photograhs, their use and interpretation. New York 1942.
- Espinoza G. J. Vegetación de una corriente de lava de formación reciente, localizada en el declive meridional de la Sierra Chichinautzin. Boletín de la Sociedad Botánica de México No. 27, México 1962.
- Fries. C. "Bosquejo geológico entre México y Taxco" Congreso Geológico Internacional. Libreto Guía. Excursión A 9-C12. México 1956.

- Guerra P. F. "Las doce principales reglas de la interpretación fotogeológica y bases fundamentales que se derivan". Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Filosofía y Letras. Sobretiro del Anuario de Geografía. Año 1 México, 1961.
- García L. B. "Fotointerpretación". Instituto Panamericano de Geografía e Historia. México, 1973.
- Goosen D. "Aerial photo interpretation in soil survey. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma". 1967.
- Lauder, D. R. "Aerial photographic interpretation. Mac Graw-Hill Book Co. New York 1959.
- Lauer, D. Remote Sensing can aid the forest land manager. Print from the consultant. University of California. Berkeley 1972.
- Madrigal X. "Contribución al conocimiento de la Ecología de los bosques de oyamel en el Valle de México. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico No. 18, México 1967.
- Moncayo F. "Manual para uso de fotografías aéreas en dasometría. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales." Boletín No. 16. México 1970.
- Moncayo F. "Formulación de una clave de fotointerpretación para los bosques de Michoacán. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales." Boletín No. 16. México 1964.
- Murta. P. A. A guide to Air Photo Interpretation of Forest. Damage in Canada. Canadian Forestry Service. Publication No. 1292. Ottawa, 1972.
- Miranda F. y Hernández X. "Los tipos de Vegetación en México y su Clasificación". Boletín de la Sociedad Botánica de México. México 1963.

- Parry J. T. The development of air photo interpretation in Canadá. Department of Geography Mac Gill. University of Montreal. Canadá 1972.
- Sánchez J. y Hernández E. Guía para la descripción y muestreo de suelos de áreas forestales. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín divulgativo No. 32. México 1973.
- Sánchez J. Hernández E. Madrigal X., Takaki F. Instructivo para la caracterización ecológica de los sitios de Muestreo del estudio ecológico-forestal del Eje Neovolcánico. Secretaría de Agricultura y Ganadería. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.
- Sánchez J. Malta J. Jiménez, Madrigal X. Takaki F., Moncayo F. Los Tipos de Vegetación en la República Mexicana. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Subsecretaría de Planeación. Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología. México, 1971.
- Smith, H. T. Aerial Photographs And thier application . New York 1943.
- CETENAL. Carta Topográfica. Escala 1:50 000 México, 1973.
- CETENAL, Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía. Carta Climática. Escala 1:500000. México 1970.