

Universidad de Guadalajara

Escuela Superior de Agricultura



Fotopedología Aplicada a Levantamientos  
Agrológicos

Tesis

que para obtener el Título de

Ingeniero Agrónomo  
Especialidad Fitotecnia

P r e s e n t a :

Jorge Pedro Tapete Angel

Guadalajara, Jal., 1979



## RECONOCIMIENTOS

Es difícil encontrar las palabras necesarias para agradecer y reconocer a todas aquellas personas que con su motivación y sacrificio coadyuvaron en mi realización como agrónomo, así como en la culminación del presente trabajo, mediante el cual veo cristalizada — una de mis metas en la vida; por tal motivo hago uso, de las palabras sabias del gran filósofo Lin Yutang, en cuya esencia demuestro mi gratitud, tratando de corresponder con hechos a estas palabras: " Lo que uno espera de un graduado universitario no es que se convierta en erudito de su materia, cosa que es imposible en un curso de cinco años, sino que, como a veces decimos, que conozca su negocio en lo que a su carrera se refiere; que profese un interés inteligente por las cosas de la mente y que pueda pensar — críticamente en los problemas políticos, económicos y sociales de la actualidad. Creo que esa es la medida de un hombre instruído".

FINALMENTE DEDICO CON GRATITUD ESTE TRABAJO:

A MIS PADRES,

A MI ESPOSA,

A LA ESCUELA SUPERIOR DE AGRICULTURA Y A SUS DISTINGUIDOS MAESTROS,

A LOS INGENIEROS:

FEDERICO PEÑA RODRIGUEZ,  
RAFAEL ORTIZ MONASTERIO,

A MIS HERMANOS

Y AMIGOS.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

# INDICE

	Pág.
INDICE DE CUADROS Y FIGURAS	III
INDICE DE FOTOGRAFIAS	V
PROLOGO	VII
INTRODUCCION	VIII
1. LEVANTAMIENTOS AGROLOGICOS.	1
1.1 Que es la agrología.	1
1.1.1 Desarrollo histórico de la agrología.	2
1.1.2 Importancia de la agrología.	6
1.2 Tipos de levantamientos agrológicos. ✓	8
1.2.1 Levantamientos con fines de riego.	8
1.2.1.1 Propósito - de la clasificación.	8
1.2.2 Factores económicos.	10
1.2.3 Factores físicos.	11
1.2.4 Clases de tierras.	17
1.2.5 La serie, el tipo y unidades de clasificación taxonómica.	20
1.2.6 Categorías de levantamientos agrológicos con fines de riego.	27
1.2.6.1 Estudios agrológicos de reconocimiento.	29
1.2.6.2 Estudios agrológicos semidetallados.	29
1.2.6.3 Estudios agrológicos detallados.	30
<u>1.2.7</u> Levantamientos con fines de capacidad de uso.	31
1.2.7.1 Propósitos de la clasificación.	32
1.2.7.2 Unidades de capacidad	33
1.2.7.3 Subclase de capacidad	33
1.2.7.4 Clases de capacidad.	34
1.2.7.5 Definición de las clases de capacidad.	36
1.3 Procedimientos tradicionales de levantamientos de suelos.	42
1.3.1 De campo exclusivamente o levantamiento convencional.	42
1.3.2 Usando fotografías aéreas.	44
2. PRINCIPIOS DE FOTOINTERPRETACION.	47
2.1 Objeto de la fotointerpretación.	47
2.2 Metodología de la fotointerpretación.	47
2.3 Claves de la fotointerpretación.	49
2.4 Convergencia de evidencia (Lueder 1959).	51
2.5 Principios de lógica aplicados a fotointerpretación.	52
2.6 Fases en el proceso de fotointerpretación.	53
2.6.1 Folectura.	54
2.6.2 Fotoanálisis.	56
2.6.3 Fotointerpretación.	56
2.7 Elementos del patrón fotoaéreo. (Frost. 1960).	57
2.8 Secuencia de la fotointerpretación.	58
2.9 Resumen de conocimientos necesarios.	58

## II

2.10	Comprobación de campo.	60
2.11	Características fotográficas para la interpretación.	61
2.12	Relación de la fotointerpretación con la sensibilidad remota.	64
2.13	Requerimientos visuales para la fotointerpretación.	66
2.14	Tipos de películas.	67
2.15	Especificaciones generales de fotografías aéreas.	70
2.16	Equipo y manejo de fotografías.	73
2.17	Utilidad de pares estereoscópicos terrestres a color de perfiles de suelos.	78
3.	PRINCIPIOS DE FOTOPEDOLOGIA.	82
3.1	Pedología.	82
3.1.1	Pedología como una disciplina científica.	82
3.1.2	Definición de los conceptos Pedología y suelos.	83
3.2	Nacimiento de la fotopedología.	85
3.2.1	Inicios de una ciencia.	85
3.2.2	Conceptos relacionados con los principios fotopedológicos.	86
3.2.3	Principios fotopedológicos.	92
3.2.4	Cuadro analítico del proceso fotopedológico.	93
4.	APLICACION DEL METODO FOTOPEDOLOGICO A UN LEVANTAMIENTO DE SUELOS.	96
-	OBJETIVO, HIPOTESIS, SUPUESTOS.	96
4.1	Descripción de la secuencia del método fotopedológico.	96
4.2	Aplicación del método fotopedológico en el Estudio Agrológico Semidetallado para la rehabilitación y ampliación del Distrito de Riego Cupatitzio - Tepalcatepec.	101
4.2.1	Estudio de gabinete. Primera fase.	103
4.2.2	Estudio de campo.	125
4.2.3	Estudio de laboratorio.	143
4.2.4	Estudio de gabinete. Segunda fase.	152
5.	RESULTADOS.	159
5.1	Generalidades.	159
5.2	Discusión de resultados.	203
5.3	Logros y aportaciones prácticas de la fotopedología.	206
6.	CONCLUSIONES.	213
-	Bibliografía.	217





## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	Pág.	
1.2.5.3.1	Cuadro de los principales sistemas de clasificación taxonómica de suelos usados en México.	28
2.6.1	Cuadro en el que se mencionan las fases en el proceso de fotointerpretación según varios autores.	55
3.1.2.1.1	Cuadro de la relación de la Pedología a otras disciplinas científicas.	84
4.1.1	Cuadro con la secuencia de los levantamientos agrológicos con fotointerpretación.	78
4.2.1	Figura del croquis de localización geográfica del área de estudio.	102
4.2.1.8.1	Figura que muestra los diferentes estados del ciclo geomorfológico en una región cálida.	111
4.2.1.9.1	Figura con los diferentes modelos de drenaje natural -- que se presentan en el área de estudio y sus alrededores.	114
4.2.1.10.1	Cuadro de los diferentes sedimentos geológicos que han dado lugar a sedimentos consolidados en el área de estudio.	117
4.2.1.18.1	Cuadro con los itinerarios del trabajo de campo posibles a desarrollar.	124
4.2.2.4.1	Cuadro de la clasificación de rocas y su reacción al intemperismo.	134
4.2.2.4.2	Esquema diagramático que muestra la relación entre elementos químicos minerales y las rocas.	135
4.2.3.3.1	Figura esquemática de los principales componentes de un microscopio electrónico.	149
4.2.3.3.2	Diagrama de la colocación de una muestra para el análisis de microscopía.	150
4.2.3.3.3	Preparación y colocación de una muestra por el método de congelación en el análisis de microscopio.	151
4.2.4.1.1	Cuadro con los resultados del uso actual de la tierra en el área de estudio de Apatzingán, Mich.	154

5.1.2.5.1	Cuadro con datos climatológicos de la estación de Apatzingán, representativa del clima del área de estudio.	163
5.1.2.5.2	Cuadro del cálculo del clima de la estación Apatzingán, Mich.	164
5.1.2.5.3	Gráfica de precipitación y temperaturas de la estación de Apatzingán, Mich.	165
5.1.2.5.4	Climograma de la estación Apatzingán, Mich.	166
5.1.3.1	Cuadro de la población económicamente activa por sectores económicos.	167
5.1.5.1.1	Cuadro con las series de suelo y su clasificación taxonómica según FAO/ UNESCO.	194
5.1.5.1.2	Relación de series y fases de suelos del área de estudio de Apatzingán, Mich.	195
5.1.5.1.3	Cuadro de las familias de series del Estudio Agrológico de Apatzingán, Mich.	197
5.1.5.2.1	Cuadro de las clases agrícolas de suelos.	202



**ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA**

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

	Pág.	
2.16.1.1	Fotografía de un estereoscopio de espejos y forma de usarlo.	75
2.16.1.2	Fotografía de un estereoscopio de bolsillo y forma de emplearlo.	75
2.16.1.3	Fotografía de un estereomicroscopio para trabajos de precisión .	76
2.16.1.4	Fotografía de un estereoscopio doble y forma de -- emplearlo	76
4.2.1.3.1	Vista de un mosaico de contacto empleando fotogra <sup>u</sup> fías aéreas.	105
4.2.1.3.2	Vista de un mosaico de contacto mostrando el área total de estudio.	105
4.2.1.7.1	Vista de una zona influenciada por el vulcanismo de la región de Apatzingán, Mich.	108
4.2.1.7.2	Aspecto de un derrame lávico en las cercanías de Ce <sup>u</sup> nobio Moreno, Mich.	108
4.2.1.9.2	Estereograma que nos muestra la forma de marcar los modelos de drenaje natural, para su interpretación.	115
4.2.1.15.1	Estereograma en donde se marcaron las unidades de suelos y el uso actual de los mismos.	122
4.2.2.2.1	Forma en que se presenta un par estereoscopico de -- un perfil de suelos.	128
4.2.2.2.2	Forma en que se presenta una fotografía panorámica del sitio donde se ubica el pozo agrológico descrito.	129
4.2.2.2.3	Aspecto en el momento de la descripción de un perfil de suelos.	129
4.2.2.3.1	Forma en que se hace una barrenación para obtener muestras de suelo a 30, 60 y 90 cm.	131
4.2.2.3.2	Forma de emplear la barrena de gusano, para la com <sup>u</sup> probación de la profundidad del suelo, etc.	131

4.2.2.4.3	Aspecto de la geología superficial en la serie parácuaro, en donde la recolección de especímenes de roca se facilita en gran manera.	136
4.2.2.4.4	Vista de un perfil en un corte de carretera, el cual facilita la investigación pedológica y agrológica.	136
4.2.2.5.1	Aspecto de la vegetación nativa secundaria del área de estudio.	138
4.2.2.5.2	Vista de la vegetación nativa y el uso agrícola de la tierra en la región de Apatzingán de la Constitución, Mich.	138
4.2.3.1.1	Vista de una mesa de trabajo en el laboratorio de suelos y aguas.	145
4.2.3.1.2	Momento en que se da lectura al hidrómetro en el análisis de textura.	145
4.2.3.1.3	Determinación de fósforo en los suelos empleando un espectrofotómetro "spectronic 20".	145
4.2.3.1.4	Determinación de calcio y magnesio en el análisis de fertilidad de los suelos.	146
4.2.3.1.5	Lectura del fotómetro "Evans" en la determinación de la salinidad y sodicidad en los suelos.	146
4.2.4.3.1	Elaboración y supervisión de mapas de suelos y uso actual.	156
4.2.4.3.2	Transferencia de datos de las fotografías aéreas a los mapas preliminares.	156
5.1.4.1.1	Aspecto de la agricultura de riego en la zona de estudio.	170
5.1.4.1.2	Aspecto de la agricultura en suelos con problema de pedregosidad en el área de estudio.	170
5.1.4.3.1	La ganadería de la zona se alimenta básicamente de rastrojo de maíz y sorgo así como residuos de las cosechas de algodón.	189
5.1.4.3.2	Aspecto de la ganadería en la zona de estudio, en donde la raza dominante es la cebú.	189

## VII

### PROLOGO

Debemos felicitar al joven pasante de la carrera de ingeniero agrónomo Jorge Pedro Topete Angel por su esfuerzo e irududable aportación cultural que con su Tesis Profesional hace a la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara. Sin duda, las generaciones actuales y futuras de estudiantes obtendrán un beneficio el cual finalmente se ha de traducir en el mejoramiento del agro y de los campesinos.

Este trabajo de tesis es muy meritorio, si por una parte tomamos en consideración que Pedro Topete se ha formado como agrólogo y fotointérprete a sólo tres años de haber egresado de la Escuela, y por la otra que ha elegido un tema que hasta la fecha no había sido considerado por ningún otro pasante. Con esto último, se vendrá ayudar a los cursos de suelos, a los de agrología y a otros relacionados; asimismo constituye ésta tesis un estímulo para fundar la cátedra de fotopedología y fotointerpretación dentro de la orientación de suelos.

Esta tesis cuyo tema se refiere a la aplicación de la fotopedología a levantamientos agrológicos, no sólo ha cumplido con su cometido, sino que, además, por interés de su autor, se ha extendido en aspectos tan importantes como los que se refieren a características de los levantamientos agrológicos, antecedentes históricos, principios de fotointerpretación, y en el ejemplo y experiencia concreta que Topete vivió en la región de Apatzingán, Mich., proporcionandose así a la tesis un enfoque eminentemente práctico.

Creemos que éste tipo de tesis, con sus limitantes naturales, inherentes al proceso formativo de un joven agrónomo, debería ser publicada y distribuida no sólo en su Escuela de origen sino en todas las Escuelas de Agronomía del país.

Agradezco a mi amigo y compañero Pedro Topete, la inmerecida distinción de que he sido objeto al invitarme para escribir éste prólogo.

Federico Peña Rodríguez  
Subdirector de Agroeconomía.  
Estudios y Proyectos, S.A.

## INTRODUCCION

La agricultura constituye actualmente la base de la economía de México; por lo tanto el conocimiento de las características, físicas, químicas y biológicas de los suelos, así como el medio ambiente en que se desarrollan, el origen y modo de formación de los mismos, son aspectos fundamentales para determinar la capacidad de uso y manejo que debe darse a las tierras.

El presente estudio consta de dos partes, la primera tiene como finalidad, presentar los conceptos y criterios que han dado lugar a metodologías para la clasificación y evaluación de las tierras, en los levantamientos de suelos y los cuales han dado lugar a la formación de una rama del suelo que es la agrología. Los estudios agrológicos se llevan a cabo en México, desde los primeros años de este siglo y actualmente se han visto apoyados por el uso de fotografías aéreas; en esta primera parte se hace un desglose del concepto agrológica y la importancia de ésta en el estudio de los suelos con propósitos específicos de productividad agropecuaria y/o forestal.

El capítulo dos de esta tesis nos muestra las bases o principios usados en la interpretación de fotografías aéreas, así como el equipo y materiales fotográficos más usados en los trabajos de fotointerpretación de suelos.

La segunda parte de este trabajo, que se considera como la parte central del mismo, es la exposición de un método fotointerpretativo que lleva el fin específico del estudio pedológico y agrológico de los suelos, teniendo como base principal el uso de fotografías aéreas.

El objetivo que se persigue es el de demostrar la aplicabilidad de este método y las ventajas que pueden obtenerse con el empleo del mismo.

La fotopedología como método aplicado al estudio de los suelos, comprende un acervo de conocimientos y experiencias así como de principios y metodologías que han permitido determinar en las fotografías aéreas, las propiedades de los suelos desde un punto de vista pedológico.

El método, al igual que otros, se auxilia de varias ciencias o ramas de éstas, relacionadas con el estudio de los suelos tales como geología, geomorfología, fotogrametría, etc., las cuales en forma general son explicadas en este trabajo.

El material que forma la presente tesis, es el producto de una revisión bibliográfica sobre agrología, fotointerpretación, fotografía aérea y pedología, con la cual se pretende dar un enfoque básico acerca de la agrología y el empleo de la fotointerpretación en la misma; así mismo, es producto de experiencias obtenidas en el transcurso de tres años, en los que el

autor ha trabajado en los levantamientos agrológicos y que ha contado con el asesoramiento desinteresado del Ing. Federico Peña Rodríguez y del Ing. - Rafael Ortíz Monasterio, autores del método fotopedológico.

El presente trabajo queda sujeto a la crítica abierta de todos aquellos versados en la materia y se espera que contribuya en la formación de los nuevos agrólogos y fotointérpretes mexicanos.

Jorge Pedro Topete Angel .

Escuela de Agricultura de la  
Universidad Guadalajara,  
Guadalajara, Jal . 1979 .

## 1. LEVANTAMIENTOS AGROLOGICOS .

### 1.1 Qué es la agrología .

Es curioso mencionar que no existe una definición de agrología, -- sino sólo algunas referencias, pero sin llegar a completar y caracterizar debidamente el término .

En México se ha usado el término agrología como sinónimo de edafología, sin embargo, de acuerdo con las actividades que se desarrollan dentro de la agrología en nuestro país, existe una diferencia fundamental entre la edafología y la agrología . Enseguida se mencionarán algunos enunciados que han querido definir lo que es la agrología .

Se ha considerado que la agrología tiene por objeto el estudio y clasificación del suelo desde el punto de vista de su capacidad de producción, su disponibilidad para el riego y su capacidad para reintegrar utilidades y costos de inversión del mismo .

En el Manual de Clasificación de Tierras con fines de Riego del " Bureau of Reclamation" de los Estados Unidos, se define -- que: " La clasificación de la tierra consiste en el avalúo sistemá tico de ella y su designación por categorías sobre la base de características similares . La clasificación de la tierra está destinada al fin específico de establecer la extensión y grado de aptitud de la tierra para agricultura permanente de riego . Por aptitud se entiende aquí el conjunto de características de la tierra que de terminan los límites dentro de los cuales puede ser aprovechada para una agricultura de riego económica y permanente . Esa aptitud se mide en términos de la capacidad productiva potencial, los costos de producción y los costos de desarrollo de la tierra" .

En el tratado de Pedología Agrícola, el suelo y sus características agronómicas, G. Gaucher; hace una referencia diferenciando etimológicamente a la agrología de la Pedología: Agrología viene del Latín "ager", que quiere decir tierra labrada; y la Pedología, del griego " Pedon", que significa el suelo que se pisa con los pies . Asimismo dice: La ciencia que estudia los suelos -- cultivados es la Agrología; por último expresa que, "la agrología viene a ser una parte de la Pedología agrícola (rama aplicada al estudio de los suelos cultivados) . Como podemos ver, no hay una definición concreta y estas referencias poco nos dicen . En la memoria del primer colegio agrológico de Meoqui, Chih., aunque no definen el término agrología, nos hacen comprender el significado de ésta, ya que toman el estudio del suelo desde los puntos de vis ta Pedológico, edafológico, económico y social . Esto lo observamos cuando definen al suelo como "un cuerpo natural, compuesto



de materias mineral y orgánica y que tiene horizontes más o menos definidos de eluviación e iluviación"; cuando hacen referencia a la adaptación de cultivos, dependiendo de los diferentes tipos de suelos; cuando hacen notar las características de estos diferentes tipos de suelos y por último, cuando denotan la factibilidad de irrigación de una zona determinada; aquí se observa, que a la agrología, se le relaciona íntimamente con áreas bajo riego, aunque no necesariamente debe de ser así; pero lo que llaman "factibilidad" se entiende como la recuperación de las inversiones que se le hagan a las tierras de labranza, asimismo como la obtención del medio económico para sostener al agricultor y su familia, en esta última parte es donde se relacionan los factores económico y social, anteriormente citados.

Así podríamos seguir señalando una serie de referencias de lo que se ha querido definir como la ciencia agroológica; aunque se citará una definición que tal parece abarca los aspectos anteriormente señalados, esto de una manera breve y concisa. En la Foto-pedología de F. Peña (1965), éste define a la ciencia Agroológica - como: la rama de la ciencia del suelo que tiene por objeto el estudio de las características de los suelos, que al ligarse a consideraciones de índole sociales y económicas, se aplican para la solución de problemas agro-económicos.

Como podemos observar, en esta definición, se hace notar que la diferencia entre edafología y agrología es la que se encuentra en lo relativo a circunstancias sociales y económicas, en -- donde: La Edafología hace una relación de los factores suelo, planta, agua y la Agrología hace su relación en los factores suelo, -- planta, agua y además factores socioeconómicos, los que están -- íntimamente relacionados con los ya indicados.

### 1.1.1 Desarrollo histórico de la agrología.

Fue en Rusia donde se establecieron los cimientos de la Ciencia - del Suelo desde el año de 1870; en algunos países de Europa se inicia esta Ciencia a fines del siglo pasado; después en la primera - década del presente siglo, los Estados Unidos de Norteamérica to maron interés en el estudio de los suelos.

La clasificación de la tierra para riego, comenzó con la -- aprobación de la Ley de Mejoramiento en 1902 en los Estados Uni dos de Norteamérica, en la cual se incluía la clasificación de tier ras como parte de los estudios geológicos de reconocimiento rea lizados por el "Geological Survey", después se estableció el Ser vicio de Mejoramiento en 1907 y la Dirección de Mejoramiento -- en 1923. En el Acta "Fact Finders", de 1924; se hace referencia directa a la clasificación de tierras, esta Acta da al Ministerio -

del Interior la responsabilidad de que, "La tierra para riego de cada nuevo proyecto y en las posteriores divisiones de éste, sea clasificada, de acuerdo con su capacidad, bajo un programa agrícola apropiado, para sustentar a una familia agricultora y para pagar el agua utilizada".

También se hace referencia directa a la clasificación de la tierra en subsiguientes decretos de enajenaciones y regulaciones y en el Acta del Proyecto de Mejoramiento de 1939, que respalda y amplía la responsabilidad ya señalada. El Acta de Presupuesto del Ministerio del Interior para el año fiscal finalizado el 30 de junio de 1953, (Ley Pública 472, 82º Cong. 2º sesión) bajo el encabezamiento de la Dirección de Mejoramiento, Construcción y Rehabilitación, estipula lo siguiente:

"Que ninguna parte de este o cualquier otro presupuesto podrá ser utilizada para iniciar la construcción, bajo los términos de la Ley de Mejoramiento, de cualquier dique o sistema de distribución de agua relativo a tales diques o reservorios, hasta tanto el Ministerio certifique al Congreso que ha sido realizado un estudio de suelos y una clasificación de tierras adecuados y que la tierra a ser regada es apta para producir cultivos agrícolas por medio del riego".

La certificación de que el estudio de suelos y la clasificación de tierras son adecuados, como fue exigido por el Acta de Presupuesto de 1953, ha quedado como requisito permanente.

### La Agrología en México.

Los conocimientos en relación con el estudio de los suelos principalmente los del país, han ido variando de acuerdo con las distintas épocas de la actuación de los agrónomos y de la política de México y también ha habido cambios notables en los sistemas de trabajo debido al adelanto tecnológico y científico.

Ahora, el estudio agrológico se considera indispensable cuando se trata de emprender una obra de riego, pues se considera el suelo como uno de los recursos naturales al que hay que dar la debida importancia y que junto con los recursos hídricos, forman la unidad "suelo y agua" que tiene un significado de primer orden para el progreso del país.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos tiene encomendado el estudio y el conveniente aprovechamiento del suelo y de los recursos hidrológicos. Este organismo se originó por la fusión de la Secretaría de Agricultura y Ganadería y la de Re-

4

cursos Hidráulicos; la primera, que tuvo la denominación de Secretaría de Agricultura y Fomento, desde los primeros años de su fundación ha trabajado en el citado estudio, como lo muestran algunas de sus publicaciones.

Por su parte, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, que fue antes Comisión Nacional de Irrigación, desde sus principios ha tenido a su cargo el estudio de los suelos, según su naturaleza y propiedades, en relación con el cultivo de las plantas en las zonas preparadas para el riego.

El año de 1854 se fundó la Escuela Nacional de Agricultura y Veterinaria en San Jacinto, D.F., en la cual se impartía la enseñanza de la Química Agrícola, pero no fué sino hasta el año de 1900 que en ella se estableció el primer laboratorio de Química Agrícola y Suelos de la República Mexicana, del que fue jefe el señor Ing. Agrónomo Manuel Pardo y Urbina, profesor de dicha asignatura.

Entre los años de 1907 y 1910, el plantei se reorganizó por completo, estableciéndose como anexa la Estación Agrícola Central y formándose las primeras estaciones agrícolas experimentales que fueron la de Teapa, Tab. y la de Río verde, S.L.P. la cercana a la ciudad de Oaxaca, Oax., y la de Ciudad Juárez, Chih. En este lugar ya existía la Escuela Particular de Agricultura, fundada por los señores Escobar Hnos.; el año de 1905. En México comienza la etapa moderna de la Ciencia del suelo a partir de la fundación de la Comisión Nacional de Irrigación en el año de 1926, la cual hizo los primeros levantamientos agrológicos en los proyectos de las obras de riego y con la celebración, en 1928, del Primer Colegio Agrológico, que tuvo lugar en Meoqui, Chih. Sin embargo, los antecedentes de los estudios agrológicos y de la Ciencia del Suelo en México se tienen que buscar desde los años anteriores a la Conquista entre las diferentes culturas indígenas, siendo principalmente importante la clasificación de los suelos en el área Maya que aún se usa por los campesinos.

Por otra parte, los Toltecas y los Aztecas también tuvieron su nomenclatura propia para la clasificación de los agregados del suelo y los nombres de algunas texturas características de la tierra se conservan todavía en el campo entre la población rural.

En el año de 1926 la Comisión Nacional de Irrigación trajo al país técnicos norteamericanos, entre ellos a científicos del suelo, como Charles E. Shaw, Arthur E. Kocher y Walter E. Packard, quienes fueron acompañados por los agrónomos mexicanos Roberto G. Gómez y Julio Riquelme Inda, para efectuar los primeros estudios agrológicos.

Fue entonces, a raíz de la organización de la Comisión Nacional de Irrigación, en el año de 1926 y debido en gran parte al resultado del primer estudio agrológico que se llevó a cabo en Guatimapé, Dgo., cuando se reconoció la necesidad de formar una oficina que se encargara de realizar los estudios de suelos, previos a la ejecución de las obras de riego, por lo que se creó el Departamento Agronómico, cuya función principal fue en ese tiempo el de practicar los estudios mencionados.

En esa misma época comenzaban a multiplicarse los proyectos de riego y en todos ellos presente el personal ya preparado de agrólogos, por lo que se pensó en reunir a quienes se ocupaban en esa actividad con el objeto de unificar su criterio y adoptar una nomenclatura adecuada a nuestros suelos, pero de acuerdo con la internacional en determinados aspectos generales. Fue así que se efectuó el Primer Colegio Agrológico en Meoqui, Chih. (1928) el cual, consolidó el firme establecimiento de la Ciencia del Suelo en México como una disciplina específica y bien definida.

Muy posteriormente, en 1958 se estableció formalmente en la Escuela Nacional de Agricultura de Chapingo, la especialidad de suelos creandose el Departamento de este ramo, considerándose su básica y primordial importancia para el desarrollo agrícola del país y para las obras de riego que se ejecutan.

En la Segunda Conferencia Interamericana de Agricultura de 1942, la LIX resolución de esta Conferencia aprobada ya por el Gobierno de México dice:

"Que el conocimiento y la clasificación de los suelos es imprescindible para el desarrollo de una agricultura científica que seleccione las explotaciones que más convengan a la constitución intrínseca de los mismos, en relación con las condiciones ecológicas y económicas de cada región".

" Que es indispensable hacer el estudio de los suelos con anticipación a los proyectos de riego, tanto para lograr una racional distribución de las tierras por regar, como por éste único medio de evitar posibles desastres económicos en el futuro; que para una agricultura racionalmente manejada a base de regadío es necesario determinar para cada región los coeficientes de riego adecuados para cada tipo de suelos y cultivo".

De las resoluciones anteriores, se desprendieron las siguientes recomendaciones:

- I. Que a fin de uniformar los procedimientos de levantamiento de investigación sobre suelos, se aproveche la experiencia

del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de Norteamérica y que se adopte en forma general su sistema de exámen y clasificación cuyos detalles especifica el "Soil Survey Manual" del que es autor el Doctor Charles E. Kellogg.

- II. La constitución de un Comité Latinoamericano coordinador de la nomenclatura de suelos, que tome en consideración los términos equivalentes del inglés, portugués y francés. Se sugiere como terminología inicial la traducción al Castellano del Glosario de Términos del "Soils and Men", presentado por la Delegación Argentina. (Aprobado el 16 de julio de 1942).

En cumplimiento de estas resoluciones, la extinta Comisión Nacional de Irrigación imprimió en mimeógrafo una traducción del Manual de Levantamientos Agrológicos del Dr. Charles E. Kellogg, la que ha distribuido principalmente entre sus agrólogos, con objeto de que sirva como guía general para estos estudios.

Desde entonces, se ha venido haciendo una serie de adaptaciones de éstos procedimientos generales a las peculiaridades de nuestros problemas y objetivos, especialmente en el caso de los estudios relacionados con los proyectos de riego que construye la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, así como empresas privadas que trabajan el ramo de la agronomía y la agrológica.

### 1.1.2 Importancia de la Agrológica.

Sabemos que en México hay la necesidad urgente de estudios agrológicos, dado que el aumento de población y el aumento de ejidos así lo requieren además de una serie de problemas de índole socio-económico-político.

Asimismo hay la necesidad de conocer y clasificar de manera sistemática todos los suelos de nuestro país; como ya lo han hecho otros países, Estados Unidos y Rusia por ejemplo.

La aplicación de la agrológica es importante, ya que es básico el levantamiento de suelos a nivel nacional para darnos cuenta realmente de la capacidad de uso de nuestros suelos y poder también, cuantificar sus riquezas en cuanto a agrológica se refiere, así como a los problemas que afectan estos suelos. La importancia de la agrológica se puede considerar también, en virtud de que esta ciencia no sólo estudia los principios científicos del suelo, sino también estudia resultados obtenidos, que al asociarse con

aspectos de índole socio-económicos, se aplican para la solución de problemas agro-económicos.

Así pues, la importancia de la agrología no sólo radica en el estudio del suelo sino también en el estudio de factores externos que como consecuencia nos mostrarán la capacidad de aprovechamiento del suelo y su influencia como medio de producción del sustento para la población nacional y mundial.

Es necesario que por medio de la agrología se efectúe un inventario a nivel nacional, de los recursos naturales como el suelo, agricultura, ganadería, bosques, etc. Por medio de esta ciencia se reconocería y se obtendría información real respecto a la superficie total de suelos susceptibles de explotación bajo agricultura de riego, humedad y temporal; así como las características integrales de los mismos. En México se han elaborado mapas de suelos del país a escalas pequeñas por diversos organismos oficiales, se ha empleado la fotointerpretación desde 1959 y se han elaborado por DETENAL, mapas de clasificación de los suelos en aproximadamente 50% del país, y aunque esta información nos muestra gran parte de nuestros recursos naturales, es importante dar mayor énfasis a los estudios del suelo cubriendo la totalidad del país.

Un motivo importante para el empleo de la agrología es el evitar la destrucción de los suelos que por esta causa y otras más, áreas antes productivas, se encuentren perdidas en la actualidad y otras tantas con graves problemas y en una situación desventajosa. En México, esta ciencia, se aplica principalmente a proyectos con fines de riego y/o reclasificación de áreas bajo riego, aunque es de importancia señalar que también se emplea en el estudio de áreas de temporal.

La importancia de esta disciplina es la de justificar económica y técnicamente a dichos proyectos.

El hecho de que a los estudios agrológicos elaborados no se les de la importancia necesaria, permaneciendo archivados en los distritos de riego, han sido la causa de cuantiosas pérdidas.

Donde se ve la importancia del levantamiento agrológico es en países con avanzada técnica en donde la observancia de recomendaciones del estudio lleva a ser verdaderamente exitosa la producción agropecuaria; en este caso hay que citar a los Estados Unidos que tienen la mejor agricultura de todo el mundo y curiosamente es este el primer país donde se han aplicado los levantamientos agrológicos para proyectos de riego.

Ahora bien, la agrología no sólo se aplica en áreas para proyectos de riego, sino también en todas aquellas regiones de interés

para la producción forestal, agrícola y pecuaria, así como de aquellas zonas en donde hay que preservar la vida silvestre o dedicarla para fines turísticos o de recarga de acuíferos. Como ejemplo de la importancia que ha tomado la agrología en México podemos decir lo siguiente: — unos 15 años atrás no daban la debida importancia a la agrología (a pesar de que en el primer Colegio Agrológico de Meoqui, Chih.(1928) ya se le daba énfasis a la importancia de esta ciencia), a un nivel profesional, actualmente ya se toma en cuenta pero todavía el sector campesino no está concientizado al respecto, siendo de vital necesidad el enseñar al campesino el buen manejo del suelo por medio de la agrología, — asimismo, aún en las especialidades u orientaciones de suelos, fitotecnia y otras, de las escuelas de agricultura, no se da el énfasis suficiente a la importancia de la agrología, viendo también que no hay los medios necesarios para producir buenos agrólogos, produciéndose agrólogos improvisados, siendo negativo este renglón en cuanto a agrología — se refiere.

Hay una necesidad urgente de preparación de agrólogos; en donde la teoría y la práctica sean la base de formación primordial para que — una vez concluida la preparación del estudiante, éste sepa desenvolverse profesionalmente de manera positiva en esta rama de la agronomía, sin temor a errores que podrían ser desde poco apreciables hasta muy significativos a nivel nacional.

## 1.2 Tipos de levantamientos agrológicos.

### 1.2.1 Levantamientos agrológicos con fines de riego.

#### 1.2.1.1 Propósito específico de la clasificación.

El propósito específico de la clasificación de la tierra, como fue establecido en 1924 en el acta Fact Finders del U.S. Bureau of Reclamation, " es el de clasificar la tierra con respecto a su capacidad, bajo un programa agrícola apropiado, para sustentar una familia y pagar los cargos por agua, y el Ministerio esta autorizado para las respectivas cargas de construcción a cada clase de tierra en el mismo proyecto, con el propósito de recibir una parte equitativa de ellas para cubrir el costo total de construcción, de tal manera, que cada clase de tierra pueda soportar tales cargas de acuerdo con su respectiva — capacidad productiva".

En la Dirección de Mejoramiento creada en 1923 por el U. S. Bureau of Reclamation, la clasificación ha sido desarrollada con este propósito específico. Además, la clasificación esta proyectada para obtener datos básicos definitivos, seguros y relativamente permanentes, los cuales son esenciales para resolver los problemas — agronómicos, económicos y de ingeniería, asociados con los trabajos de la Dirección de Mejoramiento.

## Principios Básicos.

La fase más importante de la clasificación de la tierra, es la de separar las tierras regables de las que no lo son. El procedimiento general para llevar a cabo esta separación y para clasificar la tierra de acuerdo con el propósito específico ya definido, comprende un análisis de las condiciones que determinan que la tierra sea arable y regable, comienza con la consideración de una superficie de tierra indeterminada, que es o puede ser regada, y termina con la designación de las clases de tierra. Las consideraciones fundamentales son: la capacidad productiva de la tierra en función de los factores: suelo, topografía y drenaje. Por ejemplo: la cantidad y calidad del agua aprovechable para riego se considera de acuerdo a las características del suelo y a la adaptabilidad de cultivos. El próximo paso en esta clasificación es la división de los factores físicos (suelo, topografía, drenaje) en categorías que tienen aproximadamente igual importancia o significado económico. El resultado de este paso es el establecimiento de las especificaciones o criterio para elaborar los mapas. Los criterios son aplicados al área para determinar la arabilidad básica de las tierras. La clasificación de arabilidad básica se modifica de acuerdo con datos físicos suplementarios obtenidos de la experiencia lograda en proyectos similares ya en operación, en donde se conoce cuál ha sido el comportamiento de los aspectos físicos, de ingeniería, hidrología y economía, comportamiento que se espera afecte ciertamente al proyecto investigado. Las etapas principales de este proceso se señalan más adelante; aunque los pasos se señalan cronológicamente, ellos están íntimamente correlacionados, y deben ser desarrollados simultáneamente y a medida que la información que se vaya obteniendo lo permita:

- a) Un estudio de los recursos de la tierra y de las experiencias en un área completamente desarrollada que tiene condiciones físicas y climáticas similares al área investigada.
- b) Análisis de la influencia probable de los factores físicos específicos en la economía de la producción y costos de desarrollo de la tierra en el área investigada.
- c) Separación, por categorías, de los factores físicos que tienen aproximadamente igual significado económico, y el desarrollo del proyecto de las especificaciones para la clasificación de la tierra.
- d) Aplicación de las especificaciones de clasificación de la tierra en la clasificación por su arabilidad.



- e) Modificación de la clasificación de arabilidad, a medida que se obtiene la información suplementarla correspondiente a los aspectos físicos, de ingeniería, hidrológicos y económicos.
- f) Conclusión de la clasificación de la tierra regable o localización en el plano del proyecto de las tierras específicas -- que han sido halladas aprovechables para ser desarrolladas mediante riego.

### 1.2.2 Factores económicos.

Los factores económicos que se consideran básicamente, con fines de establecer las especificaciones para la clasificación de tierras son: capacidad productivas, costos de producción y costos de desarrollo de la tierra. La consideración de estos factores básicos, incluyendo sus aspectos agroeconómicos, es esencial para la determinación de la aptitud de la tierra con fines de riego. Este es un criterio fundamental, aún en el caso de que se estén considerando nuevos desarrollos, o programas de rehabilitación y mejoramiento.

#### 1.2.2.1 Capacidad productiva.

La capacidad productiva connota la adaptabilidad y el rendimiento de los cultivos y es de importancia primordial para determinar el grado de aptitud de la tierra para riego. El valor de la tierra depende en gran parte de su capacidad para producir cosechas en forma sostenida y, asimismo, dicha capacidad se refleja directamente en las clases de tierra. Los principales factores que influyen en la capacidad productiva (excluyendo el manejo) son:

- a) Condiciones climáticas, tales como distribución de las lluvias, movimiento del aire, temperaturas;
- b) características del suelo, tales como textura, profundidad, salinidad, fertilidad;
- c) características topográficas, tales como posición de la tierra, pendiente y relieve;
- d) disponibilidad y calidad de agua;
- e) drenaje.

#### 1.2.2.2 Costos de producción.

Los costos de producción son tan importantes, como la capacidad productiva, y tienen su efecto correspondiente en las especi

ficaciones para la clasificación de la tierra. Se ha demostrado - en base a experiencias que los costos anuales de producción como los destinados a mano de obra, enmiendas al suelo, equipo y agua, están relacionados, no solamente con el tipo de cultivo, sino también con factores físicos, como suelo, topografía y drenaje.

### 1.2.2.3 Desarrollo de la tierra.

La aptitud de las tierras para el riego está directamente relacionado con el desarrollo de las mismas. Las clases de tierra reflejan, no sólo su capacidad productiva y costos de producción, sino también los costos cubiertos por el parcelero, con el fin de preparar inicialmente las tierras para el riego. Esto incluye los costos de desmonte y limpieza, nivelación, emparejamiento, construcción de regueras permanentes y drenes, acondicionamiento para la tierra y cierto equipo para regar, tal como el usado para bombear o el riego por aspersión. La extensión y costo del desarrollo de la tierra están determinados, en buena parte, por las características topográficas, aunque el suelo y las características del substrato, cobertura y otros factores, pueden ser importantes. Deben establecerse los costos permisibles de desarrollo para cada clase y subclase de tierra, con el objeto de desarrollar las especificaciones para la confección de mapas.

### 1.2.3 Factores físicos.

La distinción entre las diferentes clases de tierra y la delimitación de sus características específicas en el campo, para ser aplicables como modelo y para alcanzar los objetivos de la clasificación de tierras, se hace en base a la consideración de factores físicos entre los cuales, el suelo, la topografía y el drenaje, son los de mayor importancia. Cada uno de estos factores, así como sus relaciones recíprocas, se consideran desde el punto de vista de sus características convenientes para la agricultura de riego, y de las características limitantes que indican una baja aptitud de la tierra para el mismo fin.

#### 1.2.3.1 Factor suelo.

El factor suelo, definido como un cuerpo natural, con sus muchas características físicas, químicas y biológicas, tangibles, constituye uno de los principales criterios para evaluar la tierra con fines de riego. Ciertas características son relativamente estables, por ejemplo la textura del suelo y, por lo general, no están sujetas a cambios. Otras pueden ser raramente modificadas tal como la estructura del suelo, por diferentes tratamientos culturales. La experiencia ha demostrado que las características del --

suelo estan directamente relacionadas con su capacidad productiva, adaptabilidad de los cultivos y los costos de producción de los mismos y de desarrollo de la tierra. La relativa importancia agroeconómica de una característica individual, puede variar de un lugar a otro, dependiendo de factores como: clima, topografía, cantidad y calidad del agua, y uso de la tierra. Sin embargo, son necesarias ciertas condiciones para una explotación agrícola provechosa y sostenida. En las características de los suelos se establecen categorías para proveer las condiciones requeridas en áreas específicas. Estas categorías se usan en el campo, como parte de las bases para las apreciaciones del grado de aptitud de la tierra para el riego.

#### -Características del suelo.

Las características del suelo, observables y medibles, que son útiles para clasificar la tierra de riego, se anotan a continuación.

- a) Las características físicas, tales como profundidad efectiva, textura, estructura, consistencia, color, permeabilidad al aire y al agua, drenabilidad, tasa de infiltración y susceptibilidad a la erosión, capacidad de retención de humedad aprovechable, y pedregosidad.
- b) Las características Químicas, tales como: fertilidad inherente o capacidad de suplir elementos esenciales y microelementos aprovechables, pH, capacidad de cambio, salinidad, tipo de arcilla mineral, carbonatos totales, yeso, boro y Selenio; y
- c) Características Biológicas tales como: tipo y cantidad de materia orgánica, fijadores de nitrógeno y otros organismos beneficiosos, nemátodos y organismos patológicos.

#### - Condiciones requeridas.

Las condiciones generales del suelo requeridas para una agricultura de riego, permanente y rentable, incluye lo siguiente, El suelo:

- a) Debe tener una capacidad de retención de agua aprovechable razonablemente alta;
- b) Debe ser rápidamente penetrable por el agua para permitir la aireación, el reabastecimiento del suelo con agua, el escape rápido del exceso de ésta y el lavado de sales solubles;

- c) Debe tener, por otra parte, una tasa de infiltración suficientemente baja para prevenir la excesiva percolación y sequedad;
- d) Debe ser lo suficientemente profundo para permitir el necesario desarrollo radicular, proveer espacio adecuado para retención del agua y facilitar el drenaje;
- e) No debe presentar mayores inconvenientes a las operaciones culturales inmediatas;
- f) Debe estar libre de cantidades perjudiciales de sodio o "alcali negro";
- g) Debe estar libre de acumulaciones de sales perjudiciales, o si las contiene, deben ser fácilmente lavables.
- h) Debe tener una capacidad adecuada de suministro de nutrientes para el normal desarrollo de las plantas; una favorable capacidad de cambio de cationes, y estar libre de cantidades perjudiciales de elementos tóxicos; y
- i) Debe ser resistente a la erosión excesiva bajo prácticas de riego económicas.

#### 1.2.3.2 Factor topografía.

El factor topografía en la clasificación de la tierra, refleja: la necesidad y el costo de desarrollo de la tierra; la facilidad o dificultad en hacer llegar el agua a la granja y aplicarla a la tierra cultivada; y, en cierto modo, el drenaje y la adaptabilidad y permanencia del cultivo. Las excesivas deficiencias topográficas afectan adversamente el uso eficiente del agua de riego en las fincas. La correlación de este factor con el grado de aptitud, obliga a considerar los tres factores topográficos principales: grado de pendientes, relieve y posición. También se deben tomar en cuenta los efectos de dichos factores sobre las diferentes condiciones de suelo y drenaje, teniendo en cuenta los métodos de riego que van a ser usados. Esta correlación fija las especificaciones topográficas para las diferentes clases de tierra, las cuales se aplican en las evaluaciones de campo. El tamaño y la forma de las áreas, así como la cobertura, debido a su relación común con el desarrollo de la tierra, se considerarán como una parte del factor topográfico.

- Pendiente.

El grado de pendiente es considerado en diferentes formas. Las tierras que no tienen una pendiente general uniforme, o tienen -- muy poca pendiente, generalmente son afectadas por mal drenaje, a menos que tengan condiciones que les den buen drenaje interno. Sin embargo, tales tierras, para ciertos cultivos y condiciones -- especiales de suelo, pueden ser adecuadas para riego subterráneo. En sitios donde este método se utiliza o se proyecta hacerlo, de be darse especial consideración a la clasificación de la tierra. -- Las pendientes satisfactorias para el riego de gravedad son determinadas mediante la consideración de los siguientes puntos:

- a) Susceptibilidad de los suelos a la erosión;
- b) Tipos de cultivo previstos (aguacate, cítricos, uva y otros cultivos permanentes, pueden explotarse dejando beneficios año tras año, en tierras con 20% de pendiente o más).
- c) Tasa de infiltración y capacidad de retención de humedad -- aprovechable del suelo, de tal manera que el riego puede -- ser realizado sin excesivas pérdidas de humedad en la superficie o por percolación profunda.
- d) Areas excesivamente planas que requieren canales elevados para la distribución del agua; o fajas estrechas que resultan de cambios bruscos de pendiente, en cuyo caso es necesario construir caídas de agua en distancias relativamente -- cortas que permitan la distribución del agua a través de la pendiente.
- e) Los métodos de riego, que varían ampliamente.

En los valles amplios, de superficie lisa, lo más práctico es el uso de grandes caudales de agua y el riego por inundación dentro de diques o bordes de tamaño normal, en combinación con diques pequeños o estanques de muy poca profundidad. En otras áreas se ha comprobado que los métodos de surcamiento dan buenos resultados, por adaptarse mejor a las condiciones dominantes de suelo y topografía. Las tierras con pendiente excesiva o de superficie irregular, que no se prestan a la nivelación, pueden ser regadas por aspersión. Donde se contemple este método de riego, debe dársele especial consideración a la clasificación de la tierra.

#### - Relieve.

Las tierras de superficie irregular se consideran en función del aumento en el costo de producción, disminución de los rendimiento

tos, adaptabilidad a los cultivos, y tamaño del campo, así como también en términos de corrección de la deficiencia. Los suelos son evaluados en base a las características que tendrán después de su nivelación, y no en las que tienen antes de realizar esta operación. En general, los suelos profundos de reciente deposición aluvial, pueden ser sometidos a nivelaciones de cierta consideración, originando solamente una reducción temporal de la capacidad productiva; pero los suelos más maduros y más desarrollados, que tienen zonas de acumulación de cal relativamente cerca de la superficie, o los suelos de limitada profundidad al material más o menos impermeable o a la grava, no pueden ser fuertemente nivelados, sin que sufran seria disminución en su capacidad de producción, aumenten las dificultades en el drenaje, o aumenten los requerimientos de agua y los costos de producción.

#### - Posición.

Se considera el factor posición cuando las tierras están aisladas, o son altas o bajas, lo cual trae por resultado un aumento en los costos de desarrollo o en las de operación. El grado de aptitud de una parcela puede estar relacionado con las dificultades para hacerle llegar el riego y con las posibilidades de operación de la maquinaria agrícola.

#### - Cobertura.

La cobertura de la superficie comprende la vegetación o roca que debe ser removida para que la tierra pueda ser satisfactoriamente cultivada. En algunos casos se presentan tierras donde la cobertura ha sido eliminada; pero en otras partes, su presencia determina la reducción de la capacidad productiva de la tierra o el aumento del costo de producción, de tal manera, que si no ha sido removida la cobertura en el momento de la clasificación, se tomará como factor para la determinación de la clase de tierra. La remoción de la cobertura es un costo de desarrollo de la tierra y en consecuencia, entra directamente en la determinación de la clase de tierra. En forma similar, cualquier disminución en la capacidad productiva o aumento en los costos de producción, ocasionado por este factor, afectará a la clasificación.

### 1.2.3.3 Factor drenaje.

Drenaje es la descarga de agua, de un área por simple escurrimiento laminar o por canales (drenaje superficial); y la eliminación del exceso de agua contenida en el suelo por movimiento del agua hacia abajo, o flujo lateral a través del suelo, subsuelo y substrato (drenaje interno). El término drenaje se utiliza tam-

bién para referirse a los medios de poner en movimiento el agua de la superficie de la tierra y de la parte interior del suelo, -- ejemplo: canales abiertos, tuberías subterráneas de barro cocido, o pozos de bombeo. Es esencial eliminar el exceso de agua de la zona radicular para prevenir las acumulaciones de sales, -- ya que éstas son tóxicas a las plantas cultivadas y alteran negativamente las condiciones físicas del suelo, mediante la defloculación; y para evitar el encharcamiento del mismo, en vista de que la mayoría de las plantas requieren una zona radicular aireada.

Drenaje satisfactorio, natural o artificial, significa: la rápida remoción de los excesos de agua de la superficie para evitar la disminución en el rendimiento, la calidad y la adaptabilidad, de los cultivos, así como también el mantenimiento del nivel de la mesa de agua por debajo de la zona radicular; y el lavado de los suelos para mantener la concentración de sales solubles en la solución del suelo dentro de un rango favorable para el buen crecimiento de las plantas.

- Criterios de drenaje.

Los criterios más útiles para poder apreciar las necesidades de drenaje existentes y potenciales son: la conductividad hidráulica del suelo, subsuelo y substratos; la profundidad de las capas impermeables; la topografía, incluyendo relieve y pendiente de la superficie y de las capas internas; la posición de la tierra; la -- profundidad de la mesa de agua, incluyendo su fluctuación y la dirección de su movimiento; la calidad del agua; la salinidad y alcalinidad del suelo; la vegetación; y el tipo y localización de la -- salida de los desagües existentes. La variación de estos factores a través de todo el perfil afecta considerablemente el movimiento del agua, por ejemplo, cualquier cementación, "hardpan" o -- capa poco permeable, que detenga el libre movimiento del agua.

Los substratos poco permeables o impermeables son considerados de acuerdo con:

- a) Su profundidad debajo de la superficie del suelo ;
- b) Su grosor, relieve y gradiente;
- c) Su existencia como diques o escollos que puedan causar -- estancamiento de la mesa de agua, aún en mesetas o en terrenos con pendiente;
- d) La posibilidad de que estos estratos tengan una conformación tal, que pueden determinar la existencia de un lago -- subterráneo : formado por el agua de percolación y dar por resultado una mesa de agua muy alta; y

e) Su composición química.

1.2.4 Clases de tierras.

En una clasificación completa pueden ser reconocidas seis clases de tierra, es decir, cuatro regables, una temporalmente no regable y una no regable.

Las tres primeras clases representan aquellas tierras con una capacidad progresivamente menor para reintegrar los costos de construcción del proyecto. Las subclases de la clase 4, de excesivas deficiencias y por lo tanto, restringida utilidad, pueden dar un margen de beneficio muy variable, que puede ser menor al de la clase 3 hasta mayor que el de la clase 1, dependiendo de la utilidad particular que se haga de ellas.

El número de clases, dibujadas en el mapa de una investigación particular, depende de la diversidad encontrada en las condiciones de la tierra y de otros requisitos establecidos por los objetivos de la investigación particular.

Estas clases representan grados de aptitud para parcelas regadas, y son necesarias principalmente para señalar el uso de la tierra y establecer la diferente capacidad de pago. La clasificación de tierras, requiere examinar y evaluar las características físicas y químicas de los suelos. Las clases de tierra se han establecido tomando como base los aspectos económicos de la producción y del desarrollo de la tierra dentro de áreas ecológicas específicas. De aquí que la producción y potencial de amortización difieran notablemente entre tales áreas. Aunque todas las clases de tierra pueden ser encontradas en un área ecológica determinada, no siempre se da el caso de encontrarlas en su totalidad en cada proyecto estudiado.

CLASE 1.

Representa tierras que tienen , potencialmente , una capacidad de pago relativamente alta; comprende las tierras de mayor aptitud para la agricultura de riego, porque pueden producir rendimientos sostenidos y relativamente altos, con un numeroso grupo de cultivos adaptados a las condiciones climáticas, a un costo razonable. Tanto las condiciones del suelo como las topográficas son tales, que el desarrollo de la tierra podrá ser efectuado a un costo relativamente bajo.

CLASE 2.

Esta clase comprende las tierras de moderada aptitud para la -



agricultura de riego. En comparación con la clase 1, su capacidad productiva es notablemente menor, se adaptan a un grupo de cultivos más reducido, y la preparación para el riego, así como su explotación agrícola, son más costosos. Estas tierras no son tan deseables, ni de tan alto valor como las de la clase 1, debido a ciertas limitaciones corregibles o no. Cualesquiera de las limitaciones como Topografía, permeabilidad, salinidad, profundidad del suelo, etc., pueden ser suficientes para reducir las tierras de la clase 1 a la clase 2, pero se puede predecir que bajo buenas prácticas de manejo, tendrá adecuada capacidad de pago.

### CLASE 3.

Incluye tierras de la más baja capacidad de pago. Comprende -- aquellas tierras que son menos aptas, para la agricultura de riego, que las de la clase 2, porque presentan deficiencias en suelo, topografía o drenaje, como las señaladas para la clase 2., pero en mayor grado. Estos problemas pueden ser susceptibles de co rrección, pero sólo a un costo relativamente alto. La explotación agrícola de esta tierra puede encerrar más riesgo que la de la -- clase 1 ó clase 2, pero se puede predecir que bajo buenas prácti cas de manejo, tendrá adecuada capacidad de pago.

### CLASE 4. Limitada o de Uso Especial.

Pueden tener una excesiva deficiencia específica o deficiencias -- susceptibles de corrección a un costo alto, pero son aptas para riego debido a que pueden ser utilizadas en forma intensiva para cultivo, tales como hortalizas y frutas; pueden tener una o más -- de una deficiencia incorregible, lo cual limita su utilidad a cultivos relativamente permanentes, pero si son manejados en unidades de adecuado tamaño o en asociación con tierras mejores, -- son capaces de mantener una familia y pagar los costos de agua. Las deficiencias pueden ser: drenaje inadecuado; topografía muy -- irregular; excesiva pedregosidad; o cobertura tal como bosques maderables. La magnitud de las deficiencias corregibles requiere fuertes inversiones muy superiores a las requeridas para la clase 3, pero en cantidades que son justificables por los beneficios que se espera obtener del plan específico para la utilización de estas tierras. Igualmente se incluyen en la clase 4 las tierras suburbanas que no cumplen con los requerimientos generales de arabilidad. Estas tierras pueden pagar los costos del agua como resultado de las entradas derivadas de su posición suburbanas , o de otras condiciones tales como su específica adaptabilidad a determinados cultivos. La clase 4 puede tener un rango mayor -- en la capacidad de pago, que el correspondiente a las clases ara bles asociadas.

### CLASE 5. No arable.

Las tierras incluidas en esta clase no son arables bajo las condiciones naturales; pero tienen un valor potencial suficiente para justificar su segregación tentativa, con el fin de hacer en ellas estudios especiales antes de completar su clasificación definitiva; incluye asimismo, aquellas tierras en proyectos existentes que, para ser incluidas entre las arables, requieren trabajos previos de construcción o mejoramiento de la tierra. La designación de la clase 5 es tentativa y debe ser cambiada a la propia clase arable o a la clase 6 antes de terminar la clasificación de la tierra. Pueden tener una deficiencia específica en suelo, tal como excesiva salinidad, topografía muy irregular, drenaje inadecuado, o excesiva cobertura. En todos los casos, solamente se segregan las tierras de la clase 5 cuando las condiciones existentes en el área exigen la consideración de tales tierras para una adecuada evaluación de las posibilidades del proyecto.

### CLASE 6. No arable.

Las tierras incluidas en este grupo son:

- a) las consideradas como no arables bajo las condiciones existentes en el sistema o en el proyecto, debido a que no cumplen con el mínimo de requisitos para ser incluidos en las otras clases;
- b) las áreas arables, cuando definitivamente no es posible disponer de agua para regarlas o no se les puede dotar de drenaje; y
- c) las clases 4 y 5; cuando su extensión o los detalles obtenidos en su respectiva investigación no garanticen su segregación.

Generalmente la clase 6 comprende tierras quebradas, irregulares, escarpadas o muy erosionadas; tierras con textura muy ligera o muy pesada; o suelos muy delgados sobre grava, caliza, arenisca o lente de arcilla compactada; y tierras que tienen drenaje inadecuado y alto contenido de sales solubles o sodio. Excluyendo las subclases de posición, las tierras de la clase 6 no tienen suficiente capacidad de pago para justificar su consideración como regables.

#### Sub-clases de Posición.

Siempre que la dotación de agua a la tierra arable constituye un problema debido a su posición aislada (i), alta (h), o baja (l), -

la tierra se clasificará primero con respecto a su arabilidad, y segundo, con respecto a los factores que puedan afectar a su regabilidad. Si durante el estudio el clasificador puede determinar, que el factor de posición no constituye problema, que la tierra si es regable, dicho factor no se toma en cuenta.

Si no se llega a una decisión definitiva, se coloca la tierra tentativamente en clase 5. Si se determina definitivamente que las tierras no son regables, debido a la posición, estas se clasificarán como 6h (2ST), 6i (1), ó 6i (2S).

#### 1.2.5 El tipo, la serie y unidades de levantamiento.

##### 1.2.5.1 El tipo.

El suelo "Tipo" es aquél que en todos los lugares donde se encuentra tiene una textura de solum, relativamente uniforme, y unas características de perfil relativamente uniformes también. Es la unidad de clasificación y la unidad en el levantamiento de planos agrológicos.

El nombre del tipo se forma por la combinación del nombre de la serie a la cual pertenece y la textura del solum, por ejemplo : Migajón arenoso San Joaquín. El nombre de la serie ( San Joaquín) significa los caracteres del perfil, los cuales son comunes a todos los miembros de la serie, mientras que la textura corresponde solamente al horizonte superficial o sea la parte del suelo que más le interesa al agricultor por ser la que ara, cultiva, riega, etc. Comparando esta clasificación con la clasificación botánica, las " series" se asemejan a las especies como " avena ", y el tipo a las subespecies o variedades de las especies, como " avena sativa" o " avena orientalis".

Se ha intentado dar al tipo un nombre que sea más descriptivo; en Illinois, hace más de medio siglo se describían los suelos por su textura, color y consistencia como " migajón arenoso pardo sobre arcilla dura gris", etc. Esto dió al principio unos resultados regulares, pero a medida que los estudios de suelos progresaron se encontraron muchas dificultades.

Al adoptar el sistema usado en otras ciencias y significar con el nombre de la serie la mayoría de las características, la nomenclatura es más simple y más útil.

El estudio de los planos de suelos publicados en todo el mundo, demuestra la tendencia general a este mismo sistema de nomenclatura. Un plano de un levantamiento agrológico hecho en Turquestín, en Rusia, muestra la " arealla Chandar" asi co-

mo otras designaciones semejantes; las series no pueden ser las mismas que en los Estados Unidos, ni las de estos países con -- las series en México, pero el sistema de Nomenclatura es idéntico.

El " tipo " ideal es uniforme en todos sus caracteres; donde quiera que se encuentre el migajón arenoso San Joaquín, tiene las mismas características del perfil, el mismo origen, formación, drenaje y configuración superficial. En el perfil la textura, estructura, color, consistencia, porosidad y arreglo de -- los horizontes es el mismo. Esta es la condición típica ideal.

En la práctica raramente sucede esto; las pequeñas diferencias de clima, vegetación, origen, etc., producen pequeñas variaciones en algunos lugares del perfil; esto puede ser de tan pequeña importancia que no modifica de ninguna manera las relaciones del suelo con la vegetación y se incluyen en el mismo tipo. Si estas variaciones en el tipo son considerables, se reconocen como una " fase " o como un nuevo tipo.

La "fase" es la subdivisión del tipo que comprende las variaciones de sus características que no son suficientes para justificar el establecimiento de un tipo nuevo; las variaciones de la " fase" pueden comprender la textura del solum como por ejemplo la presencia de una área dentro del migajón arenoso San Joaquín que tiene arcilla suficiente para hacerlo bastante adhesivo -- cuando esta húmedo y demasiado duro cuando esta seco; esto podría considerarse como " fase de textura pesada" o una " fase -- arcillosa" del tipo. La cantidad de arcilla no sería suficiente para construir otro tipo distinto, pero tendría la suficiente importancia para ameritar ser reconocido.

Las variaciones de la "fase" pueden radicar en las características de la serie en color, origen, sucesión de los horizontes, o algún otro factor semejante y deben reconocerse de la -- misma manera que la fase de textura. Así como hay pequeñas diferencias dentro de una variedad, así también hay variaciones en el tipo de suelo, y si la desviación del tipo ejemplar es de importancia mayor, se establecerá un tipo nuevo.

El tipo no sólo es de importancia para el agrólogo, también es de mucho interés para el agricultor y para otros que se dedican a actividades agrícolas; las características del suelo, se reflejan directamente en el desarrollo de las plantas; esto se -- demuestra particularmente en la vegetación nativa o silvestre. Los suelos cubiertos de pastos son distintos de los suelos cubiertos de arbustos; las especies de Artemisia, ocupan suelos -- distintos de los que ocupa la Covillea ( Gobernadora) . La vegeta

ción nativa radica en aquellos suelos que con más facilidad y -- más completamente llenan las condiciones necesarias para su de sarrollo; las plantas cultivada muestran las mismas relaciones, y el agrónomo debe saber cuáles son las especies y las variedades que mejor se adapten a determinado tipo de suelo. Es posible para el agricultor por medio de labores, abonos, drenaje , - etc., modificar las relaciones entre el suelo y los cultivos para hacer posible el establecimiento de otros más variados; el límite hasta el cual puede llegarse depende del carácter del suelo, - las necesidades del cultivo y el trabajo y gastos necesarios para ejecutar este cambio de carácter. Los suelos que por naturaleza son capaces de llenar las necesidades de un gran número de - cultivos, son seguramente los de mayor valor agrícol.

El levantamiento de planos de los tipos de suelos, encie-- rran problemas de considerable magnitud. El agrólogo debe tener en cuenta el tipo de suelo ejemplar y comparado con el de la localidad o sección que esta estudiando; debe determinar y decidir si las desviaciones del tipo ejemplar, son de suficiente importancia para establecer un nuevo tipo o sólo una fase. (No es fácil guardar en la memoria las características de varias series y tipos de suelos, por esto el agrólogo cuidadoso debe tener un -- buen libro de notas donde se encuentre la descripción detallada - de todos los suelos en los cuales ha trabajado; esto será de gran ayuda cuando necesite recordar las características de un suelo.

En resumen, el tipo es la unidad edafológica y se basa en - las características de la serie y la textura de los horizontes superficiales; tiene relaciones definidas agronómicas y económicas y todo aquel que se dedica a la Ciencia Agrícola desde cualquiera de sus aspectos, debe saber que el tipo tiene una influencia funda mental en sus investigaciones. Todos aquellos que trabajan con - el suelo, deben conocer su tipo, como el botánico conoce las especies y variedades de plantas o como el químico la valencia y - reacción de sus reactivos.

#### 1.2.5.2 La serie.

La "serie" comprende un grupo de "tipos" que tienen las mismas características del perfil (color, estructura, consistencia, poro sidad y orden de horizontes), las mismas condiciones generales de configuración superficial, topografía y drenaje y generalmente un origen y modo de formación comunes o semejantes. Un gru po de "tipos" de íntima semejanza en todos los conceptos, con - excepción de la textura del solum.

El nombre de la " serie " se toma de una manera arbitra ria de algún factor geográfico como el nombre dela ciudad, pue-

blo, río, escuela o rancho que están situados dentro del área -- donde la serie descrita se encontró por primera vez. Sería ideal encontrar para las series un nombre descriptivo que por sí mismo denunciara sus características; pero las características que distinguen las series son tan diversas y numerosas que han resultado impracticables tales nombres descriptivos y la ciencia del suelo, como todas las demás ciencias ha tenido que hacer su propia nomenclatura; la serie San Joaquín en Edafología ( Agrología) tiene su propio significado como lo tienen la Avena en Botánica o Cloro en Química y si los botánicos y los químicos deben aprender el significado de estos términos, los edafólogos ( agrólogos) deben aprender el significado de los nombres de las series.

Aunque la serie ideal supone uniformidad en todas las características, excepto en la textura del solum, realmente las series admiten un cierto grado de variación en cada uno de estos caracteres; no es fácil encontrar en el campo suelos que cambien rápidamente en cualquiera de sus factores importantes; los cambios son comunmente graduales y progresivos y los límites de una serie tienen que admitir, para su establecimiento, un cierto grado de variación en cada dirección; la variación que se permite difiere considerablemente en las distintas series. Algunas series son notablemente uniformes en todos sus conceptos, mientras que otras pueden tener uno o dos caracteres que normalmente varían de una manera considerable; pero que no modifican suficientemente las características del suelo para justificar el establecimiento de una nueva serie; en algunas series el color puede variar en varios tonos, mientras que en otras series el color puede ser uniforme; algunas veces el espesor, consistencia o estructura de ciertos horizontes puede variar en diversos tipos de la serie, mientras que en otras series estos factores pueden ser muy uniformes.

Pero todas estas variaciones dentro de la serie son de pequeña importancia, en otras palabras tan pronto como se encuentren diferencias de mayor importancia se reconocerá y nombrará una serie nueva así como las diferencias de origen o modo de formación no son difíciles de separar o interpretar; el origen lo indica la composición mineralógica de las partículas, así como el grosor y el grado de intemperismo de los fragmentos es la fuente más segura de evidencia; en los suelos primarios es generalmente muy fácil de determinar el origen, en los suelos secundarios puede ser bastante difícil, especialmente en los de textura fina. En las regiones áridas es posible a menudo tener muchos datos acerca del origen, por la geología de las colinas o montañas en las cuales tienen su origen las corrientes que transportan el material.

Las características del subsuelo son las que tienen mayor influencia en la separación de las series; en los horizontes "B" está concentrada una gran cantidad de los factores que determinan la serie y requieren por eso la mayor observación y el estudio más detenido; estos horizontes tienen los datos de la edad o estado, desarrollo del material del suelo, de la influencia del clima y de cualquier cambio en las condiciones climáticas, de la composición de las sustancias solubles o diseminables que pueden haber sido deslavadas de los horizontes "A" o superficiales. Así como el estudio de los horizontes superficiales es la más grande importancia al determinar el grado de textura del tipo, el estudio de los horizontes del subsuelo es lo principal para determinar la serie. No sólo los factores físicos deben ser estudiados, sino también los factores químicos; la presencia o ausencia de carbonato de calcio es bastante fácil de determinar; pero la diferencia fundamental de algunas series, puede radicar en la composición de la fracción coloidal o en el intercambio de bases y esto sólo puede determinarse en el laboratorio. No deben establecerse series nuevas a menos que los caracteres que las diferencian de otras series sean consistentes y de una importancia suficiente desde los puntos de vista agronómico edafológico para hacer la separación.

Hay otros factores de menos significación aparentemente que pueden servir para justificar la separación de las series; como por ejemplo, la presencia de pequeñas cantidades de carbonato de calcio en los subsuelos de una serie justifican su separación de otros de la misma apariencia, pero sin cal. Esta separación se justifica, porque teóricamente esa presencia de cal indica diferencias en edad o en el comportamiento del suelo bajo las fuerzas que lo forman, así como la probabilidad de que existan otras diferencias químicas en la composición, que pueden modificar materialmente sus funciones.

La capacidad del suelo para retener y suministrar agua para el uso de las plantas, su grado de aereación la penetrabilidad de los horizontes al agua y a las raíces, las condiciones de drenaje, etc., son características del tipo y de la serie que al mismo tiempo modifican el comportamiento de la planta que lo usa como medio.

En resumen, la serie con sus tipos de textura es la base de la clasificación, levantamiento de planos y estudio del suelo, y como toda agricultura depende del suelo, las series deben ser conocidas y estudiadas con la misma energía y concentración con que son estudiadas las especies y variedades de las plantas y animales que se desarrollan sobre él. Las series tienen características distintas e individuales que son tan definidas como las

que distinguen las variedades de plantas o animales .

### 1.2.5.3 Unidades de clasificación taxonomica .

Ha habido muchos intentos para clasificar los suelos de todo el mundo en categorías o grupos que muestren sus relaciones y hagan más sencilla la interpretación de las grandes áreas, estos esquemas de clasificación se han basado en factores diferentes, que han dependido del punto de vista del clasificador del grado de conocimientos que posee acerca del suelo.

Los criterios usados actualmente en ciertos países del mundo para clasificar a los suelos, se basan en las características del suelo mismo, es decir, que la mayor parte de las clasificaciones de suelos existentes, se formaron tomando como criterios de agrupamiento, condiciones fácilmente observables en el campo y propiedades rápidamente observables determinables tanto en el campo como en el laboratorio.

La clasificación de suelos, es un agrupamiento con propósitos específicos que se hace de los suelos que tienen características comunes. El propósito científico y práctico de clasificar los suelos es facilitar el aprendizaje de sus propiedades, reunir los conocimientos que de ellos se tienen, percibir sus relaciones con otros suelos y conocer su medio ambiente.

Desde fines del siglo pasado, en Europa, los científicos del suelo comenzaron a valorizar la influencia de los factores de formación, en el carácter del suelo, como lo demuestra Dokuchaev en Rusia y Rychtofen en Alemania. Es así como se han ido construyendo diversos sistemas semejantes que se basan en los factores de clima y vegetación, color del suelo, etc., así que a medida que se van conociendo mejor los suelos y encontrando características diferenciales, técnicas y aparatos que faciliten y precisen las determinaciones, se irán mejorando las clasificaciones.

Marbut por ejemplo, propuso algunos esquemas de clasificación en los cuales se establece la " familia " basándola en características del perfil y de color y empleando algunas de las categorías europeas en el arreglo de las series y tipos de suelos.

La clasificación de Glinka ( 1914 ) se dividía en dos grupos principalmente: suelos Ectodinamórficos, cuya formación era influenciada principalmente por factores exteriores ( clima, humedad, temperatura, etc. ) y suelos Endodinamórficos, formados principalmente por ellos mismos.

En todos estos esquemas los sabios europeos han estado -



trabajando de los grupos más amplios hacia las categorías más pequeñas y selectivas; en el caso de los Estados Unidos, comenzó a trabajar en los levantamientos de suelos en 1899, pero este trabajo se inició desde las unidades más pequeñas o suelos individuales: los tipos.

A principios de siglo, los postulados de la escuela Rusa marcaban la pauta en cuanto a la clasificación de suelos, inclusive la escuela americana estuvo fuertemente influenciada por ésta, hasta la muerte de Marbut, quien era seguidor de los principios pedológicos de Dokuchaev; podremos decir que hasta los años cincuentas, la ciencia del suelo de la escuela Rusa se consideró como la única para la elaboración de sistemas de clasificación de suelos.

De los esquemas de clasificación de Europa y los de los Estados Unidos. Charles F. Shaw en 1928 decía que "éstos no son antagónicos, sino complementarios", ya que algunas series de los Estados Unidos se correlacionaban dentro de las familias de ciertos grupos rusos; así mismo mencionaba que "para conseguir un arreglo se debe tener un conocimiento perfecto, no sólo de los esquemas europeos, sino también de los americanos; pero cuando esto se haya hecho se verá el fruto de los estudios complementarios de los europeos y americanos".

Así mismo decía, "la clasificación de los Estados Unidos comenzó con el individuo y va hacia los grupos más amplios e inclusivos; los científicos europeos diseñaron los grupos más amplios que abarcan los suelos del mundo entero y se han esforzado por encontrar sus relaciones sin tomar en cuenta al individuo (TIPO). Han valorizado la influencia de los factores externos y demostrado las relaciones tan amplias de éstos con los suelos".

En la actualidad se tienen opiniones contradictorias respecto a las escuelas de clasificación de suelos, por ejemplo, F. Peña menciona categóricamente que las escuelas rusa y americana son completamente antagónicas y que persiguen una clasificación de suelos por vías diferentes, pero que mientras la sistemática rusa de suelos es científica, la de Estados Unidos es precisamente anticientífica, desde el punto de vista de los principios fundamentales de la pedología; caso contrario, Ortíz Monasterio y otros están de acuerdo con las ideas de Shaw; sin embargo, el Ing. Ortíz Monasterio hace la aclaración de que actualmente existe una confusión respecto al uso de la pedología para la elaboración de mapas de suelos; mientras que el sistema Ruso, sigue basando su taxonomía en la génesis de los suelos; otros sistemas como la 7a. aproximación utilizan la pedología en forma semántica ya que fundamentalmente les interesa las características y variaciones de los "pedones" y no su proceso evolutivo.

A partir de 1964, los organismos FAO/UNESCO de las Naciones Unidas pretendieron (y ya lo realizaron) construir una carta de suelos del mundo escala 1: 5 000 000. De inmediato se encontraron con la dificultad de clasificaciones de suelos diferentes, esto es, de suelos similares clasificados de manera diferente según el sistema particular aplicado. Para lograr la uniformización, hubo necesidad de adoptar una postura eléctrica, esto es, tomar de todos los sistemas un poco y de ésta forma hacer concesiones mutuas. Hay que advertir aquí que el llamado sistema FAO/UNESCO en realidad no es un sistema, realmente ha sido un proyecto para el mapa de suelos del mundo escala 1: 5 000 000. En el cuadro 1.2.5.3.1 se presentan en forma esquemática, la construcción de los sistemas de clasificación antes mencionados.

Por último diremos que los sistemas de clasificación de suelos actuales, podemos considerarlos como buenos si tomamos en cuenta que cumplen con su objetivo científico y práctico; algunos son muy sencillos, otros complicados y de aplicación difícil. La importancia de clasificar taxonómicamente a los suelos de un levantamiento agrológico radica en que de ésta manera conoceremos más al propio suelo, así como sus relaciones con otros.

El hecho de que un país determine el uso de uno u otro sistema, está en función de circunstancias de orden económico y científico, a las condiciones de aplicación al propio suelo, al grado de precisión deseado y a la necesidad que sienta dicho país de conocer sus suelos.

#### 1.2.6 Categorías de levantamientos agrológicos con fines de riego.

En el Manual de Clasificación de tierras con fines de riego del U.S Bureau of Reclamation, se han establecido tres tipos básicos de clasificación de la tierra, cada uno de los cuales representa una escala normal de operación.

En México se han tomado como base estos tipos de levantamientos, los que se designan con los nombres de: reconocimiento, semidetallado y detallado, diferenciándose entre sí, principalmente por el número de detalles considerados y la exactitud de los resultados obtenidos; además, debido a la diversidad de las condiciones de la tierra y otros factores, se ha determinado o justificado un tipo de clasificación más detallado que es el especial. En cualquier caso, se debe elegir el tipo de clasificación de la tierra de acuerdo al propósito de la investigación y orientada por la principal aplicación que se le va a dar.

CUADRO 1.2.5.3.1

PRINCIPALES SISTEMAS DE CLASIFICACION TAXONOMICA DE SUELOS,  
USADAS EN MEXICO, SU ESTRUCTURA Y CORRELACION

SISTEMA RUSO	SISTEMA AMERICANO (7a. aproximacion)	SISTEMA FRANCES	NOMENCLATURA FAO/ UNESCO
Tipo genético de suelos	Orden	Clase	
Subtipo y género	Suborden	Subclase	
Especie	Gran grupo	Grupo	Unidades de suelos
Sub especie	Sub grupo	Sub grupo	Sub unidades
Variedad	Familia		Fases
Sub variedad	Serie	Serie	

Por lo general se usan sólo dos tipos de estudios en la elaboración de proyectos: una clasificación de reconocimiento, o una semidetallada, que suministra información inicial; y una clasificación detallada a fin de proveer la información requerida para la autorización del proyecto, así como para las labores de construcción y operación del mismo.

#### 1.2.6.1 Estudio agrológico de reconocimiento.

La clasificación en el estudio de reconocimiento encierra un esbozo general de las características de la tierra de más sobresaliente importancia, en relación con el desarrollo de la planificación preliminar de un sistema de riego para una determinada región. Normalmente, estos estudios son realizados utilizando mapas de escala 1:20 000 o copias al contacto de fotomapas a la misma escala, hasta 1:50 000. Generalmente, se describen las clases 1, 2, 3, y 6; las clases 4 y 5, pueden ser delineadas, si las condiciones del proyecto -- así lo justifica. El estudio es aplicable y debe ser restringido a las siguientes condiciones generales:

- A. Para clasificar grandes áreas donde solamente se precisa de una información general de la extensión de la tierra arable.
- B. Para determinar la extensión, localización y calidad de las áreas arables, con el objeto de obtener información suficiente para determinar si se justifica o no hacer estudios más detallados.

#### 1.2.6.2 Estudio agrológico semidetallado.

Este tipo de clasificación de la tierra comprende un cuidadoso exámen de las características de la tierra en sitios ubicados a 800 metros entre sí, en áreas potencialmente regables, mientras que las áreas no arables son cubiertas en forma más general. Las separaciones entre las tierras arables y las no arables, se establecen con mayor precisión -- que en el caso anterior, pero los límites entre las clases y las subclases se definen con menor detalle. La escala más común para los planos y mapas usados en este tipo de estudio, es de 1:10 000, hasta 1:25 000 prefiriéndose fotografías aéreas ajustadas a esta escala. Generalmente, se delimitan las clases 1, 2, 3, 4 y 6. Las subclases de la clase 5, se separan cuando las condiciones lo justifican. Los tipos de clasificación semidetallada se harán:

- A. Cuando la complejidad del área de un proyecto particular impida obtener resultados satisfactorios de la --

utilización de un estudio de reconocimiento.

- B. Cuando el análisis preliminar de la fase de ingeniería del proyecto requiera una base más detallada que la suministrada por los estudios ordinarios de reconocimiento.
- C. Cuando en principio se declara como irrealizable un proyecto, pero se desea una información más detallada que la contenida en un estudio de reconocimiento para sustentar el informe desfavorable.
- D. Cuando es necesario decidir el riego de áreas arables comprendidas en la última parte del plan de desarrollo del proyecto, pero que no se contemplaba en el desarrollo inicial.

#### 1.2.6.3 Estudio agrológico detallado.

Este tipo de clasificación se realiza para determinar, con suficiente detalle, tanto la extensión, como el carácter de las diferentes tierras comprendidas en cada superficie de 20 hectáreas. Por consiguiente los datos básicos de las condiciones de suelo y subsuelo, topografía y drenaje, se obtiene en detalle, con el propósito de determinar el uso más apropiado de la tierra, el tamaño de las fincas, la capacidad de pago o las tasas de impuestos, el área regable, el requerimiento de riego, la evaluación de la tierra, los sistemas de riego y de drenaje, el desarrollo de la tierra, y los costos y beneficios. La delineación de este tipo de clasificación debe realizarse en mapas a la escala 1:4 000. Se usan escalas más pequeñas, pero nunca menores de 1:12 000, en áreas totalmente desarrolladas o en áreas de tierras bastante uniformes, donde no existen o no se prevén problemas específicos asociados con los suelos, la topografía o el drenaje. Bajo tales condiciones, el grado de exactitud derivado de un estudio detallado se puede obtener cumpliendo con los requerimientos generales de un estudio semidetallado, con las necesarias modificaciones, tal como la intensidad de muestreo. Los mapas topográficos básicos son requisitos previos para un estudio detallado, excepto en áreas totalmente desarrolladas, en cuyo caso, la extensión cubierta por el estudio topográfico puede estar limitada a subáreas representativas, si la información que suministran éstos, puede ser aplicada satisfactoriamente a toda el área. Todas las clases y subclases son anotadas en el plano, como lo exige el logro de los objetivos del levantamiento. La clasificación deta

llada será usada en los siguientes casos:

- A. En las investigaciones de factibilidad para la autorización del proyecto en el desarrollo del plan final para proyectos que van a ser construídos y requieren una certificación de construcción; excepto para: el desarrollo de áreas suburbanas, adición de agua suplementaria a sistemas donde las tierras están completamente desarrolladas, y en tierras muy uniformes, a condición que en cada caso, no existan o no se prevean problemas específicos en relación con los suelos, topografía o el drenaje. Bajo estas condiciones una clasificación detallada modificada, si existe una adecuada clasificación de la tierra; un estudio de capacidad agrológica; un estudio detallado de suelo; u otro inventario, cuya seguridad, veracidad y posible aplicación haya sido confirmada, será aceptado en lugar de una clasificación detallada con la presentación de una justificación y su aprobación.

Donde se consideren 50 000 ha, o más, la clasificación detallada de la tierra puede ser confinada inicialmente a subáreas representativas y los resultados posteriormente de allí a toda el área del proyecto. Es necesaria una clasificación de reconocimiento de toda el área, como mínimo, para seleccionar tales subáreas. Este procedimiento, previa aprobación, puede ser aplicado también en donde el área considerada es menor de 50 000 ha.

- B. En el reavalúo de los proyectos en operación, excepto cuando se hace una exposición aprobada, mostrando lo siguiente:
- 1) El récord de producción lograda en el proyecto, - suplementado por adecuados datos de agua y tierra, y un estudio de clasificación de tierras o un estudio de suelo aceptable, o que
  - 2) La naturaleza del reavalúo no requiera la clasificación de la tierra.

#### 1.2.7

#### Levantamientos agrológicos con fines de capacidad de uso.

Este tipo de estudios, nos ayudan a inventariar en forma general la potencialidad que tienen los suelos y el uso racional de los mismos. Estos estudios toman en cuenta tanto las zonas bajo riego como aquellas que se dedican a la agricultura de temporal, así como los bosques y otros tipos de

aprovechamiento.

Para tal fin se elaboró un manual al que se llamó de Capacidad de Uso de los Suelos, con los criterios necesarios para efectuar los levantamientos con fines de manejo de suelos - en general o de uso por capacidad.

La clasificación de Capacidad de Uso de las tierras, fué creada por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos; y al igual que el manual de levantamientos con fines de riego, en México se ha empleado este manual como base para clasificar las tierras del país. Esta clasificación se lleva a cabo con fines agrícolas, ganaderos, forestales, de vida silvestre, etc.

El agrupamiento de suelos en Unidades, Subclases, y Clases de Capacidad, es una de las interpretaciones más importantes, debido a que sirve como presentación del mapa de suelos para los agricultores y otros usuarios que desarrollan planes de conservación de las tierras.

1.2.7.1 Propósito de la Clasificación.

Los mapas de estudios de suelos muestran los diferentes suelos, su importancia y localización en relación a otras características del paisaje. En estos mapas se ha intentado cubrir las necesidades de los usuarios que tienen problemas muy diferentes y por lo tanto contienen numerosos detalles que muestran las diferencias básicas de los suelos.

Muchos usuarios de los mapas de suelos necesitan una información más general que la proporcionada en las unidades cartográficas de suelos, por lo cual los suelos pueden agruparse de diferentes maneras de acuerdo a las necesidades específicas de los usuarios.

La clasificación por capacidad de Uso de la Tierra es uno de los numerosos agrupamientos interpretativos, hechos principalmente para fines agrícolas.

Como en todos los agrupamientos interpretativos, la Clasificación por Capacidad de Uso se fundamenta en las unidades cartográficas e individuales de suelos, las cuales son los cimientos del sistema (tabla 1).

En esta clasificación, los suelos arables, se agrupan de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para mantener la producción de los cultivos comunes que no requieren acondicio-

namiento o tratamiento especial del lugar. Los suelos no arables (suelos inapropiados para mantener cultivos por largo tiempo) -- están agrupados de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones -- para la producción de vegetación permanente y de acuerdo a -- sus riesgos de deterioro por mal manejo.

El agrupamiento de suelos según su Capacidad de Uso es ta ideado para:

- 1) Ayudar a los propietarios de terrenos y a otras personas a usar e interpretar los mapas de suelos,
- 2) Enseñar al usuario a observar por si mismo los detalles del mapa de suelos y
- 3) Realizar recomendaciones generales sobre la potencialidad del suelo, las limitaciones en su uso y sus problemas de manejo.

La clasificación por capacidad de uso incluye tres categorías principales de agrupamientos de suelos:

- 1) Unidad de Capacidad.
- 2) Subclase de Capacidad y
- 3) Clase de Capacidad.

1.2.7.2 La primera categoría, la Unidad de Capacidad, la cual es un agrupamiento de suelos que responden en forma similar a los sistemas de manejo de los cultivos comunes y de las plantas forrajeras. Los rendimientos estimados para un período de tiempo considerable de los cultivos que se adaptan a varios suelos dentro de la unidad y bajo un manejo similar, no deben variar más que alrededor de un 25%.

Los rendimientos son significativos a nivel de unidad de capacidad. Los períodos convenientes para estimar dichos rendimientos son de 10 años en áreas húmedas o bajo riego y 20 años o más en áreas subhúmedas o semiáridas.

1.2.7.3. La segunda categoría es la Subclase de Capacidad, la cual es un grupo de unidades de Capacidad que tiene limitaciones y peligros similares. Se reconocen cuatro tipos generales de limitaciones:

- 1) Peligro de erosión (e),
- 2) Humedad (d),



- 3) Limitación de la zona radicular (s) y
- 4) clima (c).

1.2.7.4 La tercera y más amplia categoría es la Clase de Capacidad y agrupa a los suelos en ocho clases de Capacidad. Los peligros de deterioro del suelo o las limitaciones en su uso, -- son progresivamente más grandes de la Clase I a la VIII. -- Los suelos agrupados dentro de las primeras cuatro clases, <sup>1-4</sup> bajo un buen manejo son capaces de producir plantas que se adapten en la zona, tales como bosques, pastizales, así como cultivos comunes y praderas artificiales. Se consideran cultivos comunes los siguientes: maíz, algodón, tabaco, trigo, heno cultivado, pastos para pradera artificial, avena, cebada, sorgo de grano, caña de azúcar, remolacha azucarera, chícharo de campo, frijol, frutales de cultivo completo, nueces y plantas ornamentales. No se incluyen el arroz, arándanos y aquellos frutales que no requieren o que requieren muy poco cultivo.

Los suelos de las clases V, VI y VII son adecuados para el desarrollo de las plantas nativas que se adapten a la zona. Algunos suelos de las clases V y VI son capaces de producir cultivos especializados, tales como ciertos frutales, etc., pero bajo un manejo altamente intensivo que involucre prácticas especiales de conservación del suelo y agua.

Los suelos de la Clase VIII no reditúan beneficios locales y directos por las inversiones que se logran en el manejo de cultivos, pastos o bosques, ya que únicamente redituarían mediante una recuperación de alto nivel.

Los agrupamientos de suelos dentro de las unidades, subclases y clases de capacidad se realizan principalmente sobre la base de su capacidad para producir cultivos comunes y plantas forrajeras durante un período de tiempo considerable y sin deterioro del suelo.

#### - Consideraciones.

Para asignar los suelos a los diferentes agrupamientos de capacidad, es necesario hacer ciertas consideraciones. Además, es necesario interpretar correctamente estas consideraciones para poder agrupar los suelos en forma consistente en la clasificación por capacidad y para que esos agrupamientos se usen adecuadamente. Las consideraciones son:

1. Una clasificación taxonómica de suelos que esté basa

da directamente en las características de los mismos.

2. Los suelos comprendidos dentro de una clase de capacidad son similares únicamente en el grado de limitaciones para su uso con fines agrícolas o en los peligros a que están sujetos cuando son usados.
3. Una relación beneficio/costo ( basada en tendencias económicas promedio, a largo plazo y en granjas que usan un nivel de manejo moderadamente alto) favorable, es uno de los diferentes criterios utilizados para ubicar un suelo dentro de una clase conveniente, ya sea para cultivos, pastoreo o bosque maderable; pero ninguna relación adicional es implicada entre las clases y la relación beneficio/costo.
4. Se supone un nivel de manejo moderadamente alto, que sea práctico y que caiga dentro de las posibilidades de la mayoría de los campesinos, o sea el nivel de manejo usado por los hombres "razonables" de la comunidad.
5. Las clases de capacidad de la I a la IV se diferencian una de otra por el total de los grados de limitaciones del suelo que afectan sus requerimientos de manejo para un uso agrícola constante durante un tiempo considerable.
6. La presencia de agua sobre la superficie o el exceso de agua dentro del suelo; la carencia de agua para obtener cosechas adecuadas; la presencia de piedras; la presencia de sales o sodio intercambiable; o el peligro de inundación no son consideradas limitaciones permanentes en el uso cuando es factible suprimir estas limitaciones.
7. Los suelos que se considere factible mejorarlos con drenaje, riego, remoción de piedras, remoción de sales o sodio, o protección contra inundaciones, se clasifican de acuerdo a sus limitaciones continuadas para su uso, o de acuerdo a los peligros de deterioro del suelo o a ambos, después de que las obras de mejoramiento estén funcionando.
8. Los suelos drenados o irrigados se agrupan de acuerdo a las limitaciones continuadas de suelo y clima y a los peligros que afecten su uso, bajo los sistemas actuales o bajo las obras de mejoramiento factibles -

de establecer.

9. La clasificación por Capacidad de Uso de las Tierras en un área puede ser cambiada cuando se lleven a cabo proyectos de recuperación en gran escala que cambien permanentemente las limitaciones en uso o reduzcan los peligros o riesgos de daño a los suelos o a los cultivos durante largos períodos de tiempo.
10. Los agrupamientos por Capacidad están sujetos a cambios a medida que se cuenta con nueva información sobre el comportamiento y respuesta de los suelos.
11. La distancia a los mercados, el tipo de carreteras, tamaño y forma de las áreas de suelos, su localización dentro de los campos, y otras características como la tenencia de la tierra, no intervienen como criterios para los agrupamientos por capacidad.
12. Los suelos con limitaciones físicas, tales que los cultivos comunes sólo pueden ser cultivados y cosechados a mano, no pueden ser ubicados en las clases I, II, III y IV.

Esto no implica que no pueda usarse equipo mecánico en algunos suelos de las clases V, VI y VII.

13. Los suelos propios para cultivos también lo son para otros usos como praderas, pastizales, bosques y vida silvestre. Otros son adecuados únicamente para bosques, vida silvestre, recreación y zonas de recarga de acuíferos.
14. Los datos sobre investigación, registros de observaciones y experiencias, son utilizados como base para colocar los suelos en unidades, subclases y clases de Capacidad.

En las áreas donde se carece de datos sobre la respuesta de los suelos al manejo, se ubican dentro de los grupos de capacidad por medio de la interpretación de sus características y cualidades de acuerdo con los principios generales sobre el uso y manejo desarrollado en suelos similares en otros lugares.

#### 1.2.7.5 Definición de las clases de capacidad.

Tierras convenientes para agricultura y otros usos.

- Clase I.

Los suelos de esta clase tienen pocas limitaciones en su uso; estos son convenientes para una amplia variedad de plantas y pueden ser usados con seguridad para agricultura, praderas, pastizales, bosques maderables y vida silvestre. Son suelos casi planos y los peligros de erosión (hídrica o eólica) son pocos; son profundos, generalmente bien drenados y fáciles de trabajar. Tienen buena capacidad de retención de humedad, generalmente están bien abastecidos de nutrientes para las plantas y tienen una alta respuesta a los fertilizantes.

Estos suelos no están sujetos a daños por inundación, si el clima es árido pero esta limitación se supera con trabajos de irrigación, los suelos pueden ubicarse en Clase 1. Los suelos que son usados para agricultura, generalmente requieren prácticas comunes de manejo para mantener la productividad; tales prácticas pueden ser una o más de las siguientes: fertilizantes, encalados, abonos verdes, cultivos de cobertura, incorporación de residuos de cultivos y estercoladuras, así como rotación de cultivos.

- Clase II.

Los suelos de esta clase tienen algunas limitaciones que reducen la elección de cultivos <sup>con</sup> y requieren prácticas de conservación moderadas.

Estos suelos pueden usarse para agricultura, praderas, pastizales, bosques maderables o alimento y cubierta vegetal para la vida silvestre.

Las limitaciones de los suelos de esta clase pueden incluir solos o combinados los efectos de:

- 1) pendientes suaves.
- 2) susceptibilidad moderada a la erosión, o bien moderados efectos adversos de erosión anterior,
- 3) profundidad menor a la ideal (menor de 90 cm),
- 4) estructura y facilidad de laboreo algo desfavorables,
- 5) salinidad o sodicidad de ligera a moderada de fácil corrección pero con riesgo de que se repita,

- 6) daño ocasional por inundaciones,
- 7) humedad corregible con drenaje, pero que existe permanentemente como limitación moderada,
- 8) ligeras limitaciones climáticas en el uso y manejo del suelo.

Estos suelos pueden requerir prácticas de conservación de suelos dispositivos para el control del agua o métodos de labranza cuando se usan para cultivos.

- Clase III.

Los suelos de esta clase tienen severas limitaciones que reducen la elección de plantas y/o requieren prácticas especiales de conservación.

Pueden usarse para agricultura, praderas, bosques maderables, pastizales o alimento para la vida silvestre y cubierta vegetal.

a la...

Las limitaciones de estos suelos restringen la cantidad de cultivos regionales, tiempo de siembra, laboreo y cosechas; las limitaciones pueden resultar de los efectos de una o más de las siguientes:

- 1) pendientes moderadamente fuertes,
- 2) alta susceptibilidad a la erosión o severos efectos adversos de erosiones anteriores
- 3) permeabilidad muy baja del subsuelo,
- 4) humedad o algún encharcamiento continuado después del drenaje,
- 5) poca profundidad a la roca, "hardpan", "fragipan" o "clay pan" que limita la zona radicular y el almacen de humedad,
- 6) baja capacidad de retención de humedad,
- 7) baja fertilidad difícilmente corregible,
- 8) moderada salinidad o sodicidad y
- 9) moderadas limitaciones climáticas.

Opciones de practica para el uso seguro de los suelos

Cada suelo diferente, de la Clase III, tiene una o más -- combinaciones opcionales de uso y de práctica requeridas para su uso seguro, pero el número de prácticas opcionales para el promedio de los agricultores es menor que las de los suelos -- de la Clase II.

- Clase IV.

Los suelos de esta clase tienen muy severas limitaciones que -- restringen la elección de plantas y/o requieren un manejo muy cuidadoso, las restricciones en uso para estos suelos son ma-- yores que los de la clase III.

Estos suelos pueden ser usados para agricultura, prade-- ras, bosques maderables, pastizales o para alimento de la vi-- da silvestre y cubierta vegetal.

Estos suelos sólo pueden ser muy convenientes para 2 ó 3 cultivos o las cosechas producidas pueden ser bajas en rela-- ción a los beneficios obtenidos durante un largo período de -- tiempo.

El uso para cultivos es limitado como resultado de los efectos de una o más de las siguientes características:

- 1) pendientes pronunciadas,
- 2) severa susceptibilidad a la erosión,
- 3) severos efectos de erosión anterior,
- 4) suelos delgados,
- 5) baja capacidad de retención de humedad,
- 6) frecuentes inundaciones acompañadas por daños severos -- a los cultivos,
- 7) humedad excesiva con peligro continuado de encharcamien-- to despues del drenaje,
- 8) salinidad o sodicidad severas,
- 9) clima moderadamente adverso.

Los suelos de la clase IV de las zonas subhúmedas y se-- miáridas, pueden producir buenos rendimientos durante los --- años de precipitación superior al promedio; bajos rendimientos

durante los años de precipitación promedio; y fracasos durante los años de precipitación inferior al promedio.

Se requieren tratamientos y prácticas especiales para prevenir la eólica, con el propósito principal de conservar el suelo durante los años de baja precipitación; estos tratamientos deben ser aplicados con más frecuencia o más intensidad que en los suelos de la Clase III.

Tierras limitadas en su uso, generalmente no convenientes para agricultura.

- Clase V.

En esta clase, los suelos tienen poco o ningún peligro de erosión, pero tienen otros limitantes que no se pueden superar o muy difícil recuperación y a un costo demasiado alto, restringiendo su uso primordialmente para pastizales, praderas, bosque maderable, cubierta vegetal o alimento para vida silvestre.

Estos suelos tienen limitaciones que restringen el tipo de plantas que podrían ser cultivadas e impiden la labranza normal de los cultivos. Aunque son suelos planos, frecuentemente son inundados por corrientes, son pedregosos, tienen como limitante el clima o presentan combinaciones de estas limitantes.

Debido a estas limitantes, el cultivo de plantas comunes no es factible, pero las praderas pueden ser mejoradas y esperar beneficios con un manejo adecuado.

- Clase VI.

Los suelos de esta clase tienen limitaciones severas que los hacen inconvenientes para la agricultura y que restringen su uso principalmente para praderas; pastizales, bosque maderable o alimento para la vida silvestre y cubierta vegetal. Las condiciones físicas de los suelos ubicados en esta clase son tales que es factible aplicar sistemas de mejoramiento a las praderas o pastizales si es necesario. Estos suelos tienen limitaciones continuadas que no pueden ser corregidas, como:

- 1) pendientes pronunciadas,
- 2) peligro a la erosión severa,
- 3) efectos de erosión anterior,
- 4) pedregosidad,
- 5) zona radicular de poca profundidad,

- 6) excesiva humedad o inundaciones,
- 7) baja capacidad de retención de humedad,
- 8) salinidad y/o sodicidad y
- 9) clima severo.

Algunos de estos suelos también son aptos para cultivos especiales, como huertos con césped o similares, requiriendo condiciones del suelo diferentes a los requeridos por los cultivos comunes.

- Clase VII.

Estos suelos tienen limitaciones muy severas que los hacen inconvenientes para los cultivos y restringen su uso principalmente para pastoreo, bosque maderable o vida silvestre.

Las condiciones físicas de estos suelos son tales que no es práctico aplicar sistemas de mejoramiento a las praderas o pastizales, tales como resiembras, encalados, zanjias, bordos, etc. Las restricciones de estos suelos son más severas que las de la Clase VI, debido a una o más de las siguientes limitaciones permanentes que no pueden ser corregidas:

- 1) pendientes muy pronunciadas,
- 2) erosión,
- 3) suelo delgado,
- 4) piedras,
- 5) suelo húmedo,
- 6) sales o sodio,
- 7) clima desfavorable,
- 8) otras limitaciones que las hacen inconvenientes para cultivos comunes.

No son adaptables a ninguna de las plantas cultivadas comúnmente y en circunstancias poco usuales, algunos suelos de esta clase pueden usarse para cultivos especiales, bajo prácticas de manejo de alto nivel. Algunas áreas de la Clase VII pueden necesitar resiembras o plantaciones para proteger el suelo y prevenir el deterioro de áreas contiguas.



- Clase VIII.

Los suelos y geformas de esta clase tienen limitaciones que prohíben su uso para la producción de plantas comerciales, no pueden reportar beneficios locales, directos y significativos al mejorarlos, restringiendo su uso para recreación, vida silvestre, recarga de acuíferos, protección de cuencas o propósitos estéticos. Estas limitaciones que no pueden ser corregidas pueden resultar de uno o más de los siguientes efectos:

- 1) erosión o peligro de erosión,
- 2) clima severo,
- 3) suelos húmedos,
- 4) piedras,
- 5) baja capacidad de retención de humedad y
- 6) salinidad o sodicidad.

En esta clase VIII se incluyen las tierras erosionadas intensamente, afloramientos rocosos, las playas arenosas, los cauces de ríos, lugares ocupados por desechos de minas y otras tierras desnudadas y casi estériles.

Puede ser necesario proteger y manejar estos suelos para el establecimiento de vegetación, con objeto de proteger otros suelos más valiosos, controlar el agua, para vida silvestre o propósitos estéticos.

### 1.3 Procedimientos tradicionales de levantamientos agrológicos.

#### 1.3.1 De campo exclusivamente o levantamientos convencionales.

En nuestro país, a raíz de la fundación de la C.N.I. en 1926, se comenzó a realizar los levantamientos agrológicos, los que se hacían exclusivamente en el campo; en este capítulo se tratará de manera general el curso que han tomado estos levantamientos desde ese entonces, hasta nuestros días.

Anteriormente se procedía a diagnosticar el caso, haciendo una primer visita a la zona de estudio. Se tomaba el tiempo necesario, días o semanas, para tener una idea general del proyecto completo.

" No hay que apresurarse; hay que ser paciente, el enfer

mo puede esperar" (Agr. A.E. Kocher, 1928). En el viaje preliminar se detallaban descriptivamente todos los perfiles de suelos que se iban encontrando y la localización de ellos se anotaba en un libro de campo, pero sin comenzar siquiera a hacer algo del levantamiento. Cuando los principales perfiles se examinaban, se agrupaban automáticamente en el cerebro del agrónomo.

Una vez tenida la idea general del proyecto completo, se procedía a dar principio al levantamiento, comenzando por aquellas secciones con las que se estaba más familiarizado. En la iniciación de los trabajos agrológicos de campo, se efectuaba la instalación del campamento.

El campamento se instalaba en el lugar más próximo a la zona de estudio. Para el objeto se alquilaba un local adecuado que se equipaba con lo indispensable.

Quando en las poblaciones había escasez de hoteles, el alojamiento de empleados se unía con la oficina de estudios de campo.

La oficina de campo se mejoraba y adaptaba de acuerdo a las posibilidades del presupuesto aprobado para el estudio.

Ya en el campo el agrólogo hacía uso de la plancheta para determinar el límite de cada tipo o serie de suelos, también el agrólogo en el campo procuraba levantar todo aquello de lo cual estaba razonablemente seguro antes de abandonar una estación, utilizando para ello, principalmente, una buena dosis de criterio.

Quando usaba vehículo, procuraba que el velocímetro estuviera en buen estado, ya que le servía en la medición de las distancias ubicándolo sin tener que recurrir a fastidiosos métodos de triangulación con aparatos imprecisos dándole como resultado inexactitud y pérdida de tiempo, aunque no dejaban de usarse estos aparatos. Se usaban los caminos como base para los trabajos efectuados.

Para la realización de los levantamientos agrológicos se requería hacerlos sobre planos base que se colocaban en el restirador de la plancheta, estos planos, eran siempre los planos topográficos que se levantaban previa o simultáneamente con los levantamientos agrológicos. Muchas veces había necesidad de que el agrólogo inclusive hiciera el levantamiento topográfico; en este caso se procuraba no alejarse mucho del camino, sino levantaban únicamente los terrenos próximos teniendo cuidado de indicar la dirección que tienen los límites de los tipos.

En la mayoría de los casos se aconsejaba no alejarse mucho de la plancheta, pues se perdía demasiado tiempo en regresar

y era mejor cargar con ella por dondequiera que se fuera, economizando de esta manera tiempo y aventajando en exactitud.

Para determinar los cambios del suelo, se procedía a barrenar en donde se determinaba a satisfacción la textura del subsuelo; teniendo esto presente y tomando en cuenta que en lo sucesivo sólo se interesaban por el suelo superficial, se dejaba de usar la barrena y usando sólo el martillo en varias partes hasta asegurarse de la textura del suelo.

En caso de encontrar un cambio, se volvía tan pronto como fuera posible, al lugar de la plancheta para anotar en el plano los datos encontrados. Una vez terminadas estas operaciones se seguía caminando con la plancheta hasta encontrar otro límite o hasta un lugar intermedio conveniente.

Como podemos apreciar, el uso de la plancheta (para el cual se efectuaban un mínimo de 12 operaciones) era básico y esencial para el levantamiento agrológico, así como grandes recorridos de campo ya fueran a pie, en caballo o en algún vehículo, dando por resultado que durara un levantamiento varios meses e inclusive años por lo que había la necesidad de establecer una residencia por largo tiempo, y la naturaleza de los trabajos era tal que no se estaba absolutamente seguro de la localización exacta de cada punto o línea del plano. Por tales motivos, en cada ocasión que se presentaba había que "chechar" el trabajo y hacer esto cada que había una oportunidad:

Después de algunos meses de estudio de un proyecto se concluía la necesidad de hacer ciertos cambios radicales, pero si había dudas, se prefería visitar nuevamente el área estudiada.

Esta es, descrita en forma general, la manera en que se efectuaba un levantamiento agrológico hasta hace aproximadamente 20 años; en nuestro país, a partir de la década de los 60's la fotografía aérea ha sido usada en México para fines de interpretación en forma intensiva y sistemática.

### 1.3.2 Usando fotografías aéreas.

El empleo de la fotografía aérea en los levantamientos de suelos, vino a revolucionar los métodos y técnicas empleadas en dichos levantamientos, facilitando el trabajo a realizar y reduciendo el tiempo necesario para estos trabajos.

El problema que se presentó en el uso de la fotografía aérea, fue la falta de personal especializado tanto en fotointerpretación como en agrológica, dando por resultado que las fotografías aéreas sean utilizadas de manera superficial obteniendo poco pro-

vecho de ellas; esto se verá en el procedimiento para levantamientos agrológicos con fotografías aéreas, que es el siguiente:

El empleo de la fotografía aérea en los estudios de "reconocimiento", "semi-detallado" y "detallado", modificó en menor grado las metodologías de estos levantamientos, ayudando quizás a disminuir un poco el muestreo de campo y el tiempo requerido para ello, esto es, debido al poco aprovechamiento que se le ha dado al material fotográfico, la diferencia en la categoría de los estudios esta en la mayor densidad de muestreo de una categoría a otra.

En primer lugar se procede a la recopilación de información, muy escasa, esto se limita a algún plano topográfico de la zona por estudiar o exámen de algún estudio anterior del sitio, se obtienen mosaicos rectificados por lo regular a escalas medias aproximadamente 1:20 000 y fotografías aéreas a la misma escala algunas veces de 10 ó más años atrás. Cuando hay tiempo se "fotointerpreta" de manera un tanto rústica ( más bien sin conocimiento alguno sobre la zona y con poco conocimiento en cuanto a técnicas fotointerpretativas, delimitando sólo áreas planas de áreas con topografía irregular; no se delimitan series y clases preliminares; cuando el tiempo es limitado, sólo se obtiene la información anteriormente citada y no se hace fotointerpretación, llevándose tanto los mosaicos como las fotografías aéreas y el material necesario para el muestreo de campo. Ya en el campo, se procede a marcar los pozos de muestreo en los mosaicos, esto es al azar ya que no se conoce ni las series posibles ni mucho menos una idea de las clases. Los mosaicos se utilizan como mapas base en donde se marcan las barrenas que se van haciendo, ya que son muy indispensables para este tipo de levantamientos, pues no tienen una base de fotointerpretación; asimismo se utilizan para guiarse, observando los senderos, brechas o caminos, que nos llevan a algún punto requerido.

También en los mosaicos se van marcando las clases agrícolas que se observan en el recorrido de un punto a otro.

Después del muestreo se procede al análisis del trabajo de campo, en gabinete, llevándose el material necesario ( sobre todo los mosaicos con información tomada directamente del campo, es decir, sin haber efectuado ninguna fotointerpretación). Ya en gabinete se procede a la elaboración de planos e informe del estudio, pasando la información de los mosaicos a las fotos y de las fotografías al plano pero vuelvo a insistir habiendo hecho una fotointerpretación "rústica" queriendo parecerse al método fisiográfico; inclusive algunas veces se procede a "calcar" o pasar directamente de las fotografías al plano con el Sketch master sin haber hecho una buena fotointerpretación.

Ya con los reportes de los perfiles de suelos y la fotografía del perfil, se procede a agruparlos por su morfología, haciendo uso de los análisis del laboratorio para delimitar algunas fases por sales y/o sodio, con las fotografías de perfiles también se delimitan las fases delgadas y otros, pero apoyados en las barrenas de campo. Un punto muy importante es el hacer la observación de que el agrónomo hace el estudio -- de campo y el fotointérprete pasa la información que se le da, sin haber ido al campo ; o teniendo contacto con la zona de estudio pero de una manera somera e incomprensiva.

Como podemos observar el utilizar la fotografía aérea de esta manera, no nos ayuda en gran forma al avance de un estudio agrológico, esto es debido a que no se cuenta con fotointérpretes capacitados y competentes, sino cuando bien nos va, son fotointérpretes prácticos, además de que no tienen una técnica bien definida y establecida, así como también carecen de conocimientos sobre agrológica, y los agrónomos que pudieran hacer algo al respecto definitivamente no conocen de fotointerpretación ( si es que alguna vez han oído esa palabra ) .

De aquí que la deficiente información así como errores importantes, se llegan a encontrar comúnmente en los planos y el informe agrológico.

Hay una urgente necesidad de enseñanza en México sobre la materia de fotointerpretación y en la ciencia agrológica, es por eso que en el presente trabajo se expone el método fotopedológico el que se ha empleado en bastantes trabajos agrológicos obteniéndose resultados de quizás un 100% mejores que con los sistemas empleados en algunos medios oficiales.

Recién egresado de la Escuela de Agricultura de la U. - de G., ingresé a la S.A.R.H., para trabajar en la Subdirección de Agrológica en donde tuve contacto con material fotográfico aéreo, el cual utilizaba de la manera anteriormente descrita, las causas por las que se empleaba al material de esta forma, ya fueron expuestas, el motivo, que no hay un técnico capacitado para adiestrar al personal que colabora en los estudios agrológicos ni se promueve el entrenamiento y estudio de la fotointerpretación, con personas que realmente esten experimentadas al respecto.

## 2. PRINCIPIOS DE FOTOINTERPRETACION.

### 2.1 Objeto de la fotointerpretación.

La interpretación se define como la acción y el efecto de interpretar; es decir explicar el significado de una cosa.

La fotointerpretación tiene por objeto examinar las imágenes fotográficas bajo dos aspectos fundamentales: el primero hacer una descripción pura de las características de la imagen y el segundo, analizar su significado con algún propósito especial.

Un propósito puro, sería identificar las imágenes fotográficas para la construcción de un plano fotogramétrico; el propósito especial resultado de analizar el significado de las imágenes fotográficas, es variado por ejemplo: pedología, estudios agrológicos, bosques, hidrología, geología, arqueología, etc.

La fotointerpretación se ha definido de diferente manera; para algunos es una ciencia, para otros es un arte, una técnica o una herramienta.

La Sociedad Americana de Fotogrametría (ASP 1960) dice que la fotointerpretación es el acto de examinar las imágenes fotográficas con el propósito de identificar objetos y juzgar su significado. Goosen (1968) la define como el estudio de la imagen de los objetos fotografiados y la deducción de su significado.

El trabajo de fotointerpretación consiste en analizar estudiar la parte de información que tenga que ver con el objetivo de su investigación y descartar la restante, por lo cual las características de la fotointerpretación aplicada estarán en función de las peculiaridades de la ciencia en la cual se aplica, es el caso de la fotopedología (Peña 1965) que tiene características propias y específicas que difieren de la fotogeología, fotohidrología, etc. Sin embargo, todos los tipos de fotointerpretación aplicada tienen una base común que se llama "fundamentos de fotointerpretación".

### 2.2 Metodología de la fotointerpretación.

La Comisión VII de la Sociedad Internacional de Fotogrametría, recomendó en su congreso en Lisboa, que debe darse preferencia a los estudios respecto a la metodología de la fotointerpretación en las diferentes ciencias, así como en relación a sus aspectos cualitativos y cuantitativos, Chevallier-

considera que existe una metodología específica de la fotointerpretación.

Chevallier postula que la fotointerpretación aérea es una condición racional; ésta condición implica que dos aspectos diferentes corresponden a las realidades diferentes, y que una apariencia determinada dentro de una zona homogénea, corresponde a dos realidades análogas.

Chevallier expone lo que él llama " el método cartesiano" aplicado a la fotointerpretación de cualquier índole. Este método se refiere al examen sistemático, parte por parte de toda el área fotográfica, o como él dice " centímetro a centímetro de abajo hacia arriba y de izquierda a derecha". La aplicación de esta regla, dice Chevallier, supone la definición de objetos y su clasificación, así como de inventariar los hechos significativos.

Clos-Arceuduc, establece que la meta a alcanzar, en la metodología general de la fotointerpretación es "comprender las causas de las apariencias constantes sobre las imágenes que las componen y deducir las relaciones entre los objetos que presentan tales apariencias".

Se ha intentado definir las bases técnicas de la interpretación de imágenes y en particular de fotografías aéreas, partiendo de dos puntos de vista distintos: uno teórico que estudia la estructura de la información contenida en una fotografía, el otro más concreto analiza con mecanismos utilizados en la práctica por los intérpretes.

El valor de los resultados permite juzgar la validez de los programas elaborados y de perfeccionarlos , precisando los conceptos fundamentales.

El proceso de interpretación, según Vink et al consiste, de las etapas siguientes: percepción primaria, expectativa -- (mente, memoria, educación), dirección de la atención (filtrado) y observación. Este proceso lo considera imperativo y en especial ascendente, con lo cual la probabilidad de la expectativa se hace mayor. La habilidad de formular hipótesis de alto nivel de factibilidad, así como de elevar el proceso observacional, depende del nivel de educación y conocimiento.

Lueder (1959) menciona que las técnicas para obtener informes de las fotografías aéreas son las siguientes: "fotolectura", "fotoanálisis" y " fotointerpretación", éstas técnicas se encuentran en el orden de menor a mayor dificultad.

Stone (1955) propuso cuatro reglas para sistematizar la fotointerpretación:

1. La interpretación debe hacerse metódicamente. Es mejor interpretar un elemento a tiempo, empezar por los más familiares y seguir con los menos conocidos.
2. La interpretación debe proceder de los aspectos generales hacia los específicos (de escalas pequeñas a escalas grandes).
3. La interpretación debe proceder de los fenómenos o rasgos conocidos a los desconocidos.
4. La interpretación debe hacerse recordando constantemente las cualidades de la fotografía. La fotografía debe analizarse solamente por sus cualidades fotográficas.

En cuanto a los métodos fotointerpretativos, existe una gran variedad de éstos, tanto para hacer interpretaciones de el punto de vista general, como para hacer interpretaciones de aplicación en las ramas o actividades de las ciencias donde se usa la fotografía aérea; sin embargo, podemos decir que dichos métodos se basan en un mismo principio lógico, el proceso inductivo-deductivo.

El método utilizado en fotointerpretación general es el de la "convergencia de evidencias" el cual se expone en el punto 2.4, aparte, existen métodos que son combinaciones y/o modificaciones de otros y se emplean con fines específicos en las actividades de diversas ciencias.

### 2.3

#### Claves de la fotointerpretación.

Una clave en general, es una guía que sirve para orientar la búsqueda o identificación de algo desconocido. Las claves son ilustraciones, casos o ejemplos de ciertos aspectos que sirven para identificar determinadas cuestiones.

Chevallier (1966) dice que "las claves son documentos de referencia destinados a facilitar la identificación rápida y precisa de objetos a partir de un análisis de sus imágenes fotográficas.

Se pueden concebir dos variantes de claves:

1. Colecciones de estereogramas comentados respecto a --



imágenes fotográficas de diversas categorías de objetos y eventualmente de objetos diferentes que las anteriores pueden englobar.

2. Descripción de un texto, el diseño, la fotografía de un suelo, eventualmente la fotografía aérea a gran escala, o también otro estereograma de la misma zona pero en otra época del año.

Chevallier menciona diferentes tipos de claves, como las individuales, asociativas de eliminación, etc. En fotointerpretación, las claves se presentan precisamente a base de ilustraciones fotográficas anotadas, sean éstas monoscópicas o estereoscópicas.

Existen claves de selección, de eliminación y dicotómicas, las claves de selección ilustran y describen clases de fenómenos y el fotointérprete elige aquella representación más parecida a la que trata de determinar.

Mediante las claves de eliminación, como su nombre lo indica, el intérprete suprime a todas aquellas que considere incorrectas.

La clave dicotómica consiste de series de selecciones dobles, las que permiten al intérprete llegar a interpretaciones detalladas partiendo de categorías generales. En cada paso, el intérprete elige una de cada dos características en lugar de una con respecto a más de dos. El problema en este caso consiste en que el intérprete puede fallar en la elección de la característica necesaria del objeto desconocido y también a que las fotografías no siempre presentan las características de sus categorías, tal como se puede mostrar en la clave.

Como ejemplo de la aplicación de éstas claves en la fotointerpretación aplicada, tenemos la identificación de cultivos en el uso actual de la tierra, donde el uso de las claves puede llegar a ser muy importante.

Según Bigelow (1963), las claves en fotointerpretación han servido para tres propósitos :

- a) Una, ayuda en el entrenamiento de nuevos estudiantes;
- b) Un adoctrinamiento en nuevas áreas, para personal entrenado; y

- c) Como una biblioteca comprensiva de referencia para el intérprete experimentado.

Goosen (1963) menciona que en relación a los levantamientos de suelos el valor de las claves está restringido, pues sobre la foto aérea el perfil del suelo no es visible y cualquier deducción sobre la naturaleza del perfil del suelo basado en patrones externos y fenómenos puede ser "extremadamente incierto". Este punto merece énfasis; solamente en circunstancias excepcionales y en relación a áreas muy limitadas, las claves de la fotografía ayudarían en la identificación de clases de suelos.

Así mismo, Goosen, hace la observación de que una clave no es tan solo una figura del terreno con una breve historia acerca de lo que es visible directamente, sino que además es una fuente de información concisa acerca de las condiciones específicas que son encontradas en el campo y que están relatadas en la imagen fotográfica. De esta forma es posible construir claves pero siempre con la restricción de que las claves sirven mejor para señalar un patrón de suelos que un perfil de suelos.

En el reconocimiento e identificación de objetos sobre las fotografías aéreas existen varios grados de dificultades.

A menudo el intérprete encuentra fenómenos desconocidos para él y no encuentra en las fotos claves existentes; sin embargo, a veces el intérprete es capaz de detectar en tales, un fenómeno específico, un proceso más universal y entonces puede separar las características del proceso general, de las características debidas a condiciones específicas. En este tipo de razonamiento existe una gran cantidad de deducciones.

#### 2.4

##### Convergencia de evidencias.

Consiste en llegar a una identificación o interpretación lógica con base en inferencias logradas por análisis de diferentes hechos e informaciones. El intérprete reúne informaciones de varios tipos, y las usa como argumentos para lograr una conclusión lógica.

El principio de la convergencia de evidencias en fotointerpretación ha sido discutido por Rabben (1960); a este respecto, Benavides S.T. (1976) menciona que en el proceso de identificación de objetos en las fotografías aéreas, el intérprete sabe que objetos son porque los ha visto antes o no lo sabe porque no los ha visto; para identificar objetos que

que no ha observado, el fotointérprete se vale de la evidencia convergente.

Puede haber muchas guías para identificar un objeto desconocido; ninguna es infalible por sí misma pero si todas o casi todas apuntan hacia la misma conclusión, esta es muy probablemente correcta. Una vez consideradas todas las evidencias y resulta que son coincidentes, hay probabilidad de hacer una interpretación correcta.

El principio de la convergencia de evidencias requiere que el intérprete reconozca primero los rasgos básicos, luego considere su patrón y la asociación con otros objetos.

La evidencia convergente es un proceso deductivo que tiene aplicación constante en todas las disciplinas que utilicen la fotointerpretación.

## 2.5

### Principios de lógica aplicados en fotointerpretación.

Varios autores han tratado de dar una definición de lo que es la lógica, pero dada su complejidad tomaremos la definición que hace M.R. Cohen en su libro "Introducción a la Lógica", en el cual dice: "La lógica es la ciencia del pensamiento o el estudio de las leyes que deben regir nuestro pensamiento".

Cohen menciona que la lógica es un procedimiento intelectual claro, exacto y ordenado.

El objeto de la lógica es la verdad formal o lo que otros llaman la lógica aristotélica. La lógica es la más general de todas las ciencias; se ocupa de los elementos u operaciones que son comunes a todas ellas; es decir, que las reglas de la lógica son reglas de operación o de transformación, conforme a las cuales pueden combinarse todos los objetos posibles, ya sean físicos, psíquicos, neutrales o complejos.

Las verdades lógicas o formales se refieren a la implicación, consistencia o conexión necesaria que existe entre los objetos mentados en las proposiciones y puede decirse que el objeto específico de la lógica se determina por las relaciones que se expresan generalmente en la fórmula: si... entonces necesariamente.

La ciencia de la deducción o de la prueba no es certeza psicológica que pueda lograrse o no, sino la exposición o

demostración de la estructura lógica del sistema estudiado. La lógica investiga el dominio de lo posible y de lo necesario. La lógica implica las relaciones de inducción-deducción; la deducción se usa como sinónimo de lógica formal, en cuanto a la inducción, B. - Rusell ha dicho que toda inferencia es deductiva y lo que se entiende por inducción es una deducción desfigurada o una conjetura más o menos metódica.

El término inducción se ha utilizado para denotar entre -- otras cosas, lo siguiente:

- 1. Es un razonamiento que parte de los hechos o fenómenos -- particulares para llegar a leyes o principios universales -- (Boecio y los escolásticos).
- 2. Es un razonamiento que se funda en el principio de la uniformidad de la naturaleza, es decir, en la regla de que los -- efectos semejantes deben tener causas también semejantes -- (mill).
- 3. Es un razonamiento disyuntivo (Shuppe, Montague).

Todos estos aspectos según Peña, forman parte de las bases científicas de la fotopedología, a partir de la consideración de que dichos principios son lógicos y a que la fotopedología en todo su proceso, como muchas otras ciencias, no puede ejercerse ni desarrollarse si no se aplica la lógica formal. Para Peña, los principios de la lógica deben usarse como auxilio fundamental en la investigación científica y en cualquier actividad técnica, en la cual estamos de acuerdo. En el caso de la fotopedología, la lógica es fundamental, ya que interviene como parte esencial -- del proceso general fotopedológico.

Se dice que es fundamental porque la fotopedología trata de descubrir las leyes genéticas de los suelos a través de la observación de fotografías aéreas como factor principal.

En conclusión, Peña señala que la fotopedología es inductiva - deductiva y la lógica es precisamente inducción - deducción.

2.6 Fases en el proceso de fotointerpretación.

En varios documentos publicados en los que se han discutido las fases de la fotointerpretación, las reglas y los procedimientos; -- aún no ha aparecido todavía un conjunto de normas que sea aceptable, por una mayoría de fotointerpretes, porque cada disciplina tiene sus propios procedimientos. Pero todos están de acuerdo en que el interprete debe usar un método científico, debe dar

a la actividad un tratamiento lógico y sistemático; trabajar - partiendo de lo conocido a lo desconocido; de consideraciones generales a detalles específicos.

En muchos casos los rasgos generales y específicos de ben considerarse simultáneamente, porque los rasgos locales suministran evidencias necesarias para contemplar a un pa-- trón regional más amplio.

La proposición de la interpretación debería empezar -- con un grupo específico y luego pasar a otro, según Olson - (1973) es injustificable ya que puede recortar la iniciativa -- del fotointérprete.

La fotointerpretación es tarea compleja y un tanto difícil y muchos autores la definen cómo un proceso de computo por un número de fases ( cuadro 2.6.1).

Frost (1952) sugirió el uso del término " reconocimiento" para significar la "identificación" de objetos, o rasgos, y el término "interpretación" para indicar la fase del reconocimiento lógico deductivo. Este autor denomina a la perso na que reconoce objetos, "fotolector", a la que reconoce y - estudia patrones formados por objetos o rasgos, "fotoanalista", y "fotointérprete" a quien despues de hacer el reconocimiento y el análisis, tiene la capacidad de " leer y entender la historia del área".

Miller (1961), opina que es relativamente fácil entrenar a una persona en la fotolectura, pero la transformación de - un fotolector a fotointérprete requiere formación académica y larga experiencia.

#### 2.6.1

##### La fotolectura.

También llamada "detección" o "reconocimiento e identifica-- ción" (Bennena y Gelens, 1969), trata con el reconocimien-- to de formas culturales y sus posiciones respectivas, así -- como de aspecto relacionados con la vida animal y formas comunes del terreno.

Básicamente, el fotolector considera y usa la fotografía aérea como un mapa suplemental bastante detallado.

La identificación ocurre cuando el intérprete es capaz de nombrar al objeto o rasgo por su nombre o término espe cífico. Este método es usado por la mayoría de los "intér-- pretes", dice Lueder, esto podríamos decir también para la

FASES EN EL PROCESO DE FOTOINTERPRETACION SEGUN VARIOS AUTORES .

Lueder (1959)	Buringh (1960)	Vink (1964)	Goosen (1968)	Bennema y Gelens (1969)
1. Lectura	1. Reconocimiento e identificación.	1. Detección	1. Reconocimiento e identificación.	1. Detección - reconocimien <u>to</u> e identif <u>ica</u> ción.
2. Análisis	2. Análisis	2. Reconocimiento e identificación.	2. Análisis	2. Análisis.
3. Interpretación.	3. Clasificación	3. Análisis.	3. Clasificación.	3. Clasificación.
		4. Dedución .		
		5. Clasificación.		
		6. Idealización.		

Cuadro 2.6.1.

mayoría de los " intérpretes", que hacen levantamientos de suelos.

### 2.6.2

#### El fotoanálisis.

Es el proceso de separar algo en sus partes constituyentes o elementos, o el examen de algo para distinguir las partes -- componentes y su relación con el todo.

El fotoanálisis incluye a la fotolectura pero además incluye una evaluación numérica e interrelación entre las formas. La determinación del uso actual, clasificación de -- los sistemas naturales de drenaje, clasificación de objetos -- en general, vegetación, erosión, etc., son ejemplos de fotoanálisis, según Lueder.

El fotoanalista utiliza el estereoscopio, planímetro e instrumentos fotogramétricos sencillos.

Para que el análisis sea útil debe ser sistemático, no delinear rasgos al azar sin haber antes "recorrido" y escudriñado completamente la fotografía y todas las fotografías de interés. Si no se procede así, el análisis pierde su valor -- científico.

### 2.6.3

#### La fotointerpretación.

También llamada clasificación, es un arte o ciencia; de las tres ésta es la técnica más avanzada y difícil de los métodos evaluatorios. Según Lueder, la fotointerpretación incluye a -- todas las características asignadas a la fotolectura y al fotoanálisis pero incluye adicionalmente tres criterios:

- a) el uso invariable del estereoscopio .
- b) un examen cuidadoso de todos los elementos que constituyen el patrón fotoaéreo,
- c) evaluación deductiva e inductiva de éstos elementos en términos de sentido común; o sea con lógica y experiencia de campo basada en los conocimientos prácticos y académicos del fotointerprete.

En ciertos campos profesionales esta tercera fase de la fotointerpretación puede producir casi toda la información requerida. Esto es cierto cuando los objetos son indetectables

en la foto; pero cuando dichos objetos no son visibles, el fotointérprete debe hacer una investigación de campo para establecer una correlación entre "unidades de campo" y "unidades de fotointerpretación" ya clasificadas. Este paso es usual en los levantamientos agrológicos, así como trabajos de laboratorio (análisis de suelo), estableciéndose así una correlación útil entre clases de suelos y de unidades delimitadas -- por fotointerpretación.

Varios autores consideran que la deducción constituye una cuarta fase de la interpretación y se describe como la parte en la que se combinan las observaciones hechas en la fotografía y el conocimiento adquirido en otras fuentes, con el fin de lograr información deductiva que no puede ser obtenida directamente en la imagen.

## 2.7

### Elementos del patrón fotoaéreo.

Es el arreglo total de las formas naturales y artificiales que aparecen en cada fotografía analizada (Lueder).

Peña R. (1975) considera que los elementos del patrón fotoaéreo son los que siguen:

1. Forma del relieve o características topográficas.
2. geomorfología del paisaje (formas de 2o. 3ro. y 4o. -- orden).
3. características de los modelos de drenaje y de todas las formas de erosión.
4. características de la vegetación; distribución, densidad-forma, y de ser posible el tipo.
5. características de los límites.
6. tonos fotográficos; grises, de color o falso color.
7. detalles culturales.
8. toda clase de microdetalles.

Lueder dice que los elementos del patrón deben de estudiarse individualmente, analizar su significado y correlacionarlos a través de un análisis inductivo-deductivo.



Peña R; expresa una idea muy similar (1961), con respecto al método fotopedológico, en donde considera un análisis minucioso de cada paso del método hasta llegar a lo que el llama "superposición" de los factores estudiados o considerados en la fotointerpretación.

Las ideas anteriores nos dicen que la fotointerpretación produce un marco de referencia cualitativa, dentro del cual puede erigirse una referencia cuantitativa.

La fotografía aérea nos muestra más detalles significativos que los que podrían ser obtenidos en el terreno. El fotointérprete debe convencerse de que tales detalles se pueden evaluar con éxito para producir una estimación confiable de las condiciones del terreno, utilizando los procesos de inducción y deducción.

Lueder dice, que los errores del fotointérprete al tratar de obtener información confiable, se debe a fallas fotointerpretativas o a un trabajo selectivo de campo impropio, o a ambos, más que a la deficiencia de la fotografía. O sea que la falla se debe atribuir más bien a la falta de habilidad para dar uso correcto a las fotografías aéreas.

Cuando el fotointérprete se encuentra en un estado de desarrollo científico avanzado, es posible que pudiera extraer cierta información del material fotográfico, que a otros les parecería imposible de lograr, esto se puede lograr si nos apoyamos en el axioma de Dockuchaev, de que "si conocemos los factores de formación del suelo, podemos predecir que suelo resultará".

A la fecha lo que hace la Fotopedología es precisamente aproximarse a la solución del problema y lo que consideramos más valioso aún; señalar el camino a la estrategia para cada día aproximarse más a la solución.

## 2.8

### Secuencia de la fotointerpretación.

Los estudiosos en la materia, recomiendan, como parte del método de trabajo fotointerpretativo, que se estudie primeramente todo el material bibliográfico de interés directo disponible. Enseguida, estudiar los mosaicos del área en estudio -- (si se cuenta con ellos, si no, bien se podrían hacer mosaicos de contacto), esto es con el fin de determinar las tendencias a gran escala. Después proceder a un examen preliminar y rápido de las fotografías aéreas con el estereoscopio.

Por último, se lleva a cabo la fotointerpretación detallada, la que incluye a una evaluación sucesiva de los elementos fotoaéreos.

Lueder opina que en cualquier etapa de la secuencia descrita, puede ser necesario un reconocimiento o muestreo de campo fotoplaneado, con el fin de obtener una información más segura y confiable.

Aunque para el fin que perseguimos, dicha investigación de campo, preferentemente se deberá hacer una vez terminada la primera etapa de gabinete, o sea cuando se han agotado todas las posibilidades de la fotointerpretación.

De esta manera vemos que la comprobación selectiva de campo, es una parte integral del método fotointerpretativo. En cuanto al uso del mosaico aéreo, es una operación de gran importancia; ya que resulta indispensable el análisis monoscópico de un mosaico, ya sea rectificado o de contacto; podrían utilizarse también imágenes de satélite, antes de llevar a cabo la observación estereoscópica de las fotografías.

Las escalas de los mosaicos o de las imágenes de satélite deben de ser pequeñas, con el fin de determinar "Las tendencias" a que se refiere Lueder. Así mismo, Peña, agrega a estas recomendaciones el empleo simultáneo de dos o más escalas de fotografías, en donde una debe de ser pequeña y la otra de acuerdo con el objetivo y tipo de trabajo en el que se está aplicando la fotointerpretación. Esto se ha comprobado al emplear el método fotopedológico en donde se refuerza de manera notable la fotointerpretación.

## 2.9

### Resumen de conocimientos necesarios.

Lueder (1959), opina que la fotointerpretación aérea es una técnica que evalúa las características cualitativas de la tierra, y la considera como una ciencia natural que estudia estas técnicas.

Rafael Ortíz Monasterio y Federico Peña Rodríguez (1959), comenzaron a usar las fotografías aéreas en México con la única finalidad del estudio de los suelos en donde reconocieron a la fotointerpretación como una ciencia. Posteriormente otros destacados profesionales se han unido a esta corriente de ideas.

Al considerarse de esta manera a la fotointerpretación,

es necesario que el fotointérprete requiera no sólo un entrenamiento y experiencia en las fotografías, sino que es necesario tener experiencia de campo y una diversificación de conocimientos sobre ciencias como la geomorfología, la pedología, la botánica, aspectos sobre ingeniería e hidología y sobre todo una preparación en lógica.

De todo esto se resume a lo dicho por Lueder, que para llevar a cabo una interpretación adecuada, ésta puede realizarse únicamente mediante capacidad de tipo profesional. Peña (1960), está de acuerdo con los puntos de vista de Lueder.

## 2.10

### Comprobación de campo.

Esta etapa es indispensable principalmente en los levantamientos agrológicos así como en otros trabajos donde se realiza la fotointerpretación; en los casos donde no se haga esto, deberá de especificarse.

Peña considera, que el fotointérprete con experiencia deberá hacer la investigación de campo posterior a la fotointerpretación, ya que así se harán esfuerzos deliberados para -- identificar objetos, siendo esto un beneficio para el fotointérprete; así mismo ayudará de esta manera al desarrollo de la ciencia fotointerpretativa.

Sólo en casos especiales, como el entrenamiento a principiantes, se hará labor de campo antes de la fotointerpretación. La intensidad de la comprobación del campo dependerá del tipo de estudio, de lo complejo del área, de la escala, tipo y calidad de las fotografías empleadas, así como de la experiencia del fotointérprete posteriormente.

## 2.11

### Características fotográficas para la interpretación de imágenes.

Para el reconocimiento de objetos en las fotografías aéreas, el intérprete debe poseer la mejor información sobre las características de la imagen fotográfica, relacionadas con la escala, la resolución, la exageración vertical del modelo en estereoscopia y con los elementos "pictórico-morfológicos" como forma, tamaño, tono, sombra, patrón, textura, moteados y además el sitio y la situación geográfica.

### 2.11.1

#### Tamaño.

Esta es una medida que nos ayuda a comparar e identificar los objetos. Esto es indispensable para no sufrir equivocaciones en la fotointerpretación, ya que la vista de objetos ver

ticamente, observamos que son muy similares.

En escalas grandes se observan detalles que de otro modo pueden escapar a la atención del intérprete; las fotografías de escalas pequeñas pueden no exagerar la importancia de un fenómeno, pero lo colocan en un ambiente más regional que facilita el estudio de territorios grandes. En muchos casos el tamaño relativo no es suficiente y el intérprete debe utilizar técnicas fotogramétricas, con las que se determinan distancias, alturas, áreas y volúmenes; como un ejemplo de lo anterior, tenemos que al analizar un par estereoscópico de escala mediana (1:20 000), observamos que hay un pequeño estanque, pero al observar la vegetación del rededor nos damos cuenta que los árboles son relativamente pequeños con respecto al estanque, entonces procedemos a medir, mediante una fórmula empleada en fotogrametría y como resultado, obtenemos que el pequeño estanque es una presa o un bordo para irrigación.

#### 2.11.2 Forma.

El conocimiento de la forma de los objetos es fundamental para su reconocimiento. Para el fotointérprete, el reconocimiento de las formas le permite hacer agrupamientos por su grado de similitud y de esta manera elabora un sistema de referencia para la clasificación de objetos ayudándose así a su identificación.

Algunos de los factores que nos ayudan a apreciar las formas de los objetos, aunque éstos sean vistos en planta, con el desplazamiento por relieve, de ésta manera podemos ver los objetos en una forma oblicua; y la exageración vertical del relieve al ver en estereoscopía. En resumen, la forma es una característica de los objetos naturales y artificiales, y el reconocimiento de estos, sólo se aprende a través de la experiencia y tenacidad de el intérprete, así como de un espíritu observador.

#### 2.11.3 Sombra.

Sabemos que es mucho más fácil el reconocer un objeto de frente que de planta, y como los objetos proyectan sombras, entonces la sombra la consideramos como un objeto; un ejemplo es la sombra de un árbol proyectada en la fotografía aérea, esto nos permite hacer una identificación inmediata y en muchas ocasiones conocer algunas de las características del objeto.

La sombra no solo nos ayuda a conocer o identificar los

objetos, muchas veces nos es útil para calcular la altura de dichos objetos, midiendo la longitud de su sombra. La sombra, sin que llegue al grado extremo de que cubra y oscurezca grandes áreas, por lo que no se podrían reconocer, es útil para la interpretación monoscópica de fotografías aéreas, ya que les imparte un efecto tridimensional. Debido a que las fotografías aéreas son tomadas por lo general dos horas antes o después del mediodía local, entonces las sombras que resultan son generalmente pequeñas, por lo que disminuye mucho la utilidad de las sombras como factor de reconocimiento.

2.11.4 Tono y Color.

El tono de una fotografía aérea, es el resultado de la reflexión de la luz solar que incide sobre el objeto. El valor del tono depende de muchos factores, como son, hora de toma de la fotografía, características específicas del objeto, tipo de película, condiciones atmosféricas, empleo de filtros, altura de vuelo, época de toma de la fotografía (otoño, verano, etc.), procedimiento de la película, color de los objetos, etc.

La fotografía de mayor uso es la pancromática blanco y negro tomada con filtro menos-azul, logrando así una mayor penetrabilidad de la bruma atmosférica. Este tipo de fotografía capta todas las longitudes de onda del espectro visible, apareciendo los tonos en diferentes niveles de gris, variando estos, desde el blanco hasta el negro.

En el caso de fotografías a color, el tono se relaciona con los tres parámetros del color que son: matiz, valor y croma.

El tono como característica fotográfica de identificación, será útil en la medida en la que el fotointérprete conozca la interacción de todos los factores que influyen al tono; de la misma manera, el valor de este elemento de análisis depende del grado en que se controle el proceso de obtención de las imágenes.

2.11.5 Textura.

Esta es una característica de la imagen o conjunto de imágenes fotográficas, producidas por microreflexiones que individualmente no se perciben pero que en conjunto responden a un resultado visible.

La textura depende de las características de los objetos,

de muchos factores como la escala de fotografía, tipo de película, proceso de laboratorio, etc.

La textura es uno de los factores de más importancia - que se toman en cuenta al identificar imágenes, un ejemplo - de ello, es el caso de la identificación de cultivos; hay una - textura características para cada tipo de cultivo.

Aunque algunas veces esas texturas son muy similares en algunos cultivos por lo que son difíciles de diferenciar, pero en cambio existen muchos que una vez aprendida su textura característica, resulta fácilmente identificable.

La agricultura nos muestra el hecho de que las técnicas de cultivo (cultivos en surcos, melgas, separación entre plantas, etc.), tienen influencia en la textura, de la misma manera influye la época durante su ciclo de crecimiento, esto es, - que un cultivo como el de plátano tendrá una textura diferente cuando está en desarrollo que cuando logra su crecimiento total cubriendo las áreas donde se cultiva y de ésta manera presenta un cambio textural diferente.

Tanto la textura como el tono son factores que tienen una relación intrínseca ya que la textura es creada por la repetición de los tonos en un grupo de objetos.

Como el tono influye en la textura de los objetos, de la misma manera ésta y otros factores influyen el tono, de tal forma que en determinadas condiciones, encontramos varios tonos para una misma textura.

#### 2.11.6 El modelo.

El modelo o patrón, es el arreglo espacial de los elementos - que constituyen a una forma natural o artificial.

En la naturaleza encontramos ejemplos de los modelos, - en este caso los modelos de drenaje natural es uno de los ejemplos más típicos. La red de drenaje desarrollada en una área tal, presenta características que pueden ser únicas ya que estos modelos se formarán bajo condiciones específicas de clima vegetación, relieve, y suelo, etc.,. De esta manera el modelo nos ayudará a clasificar a otros modelos similares que presenten las mismas características.

Podríamos citar como ejemplo, modelos o patrones culturales tales como el arreglo de una población así como la división -

parcelaria de una área agrícola, las que presentarán características diferentes, entre unos modelos y otros pero específicos entre sí de tal forma que estos patrones nos servirán para identificar formas similares. De esta manera podríamos citar una gran variedad de ejemplos: en cuanto a modelos o patrones, la esencia de esto, es que los elementos, que componen a un modelo específico, puede ser usado para hacer extrapolaciones e identificaciones de patrones similares.

#### 2.11.7 El sitio.

Este es otro factor empleado en la fotointerpretación. Este elemento nos ayuda a comprender el porqué de ciertas características de las imágenes. Ya que al localizar un punto geográfico podemos obtener inmediatamente cierto tipo de información climatológica con la que podríamos hacer deducciones importantes de ciertos fenómenos cuando tratamos de determinar en las imágenes fotográficas.

El sitio nos ayuda a inferir o deducir por ejemplo, el modo de desarrollo de un suelo de vega de río con respecto a un suelo de meseta o planicie volcánica.

Al tener la localización geográfica del sitio, podríamos obtener información sobre el clima y con este factor y la interpretación de las imágenes, se pueden hacer deducciones de importancia sobre de ciertos fenómenos que se tratan de determinar en la fotografía.

#### 2.11.8 Exageración vertical.

Al observar un estereograma de una área abrupta o con fuertes desniveles, el modelo tridimensional obtenido se nos presenta con un relieve mucho más pronunciado de lo que en realidad es; esto se debe a que la exageración vertical es mayor que la horizontal dando por consecuencia una exageración vertical positiva.

Este efecto estereoscópico es de importancia en la estimación de pendientes o grados de inclinación del terreno, de alturas de elevaciones y depresiones, esperar de estratar y desplazamiento de fallas geológicas.

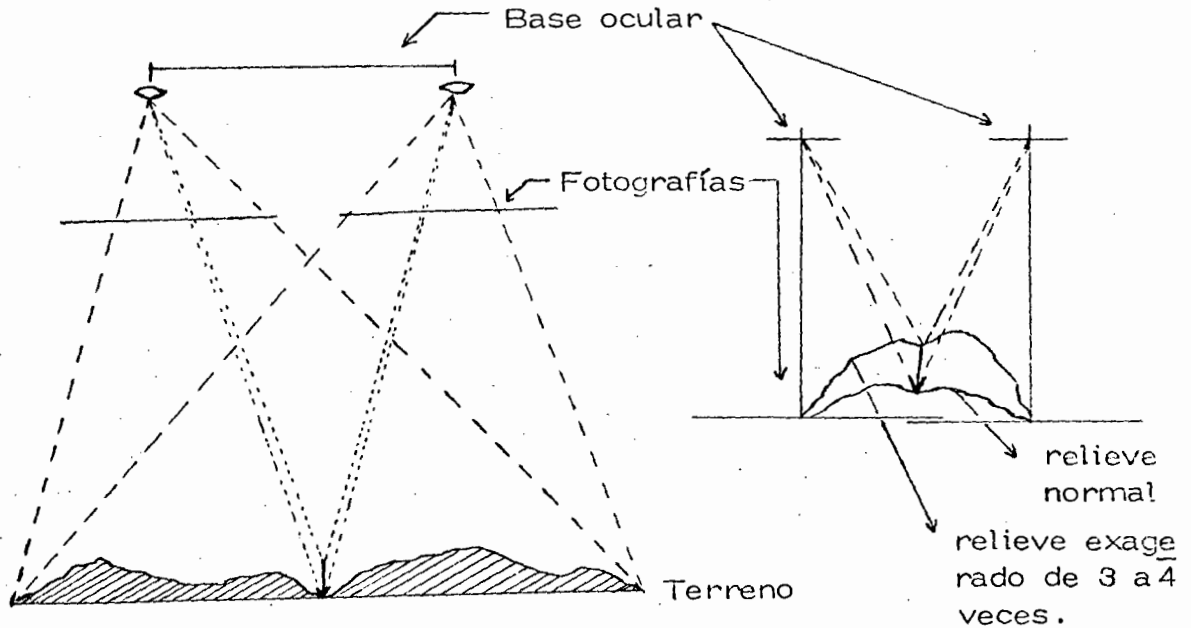
Las opiniones difieren sobre el valor del paralaje, el cual es necesario para la interpretación fotogeológica; la mayoría de los geólogos consideran la exageración vertical como un importante auxiliar en la interpretación de bajas depresiones y relieve ligero.

Existen factores que pueden causar o cambiar la exageración vertical de los que dependen de la fotografía, tales como la ba

se aérea, la distancia focal y la altura de la cámara; y las que dependen del estereoscopio, que son la distancia de visión, la separación entre las fotografías del par y la base estereoscópica natural.

Cualquier cambio en la cantidad de exageración vertical es ocasionado por un cambio en uno o algunos de los factores.

Por lo general la exageración vertical es de 3 a 4 veces mayor que el objeto real observado, creada por hiperestereoscopia (V. eJ).



## 2.12

### Relación de la fotointerpretación con la sensibilidad remota.

La percepción remota se define como la acción de obtener información de algunas propiedades de objetos o fenómenos por medio de un sistema de registro que no está en contacto físico o íntimo con ellos.'

Con respecto a este tema se ha observado que existen confusiones, y malas interpretaciones en nuestro medio profesional. No existe información destinada a establecer las diferencias y relaciones de la fotointerpretación con la sensibilidad remota.

Peña R. (1975), en su libro principios de fotointerpretación, menciona que " En países como México, en los cuales son mas receptores de ciencia y tecnología que innovadores o contribuyentes con el desarrollo de estos aspectos, pero en los que se preocupa por un desarrollo y una superación económica-



de la nación, se deben aclarar los desarrollos científicos y tecnológicos provenientes del extranjero, esto es con el fin de que sean aprovechados con la mayor ventaja posible de acuerdo a "nuestros propios objetivos".

Fischer (1975), establece que a las regiones observadas - del espectro electromagnético fuera del rango de la visión humana y sensibilidad fotográfica, se les llame "Sensibilidad Remota".

Según la sociedad Americana de fotogrametría, la sensibilidad remota es la medición de un objeto o fenómeno por medio de un dispositivo de registro que no esté en contacto directo -- con el fenómeno bajo estudio; dichos dispositivos pueden ser las cámaras fotográficas, lasers, receptores de radio, frecuencia, radares, sonar, sismógrafos, etc. Según esta definición, se reconoce que la fotointerpretación es sólo una parte de la sensibilidad remota.

Peña R. (1974), define a la sensibilidad remota como una ciencia que tiene por objeto obtener información cualitativa y -- cuantitativa de diversos objetos y fenómenos terrestres y espaciales sin estar en contacto directo con ellos, mediante sensores remotos asociados a cosmonaves, satélites, aviones, computación electrónica, metodologías de procesamiento, teoría y -- dispositivos de comunicación.

La fotointerpretación es un caso particular de sensibilidad remota, y aunque es un tanto independiente, no implica que ambas ciencias no tengan relaciones, que en algunos casos puedan ser muy estrechas.

Así pues, debido a que la sensibilidad remota es bastante amplia, la fotointerpretación viene a considerarse como una parte de esta, que ayuda al estudio del ambiente.

En conclusión diremos que tanto la fotointerpretación como la sensibilidad remota, son tecnologías básicas para la evaluación, manejo y mejor aprovechamiento de los recursos naturales terrestres, así como para la comprensión de fenómenos -- naturales y artificiales electromagnéticos.

Así mismo diremos que:

A los sensores remotos con los sistemas o dispositivos utilizados en la obtención de datos e imágenes de la percepción remota; se dividen, en forma general, en sensores fotográficos y -- sensores no fotográficos.

Lo anterior se refiere a cámaras fotográficas aéreas, y a las fotografías aéreas en blanco y negro; así como a sensores no fotográficos; como imágenes de satélite.

## 2.13

Principales requerimientos visuales para la fotointerpretación.

Es necesario que el fotointérprete tenga conocimiento del funcionamiento del aparato visual humano principalmente el de el, puesto que si tiene defectos visuales pueden ser de tal grado que pudiera ser eliminado como fotointérprete. Por lo anterior es necesario que dicho fotointérprete tenga conocimientos respecto al aparato de la vista.

La necesidad de tener una vista normal, se debe a que ciertos aspectos de la fotointerpretación son similares a la lectura o escritura necesitándose ciertos esfuerzos visuales.

Por otra parte, el esfuerzo para lograr la visión estereoscópica, es diferente al que se hace para leer o escribir ya que hay movimientos oculares para el logro de ésta; debemos de tomar en cuenta también que se hace uso de dos imágenes homólogas que pueden presentar paralajes inadecuados, causando dificultad para la correcta sobreposición y visión.

Cuando se lleva a cabo una visión estereoscópica sin el uso de el estereoscopio, el esfuerzo que hacen los ojos es de cierta consideración, necesitándose cierta experiencia para evitar el obtener imágenes pseudoscópicas. Al emplear los estereoscopios se obtiene con mayor facilidad la estereoscopia de las imágenes, ya que estas logran mantener un paralelismo entre los ejes visuales, evitando de esta manera el cansancio al no usar el aparato.

De los requerimientos visuales ideales para el fotointérprete son el no necesitar lentes para corregir defectos como el astigmatismo, miopía, etc., ya que los lentes presentarán cierta dificultad al hacer el trabajo con el estereoscopio.

La agudeza estereoscópica es variable para cada individuo, siendo el promedio de dos segundos. Esta agudeza aumenta cuando aumenta la base ocular; de esta manera se tiene que, a mayor base ocular mayor percepción estereoscópica.

En todas las vistas existe el fenómeno de eteroforesis (tendencia de los ejes visuales a desviarse de las posiciones normales), dificultando la acomodación, y el esfuerzo en mantener los ejes visuales paralelos, afecta el foco de la vista y borra la imagen.

Los defectos de la visión humana, de importancia en la fotointerpretación son:

- a) defectos de foco,
- b) defectos de coordinación;
- c) defectos de percepción de la profundidad, y
- d) defectos en la percepción del color, cuando se usa fotografía a color.

## 2.14 Tipos de películas.

El uso de películas de placas secas transparentes y flexibles se comenzaron a producir desde 1887.

En 1928 la Ansco produjo película a color.

En 1933 se utilizó la película infrarrojo con la que se podían simular escenas nocturnas.

En 1946 la Ansco produjo película de color a nivel comercial.

En los años 50's la Ansco produjo una película de alta resolución y procesamiento rápido llamada "Anso Hyscan Recording Film".

Actualmente se producen una diversidad de películas para fotografía aérea las cuales, son utilizadas de acuerdo a los fines que se persigan; en nuestro caso hablaremos de las películas que pueden considerarse como parte del material fotointerpretativo, en los levantamientos de suelos agrológicos.

### 2.14.1 Película pancromática.

La mayoría de las películas aéreas blanco y negro, tienen un rango de sensibilidad espectral que varía de 0.36 a 0.72 micras.

Dentro de este tipo de películas, existen aquellas películas de alta resolución y de grano fino, así como, las de sensibilidad rápida. Las primeras son más sensitivas al rojo extremo del espectro y menos al azul; el filtro menos-azul que elimina la luz azul, abajo de 0.5 micras reduce más la sensibilidad de las películas rápidas que las de grano fino.

Por lo general las películas rápidas se exponen con una apertura de diafragma de  $f/5.6$  a  $f/8$  con un tiempo de exposición de  $1/500$  seg.

En cambio para películas de alta definición se necesitan aperturas grandes de lentes y bajas velocidades de disparo, que aquellas deseables para cámaras modernas; éstas pueden utilizarse sólo en condiciones de tiempo muy buenas.

La película pancromática blanco y negro, es la más utilizada en fotointerpretación agrológica, ya que sus características de tonalidad, textura resolución, etc., son las más idóneas para el desarrollo de los trabajos de interpretación de suelos.

#### 2.14.2 Película infrarroja.

La sensibilidad espectral de esta película varía de  $0.36$  micras a  $0.9$  micras. Este tipo de películas es menos sensible a la porción verde del espectro, que la película pancromática, pero su sensibilidad se extiende hacia el rojo y dentro de la porción reflectiva del infrarrojo.

Para el empleo de este tipo de películas es necesario el uso de filtros que eliminen las longitudes de onda del azul o el azulverde, ya que de otra manera no habría ventaja al usar esta película con respecto a la blanca y negro pancromática. La capacidad de resolución de la película infrarroja es de  $55$  pares de líneas por milímetro con un objetivo iluminado en la relación  $6.3:1$ .

Una ventaja al utilizar la película infrarroja es que esta tiene capacidad para reducir o eliminar la bruma, ya que elimina la luz azul. Sin embargo, muestra poca graduación tonal debido a su escasa penetración de las sombras por lo que se evita su uso en áreas forestales.

#### 2.14.3 Película infrarroja blanco y negro.

Este tipo de películas debido a su estabilidad y "velocidad", generalmente es sensible a un rango de longitud de onda de  $0.75$  a  $0.9$  micras de la porción infrarroja del espectro (que se extiende de  $0.75$  hasta  $100$  micras), siendo sensible a todo el espectro visible.

La película infrarroja presenta dos características que la hacen de mucha utilidad en la fotointerpretación: rendimiento tonal especial y mayor penetración de la bruma atmosférica. La vegetación aparece en una tonalidad muy clara, mayor que en la fotografía pancromática, esto es debido a la clorofila que es altamente reflectiva a la luz infrarroja.

En la fotografía infrarroja por lo general todos los cuerpos de agua presentan un tono negro, de ahí que este tipo de fotografía puede ser muy útil en investigaciones sobre riego, drenaje, salinidad, hidrología, etc.

#### 2.14.4. Película negativa de color.

Estas películas de color tienen los componentes de tintas acopladas incorporadas en la emulsión en el momento de la manufactura. Teóricamente este tipo de películas son muy versátiles, de modo que un mismo negativo puede proporcionar impresiones de color, transparencias de color, e impresiones y transparencias en blanco y negro.

Un problema que presenta esta película es la pobre resolución en la fotografía; así mismo se ha visto que el balance del color no es satisfactorio principalmente en lo que comprende a los verdes y azules, los que resultan críticos para un análisis de vegetación.

Se han producido películas de este tipo, en las que se asegura que sus colores son verdaderamente complementarios y cumple con todas las ventajas teóricas anteriormente expuestas; hasta el momento, la utilidad de esta película en agricultura y bosques aún no ha sido demostrado.

Los fabricantes productores de este material son la compañía Eastman Kodak que produce la película Ektacolor y la compañía Agfa de Alemania Occidental que produce la Agfacolor.

#### 2.14.5. Película de falso color.

Se denomina así a esta película porque los objetos fotografiados no aparecen con el color que presentan en el campo. Las tres capas de que está compuesta son sensitivas al infrarrojo (0.9 micras), al verde y al rojo. Para el empleo de esta película es necesario un filtro amarillo Wratten # 12, el cual impide la entrada de la luz azul penetrando solamente longitudes de onda correspondientes al verde, rojo, e infrarrojo. Una buena característica de esta película es su habilidad para penetrar la bruma o humo de la atmósfera.

Las capas sensitivas al verde y al rojo que hacen par con las tintas amarillo y magenta reaccionan fuertemente y esta combinación logra que la vegetación sana que es muy reflectiva al infrarrojo, aparezca rojiza.

La identificación de la vegetación enferma se hace más fá-

cil en las películas de falso color, debido esto a que la vegetación pierde reflejancia infrarroja, provocando una mayor reacción al cian y menor del amarillo y magenta. De la misma manera se pueden detectar los casos de vegetación afectada por pérdidas de humedad, puesto que el follaje aparecerá en un color rojo claro a blanco.

Cuando el fotointérprete adquiere experiencia y traduce la representación de los falsos colores en términos de vegetación y recursos naturales, este distinguirá con rapidez diferentes tipos de vegetación, así como vegetación enferma y un suelo húmedo de un suelo seco.

#### 2.14.6 Película de camuflaje.

Este tipo de películas presenta colores muy diferentes a los que se observan en la realidad. A continuación se presenta un cuadro (tomado de Lueder 1959) que contiene el color observado en la película de camuflaje, el probable color verdadero del objeto así como la probable magnitud de reflejancia infrarroja.

Cuadro 2.14.6.1

Color en la película de camuflaje	Probable color verdadero del objetivo	Probable magnitud de la reflectividad infrarroja.
Rojo	Azúl o negro	Poca
Café o negro	Azúl o negro	Ninguna
Magenta	Verde	Alguna
Azul o púrpura		
Azuloso	Verde	Ninguna
Amarillo	Rojo, café, naranja profundo	Alguna
Verde	Rojo, café, naranja profundo	Ninguna
Blanco	Blanco o amarillo	Alguna
Cian		Ninguna

#### 2.15 Especificaciones generales de fotografía aérea con fines de levantamientos de suelos y agricultura en general.

Con respecto a la toma de fotografías.

Con respecto a la calidad de las fotografías.

2.15.1

Especificaciones respecto a la toma de fotografías.

- a) El valor de la escala dependerá fundamentalmente del objetivo específico por el cual se obtengan las fotografías.

Por lo general, las escalas más comunes en levantamientos de suelos son las siguientes:

Escalas 1: 70 000 y 1: 50 000, para levantamientos de suelos a nivel de reconocimiento y para la elaboración de mapas de suelos - Zonales e Intrazonales.

Para levantamientos a nivel semidetallado, utilizar simultáneamente las escalas 1: 50 000 y 1: 20 000.

En los levantamientos detallados, deben usarse simultáneamente las escalas 1:50 000, 1:20 000 y 1:10 000.

Se puede hacer uso simultáneo de fotografías blanco y negro e infrarrojas blanco y negro o de color.

- b) El ángulo de inclinación de las fotografías no deberá de ser mayor de 4° (medidos conforme al horizonte).

En estudios de reconocimiento, los ángulos de inclinación pueden ser un poco mayores.

- c) La sobreposición longitudinal o en el sentido del vuelo, deberá ser del 60%; la sobreposición lateral deberá ser mínimo del 15% y hasta del 30%.
- d) Deberá conservarse el mejor paralelismo entre las líneas de vuelo, las que no deberán tener una desviación mayor de 5°.
- e) La altura de la línea de vuelo no debe variar más de un tres por ciento hacia abajo, y de un cinco por ciento hacia arriba como máximo.
- f) El tipo de cámara utilizada deberá ser de características de alto rendimiento y las lentes de la misma, libres de distorsión en lo más posible.
- g) Se deberán tomar en consideración las condiciones atmosféricas, en las que se tendrán en cuenta principalmente la nubosidad; así mismo se considerará la latitud del lugar, la que nos dará una idea de las sombras producidas por la inclinación de los rayos solares.

- h) Ajuste y preparación de la cámara, donde los principales factores de considerarse son:
1. Velocidad de la película.
  2. Condiciones atmosféricas; a) cantidad de bruma; b) nubosidad.
  3. Color del objeto.
  4. Apertura del obturador.
  5. Velocidad del disparador.
  6. Distancia entre objeto y cámara.
  7. Empleo de filtros.
- i) Época de toma de las fotografías aéreas. En general para la mayor parte de la República Mexicana, esta época corresponde a los meses de febrero, marzo y abril preferentemente, pudiéndose tomar fotografías en noviembre y diciembre en aquellas zonas en las que han significado las lluvias.
- j) La toma de fotografías generalmente se hará poco antes o poco después del mediodía local; esto es, que no deberá haber ni muchas ni pocas sombras.
- k) El procesamiento de laboratorio deberá restringirse a las especificaciones estrictas, y se utilizarán aparatos precisos.

## 2.15.2 Especificaciones en relación a la calidad de las fotografías.

### 2.15.2.1 Película aérea.

- a) Se deberá usar una película con emulsión de grano fino. Esta característica conocida como granulosidad, es de importancia, pues da a la película mayor o menor definición de detalles cuando por algún medio como son los binoculares, tratamos de aumentar el tamaño de las observaciones de la imagen.
- b) Como las imágenes están sujetas ya sea a disminución o aumento en su escala en la obtención de planos, deberá asegurarse que la película posea el máximo de agudeza y fineza de grano.



- c) Los negativos que no tengan buena agudeza o buena definición de detalle que dan por consecuencia fotografías - manchadas, nebulosas, etc., deben ser rechazados.
- d) Los negativos deberán tener una densidad de 0.3 a 1.5 sin sobrepasar estos límites.
- e) El valor de la gama podrá variar entre 0.6 y 1.0 ó más de 1.0 para algunas excepciones, como en el caso de alturas de vuelo de 3 000 metros, donde el promedio de - iluminación es más reducido.
- f) Propiedad de la película denominada " poder de resolución" o sea la capacidad para separar los detalles sumamente, finos.

Para obtener un máximo de poder de resolución fotográfico, es necesario que las lentes tengan un mínimo de aberraciones.

2.15.2.2 Papel fotográfico.

- a) Clase de papel.- Existen varias marcas de papel fotográfico que responden cada una a diferentes características. De estas características se debe observar que el - papel tenga el mínimo de contracción, que es fundamental, para la obtención de datos muy precisos; así mismo deben elegirse papeles fotográficos que tengan buena reproducción de la brillantes.
- b) Marcas.- Las fotografías deben de tener marcas fiduciales. Deberán aparecer datos en la fotografía, sobre - la hora de toma, escala aproximada, altura de vuelo, - distancia focal de la cámara y el numerado de las fotografías con la línea de vuelo y orden en que fueron tomadas.
- c) Contracción.- El promedio de contracción medido en dos direcciones, después de secado y de haber pasado un - proceso dado, el papel fotográfico no deberá exceder de cuatro partes por mil.

El papel debe ser secado en condiciones de una atmósfera de 65% de humedad relativa y a una temperatura de 22°C aproximadamente.

2.16 Equipo y manejo de fotografías aéreas.

Debido a que la fotointerpretación ha reducido tanto los costos con respecto a los métodos tradicionales de levantamientos de suelos, es necesario que el fotointérprete se habilite o tenga a mano el equipo indispensable para desempeñar tal trabajo.

A continuación se expone en dos partes, las técnicas de fotointerpretación; siendo la primera, el equipo necesario para el fotointérprete y la segunda parte el manejo de las fotografías, que es parte de este equipo.

#### 2.16.1 Equipo.

La herramienta fundamental del fotointérprete es el estereoscopio, el cual varía su tipo de acuerdo a la labor específica de que se trata.

Los estereoscopios más comúnmente usados son los de espejos, prismas, lentes y binoculares de 3x y 8x con los que se observan fotografías de 23x23 cm; dichos estereoscopios por lo general van acompañados por una regla de paralaje (fig. 2.16.1.1).

Otro tipo de estereoscopio es el de bolsillo plegable, dado su tamaño es de gran utilidad en el campo, y su transportación es cómoda (fig. 2.16.1.2).

Existen también estereoscopios dobles, estereoscopios microscópicos, los que se usan con fines específicos de investigación o entrenamiento (fig. 2.16.1.3 y 2.16.1.4).

El fotointérprete debe de contar con el "Sketchmaster", aparato monoscópico o estereoscópico de proyección con el que se elaboran mapas a escalas medianas, transfiriendo la información de las fotografías aéreas a dichos planos.

Como parte del equipo debemos contar con lápices de colores de dureza media o también lápices grasos; gomas de borrar de preferencia especiales para dibujo, algunas veces el empleo de tinta china de colores, etc. (2.16.1.4).

Así mismo se deberá contar con formas en las que se anotarán los datos o la información que el fotointérprete vaya obteniendo de las fotografías; dichas formas serán elaboradas dependiendo del fin específico de que se trata.

#### 2.16.2 Manejo de las fotografías.

Es indispensable el buen manejo de las fotografías aéreas, ya que esto aumenta la eficacia de la fotointerpretación, de lo

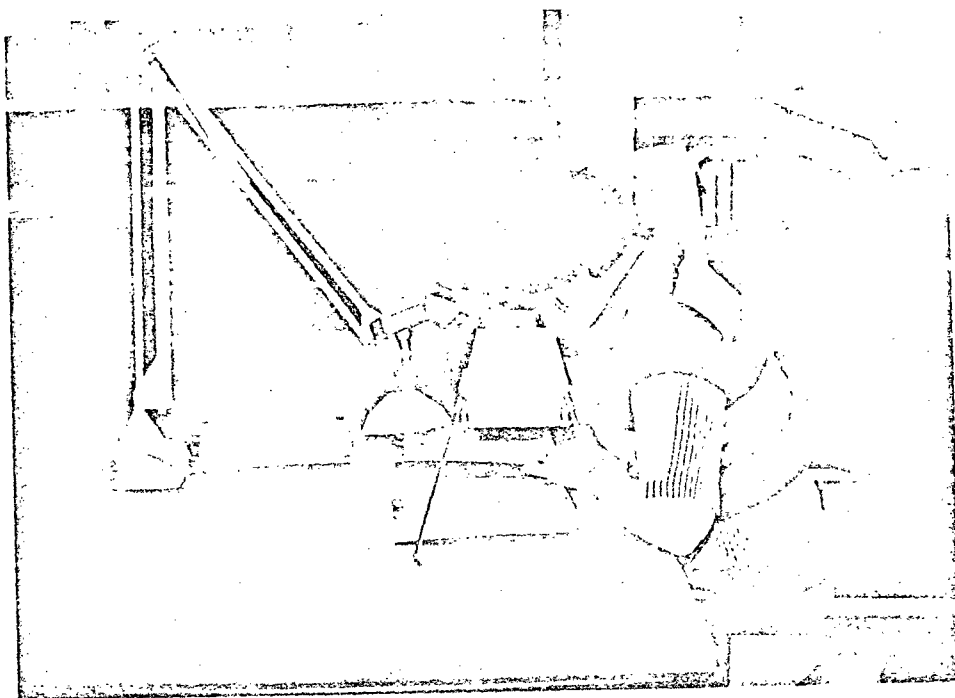


Fig. 2.16.1.1 Estereoscopio de espejos, herramienta fundamental del Agrólogo - fotointerprete, en los levantamientos de suelos.

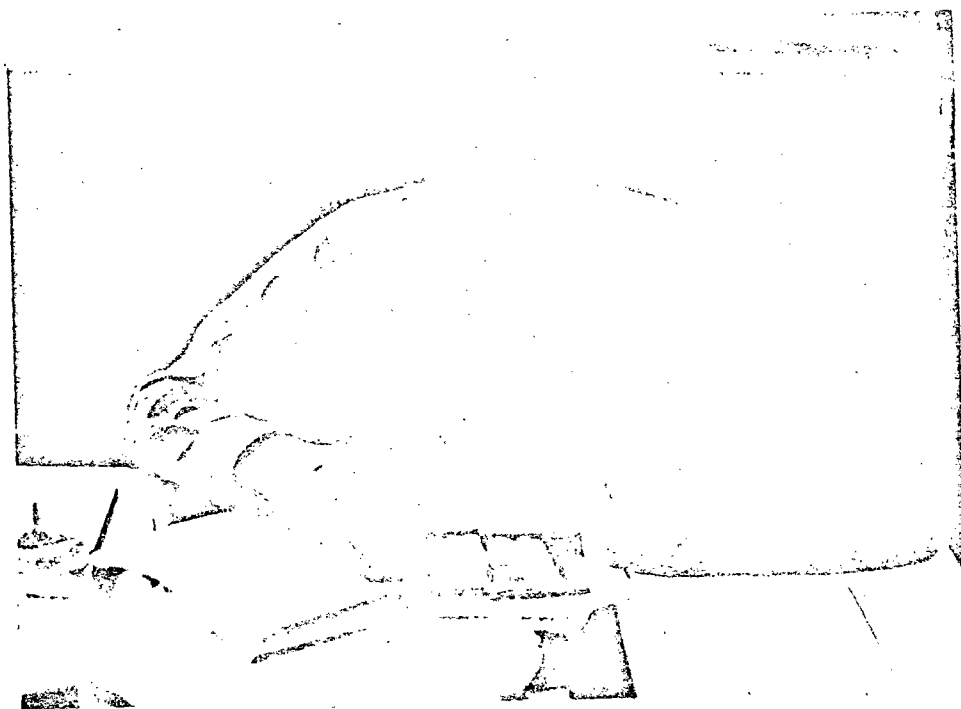


Fig. 2.16.1.2 Estereoscopio de bolsillo, instrumento fácilmente portable y de gran utilidad en los trabajos de campo, con el que rápidamente se observan detalles en las fotografías aéreas o bien en los pares estereoscópicos de perfiles de suelos.



Fig. 2.16.1.3. Estereomicroscopio con lentes de 20 aumentos, para las interpretaciones específicas o de gran detalle en las fotografías aéreas..

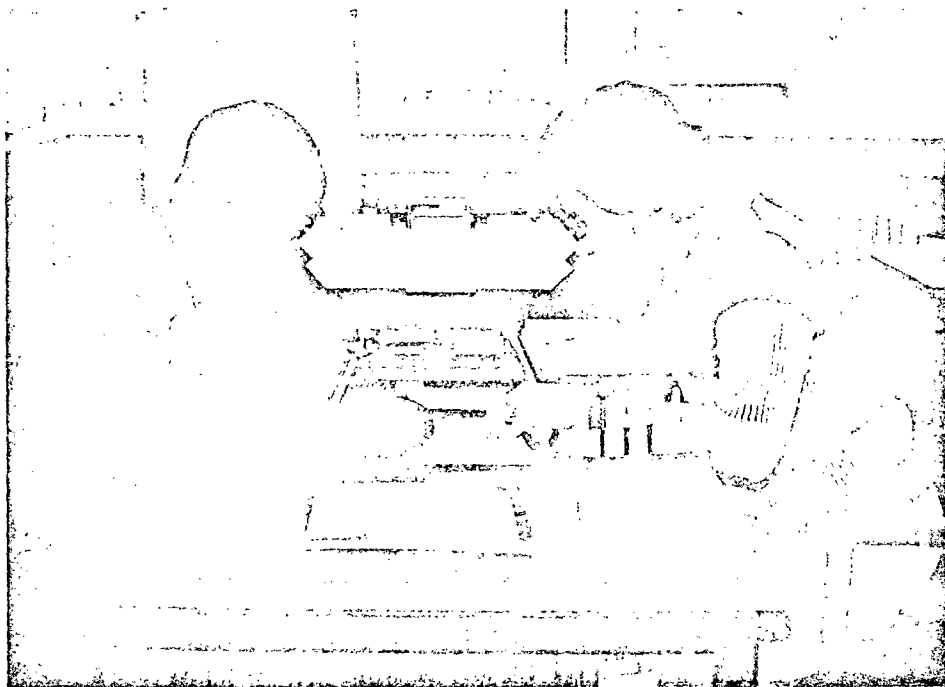


Fig. 2.16.1.4. Estereoscopio doble, de gran utilidad en la determinación de límites y traslapes, así como en la unificación de criterios en la delimitación de los diferentes conceptos empleados en la fotointerpretación agrológica.

contrario, se trabajará con pérdidas considerables de tiempo, haciendo el trabajo más tedioso lo que provocará cansancio - prematuro, vicios visuales, y a cometer más errores.

En el manejo de las fotografías se debe comenzar por - observar la calidad de las fotografías; donde la comprobación debe ser que las fajas de vuelo tengan el paralelismo adecuado, la sobreposición lateral correcta, así como la sobreposición longitudinal; que las fotografías tengan buena resolución - y contraste, estando libre de manchas o nubes.

Se debe contar con un índice fotográfico de vuelo, el -- que llevará anotaciones de toponimia, lo que facilita la localización de las áreas observadas. Las fotografías deberán con-- tener en alguna de sus orillas el nombre de la organización - que ordenó el vuelo, la compañía que realizó el vuelo, fecha- de vuelo, altura de vuelo, escala aproximada, el número del rollo de película, número de faja de vuelo y número de la fo- tografía. Estos letreros por lo regular aparecen en la prime- ra fotografía y en el resto se pone únicamente el número de - la faja de vuelo y el número de la fotografía.

Por lo general los vuelos para la toma de fotografías, - se acostumbra efectuarlo en el sentido este-oeste, y el mane- jo de las fotografías se lleva a cabo de izquierda a derecha, - entonces dicho sentido corresponderá con el oeste-este de la - toma de las fotografías aéreas. Esta circunstancia contribuye al orden y orientación constante del fotointérprete con respec- to al área total de trabajo.

Con la finalidad de que el fotointérprete principiante --- comprende con claridad todo el proceso de el manejo de las - fotografías, deberá estudiar lo que es la base aérea, los pun- tos principales de las fotografías, lo que corresponde a la vi- sión estereoscópica, la posición de las fotografías bajo el es- tereoscopio, en donde éstas deberán tener una separación en - sus orillas interiores, más o menos o igual a la distancia in- terpupilar.

Deberá entrenarse en el manejo del estereoscopio y de los binoculares así como en la regla de paralaje.

Ya con cierta experiencia, las operaciones antes descri- tas se manejan de manera automática formandose esto un há- bito.

En el manejo de fotografías se acostumbra delinear en- cada fotografía una área central denominada " área efectiva", la que se puede trazar de diferentes maneras; esta área se -

puede dibujar mediante el uso de una plantilla de mica o cartulina.

El objeto de delimitar las áreas efectivas, es el de hacer un trabajo ordenado y sistemático, para asegurar el ensamble correcto de los trazos, lograr un ahorro de tiempo, y por último que el fotogrametrista pueda hacer la restitución de los datos de una manera correcta.

Es recomendable que el fotointérprete cuente con copias de fotografías aéreas según el número de conceptos que vayan a ser trazados en dichas fotografías.

En el caso de los levantamientos de suelos, en donde se requiere la determinación de series de suelos, clasificación y uso actual de los suelos, es recomendable contar con tres juegos de fotografías, correspondiendo un juego para cada concepto.

En la oficina de fotointerpretación y en el campo, es importante manejar mosaicos fotográficos rectificados, los que se pueden utilizar también como planos base y en los que se puede transferir información de las fotografías hacia éstos.

En el último de los casos cuando no se cuenta con material rectificado, el fotointérprete podrá elaborar mosaicos de contacto, que aunque tengan pequeños errores de distorsión - causados por el paralaje, darán la misma utilidad y eficacia que las anteriormente citadas.

Cuando se requieren trabajos de más precisión, las restituciones fotogramétricas se pueden hacer con equipos sencillos como el Sketchmaster, o con máquinas muy precisas como el Balplex, el estereoplanígrafo Wild-8, etc., dependiendo de la exactitud del trabajo.

2.17

Utilidad de pares estereoscópicos terrestres a color de perfiles de suelos, en los levantamientos agrológicos y en la enseñanza.

Ya hemos visto que es necesario el empleo de fotografías aéreas en los levantamientos de suelos, dado que nos proporcionan una ayuda inestimable; así mismo nos podemos expresar - de los pares estereoscópicos terrestres a color, dado que en muchas ocasiones nos ayudarán a determinar con exactitud y calma, parámetros y características de ciertos perfiles del suelo. Del mismo modo, los pares estereoscópicos terrestres - nos pueden auxiliar en la enseñanza de los nuevos agrólogos,

ya que como material didáctico es de considerable importancia ya que en los casos en que no es posible de examinar un pozo agrológico como comunmente sucede, entonces los pares estereoscópicos hañan las veces del perfil agrológico demostrando su valía e importancia como elementos de enseñanza, de investigación y como elementos indispensables a los estudios agrológicos.

Peña R. (1965), hace la observación de que " en los informes de los estudios pedológicos y agrológicos, es muy importante la inclusión de fotografías aéreas y terrestres, ya -- que el objetivo fundamental de un informe debe ser la comunicación de resultados y proposiciones".

A continuación veremos la utilidad de las fotografías terrestres a color de los perfiles de suelos, tanto en los estudios agrológicos como en la enseñanza e investigación. (tomado de Fotopedología de Federico Peña R.) .

2.17.1 Utilidad en los estudios agrológicos.

- a) Se logran hacer correcciones a las descripciones de campo. En muchas ocasiones, debido a las difíciles condiciones del clima, se cometen errores que posteriormente pueden corregirse en el gabinete.
- b) El agrólogo supervisor, que por alguna circunstancia no fué a ciertos pozos, puede saber si es correcta o no la descripción realizada en el campo.
- c) Los agrólogos que tienen a su cargo proyectos diferentes, pueden participar en la discusión de problemas de las diferentes zonas mediante el intercambio de pares estereoscópicos.
- d) Se eleva el nivel de experiencia y conocimiento de un -- equipo de agrólogos.
- e) Debe tomarse en consideración que el exámen estereoscópico de los perfiles de suelos se hace acompañado de los reportes de campo y los resultados de laboratorio. El ex<sup>o</sup>perimento ha servido para demostrar que se puede hacer supervisión, discusión y corrección de alguna parte de -- los trabajos de campo en el gabinete.
- f) Con los pares estereoscópicos no solo de suelos, sino -- de otros aspectos ( geología, vegetación, etc. ) se hace un informe más completo, más correcto, más compren-

sivo y más útil.

- g) Del estudio de los pares en el gabinete, se hace discusión, se dictan nuevos tópicos de investigación o bien se desarrollan seminarios sobre determinados aspectos.

### 2.17.2 Utilidad en la enseñanza.

De la utilidad de este tipo de actividad en los estudios y levantamientos agrológicos, se deriva, automáticamente la utilidad que representa en la enseñanza.

Se decía en la introducción que para que la enseñanza sea mejor, se requiere de la ayuda de la práctica mediante procedimientos audiovisuales y objetivos.

La descripción de perfiles de suelos debe enseñarse, evidentemente, en el campo, pero no siempre se puede estar en este; por otra parte, cuando se hacen excursiones de investigación y trabajo, después se requiere la discusión de gabinete para llegar a las conclusiones finales.

Todos los estudiantes de un grupo pueden disponer de un estereoscópio de bolsillo y de su par estereoscópico a color o blanco y negro del mismo perfil de suelos, que previamente descrito en el campo, se requiera la práctica y discusión con junta sobre determinados aspectos sobresalientes que muestre el par fotográfico.

Con este procedimiento se le despierta el interés al estudiante por la fotointerpretación, ya que se da cuenta de inmediato que muchas observaciones hechas en gabinete coinciden perfectamente con las de campo; así mismo se desarrolla la mente inductiva-deductiva o lógica que cualquier investigador o profesional de suelos o de cualquier disciplina científica debe poseer.

En fin, con la ayuda de la fotointerpretación de pares estereoscópicos a color o en blanco y negro de perfiles de suelos, se logrará que los estudiantes obtengan una mayor experiencia y conocimiento en relación a la descripción de perfiles de suelos y pedología en general.

### 2.17.3 Utilidad en la investigación.

Mediante el intercambio internacional de investigaciones de suelos acompañadas de pares estereoscópicos a color o en blanco y negro, se puede comprender con mayor facilidad lo



que se quiere transmitir.

Con pares estereoscópicos y con métodos fotogramétricos se pueden hacer restitutiones y de ahí mediciones muy precisas de algunos aspectos cuantitativos de importancia en el perfil de suelos, como sería el caso de la estructura, fisuras, agrietamientos, cavernas, poros, raíces, gravas y gravillas, concreciones etc., y sobre todo se puede estudiar con mucho detalle aspectos de distribución.

No debe olvidarse que se pueden tomar fotografías con lentillas de acercamiento a menos de 10 cm. de distancia de algunos microdetalles específicos del perfil del suelo que quieran observarse estereoscópicamente.

El procedimiento descrito y experimentado, puede ser muy útil para la investigación pedológica en cuanto a taxonomía se refiere. Observaciones y cuantificaciones que se hagan en el perfil pueden ser consideradas para someterlas a análisis estadísticos mediante computo electrónico, y lograr así avanzar en campos muy prometedores de la taxonomía de suelos.

En diferentes épocas del año y bajo condiciones distintas se pueden tener imágenes estereoscópicas de un perfil de suelos de tal manera que pueden observarse cambios en fenómenos cíclicos o tal vez acumulativos.

El aspecto de densidad de fisuras o agrietamientos en suelos estructurados, es decir, número de metros por unidad de superficie y la forma de las fisuras en diferentes condiciones de humedad, puedan correlacionarse con los diferentes tipos de arcilla, con la cantidad de estas y en fin con determinados parámetros morfológicos.

#### 2.17.4 Técnica para obtener los pares estereoscópicos.

Si no se cuenta con una cámara estereoscópica, lo más fácil es obtener los pares con una simple cámara. Estando parado con las piernas abiertas, frente al perfil, con la cámara cargada, se hace el disparo y sin quitarse la cámara de la posición de disparo (es lo más aconsejable) se vuelve a cargar, entonces, con un desplazamiento ligero que puede ser de 5, 10 o más centímetros, hacia la derecha, se vuelve a disparar, obteniéndose así el par. El requisito, para que salgan bien las fotografías, es decir sin paralaje indeseable, es que el plano focal durante el movimiento para tomar la foto 2, debe desplazarse sobre el mismo plano.

### 3. PRINCIPIOS DE FOTOPEDOLOGIA .

#### 3.1 Pedología .

##### 3.1.1 Pedología como una disciplina científica .

En la introducción a la materia de pedología, la contribución distintiva de la escuela Rusa a la ciencia del suelo, vale la pena mencionar las aproximaciones hechas al estudio de los suelos.

La perspectiva histórica ayuda a fijar en nuestras mentes las complicadas fases de la materia.

Como una ciencia independiente, la pedología se originó en Rusia con las clásicas investigaciones de Dokuchaev y -- sus discípulos. Debido a las barreras del lenguaje (La lengua Rusa no era muy estudiada fuera de Rusia) y el aislamiento de Rusia hasta la primera guerra mundial y la subsecuente -- revolución, este cúmulo de conocimientos permaneció almacenado en tierra desconocida para Europa Occidental y el Nuevo Mundo . Sin embargo, algunas ideas de la escuela Rusa habían penetrado en Europa Occidental durante la primera década de este siglo, sólo desde entonces vino un cambio pronunciado.

En los Estados Unidos, el finado Doctor Marbut, de la antigua oficina de suelos, del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, manifestó un marcado interés en los modernos puntos de vista científicos sobre suelos. Marbut fué el -- primero en los Estados Unidos en apreciar completamente -- las posibilidades de investigación futura en el estudio de los suelos como se presentó por los Rusos, después de que fué instruido (a través de una traducción Alemana), con las visitas del finado doctor Glinka, probablemente el más prominente discípulo de Dokuchaev.

La escuela Rusa hizo la aclaración de que los principios aplicados en la elucidación de las ciencias naturales, tales como zoológia y botánica son aplicables también a la ciencia del suelo.

El suelo es contemplado como un organismo diferente, con morfología definida y rasgos constitucionales (Fisiológicos), con propiedades físicas específicas, composición química y biológica en sus diferentes partes.

El método pedológico en el estudio de los suelos es aún

logo al que es usado en las ciencias fundamentales: química física y biología.

### 3.1.2 Definición de pedología y definición de suelo.

#### 3.1.2.1 Pedología.

La pedología es una rama de la ciencia natural del suelo que tiene por objeto investigar elucidar las leyes naturales que gobiernan el origen, la formación y distribución de los suelos (1).

No debe de ser confundida la pedología con la ciencia del suelo, la cual es una materia mucho más amplia en donde queda involucrada la pedología. La pedología explica la génesis de los suelos y puede considerarse como la base sobre la cual se construyen las ciencias aplicadas sobre la agricultura (fig. 3.1.2.1.1).

El conocimiento, profundo, teórico y de campo de la pedología es por supuesto, la base más importante sobre la cual se desarrolla la aplicación de la fotopedología en el estudio genético de los suelos.

#### 3.1.2.2 Suelo.

Desde los primeros tiempos el suelo fué definido como la capa delgada superficial de la tierra donde se adaptaban las plantas en crecimiento. Posteriormente ha habido varias definiciones.

Docuchaev definió al suelo como "La superficie y horizontes adjuntos de material parental el cual está sujeto, más o menos a un cambio natural bajo la influencia de agua, aire y otros organismos vivos o muertos; este cambio reflejado, en cierto grado, en la composición, estructura y color de los productos del intemperismo.

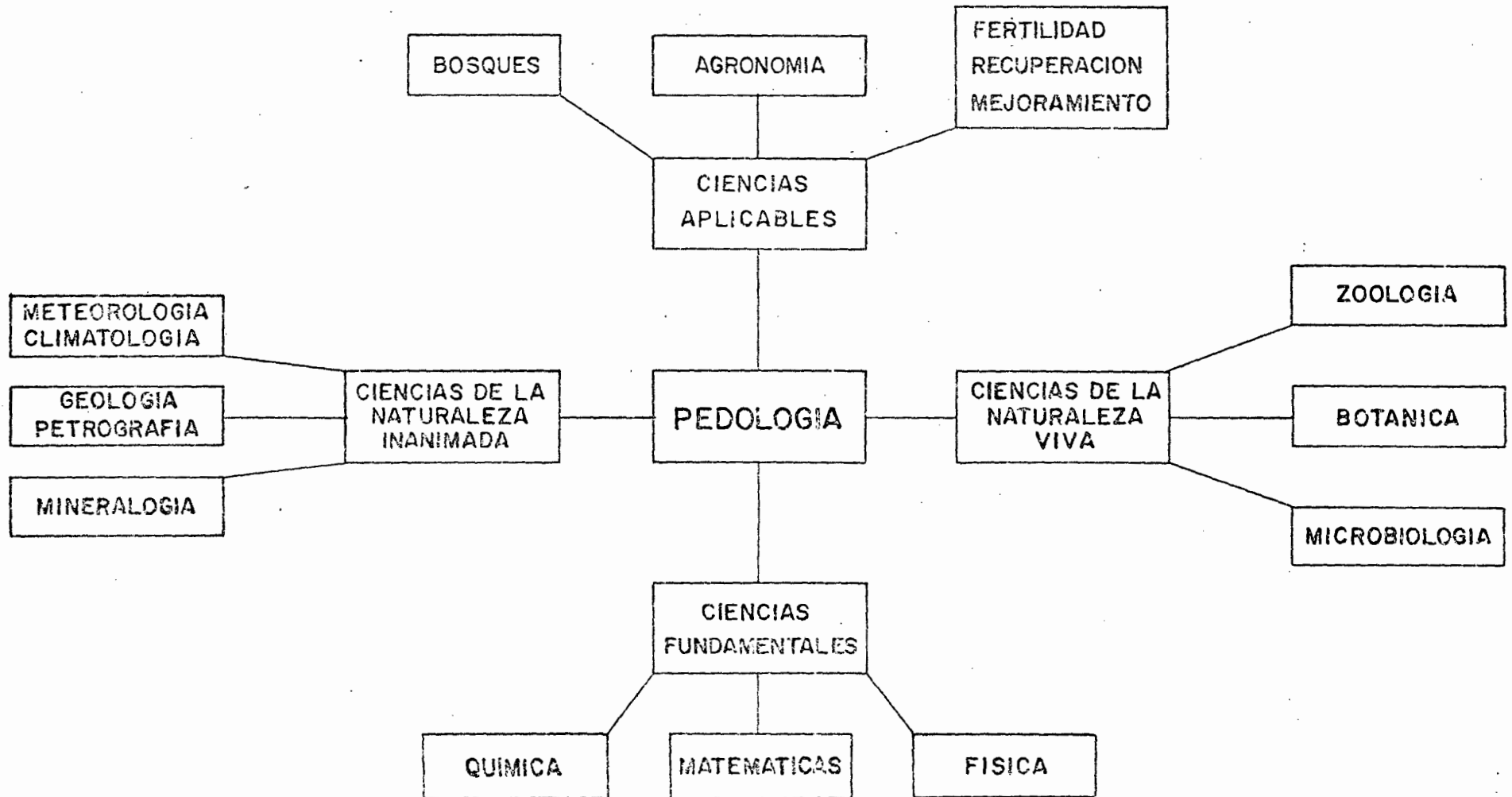
Zackarov, alumno de Docuchaev define al suelo como "La pequeña porción superficial de la costra terrestre, la cual se formó bajo las mutuas actividades de plantas, animales y agentes atmosféricos".

---

(1) Definición de Jacob S. Joffe, Pedology., Second Edition 1949.

# RELACION DE LA PEDOLOGIA A OTRAS DISCIPLINAS CIENTIFICAS.

( De Zakharov )



De nuevo esta es una definición en términos de procesos de formación del suelo.

Actualmente el suelo, desde un punto de vista estrictamente pedológico, se define como " Un cuerpo natural de constituyentes orgánicos y minerales, diferenciado en horizontes de profundidad variable, las cuales difieren del material subyacente en morfología propiedades físico-químicas composición y características biológicas".

### 3.2 Nacimiento de la fotopedología.

#### 3.2.1 Inicios de una ciencia.

Debido a la necesidad en México del conocimiento y clasificación de sus suelos, tanto con fines agrológicos como taxonómicos, así como la investigación de los mismos desde el punto de vista pedológico, hubo necesidad de crear una nueva rama de la ciencia - el suelo, la Fotopedología.

Hace 21 años se inició, en forma sistemática y obligatoria, el empleo de fotografías aéreas en los levantamientos agrológicos, con lo que se provocó un cambio radical, en la técnica agrológica de nuestro país; esto dió por consecuencia, que en 1965 técnicos mexicanos lograran la creación de una nueva disciplina que es la fotopedología.

Los inicios de esta ciencia se remotan al año de 1959, cuando los Ingenieros Agrónomos Rafael Ortíz Monasterio y Federico Peña Rodríguez, sentaron las bases fundamentales de la que más tarde sería la fotopedología. Los principios fundamentales de esta ciencia serán tratados en el presente capítulo, en donde se verá que una de sus bases es el aprovechamiento de la fotografía aérea como elemento de investigación, ya que de ellas se obtiene infinidad de información acerca de los suelos, cuando se aplican técnicas interpretativas adecuadas.

La finalidad del método es la de reducir a un mínimo las investigaciones directas en el campo, evitando así el encarecimiento de los estudios del suelo y aumentando la eficiencia de los resultados; aunque de ninguna manera perjudica el trabajo la investigación de los suelos en el campo, sino por el contrario, reduce en gran manera los gastos erogados para tal fin.

La fotopedología se fundamenta en la ciencia pedológica y las técnicas fotointerpretativas, así mismo, se auxilia de varias ciencias las cuales se mencionarán más adelante.

Es de sumo interés, hacer notar que la eficacia de esta disciplina, dependerá en gran parte de los conocimientos del intérprete, siendo mayor la eficiencia, cuanto mayores sean los conocimientos del individuo, considerando a éste, un fotopedólogo una vez adquirido un cierto grado de conocimiento.

### 3.2.2 Conceptos relacionados con los principios fotopedológicos.

Siendo la pedología una rama de la ciencia del suelo, es lógico que tenga que auxiliarse de otras disciplinas científicas, tales como la Geología, Pedología, Estratigrafía, Geomorfología, Ecología vegetal, principios de fotogrametría y fotointerpretación, etc., las que en conjunto coadyuvarán a la aplicación de la fotopedología.

Es importante asentar, que es necesario que el fotopedólogo tenga conocimientos suficientes de estas ciencias, aunque no es del todo necesario que llegue a dominar tales materias. Lo anterior es con el fin de obtener mayores y mejores resultados al aplicar el método fotopedológico, en los estudios e investigaciones a realizar.

A continuación se hará una breve descripción de cada una de estas ciencias con lo que se pretende dar a conocer las bases que constituyen los principios fotopedológicos.

#### 3.2.2.1 Geología.

La geología es la ciencia de la tierra, y es una ciencia que hace uso de todos los conocimientos disponibles para aprender los secretos que posee la tierra.

Esta ciencia trata de fenómenos relacionados con la tierra y su historia. Para comprender a la Geología y así poder hacer uso de una rama aplicada que es la fotogeología, es necesario estudiar algunos aspectos generales de los principales capítulos que se compone esta ciencia, los cuales son: composición de la corteza terrestre, historia de la tierra, vulcanismo, tectonismo, metamorfismo, intemperización y erosión modelos de drenaje y lo referente a las aguas que existen en nuestro planeta.

Por último diremos que la clave para comprender las características geológicas y sus relaciones, es el estudio de los procesos que operan actualmente.

#### 3.2.2.2 Geomorfología.

La Geomorfología es una rama de la Geología que estudia las formas de la tierra.

Los capítulos de mayor interés, relacionados con los suelos son: Formas del terreno o del segundo y tercer orden, construccionales y destruccionales, el ciclo geomórfico, las corrientes, sus ciclos y los modelos de drenaje, etc.

Por lo general al estudiar las fotografías aéreas, podemos determinar elementos geomorfológicos, siendo de gran valor en el estudio fotopedológico de los suelos.

### 3.2.2.3 Estratigrafía.

Es una rama de la geología que estudia las rocas estratificadas.

Aunque es una definición muy somera, encierra un contenido abundante y complicado, por lo que el estudio de esta materia es motivo de una especialización dentro de la geología.

El propósito de esta rama científica es desentrañar el origen de los sedimentos, los agentes que los transportaron, el medio en que tuvo lugar el depósito y las relaciones de unos a otros, tanto horizontal como verticalmente.

Desde el punto de vista filosófico la estratigrafía proporciona la base para la comprensión del pasado histórico de la tierra. Los modelos cambiantes de las tierras y mares, los cambios climáticos y aún la historia de la evolución de la vida sobre la tierra.

Los capítulos relacionados con los suelos, de gran utilidad en la fotopedología son: Principios de estratigrafía en rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas; composición y secuencia de los estratos.

### 3.2.2.4 Sedimentación.

Esta es una rama de la Geología que estudia la acumulación de las partículas de roca suelta que han sido transportadas y depositadas en diferentes ambientes, tanto en la tierra como en el mar.

La sedimentación de materiales, de lugar a la formación de rocas sedimentarias. Las rocas sedimentarias están constituidas por materiales clásticos, de diferentes tamaños, depósitos químicos tanto orgánicos co-

mo inorgánicos y materiales puramente orgánicos como las capas de carbón vegetal y los estratos formados por residuos calcáreos de animales marinos invertebrados.

Los sedimentos se acumulan en los continentes, en el fondo del mar y en zonas transicionales.

Por efectos de presión, y temperatura, las rocas ígneas y las sedimentarias se han transformado en rocas metamórficas. Las rocas sedimentarias son de gran importancia, ya que se consideran como registros o testimonios de la historia geológica.

Los temas de mayor interés en relación a los suelos son: Los procesos de sedimentación, ambientes de sedimentación, terrestres, marinos, lacustres y fluviales; y composición de los sedimentos.

#### 3.2.2.5 Petrología.

El estudio científico de las rocas es la petrología, como sabemos, las rocas son los materiales esenciales de la geología por lo que se requiere conocer las principales clases de éstas.

Todas las rocas se clasifican en tres grandes grupos; según su origen, se conocen como ígneas, sedimentarias y metamórficas. Para estudiar cualquiera de estos grupos deben conocerse previamente los procesos de formación de estas rocas, principalmente las rocas sedimentarias que son producto de cambios complejos en la superficie terrestre.

La petrología estudia el origen, constitución, propiedad y clasificación de las rocas.

#### 3.2.2.6 Climatología.

Esta ciencia estudia al clima. El clima, "son condiciones meteorológicas características o que prevalecen en cualquier lugar o región" (1).

Dado que el clima es un factor de formación de los suelos, influenciando en gran manera las características de los perfiles de los mismos, es muy importante tener conocimientos suficientes sobre este fenómeno, estudiando los diferentes climas que se presentan en las diferentes regiones del mundo y en especial el clima predominante en la zona bajo estudio.

(1) Austin M.A. Climatología. Ed. Omega.



La precipitación, temperatura, humedad y viento, son parámetros del clima, que mediante sus acciones mecánicas y químicas son responsables de las transformaciones de la superficie de la corteza terrestre.

En el conocimiento del clima, y a través de la fotointerpretación, podemos deducir la geología de una región así como muchas propiedades de los suelos de esa área; o podríamos deducir también, el tipo de vegetación.

Así pues, la climatología es de vital importancia como elemento auxiliar de la fotopedología, ya que estudia los fenómenos que provocan el intemperismo de los suelos, tales como la precipitación y las temperaturas, sus cantidades y distribuciones anuales; la humedad relativa; acciones y efectos del agua; y los vientos.

### 3.2.2.7 Ecología.

La ecología es la ciencia que estudia a los organismos, su medio ambiente y todas las relaciones que existen entre ambos.

La ecología estudia las comunidades, que son agrupaciones de organismos vivientes (vegetación) que tienen relaciones mutuas entre sí y con su medio ambiente.

Existen factores que rigen a la comunidad, los que se pueden clasificar como sigue:

- a) Factores climáticos: Aire, energía radiante, temperatura y luz.
- b) Factores fisiográficos: suelo y topografía.
- c) Factores biológicos: competencia, simbiosis, animales, polinización y diseminación.

Por lo general, todas las comunidades están restringidas o influenciadas por la combinación de estos factores, predominando unos más que otros sobre estos conjuntos, dando lugar a regiones locales llamadas "habitats", las cuales presentan condiciones específicas para el desarrollo de dichas comunidades.

Los conocimientos generales que debe tener el fotopedólogo en relación a la ecología vegetal, deben de abarcar también a la dinámica de la comunidad, esto es, la sucesión ve-

getal, distribución de las comunidades, climax, etc.

### 3.2.2.8 Pedología.

En el capítulo anterior (3.1.2.1) se expuso la definición de la pedología donde se dice que esta ciencia tiene como objetivo la investigación de las leyes naturales del origen, formación y distribución de los suelos.

El estudio de esta ciencia es de suma importancia para el intérprete ya que hemos visto, que es la base fundamental de la fotopedología.

Las materias que contiene esta ciencia son de profundo interés ya que al hacer uso de ellas, nos damos cuenta de la importancia del suelo desde un punto de vista pedológico (ver cuadro), lo que nos servirá para dar una buena interpretación de este suelo - desde un punto de vista agrícola. Dicho lo anterior podemos citar un ejemplo al respecto: Si pedológicamente se observa que un suelo derivado del intemperismo de cenizas volcánicas, al cual tenga un contenido rico en nutrientes tanto minerales como orgánicos, y presente características topográficas adecuadas, sabremos que en ese suelo, se podrán adaptar una diversidad de cultivos de los cuales se esperarán buenas producciones dadas las características de dichos suelos.

#### 3.2.2.8.1 La morfología.

Es un auxiliar de esta ciencia ya que con ello se puede describir el cuerpo del suelo, su apariencia, formas y características generales observadas en el perfil de un suelo. El término morfológico fué introducido por Goethe en 1817.

Al emplear la morfología en los suelos encontraremos, que su perfil consiste de varias capas genéticas llamadas horizontes los que están formados de materiales orgánicos (horizontes superficiales), horizontes de diagnóstico (horizontes de eluvación) y de material madre (Este puede o no estar intemperizado). Otras características que se distinguen son: color estructura hábito de perfil, profundidad del mismo, espesor de los horizontes, textura, concreciones, etc.

Estas características son determinadas mediante los cinco sentidos humanos; así mismo podemos decir que estas características se pueden estudiar mediante los procesos fotopedológicos.

#### 3.2.2.8.2 La génesis de suelo.

Es otro factor de importancia que estudia la pedología; y a su vez la génesis estudia la evolución del suelo en el ciclo geoquímico - que opera en la costra correspondiente a la faja de intemperización de la tierra.

En el proceso genético intervienen una serie de agentes y fenómenos complejos tales como los tipos de rocas, zonas de metamorfismo, agentes del intemperismo, (físicos y químicos), procesos de formación del suelo y los factores de formación del mismo.

Las interrelaciones entre los procesos y las reacciones físicas, químicas y biológicas se presentan a continuación.

<u>Procesos fundamentales.</u>	<u>Procesos específicos.</u>	<u>Reacciones físicas, químicas y biológicas.</u>
1. Acumulación de humus y restos orgánicos sobre la superficie del suelo, la formación de la capa Ao.	Formación de humus vegetación -- de pastos, vegetación forestal, formación Peat. Solonchak, gels órgano-minerales.	A. Físicas. Permeabilidad, translocación (mecánica), textura, estructura.
11. Eluviación de formación del horizonte A.	Lavados de bases, podzolización, acumulación de humus, laterización.	B. Químicas. Estado coloidal, -- solución, precipitación, hidratación, -- oxidación, reducción, carbonatación, silicatación, adsorción, intercambio iónico.
111. Iluviación de formación del horizonte B.	CaCO <sub>3</sub> , arcilla y acumulaciones -- de hierro y aluminio, solonetz.	C. Biológicas. Grupos de microbios, humificación, mineralización, -- amonificación, nitrificación, detritificación, fijación de nitrógeno, otras -- reacciones.
IV. Diferenciación de la masa con los horizontes respectivos.	Solución del suelo profundidad del -- perfil, madurez del suelo, aereación, temperatura.	

### 3.2.2.9 La fotogrametría.

Es también señalada como un concepto relacionado a la fotopedología; esto es debido a que el método requiere del empleo de material fotográfico del cual, se obtiene cierta información de precisión. La fotogrametría es el arte mediante la cual se obtienen medidas reales por medio de fotografías, estableciendo características geométricas como Medida, forma y posición del objeto fotografiado.

La importancia del empleo de esta técnica se debe a que necesitamos cuantificar y clasificar los estudios del suelo.

Para hacer un uso adecuado de esta técnica, es necesario que el intérprete haya estudiado los conceptos expuestos en el capítulo 2, principios de fotointerpretación así como, lo relacionado con lentes fotogramétricos, distorsiones, cámaras aéreas, rectificación, instrumentos de restitución de fotografías aéreas, etc. Todo esto debe conocerlo el fotopedólogo, ya que sólo así tendrá una idea de como se construye una carta de suelos.

### 3.2.3 Principios fotopedológicos.

Los principios fotopedológicos contienen la filosofía y elementos que dieron origen a esta ciencia.

La fotopedología es una rama de la pedología y tiene por objeto establecer las leyes que gobiernan el origen, formación y distribución de los suelos mediante la interpretación de fotografías aéreas, apoyada en estudios de campo y laboratorio.

En capítulos anteriores ya se expuso que para la aplicación de esta ciencia es necesario el empleo de ciencias auxiliares, principalmente la pedología.

El objetivo de esta disciplina es el de llegar al conocimiento del suelo mediante una metodología sistemática, con la cual la conclusión final es el establecimiento de la génesis de los suelos desde el punto de vista pedológico, así como la interpretación de estos conocimientos para llevar a cabo una explotación adecuada del factor suelo.

Los procesos fundamentales que se llevan a cabo en la fotopedología son:

La deducción e inducción; elementos integrantes de la lógica formal.

Mediante estos procesos se elaboran hipótesis que se comprueban con observaciones de campo y laboratorio;

En el capítulo # 2 se exponen dichos procesos; en donde se observa que la inducción es una serie de razonamientos enlazados de una manera lógica, habiendo partido de hechos particulares observados.

La deducción es el conjunto de razonamientos de un proceso, del que se obtienen conclusiones particulares de hechos generales conocidos.

El proceso fotopedológico completo consiste de tres fases principales, los que a continuación se exponen:

- a) Estudio de gabinete, Estimación de características morfológicas de los perfiles de suelos y establecimiento de la génesis de los mismos, mediante procesos deductivos .
- b) Estudio de campo y laboratorio.
- c) Afinación rectificación y conclusiones pedológicas y agrológicas.

Para aplicar el método fotopedológico, debemos de hacer uso de claves o elementos de análisis, las cuales nos ayudarán a organizar la información obtenida del estudio del material fotográfico, así como de los datos generales de la zona investigada.

Esto es con el objeto de encontrar la solución del problema, y llegar a una conclusión satisfactoria obtenida de la aplicación de dichas claves.

Uno de los principios más importantes de la fotopedología es el axioma expresado por el Ruso Docuchaev (1880), el cual reza "Si conocemos los factores de formación de suelos, podemos entonces predecir que suelo resultará". Peña R. Al respecto expresa lo siguiente, " El axioma de Docuchaev es el principio fotopedológico más importante, en virtud de que es la fotografía aérea el elemento de máximo valor, con el cual se observan o deducen los factores formadores de suelos".

#### 3.2.4

#### Cuadro analítico del proceso fotopedológico.

En este punto se darán las guías generales que constituyen a un proceso fotopedológico completo. Estas guías son en sí claves que deben ser observadas y aplicadas en el orden en que aparecen en el cuadro siguiente.

La fotopedología aplicada a estudios de clasificación de suelos, requiere del siguiente proceso, que podemos llamar fotopedológico:

- A. Trabajo de Gabinete Primera Fase.
  - A.1 Colección de toda la información general respecto a clima, geología, suelos zonales e intrazonales ó cualquier otra clase de información con respecto a suelos, cartografía, etc.
  - A.2 Inspección estereoscópica faja por faja de vuelo del área -- completa.
  - A.3 Estudio fotogeológico para la determinación del material madre del suelo.
  - A.4 Estudio geomorfológico para ayudar a la investigación pedológica (incluye a los modelos de drenaje).
  - A.5 Estudio del Proceso de Sedimentación, para determinar las características principales de los materiales madre sedimentarios: textura, color, estructura, profundidad, etc.
  - A.6 Estudio de vegetación: distribución y masa o densidad, e -- ideas generales respecto a su carácter.
  - A.7 Estudio de los tonos fotográficos.
  - A.8 Estudio pedológico de los grupos de suelos zonales e intrazonales probables.
  - A.9 Estudio de los factores que producen variación en los tipos de suelos (texturas) y series de suelos.
  - A.10 Trazado de los límites de los tipos, series y clases de suelos.
  - A.11 Señalamiento de los sitios de muestreo; consistente en po--zos y muestras superficiales de 0.30 m a 0.60 m , así -- mismo los itinerarios y obtención del Plan General de Trabajo.
- B. Trabajo de Campo.
  - B.1 Apertura de pozos a la profundidad necesaria para obtener las características morfológicas de los perfiles y colección de muestras para los análisis físicos y químicos de laboratorio.
  - B.2 Colección de muestras superficiales para el control de los límites de textura y para obtener información de las condiciones de fertilidad de los suelos.
  - B.3 Colección de especímenes de roca, observación y descripción de perfiles expuestos en forma natural o artificial.
  - B.4 Estudio de las características de la vegetación y su correlación con los suelos que la soportan.
  - B.5 Colección de muestras de agua para análisis físicos y químicos.

B.6 Fotografías simples y estereoscópicas de color de los perfiles de suelos, rocas y vegetación.

C. Trabajos de Laboratorio.

C.1 Análisis físicos y químicos de las muestras de suelos.

C.2 Microscopia electrónica para el estudio de arcillas, para ayudar en la investigación pedológica.

C.3 Microscopia para el estudio de minerales y fósiles.

D. Trabajo de Gabinete. Segunda fase.

D.1 Con los resultados de campo y laboratorio, corregir la fotointerpretación aérea correspondiente a la primera fase.

D.2 Construcción de mapas. Evaluación de Areas.

D.3 Presentación del reporte pedológico y Agrológico.

D.4 Resultados. Juicio de la eficiencia.

La aplicación del cuadro analítico fotopedológico conduce al aprovechamiento máximo del potencial de las fotografías aéreas.

Con este cuadro analítico se da una idea clara del tipo de preparación que debe de poseer un fotopedólogo.

4.

## APLICACION DEL METODO FOTOPEDOLOGICO A UN LEVANTAMIENTO DE SUELOS.

### Objetivo, Hipótesis, Supuestos.

#### Objetivo:

El objetivo de este trabajo es el de demostrar la aplicabilidad y optimización del método fotopedológico de resultados en los levantamientos del suelo, el cual nos muestra la manera de interpretar las fotografías aéreas y la información colectada sobre los recursos naturales.

#### Hipótesis:

La sistemática que sigue el método fotopedológico en los levantamientos de suelos, presenta mayor rapidez, eficacia y economía con respecto a los métodos convencionales.

La fotopedología trata de establecer la génesis, formación y distribución de los suelos mediante la interpretación de fotografías aéreas por lo cual es un método inductivo-deductivo.

#### Supuestos:

1. La agrología tiene por objetivo el estudio y clasificación -- del suelo desde el punto de vista de su capacidad de producción, su disponibilidad para el riego y su capacidad para reintegrar utilidades y costos de inversión.
2. La fotointerpretación tiene por objeto la identificación de -- los objetos y el establecimiento de su significado por medio de sus imágenes fotográficas.
3. La fotopedología como método científico en la investigación pedológica se fundamenta en principio, en los conocimientos pedológicos y de fotointerpretación auxiliados por las ramas científicas de que se sirven la pedología y la fotointerpretación, así como en la experiencia personal que se tenga de dichas ciencias.

La fotopedología se basa en el método inductivo-deductivo -- de Lueder y en el principio de Dokuchaev que dice: "Si se conoce los factores de formación de los suelos, podrá predecirse que -- suelo se formará"; este principio constituye la piedra angular de la fotopedología.

4.1

### Descripción de la secuencia del método fotopedológico.



En este capítulo se presenta el proceso fotopedológico, y aunque - en forma resumida, se expondrán todas las fases que lo com-  
prenden; esto es con el fin de hacer más comprensiva la expo-  
sición que el autor paso a paso irá desarrollando, de la expe-  
riencia obtenida al emplear dicho método en los estudios agro-  
lógicos.

Como ya lo hemos visto, el método fotopedológico en el estudio de los suelos, comprende una serie de procesos que -- van ordenados en forma sistemática y que darán por resultado la conclusión satisfactoria del objetivo del estudio, que es, la obtención de un informe pedológico y agrológico así como los - planos de las unidades de suelos encontrados (cuadro 4.1.1).

El empleo simultáneo del informe y los planos darán la clave para el buen manejo de los suelos, esta es la meta final que se persigue al aplicar dicho método.

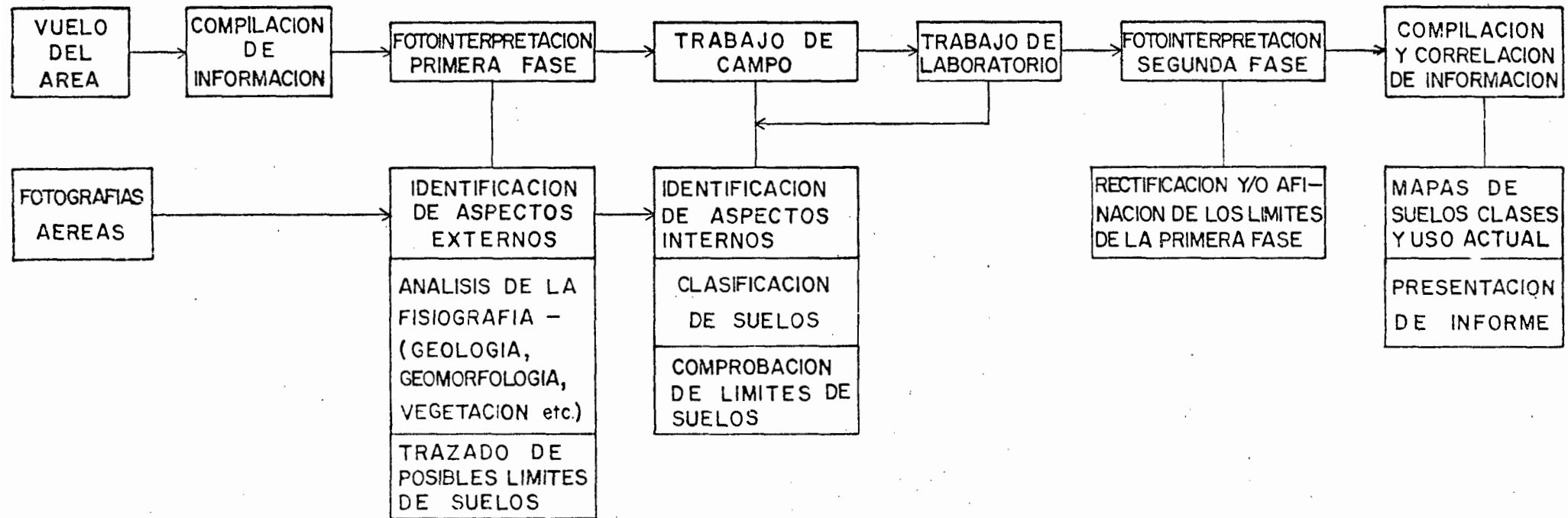
El proceso fotopedológico consiste de tres subdivisiones - principales que son:

- a) Estudio de gabinete primera fase. En esta primera fase, se procede a recopilar información del área de estudio; - se hace una fotointerpretación preliminar de la cual se ob-  
tendrá un plano provisional con las unidades de suelos.
- b) Estudio de campo y laboratorio. Esta etapa comprende la investigación de los suelos en el campo, en donde se estudiarán las zonas de muestreo que fueron programa--  
das en la etapa anterior, y se comprobará la fotointer--  
pretación previa; con los datos así obtenidos, se procede-  
rá a la corrección de errores o dudas aplicando para -  
ello la tercera fase del método.

En el estudio de laboratorio, se procederá a la determi-  
nación de análisis físico-químicos de las muestras de sue-  
lo obtenidas así como de las muestras de agua. Los re-  
sultados de esta segunda etapa ayudarán a precisar la in-  
terpretación de los suelos efectuada en la primera fase.

- c) Estudio de gabinete segunda fase. Con el cúmulo de da-  
tos obtenidos de los estudios de campo y laboratorio, se  
procederá donde sea necesario, a corregir y afinar los  
límites resultantes de la fotointerpretación preliminar; -  
posteriormente se procederá a la elaboración definitiva -  
del informe y planos de las unidades de suelos y sus pro-  
piedades características.

# SECUENCIA GENERAL DE LOS LEVANTAMIENTOS AGROLOGICOS CON FOTOINTERPRETACION



A continuación se presenta la secuencia de el método fotopedológico.

- 4.1.1 Estudio de gabinete Primera fase.
- 4.1.1.1 Delimitación del área.
- 4.1.1.2 Revisión del material fotográfico.
- 4.1.1.3 Formación de un mosaico fotográfico.
- 4.1.1.4 Recopilación de datos respecto al clima, geología, suelos, y toda clase de información referente a suelos cartografía, etc.
- 4.1.1.5 Inspección estereoscópica faja por faja de vuelo del área completa.
- 4.1.1.6 Estudio del clima.
- 4.1.1.7 Estudio fotogeológico para la determinación del material madre del suelo.
- 4.1.1.8 Estudio geomorfológico para ayudar la investigación pedológica.
- 4.1.1.9 Estudio de los modelos de drenaje natural.
- 4.1.1.10 Estudio del proceso de sedimentación, para determinar las características de los materiales madre sedimentarios.
- 4.1.1.11 Estudio de la vegetación natural: distribución y densidad.
- 4.1.1.12 Estudio de los tonos fotográficos.
- 4.1.1.13 Estudio pedológico de los grupos de suelos zonales e intrazonales posibles.
- 4.1.1.14 Estudio de los factores que producen variación en los tipos de suelos.
- 4.1.1.15 Trazo de los límites de los tipos, series y clases de suelos.
- 4.1.1.16 Señalamiento de los sitios de muestreo: Pozos agrológicos y -- muestras superficiales de 0.30 m a 0.90 m.
- 4.1.1.17 Formación de un plano provisional.
- 4.1.1.18 Itinerario de trabajo.

- 4.1.2 Estudio de campo.
- 4.1.2.1 Apertura de pozos agrológicos para el estudio de la morfología - del perfil y colección de muestras para los análisis físicos y químicos de laboratorio.
- 4.1.2.2 Toma de fotografías simples y estereoscópicas de color de los -- perfiles de suelos, rocas y vegetación.
- 4.1.2.3 Colección de muestras superficiales para el control de los límites de textura y obtención de información de las condiciones de fertilidad y otras de los suelos.
- 4.1.2.4 Colección de especímenes de rocas y la inspección y descripción de perfiles expuestos en forma natural o artificial.
- 4.1.2.5 Estudio de las características de la vegetación y su correlación - con los suelos que la soportan.
- 4.1.2.6 Toma de muestras de agua de sitios representativos y de mantos freáticos, para análisis físico-químicos.
- 4.1.2.7 Ordenación de datos y materiales y discusión de los mismos después de cada sesión de trabajo.
- 4.1.3 Estudio de laboratorio.
- 4.1.3.1 Análisis físicos y químicos de las muestras de suelos.
- 4.1.3.2 Análisis físicos y químicos de las muestras de agua.
- 4.1.3.3 Microscopía electrónica para el estudio de arcillas, para el estudio de minerales y fósiles y para la investigación pedológica.
- 4.1.4 Estudio de gabinete Segunda fase.
- 4.1.4.1 Corrección de la fotointerpretación aérea de la primera fase - utilizando los resultados de campo y laboratorio.
- 4.1.4.2 Evaluación de áreas de series, fases, clases y uso actual de los suelos.
- 4.1.4.3 Elaboración de mapas de series, fases, clasificación agrológica y uso actual de los suelos.
- 4.1.4.4 Presentación del informe agrológico y pedológico.

La secuencia anterior es la que se debe seguir al aplicar

el método fotopedológico. Este método es de aplicación universal, por lo que debe emplearse tanto en estudios de gran visión como en detallados o muy detallados.

#### 4.2 Aplicación del método fotopedológico en el estudio agrológico semidetallado para la rehabilitación y ampliación del distrito de riego Cupatitzio - Tepalcatepec.

Este capítulo corresponde a la parte básica de que trata la presente tesis; para el cual, se tomo como ejemplo un Estudio Semi detallado.

La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos ordenó un Estudio Integral para la Rehabilitación y Ampliación del Distrito de Riego Cupatitzio Tepalcatepec, el cual está integrado por estudios Agrológicos, Hidrológicos, Geológicos, Socioeconómicos, y de Evaluación de Proyectos.

La empresa de Estudios y Proyectos, S.A., fué la encargada del desarrollo de los trabajos para el estudio integral, en donde el estudio agrológico es la parte básica ya que sin éste, los demás estudios no tendrán razón de ser de acuerdo a los fines que persigue el proyecto.

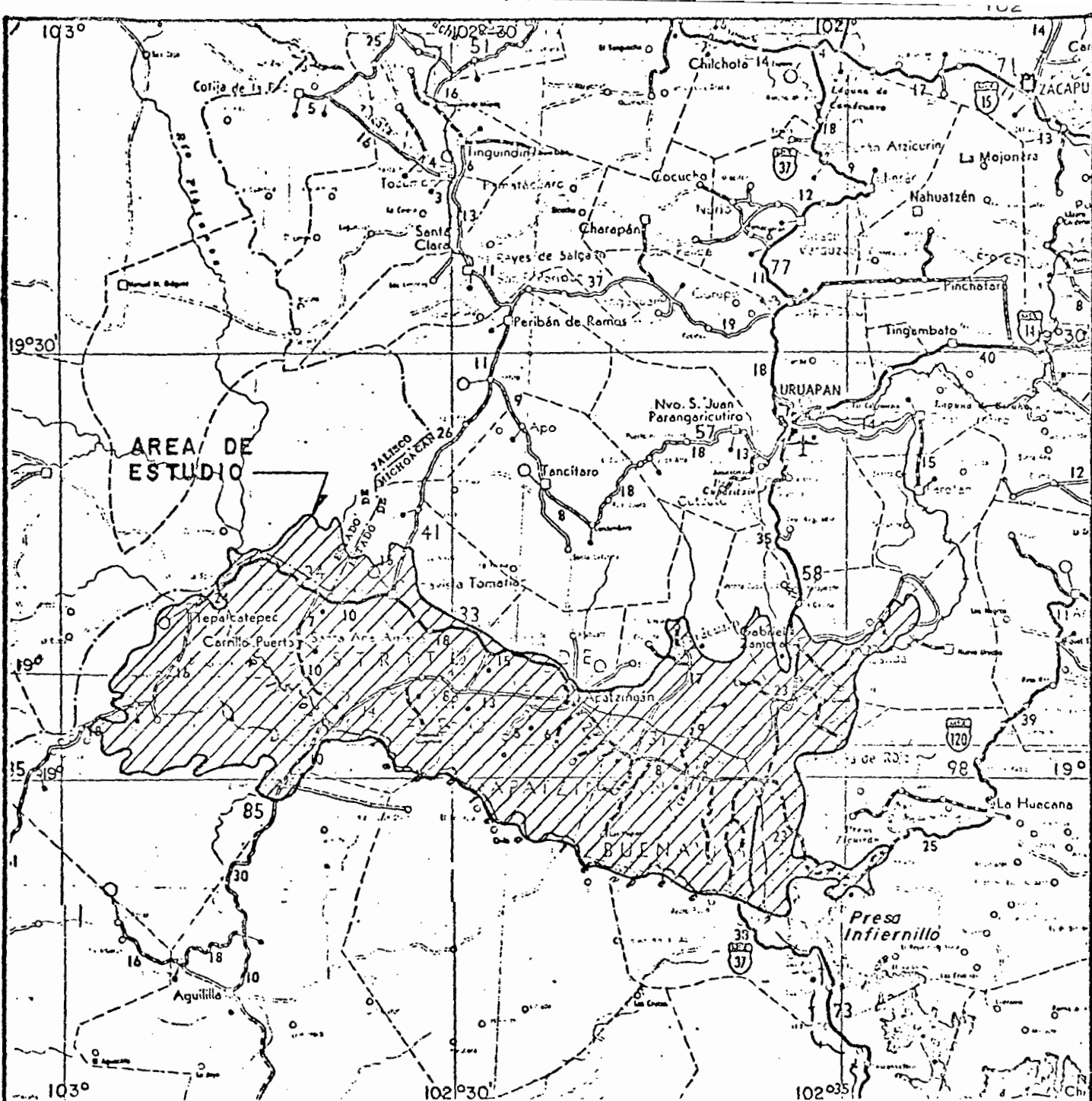
El estudio agrológico se llevó a cabo con un grupo de seis técnicos del cual forme parte, en colaboración con los ingenieros Federico Peña R., Pedro Gutiérrez S., Ramón Ceja R. Francisco Copado G., Adalberto Cardenas C., todos laboramos bajo la dirección del Ing. Federico Peña Rodríguez, Subdirector de Agroconomía en la citada empresa.

El área de estudio abarcó poro más de 205 000 ha y se hu bica aproximadamente entre los paralelos  $18^{\circ} 51'$  y  $19^{\circ} 15'$  de latitud norte y los meridianos  $101^{\circ} 55'$  y  $102^{\circ} 54'$  de longitud al oeste de -- Greenwich.

El objetivo del estudio agrológico. fué el de clasificar los -- suelos para determinar la factibilidad económica para la rehabili tación del Distrito de Riego Cupatitzio - Tepalcatepec, así como la clasificación de áreas de temporal factibles para el riego.

De acuerdo a especificaciones oficiales del Estudio Agro lógico Semidetallado, se debe obtener un informe o memoria -- del mismo, así como un plano de series, uno de clases y uno de uso actual de los suelos.

A continuación se exponen los pasos a seguir en el desarro llo del método fotopedológico, con una secuencia lógica, en donde simultáneamente se explicará la aplicación y los resultados de .-



ESC. APROX. 1:769 000

**NOTA**

Este croquis es una reducción de una parte de la carta del Estado de Michoacán, elaborada por la Dirección General de Planeación y Programas de la SAHOP, (1976).

Fig. 4.2.1

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
ESCUELA SUPERIOR DE AGRICULTURA**

**TESIS PROFESIONAL  
FOTOPEDOLOGIA APLICADA A  
LEVANTAMIENTOS DE SUELOS**

**LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL  
AREA DE ESTUDIO**

**JORGE PEDRO TOPETE ANGEL**

**GUADALAJARA, JAL.**

**1979**

de cada uno de ellos.

#### 4.2.1 Estudio de gabinete Primera fase.

##### 4.2.1.1 Delimitación del área.

El área de interés, se localizó y delimitó en un mapa geográfico - escala 1:100 000, con el propósito de buscar información a cerca - de la misma, así como de elegir el material fotográfico correspon - diente; en este caso la empresa Aerofotogrametría, S.A.; de - Estudios y Proyectos, S.A. efectuó la toma de fotografías del -- área de estudio. Dichas fotografías fueron tomadas a escalas dife - rentes, correspondiendo al estudio agrológico las de escalas me - dias.

La delimitación del área en el plano topográfico se marcó tomando en cuenta los límites naturales de cerros y ríos, dando - así una forma irregular y alargada en sentido NW-SE del área de estudio citada. Así mismo se marcaron coordenadas para la ubica - ción de los pozos agrológicos, así como las observaciones de in - terés en el estudio.

##### 4.2.1.2 Revisión del material fotográfico.

Ya delimitada el área, y con la ayuda del mapa índice de vuelo - que proporcionó Aerofotogrametría, se procedió a seleccionar los pares fotográficos que cubrían el área, en este trabajo se procuró que dichos pares cubrieran una parte fuera de la zona con el fin - de tener un panorama más amplio del área de estudios.

Así mismo el objeto de revisar el material fotográfico, es - con el fin de apreciar la calidad de las fotografías, los traslapes - longitudinal y lateral, el tono, la textura, la resolución, que no estén manchados o con presencia de nubosidad, etc. En el caso de foto - grafías defectuosas, se pedirán copias nuevas y con la mejor cali - dad posible, quizás esto de lugar a efectuar un nuevo vuelo para - la obtención de material fotográfico adecuado.

Del material fotográfico obtenido, se emplearon fotografías escala 1:50 000 de la Detenal y 1:25 000 proporcionadas por Aero - fotogrametría, S.A.

De las primeras se utilizaron 130 fotografías en dos juegos de 65 cada una y de la escala media se utilizaron 675 fotografías;

Todo este material se utilizó con fines de interpretación -- agrológica, asimismo se utilizaron fotografías escalas 1:25 000 y 1: 8 000 para la interpretación geológica y para la elaboración - de mapas a escala 1:5 000 con curvas de nivel cada metro.

#### 4.2.1.3 Formación de un mosaico fotográfico.

Con la ayuda del índice fotográfico, se procedió a la formación de un mosaico fotográfico de contacto, otras veces se utilizan mosaicos rectificadas, pero dado que no fué hecha su requisición, se hizo dicho mosaico con fotografías de escala 1:50 000 (4.2.1.3.1).

Ya elaborado el mosaico, se tuvo un panorama completo del área de estudio, en donde se observó que la zona es predominantemente de origen volcánico, en donde existen abundantes conos volcánicos así como derrames lávicos; se observa que el Distrito de Riego Cupatitzio - Tepalcatepec se ubica sobre grandes mesetas y planicies volcánicas principalmente, así como en planicies aluviales y márgenes de ríos y arroyos (fig. 4.2.1.3.2).

#### 4.2.1.4 Recopilación de datos informativos de la zona de estudio.

Este es uno de los pasos de importancia en la aplicación del método, ya que este cúmulo de información ayudará al estudio de fotointerpretación. Toda información obtenida, deberá prestarse la atención necesaria que requiera, tomando muy en cuenta el carácter, calidad y antigüedad de los datos. A continuación se presenta una lista de la información recopilada y analizada para la elaboración de la primera parte del estudio, así como de las fases subsiguientes del mismo; en primer lugar se mencionan los diferentes mapas utilizados, enseguida la literatura revisada y por último - el material fotográfico a utilizar.

#### 4.2.1.5 Inspección estereoscópica faja por faja de vuelo.

A esta altura, nos damos una idea un tanto general de las condiciones del área, ya que se estudiaron los datos bibliográficos y se hizo la inspección del mosaico fotográfico de contacto.

La inspección de las líneas de vuelo, tiene como objeto principal el de precisar las ideas obtenidas en el transcurso de los trabajos anteriormente descritos; la inspección se hace de una manera rápida, de la cual se consiguen imágenes sobre las condiciones y características prevalecientes de la zona, y aún se llegan a observar los diferentes problemas que afectan a los suelos, al respecto se hace la observación de que desde el principio de este análisis se detectó una zona de mal drenaje en la parte central del área bajo estudio. En la inspección del mosaico también se observó la densa red de drenaje natural existente en el área y sus alrededores, por lo que dadas sus características se supuso que en los suelos predominaban los materiales finos; posteriormente se hará referencia con más detalle de las peculiaridades de los suelos. Una ventaja de llevar a cabo esta primera inspección, es que permitió elaborar la densidad de muestreo y nos dió una idea de la génesis de los suelos del área de estudio.



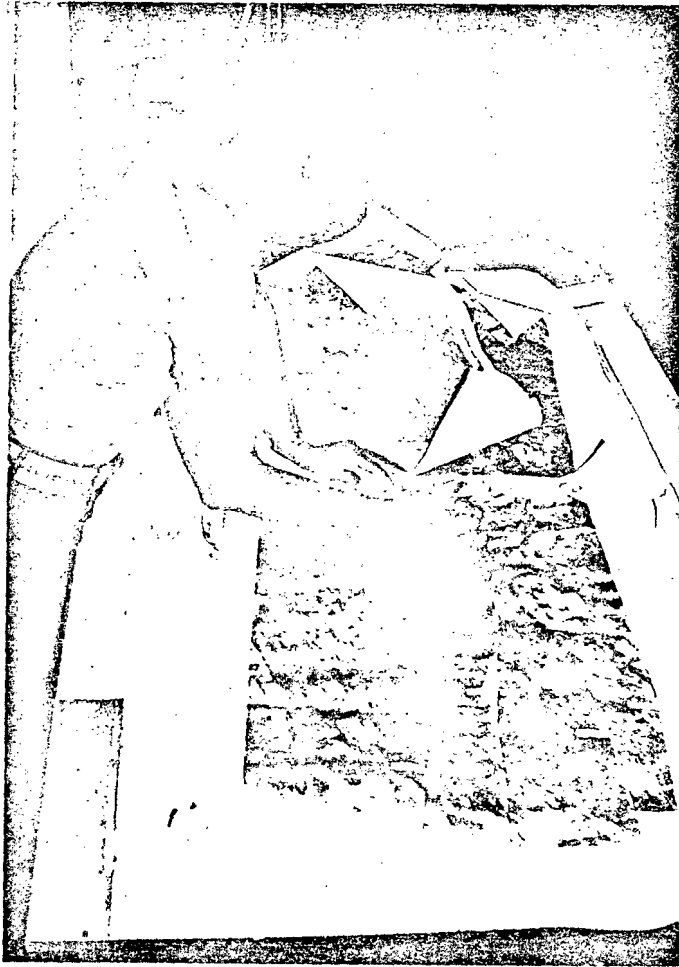


Fig. 4.2.1.3.1 Vista de un mosaico de contacto, el cual se ha formado ensamblando las fotografías aéreas del área de estudio y en donde se hace el vaciado y anotaciones de datos importantes para el agrólogo, con lo que se agiliza y facilita el trabajo de campo.

#### 4.2.1.6 Estudio del clima.

Como sabemos, el clima juega un papel muy importante como factor activo en la formación de los suelos y su desarrollo, influyendo a través de los parámetros de precipitación, temperatura, humedad y vientos.

El primer paso en el estudio del clima, es la obtención y análisis de información climática del área específica; en este caso se consideraron cartas de climas, datos de estaciones meteorológicas (con un mínimo de observaciones de 10 años), mapas de climas y literatura sobre climas.

Para la descripción y análisis preliminar del clima, del área de Apatzingán, se tomaron como base las cartas del clima escala 1:500 000 editadas por la DETENAL, con el sistema de Köeppen modificado por E. García, de donde se tomó a la estación meteorológica de Apatzingán como representativa del clima de la zona, cuya clave es BS, (h') w(w) (i)g, el cual se define como clima semiárido muy cálido, el menos seco de los secos; con una precipitación media anual entre 600 y 800 mm con régimen de lluvias en verano y un porcentaje de lluvias en invierno menor de 5 con relación al total anual. Presenta poca oscilación térmica entre 5° y 7°C; la temperatura media anual es de 27.9°C, la temperatura máxima se presenta antes del solsticio de verano y la temperatura del mes más frío, es mayor de 18°C.

Las características principales de este tipo climático, se describirán con detalle en el capítulo 4.2.4.4.2 e, por lo que en este apartado define únicamente su clave climática, según el sistema de Köeppen.

#### 4.2.1.7 Estudio fotogeológico para la determinación del material madre del suelo.

En el desarrollo de este apartado que es uno de los fundamentales del método fotopedológico, es necesario contar con la mayor información del área de estudio, en cuanto a geología se refiere.

Para la comprensión de la geología del área de Apatzingán, fué necesario el estudio de algunos aspectos generales tales como modelos del drenaje, erosión hídrica y eólica, rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, vulcanismo y origen de las montañas.

De la información obtenida se observó que la región de Apatzingán se encuentra en la provincia fisiográfica denominada Eje Neovolcánico de México y manifiesta dos características morfológicas distintivas: un planovalle intermontano con pendiente hacia

el sur y una región de relieve con fuertes pendientes que constituye las sierras que circundan el planovalle antes mencionado.

El valle es atravesado por el río Tepalcatepec y sus afluentes, entre los que destaca el río El Marqués, con respecto a la geología de la región, ésta la constituyen afloramientos aislados de gneisses y esquistos que se manifiestan como remanentes de erosión y comprenden las rocas más antiguas de la zona; estas rocas han sido clasificadas como del Paleozoico y precámbrico, sobreyacen a estos sedimentos, en forma discordante, rocas del Jurásico Superior constituidas por conglomerados y areniscas de origen continental; sobre estos sedimentos se observa una secuencia de calizas cretácicas.

Las calizas cretácicas subyacen en discordancia angular a una serie de areniscas brechoides y conglomerados cementados con material arcilloso. Estos sedimentos continentales son probablemente del Terciario, aún cuando se han observado fragmentos de rocas volcánicas de esa edad, también como de calizas cretácicas.

Los sedimentos del Reciente formados por rocas volcánicas, lahares, aluviones y suelos residuales, se manifiestan en los valles intermontanos, como el del área de estudio.

Las manifestaciones del vulcanismo más reciente se registran al norte del área de estudio, en donde se observan derrames lávicos de composición basáltica provenientes de un gran número de conos volcánicos, los que en su estructura contienen cenizas, lapillis, tobas y otras rocas volcánicas características. Un buen número de conos volcánicos presentan efectos erosivos notables, de tal manera que en ocasiones se observa el tapón de la chimenea volcánica ya sin su cobertura de cenizas (fig. 4.2.1.7.1 y 4.2.1.7.2).

Un buen número de estas estructuras volcánicas manifiestan efectos erosivos notables, de tal manera que en ocasiones se observa el tapón de la chimenea volcánica ya sin su cobertura de cenizas.

#### Fotointerpretación geológica.

El estudio de fotointerpretación geológica se llevó a cabo utilizando fotografías aéreas a escala 1:50 000 y 1:25 000 y empleando como instrumento de trabajo el estereoscopio de espejos marca WILD y binoculares con aumentos 3x. En las fotografías se observan contactos geológicos entre los distintos tipos de roca, y suelo, así como diferenciación entre suelos, particularmente entre los de tipo residual y los considerados como aluviones.

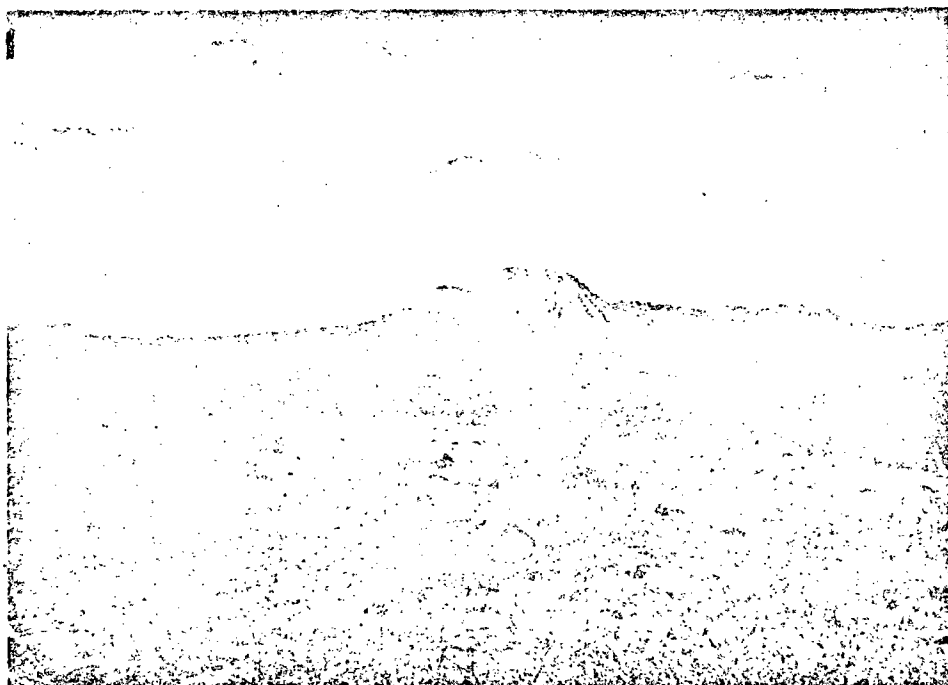


Fig. 4.2.1.7.1 La abundante pedregosidad de los suelos de la serie parácuaro, es debido a diferentes erupciones volcánicas; El área de estudio presenta una marcada -- influencia del vulcanismo que predomina en la región.

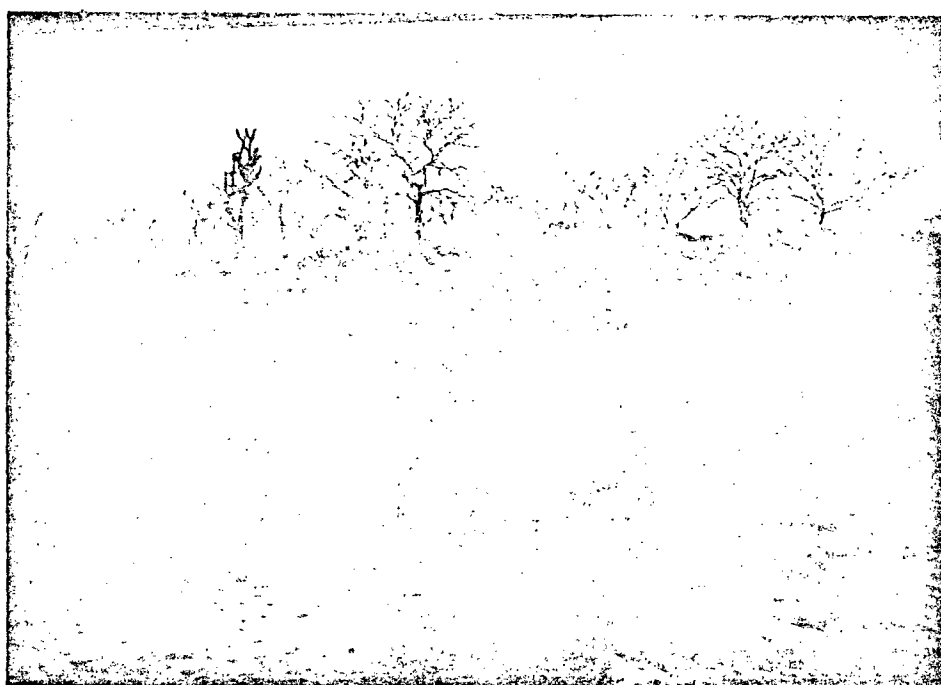


Fig. 4.2.1.7.2 Otro aspecto de la geología del área, donde observamos un derrame lávico en el que predomina el basalto vesicular. Cercanías de Cenobio Moreno y San Juan de los plátanos, Mich.

Así mismo se observaron depósitos volcánicos y conos cineríticos constituidos por arenas y cenizas.

En lo que respecta a fracturas y fallas, existe una abundancia de estas estructuras y su presencia se determinó por las características morfológicas, las que en muchos de los casos, por efecto de la erosión que ha actuado intensamente sobre ellas, ha dado lugar a barrancas profundas y laderas abruptas. La zona fotointerpretada manifiesta una interrelación entre el fracturamiento y el drenaje, lo que da como resultado diversas variantes en la morfología tales como: planicies, mesetas, valles, etc.

La zona de estudio se ha visto afectada a través de los tiempos geológicos por una sucesión de actividades volcánicas, particularmente durante el terciario, prosiguiendo en el Cuaternario hasta la época actual, como lo demuestra la aparición en 1943 del volcán Parícutín. Por este motivo se encuentra en el área una predominancia de rocas ígneas tanto intrusivas como extrusivas. La presencia de rocas sedimentarias se restringen a afloramientos aislados y se manifiesta principalmente al W de la zona.

Las rocas sedimentarias del Mesozoico, particularmente del Jurásico y Cretácico afloran al SW de Tepalcatepec, como ejemplo tenemos la serie los habillos en donde el pozo número 120 presenta una toba de materiales finos sedimentarios.

A fines del Cretácico y principios del terciario la región estuvo sujeta a una serie de intrusiones magmáticas siendo las más abundantes las de tipo granítico-granodiorítico, por lo que se localizan abundantes afloramientos principalmente hacia la parte oriental de la cuenca, al sur de la Huacana y poniente de Nueva Italia y oriente de Gabriel Zamora.

En el Terciario superior el área se vió afectada por procesos volcánicos que originaron el depósito de andesitas, basalitos, riolitas y tobas de areniscas, las que se localizan en la parte central y en la porción oriental de la zona de estudio. Afloramientos representativos se pueden observar al sur de Cuatro Caminos, el oriente de Gabriel Zamora, cerca de Parícuaro y extensas manifestaciones al sur y al este de la confluencia del río Tepalcatepec y el arroyo El Salitre.

Los depósitos cuaternarios se observan al norte del área y están constituidos sobre todo por derrames basálticos con sus correspondientes tobas, cenizas y lapillis, que han dado lugar a conos cinderíticos. Es común encontrar este tipo de

aparatos al poniente de Gabriel Zamora, constituyendo una sucesión con alineamiento N-S y también al oriente de Parácuaro. Los depósitos laháricos cuaternarios, están constituidos por fragmentos subredondeados, cementados en una matriz arenarcillosa y se localizan en abundancia en la mayor parte del área estudiada; como ejemplo típico tenemos los suelos de los alrededores de Parácuaro.

Los restantes sedimentos recientes corresponden a suelos residuales que son el resultado de la desintegración de la roca subyacente y del intemperismo de cenizas volcánicas, lo que origina suelos arenosos cuando el material es de composición granítica y materiales arcillo-arenosos cuando es de naturaleza basáltica, esto último es lo que abunda en la zona; el otro tipo corresponde a depósitos de aluvión constituidos por boleos, gravas y arenas que se localizan principalmente en las vegas de los ríos.

De los datos obtenidos se concluye que el área de estudio y sus alrededores corresponden a una zona típicamente volcánica, encontrándose hacia la parte norte una predominancia de conos volcánicos y diferentes tipos de formaciones derivadas de éstos, tal es el caso de los derrames lávicos, afloramientos magmáticos, lahares y domos. Por lo anterior se deduce que la mayor parte de esta zona se encuentra formada por materiales como tobas, cenizas volcánicas y brechas; así mismo se observan aluviones y tobas alteradas. Estos materiales se distribuyen principalmente al centro y a lo largo de la zona y al norte de la misma; en menor proporción, se observan formaciones de tobas y rocas ígneas extrusivas principalmente, localizadas al este del área de estudio, así como al norte y sur de la misma.

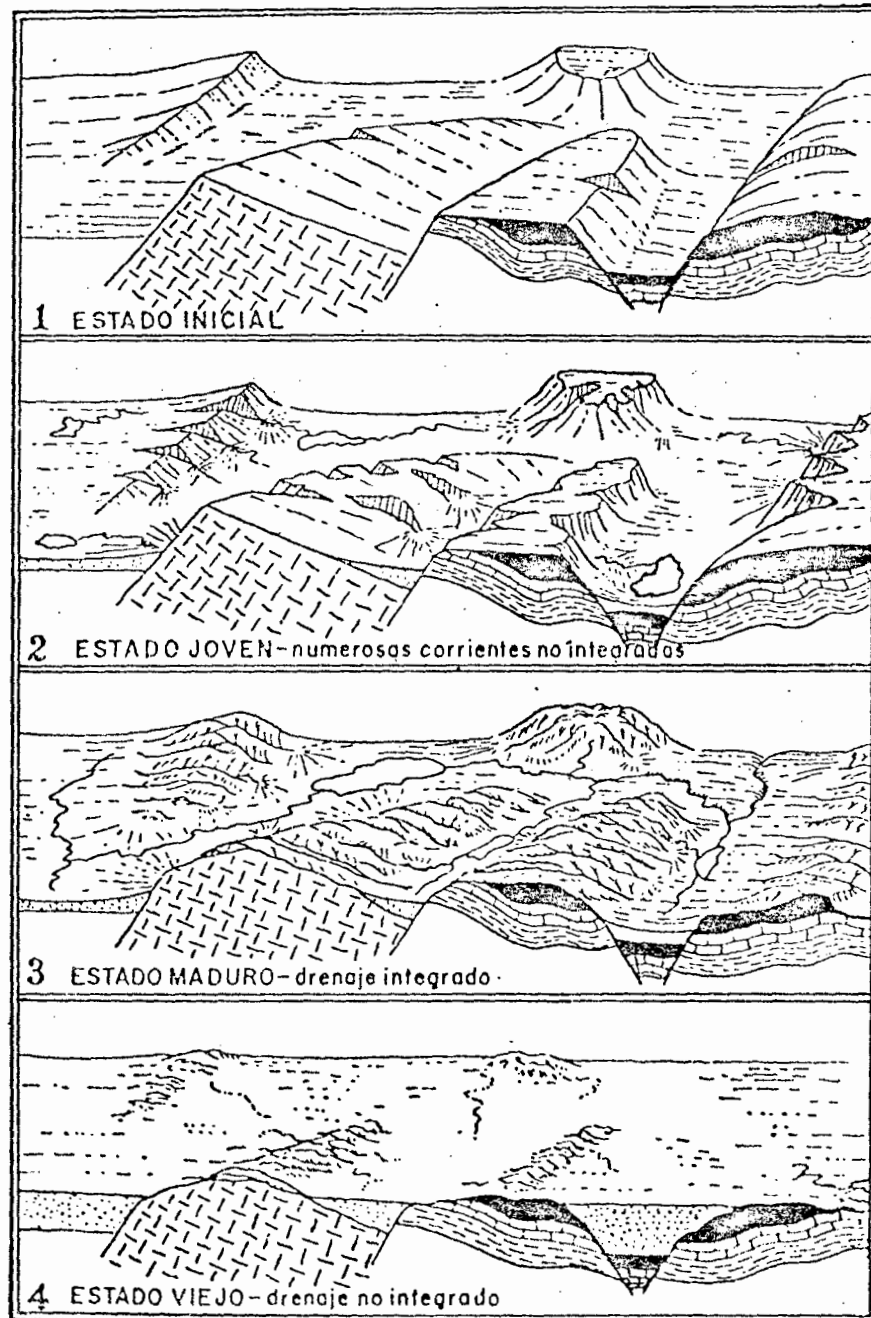
#### 4.2.1.8 Estudio geomorfológico para ayudar a la investigación pedológica.

En el estudio geomorfológico del área se tomó en consideración principalmente el estudio geológico así como el de sedimentación, tomando en cuenta también los factores de drenaje, erosión e intemperismo ocurridos en la zona bajo estudio; es importante considerar también el material informativo recabado.

La geomorfología del área de estudio la forman principalmente planicies y mesetas volcánicas, así como planovalles, planicies y terrazas aluviales en menor proporción; existen también algunos cerros estratificados que presentan diferentes ciclos erosivos; la fisiografía del área es típica de las zonas áridas o semiáridas y presenta un estado de madurez, y en la cual, han actuado principalmente las corrientes, el viento y -

Figura 4.2.1.8.1

Estados del ciclo geomórfico en una región árida



el vulcanismo como agentes causantes de la geomorfología construccional y en menor proporción las corrientes como agentes destruccionales que por medio de la erosión hídrica, han dado lugar a planovalles y pequeños cañones (ver figura 4.2.1.8.1).

Las mesetas volcánicas se localizan principalmente en la parte norte del área de estudio, y en menor proporción en la parte centro-este de la misma.

Las planicies volcánicas se localizan principalmente en la parte central de la zona de estudio, distribuidas a todo lo largo de la misma y en menor proporción hacia el norte y su roeste de ésta. Estos dos tipos de formación son los que predominan en toda el área estudiada; en segundo lugar están las planicies y terrazas aluviales, éstas últimas se encuentran distribuidas principalmente en las márgenes del río Tepalcatepec así como en los ríos El Aguaje, Apaste y arroyo Tepalcatepec.

Las planicies aluviales se localizan principalmente al cen tro sur y sur oeste del área de estudio.

Los piedemontes se encuentran en los extremos de la zona, tanto al sureste como al oeste y noroeste, en las faldas de las serranías circundantes. Las zonas pantanosas se locali zan en los bajíos y al centro del área; mientras que los valles volcánicos se encuentran distribuidos en casi toda el área de estudio; principalmente en la parte norte de ésta y se han formado a partir de ciclos erosivos causados por las corrientes sobre los diferentes materiales geológicos.

Al suroeste del área se observó que existen mesetas sedi mentarias y al sur de la misma, se tienen planovalles aluvia les y planicies semimaduras sedimentarias.

Los materiales que han dado lugar a estos suelos son prin cipalmente las cenizas volcánicas ricas en minerales ferromag nesianos, las que se han sedimentado en los diferentes ambien tes antes mencionados, también han influido sedimentos clási cos, los que han dado origen a los suelos aluviales mediante la acción construccional de las diferentes corrientes de el área.

#### 4.2.1.9 Estudio de los modelos de drenaje.

Las corrientes que dan lugar a la red de drenaje natural de los suelos, forman parte del estudio de la geomorfología, pero dada su importancia como factores de acarreo de materiales, así como de la función que tienen como factores que coadyuvan al fenó meno de la erosión, se les destina un renglón aparte. La activi dad erosiva con que actúan estas corrientes, dan lugar a la formación de valles y planicies aluviales, es por esto que el estu



dio de la actividad de las corrientes y de las formas resultantes, son parte esencial de los análisis pedológicos y geológicos por fotointerpretación.

Para llevar a cabo este tipo de trabajo, se tuvo que hacer fotointerpretación del área de estudio, en fotografías a escala 1:50 000 abarcando las áreas circunvecinas de la zona con el fin de detectar con mayor exactitud los diferentes modelos de drenaje formados tanto en las serranías como en las partes bajas, así como la influencia de estos modelos en la zona bajo estudio. Sobre las fotografías interpretadas, se marcaban los modelos de drenaje utilizando para ello un rapidographo; posteriormente se formó un mosaico de contacto con estas fotografías y se procedió a calcar la información en cronaflex, formandose así un mapa con los modelos de drenaje, de éste se obtuvieron copias heliográficas con lo que se obtuvo finalmente nuestro mapa de modelos de drenaje (fig. 4.2.1.9.2).

De los modelos de drenaje, se observó que en las partes altas predominaba el modelo dendrítico el modelo rectangular y en los conos volcánicos el modelo radial; en las partes bajas, que corresponden principalmente a las zonas agrícolas del área de estudio, el modelo de drenaje predominante es el paralelo\*, (figura 4.2.1.9.1).

Del análisis al mapa de modelos de drenaje, se concluyó que el modelo dendrítico se ha formado por el curso de corrientes insecuentes, producidas por factores como pendiente regional, y diferencias en tipos de roca.

El sistema dendrítico se presenta en condiciones de homogeneidad de los materiales consolidados de origen ígneo y de estructura compleja.

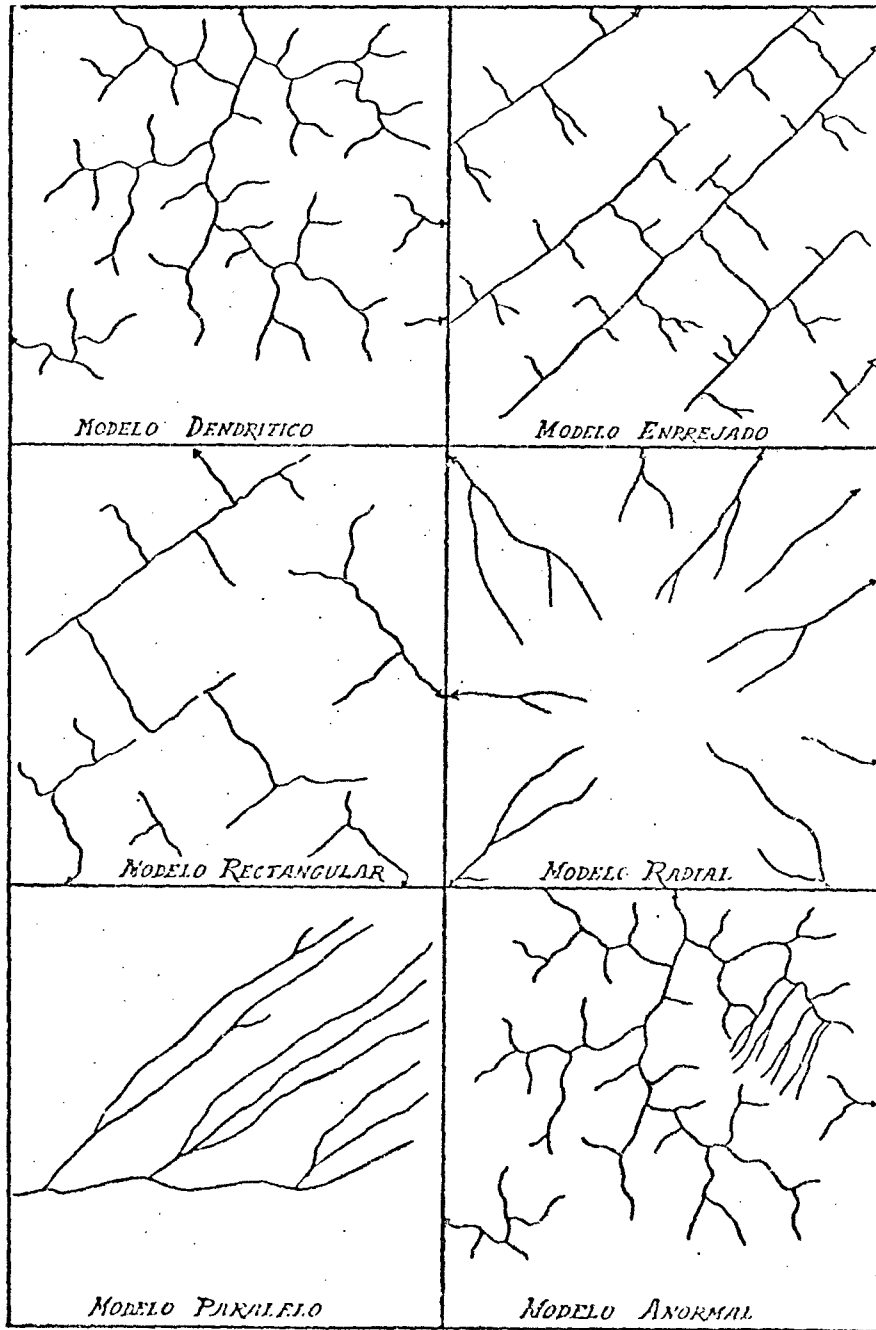
El modelo rectangular formado por corrientes subsecuentes, se dedujo que se desarrolla en planicies regionales formadas por estratos sedimentarios resistentes, moderadamente inclinados; éstos materiales, tales como tobas, conglomerados y arcillas se consideran de origen ígneo.

El modelo radial se presenta principalmente en los conos volcánicos y sus corrientes son radiales que parten todas de la parte central alta hacia abajo y en todas direcciones. Los materiales de los aparatos volcánicos, se consideraron como material piroclástico no consolidado.

Por último el modelo paralelo se presenta en áreas con pendiente regional prolongada, tal es el caso de los suelos del norte y noroeste del área de estudio.

\* Cap. 4.2.1.7

Figura 4.2.1.9.1  
Diagrama de los modelos de drenaje más comunes  
en el área de estudio y sus alrededores



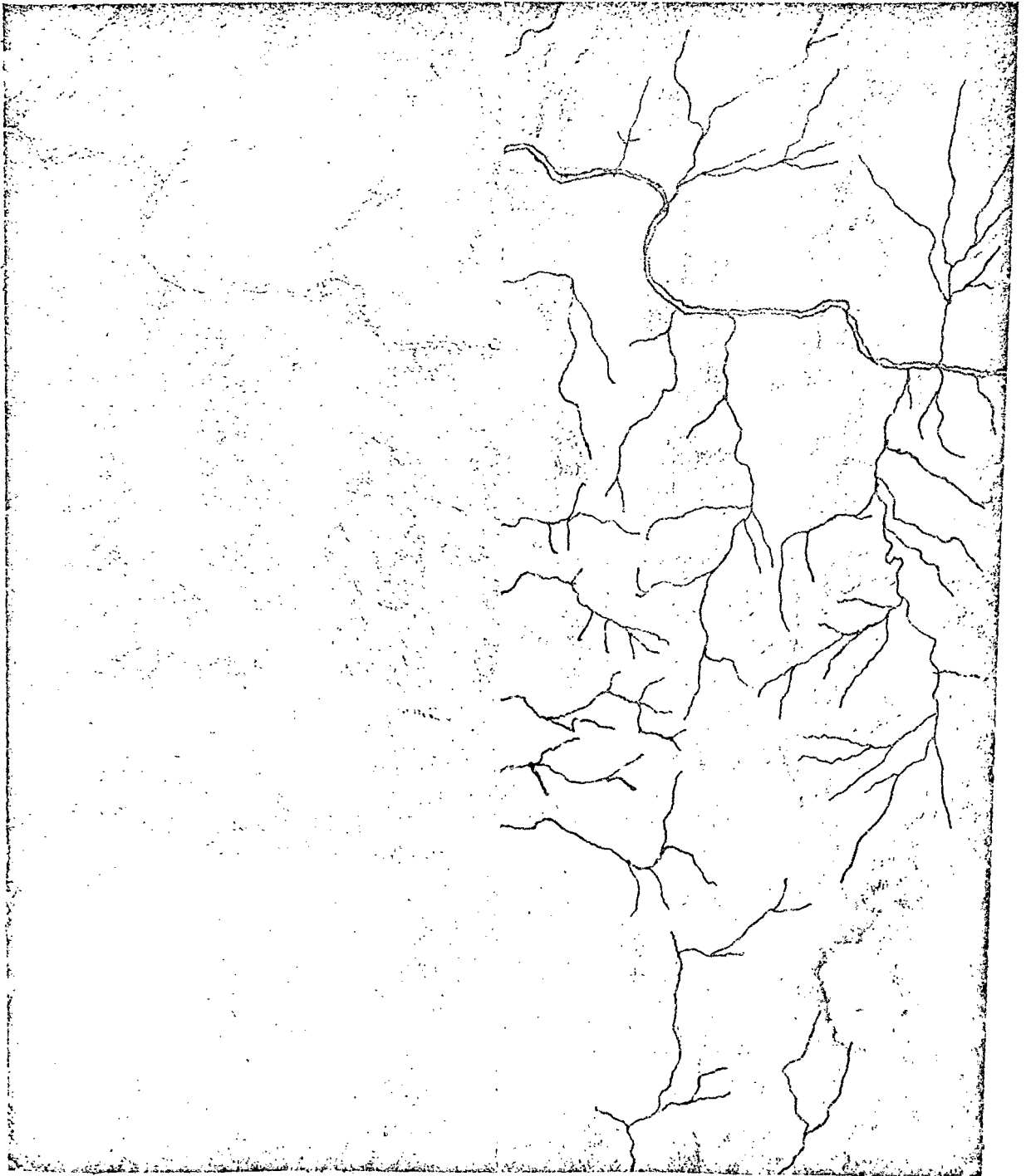


Fig. 4.2.1.9.2 Estereograma que nos muestra la forma de marcar los diferentes modelos de drenaje natural. El área donde se marcaron los modelos de drenaje, es una parte de la subcuenca del arroyo El Cajón a 8 km al sur de la confluencia con el río Tepalcatepec, -- Mich.

4.2.1.10 Estudio del proceso de sedimentación para determinar las características del material madre sedimentario.

Las rocas sedimentarias que forman parte de la corteza terrestre, cubren aproximadamente el 80% de ésta y el resto lo constituyen rocas ígneas y metamórficas; es por esto que dichos materiales tienen una importancia básica en las diferentes actividades humanas.

El estudio de éstos materiales sedimentarios nos permite esclarecer y comprobar la historia geológica de una región, ya que la composición y estratigrafía de los sedimentos nos indican el origen, tiempo y ambiente en que se formaron.

Los productos resultantes del intemperismo son variados, pero en general pueden representarse a las divisiones: carbonatos, arcillas y arenas; estas últimas incluyen gravas y grandes fragmentos.

Las partículas después de la deposición pueden llegar a ser coherentes a través de la cementación, compactación o recristalización formando entonces, rocas del tipo sedimentario. Los sedimentos son los materiales derivados de cualquier recurso, como: rocas, materia orgánica, materiales volcánicos y partículas del espacio exterior, transportadas en cualquier forma y en diferentes medio a partir de los lugares de origen sobre la tierra, a los lugares de deposición, para ser depositados bajo condiciones de presión y temperatura, que aproxima a las normales de la superficie. Algún transporte debe influir en esto, pero éste solo puede actuar a partir de la separación de la roca madre.

En la zona de estudio se observó que en la mayoría de los sedimentos que constituyen los suelos son de origen piroclástico principalmente y se distribuyen en toda el área; en menor proporción, de origen clástico, relegándose a los sedimentos orgánicos como componentes secundarios de estos dos. Los sedimentos depositados están formados por gravas, arenas y arcillas principalmente; en cuanto a su estratigrafía, las arenas son dominantes en el área y subyacen a las arcillas, a su vez éstas se localizan en forma superficial constituyendo los suelos que sostienen a los diferentes tipos de vegetación.

Todos estos materiales han sido transportados por el viento durante las erupciones volcánicas\* formando extensos depósitos, los que al consolidarse han dado origen a tobas y brechas volcánicas; así pues la diferencia de estos materiales, con respecto a los sedimentos clásticos, se derivan de explosiones volcánicas.

\* Cap. 4.2.1.7

Por otra parte, los materiales clásticos depositados por las corrientes de la zona, como consecuencia de un proceso destructivo, han dado lugar a deltas y abanicos aluviales en las márgenes de ríos y arroyos, así como a la formación de algunas planicies aluviales \*\* localizadas principalmente al suroeste del área de estudio y en las márgenes del río Tepalcatepec. El siguiente cuadro nos muestra los principales tipos de materiales que han constituido las rocas sedimentarias del área de estudio:

Cuadro 4.2.1.10.1

Sedimentos piroclásticos.	Sedimentos consolidados.
Cenizas volcánicas ferromagnesianas.	Arcillas montmorilloníticas y algo de alofano.
Arena	Tobas y areniscas
Gravas	Brechas y conglomerados.
SEDIMENTOS CLASTICOS.	
Arena	Arenisca hecha de fragmentos de cuarzo.
Materiales finos en suspensión depositados como aluviones.	Arcillas y limos.

Por último diremos, que la composición química de las rocas sedimentarias predominantes en la zona, básicamente es ta dada a partir de rocas silíceas.

#### 4.2.1.11 Estudio de la vegetación natural.

La vegetación es otro factor de análisis utilizado en la fotointerpretación, con el cual se tratará de obtener información de las propiedades de los suelos; esto es dada las relaciones estrechas que existen entre el suelo-vegetación-clima. Como sabemos la vegetación natural tiene una marcada influencia en la formación y propiedades de los suelos.

Las características de la vegetación están influenciadas en forma directa por las características del clima y del suelo,

\*\* Cap. 4.2.1.8.

y a su vez la vegetación influye en las variaciones del clima.

En el estudio de la vegetación se observó la predominancia de plantas características de la selva baja caducifolia en los cerros y áreas no abiertas al cultivo, así mismo se observó relictos de ésta vegetación en las zonas agrícolas, algunas veces fungiendo como límites parcelarios; en las riveras de los ríos y arroyos existe una vegetación del tipo de bosque de galería. En algunas áreas existen árboles bastante desarrollados los que nos indican características de estos suelos diferentes al resto de suelos existentes en la región, dado que éstos árboles se observan únicamente en dichas áreas.

En vista de las diferencias anteriores y de otras características de los suelos reflejados en los patrones fotoaéreos tales como tonalidad tanto del suelo como de cultivos; se delimitó una serie de suelos; dicha serie se ha considerado hasta la fecha y su límite es el mismo que se marcó en esta fotointerpretación preliminar debido a que las características de suelos de dichas series permiten el desarrollo de éstos árboles llamados Capires, lo que no sucede en las demás series.

Por medio de la vegetación se hizo la delimitación de una zona de mal drenaje ya que se observó vegetación característica de zonas de inundación tales como tulares que presentan un patrón, una textura y una tonalidad definida.

Por último, se observó la existencia de vegetación del tipo matorral espinoso la que generalmente se encontró asociada con pastizales nativos (grama), de aquí se dedujo que los suelos que soportan este tipo de vegetación podría presentar limitantes de profundidad, pedregosidad y texturas por lo que se consideró otra unidad de suelos.

Estos son ejemplos de como auxilia el tipo de vegetación al fotointérprete en la determinación de algunas propiedades de los suelos.

#### 4.2.1.12 Estudio de los tonos fotográficos.

El estudio de los tonos de las fotografías aéreas es un factor de gran utilidad en el análisis de las propiedades de los suelos y las rocas, esto es básicamente cuando no existe vegetación o la misma es escasa y esparcida.

En las fotografías blanco y negro, que son las que ocupan nuestro interés, presentan tonalidades grises que varían desde tonos grises oscuros negros hasta tonos gris claros; estos dependen de los propios colores del suelo, así como de la

humedad contenida en ellos y de una serie de características re-lacionadas con el equipo utilizado (película, filtros, etc.).

Del análisis de los tonos fotográficos se obtienen los pa-trones fotoaéreos, los que a su vez, con el empleo de la induc-ción-deducción, se extrapolan o comparan con otros patrones - concluyéndose que patrones iguales representan iguales condicio-nes y características especiales de los suelos, de la vegetación, o de los fines específicos de que tratamos.

Tanto los tonos de las fotografías como sus patrones, -- fueron estudiados y utilizados en la interpretación del uso actual de los suelos en donde se distinguió no sólo las zonas de tempo-ral de las zonas bajo riego, sino que se diferenciaron patrones de cultivos como frutales (cítricos y mango principalmente), al-godón, plátano, ajonjolí, sorgo, arroz, y palma de coco.

Los tonos fotográficos ayudaron a diferenciar también -- las texturas de los suelos, deduciéndose que en las partes altas de la zona predominan las arcillas y en las partes bajas o cer-canas a los ríos, existen migajones y arenas, así mismo se dis-tiguieron zonas de mal drenaje (tonos grises oscuros debidos al exceso de humedad), áreas con problemas de sales y/o sodio (en las series Ayucato y Hornos de Holanda se observaron man-chones de suelo sin vegetación y manchones blanquiscos producidos por el afloramiento de sales); en suelos donde la erosión es fuerte como en las series Tazumbos y Querusto, en sus fa-ses delgadas, se observó la erosión en cárcavas, esto es muy claro ya que los tonos oscuros se debían a la existencia de suelo, mientras que los tonos blanquiscos de forma alargada, eran debidos a la falta de suelo y al afloramiento de las tobas las que en su mayoría son areniscas calcáreas.

De esta manera se empleó el estudio de los tonos foto-gráficos y dado que el estudio de los tonos fué muy extenso, -- me concreto a poner los ejemplos anteriores, en los que se ob-serva la gran utilidad de este elemento y la obtención de resul-tados positivos.

#### 4.2.1.13 Estudio pedológico de los grupos de suelos zonales e intrazona les posibles.

Para desarrollar en forma lógica y completa este apartado, es necesario haber recabado y estudiado toda la información des-crita en los subcapítulos anteriores, principalmente en lo refe-rente a geología, geomorfología, sedimentación, vegetación y características fotográficas, ya que de ésta manera tendremos una idea clara del origen, modo de formación y distribución de los suelos del área.

El estudio pedogenético de los suelos nos ayuda a la comprensión de la génesis y evolución de éstos y nos permite relacionar con facilidad las características fotográficas con los factores de formación del suelo, lo que permite inferir los procesos elementales de la formación del mismo; lo anterior concluye en una clasificación de los diferentes tipos de suelos observados.

En las fotografías aéreas del área de Apatzingán, Mich.; se procedió a la inspección estereoscópica general de la zona estudiada, tomando en cuenta las características de los elementos fotográficos que permiten la delimitación de los diferentes tipos de suelos existentes, de acuerdo a su origen y modo de formación, por medio del método de deducción basado sobre el principio de "evidencia convergente" de Lueder.

El procedimiento consiste primeramente en delimitar áreas con características fotográficas más relevantes, seguido de la delimitación de áreas con características de intergrados desde un punto de vista interpretativo; de esta manera llegamos a la conclusión del tipo dominante de suelos y enseguida se determinarán los tipos de suelos diferentes a estos.

#### 4.2.1.14 Estudio de los factores que producen variación en los tipos de suelos.

En este apartado tomaremos en cuenta principalmente los factores de formación de los suelos así como su combinación o interrelación.

Lo anterior se explica de la manera siguiente:

Si tenemos una zona en donde los factores de formación se presentan en forma homogénea, podríamos decir que el producto resultante correspondería a un tipo de suelo zonal; pero si en esa misma zona tuvieramos como factores relevantes a la topografía y al hombre lo más seguro es que el producto resultante sería un suelo intrazonal, este es el caso de algunos suelos del área de Apatizingán, Mich.

Como ya hemos visto en capítulos anteriores, el área de Apatizingán presenta condiciones típicas de las zonas semiáridas donde el factor clima puede ser el de mayor relevancia; sin embargo, en las áreas de topografía plana y pendientes menores de 1% que geomorfológicamente pertenecen a planicies aluviales y que han estado sujetas al riego desmedido o a la captación del agua de riego excedente de las partes altas, sus suelos han sufrido cambios en su proceso de formación dando por resultado suelos con problemas de drenaje, sales y/o sodio --



por lo que se les excluye del tipo zonal de suelo característico de la región, denominándoseles tipo intrazonal de suelos.

Lo anterior es un ejemplo de como se visualizan y analizan los factores de formación del suelo y su influencia en una área determinada, utilizando para ello la información obtenida y haciendo un análisis inductivo-deductivo en la interpretación de las fotografías.

En conclusión tenemos que: los suelos zonales corresponden al tipo genético predominante el cual responde a la influencia de los factores bioclimáticos relevantes del área; mientras que los grupos intrazonales de suelos, aunque corresponden al mismo tipo genético, presentan poco o ninguna respuesta a la influencia bioclimática dando por consecuencia suelos diferentes bajo procesos diferentes, aún sin embargo, es posible que en un tiempo determinado, los suelos intrazonales lleguen a presentar una zonalidad que los ligue al tipo genético dominante, debido esto al equilibrio de los factores de formación dentro de su faja bioclimática.

#### 4.2.1.15 Trazo de los límites de los tipos, series y clases.

Una vez analizados los puntos anteriores y con la obtención de datos sobre la geología de la zona, así como la geomorfología, la pedología y el clima, se procedió a la delimitación de las series de suelos tomando en cuenta la topografía de los suelos (estudio de la geomorfología), y su grado de desarrollo, modo de formación y génesis (Estudio de la pedología y la geología), Así se diferenciaron áreas planas, de áreas onduladas; mesetas, valles, planicies volcánicas, vegas de ríos, mesetas sedimentarias, zonas pantanosas, derrames lávicos y terrazas aluviales.

De la fotointerpretación efectuada para marcar los límites de series, se obtuvo el siguiente resultado:

Se delimitaron 43 unidades de suelos diferentes y se marcaron 15 observaciones, en las que se estimaban condiciones heterogéneas de algunos suelos, dificultad de acceso, suelos disturbados, afloramientos de basalto muestreos con barra de tubo, fases de suelos, zonas de inundación, observaciones de la estratigrafía de los cerros, etc. (4.2.1.15.1).

#### 4.2.1.16 Señalamiento de los sitios de muestreo.

Con la primera inspección estereoscópica a las fotografías del área de estudio, se tuvo una idea de la densidad de muestreo;

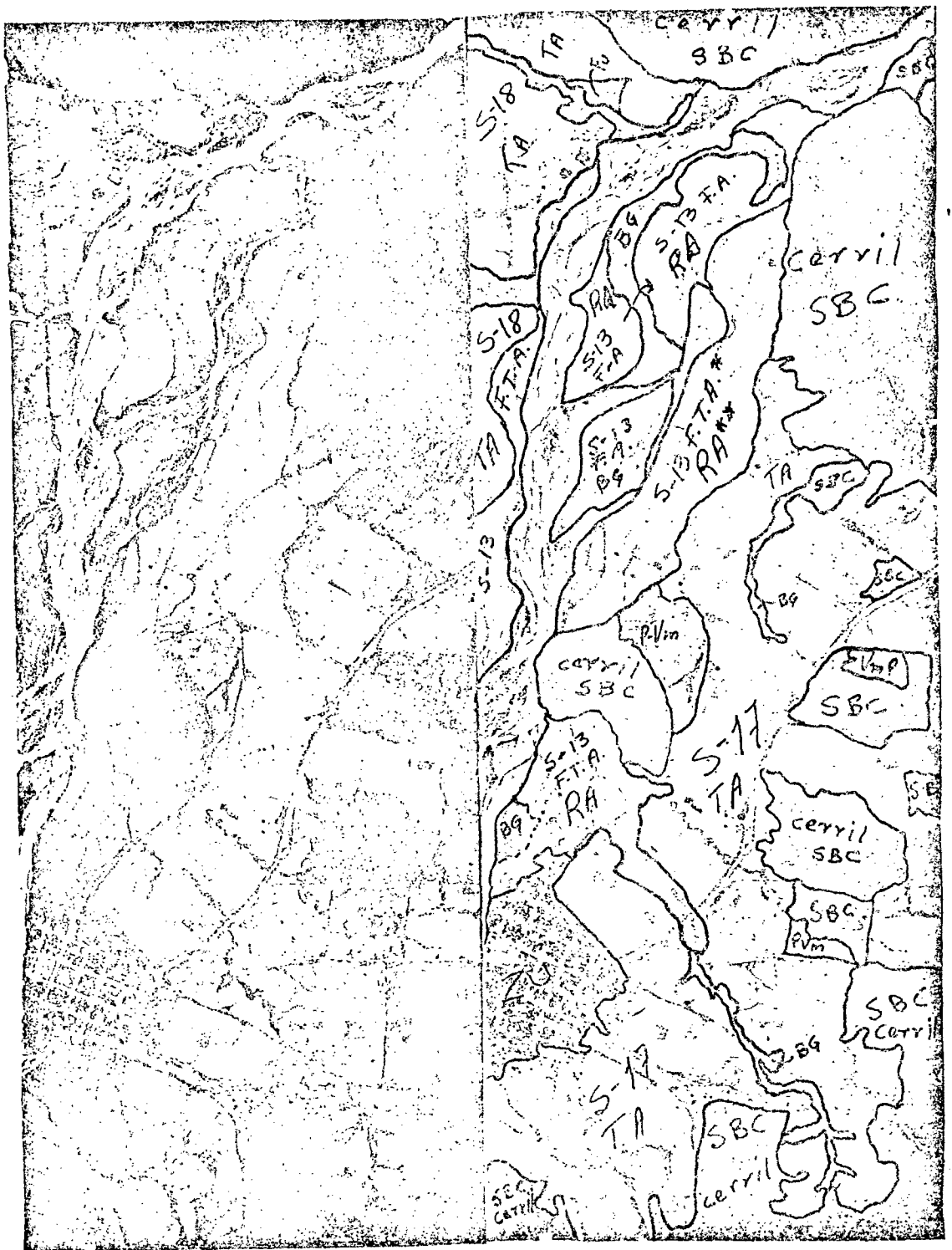


Fig. 4.2.1.15.1 Un aspecto en la delimitación de las series y fases de suelos. Es posible marcar dos o tres datos diferentes como el caso del estereograma en que se delimitaron series, -fases(\*) y uso actual(\*\*); aunque lo mejor es tener a la mano una copia fotográfica para cada concepto. El estereograma nos muestra una porción del arroyo del Trigo y la población de San José de Chila, Mich.

posteriormente al ir delimitando las diferentes unidades de suelos, se iban señalando los sitios de muestreo, lo que dió como resultado inicial, la apertura de 118 pozos agrológicos y 8 muestreos superficiales. Ya en los trabajos de campo, aumentó la densidad de muestreo a 136 pozos, 25 barrenas de tubo (muestras a 30,60,90 cm de profundidad) y 30 barrenas de gusano (para detectar límites de series, mantos freáticos y profundidad del suelo).

Para el señalamiento de los sitios de muestreo, se siguió un criterio semejante al empleado en la delimitación de las series y fases del suelo, donde se tomó en cuenta los diferentes factores pedológicos, geológicos, etc.

#### 4.2.1.17 Formación de un plano provisional.

Una vez que se obtuvo la delimitación de las unidades de suelos sobre los pares estereoscópicos, se forma un plano de conjunto vaciando la información a un plano topográfico o fotogramétrico; pero dado que no se contaba con planos ni mosaicos rectificadas a la escala necesaria, se ensamblaron las fotografías para formar dicho conjunto.

Al plano provisional se le dió una utilidad inmediata, puesto que presentaba los datos necesarios tales como sitios de muestreo, límites de unidades y observaciones en puntos clave; elaborando así los itinerarios y el plan general de trabajo a seguir.

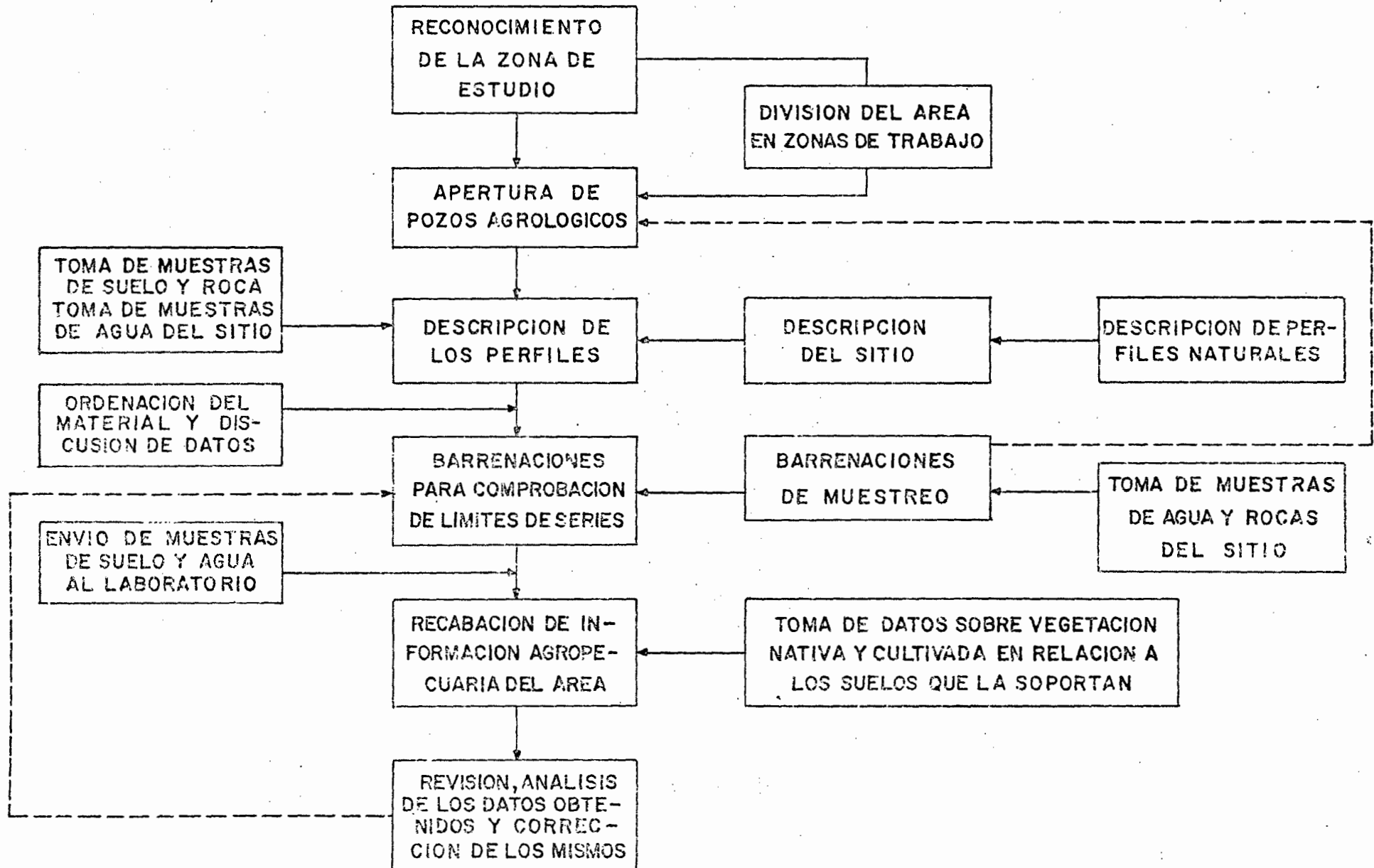
En el desarrollo de esta secuencia interpretativa, se basa la interpretación y clasificación de los suelos del área de estudio; el proceso fotointerpretativo a sido de un grado tal, que la precisión buscada y obtenida en el levantamiento de los suelos, es bastante aceptable considerando en un 80% el eficacia de la fotointerpretación aplicada en este estudio.

#### 4.2.1.18 Itinerario de trabajo.

El itinerario de trabajo nos describe la forma que deberán desarrollarse los trabajos de campo así como el tiempo requerido para cada una de las labores a desempeñar.

Debemos elaborar un programa de trabajo dependiendo de la superficie por estudiar y el grado de dificultad de acceso a las diferentes áreas de la zona; tomemos en cuenta nuestra capacidad de trabajo, equipo, materiales y personal disponible; una vez que se han satisfecho los requisitos anteriores, se pro

## ITINERARIOS DEL TRABAJO DE CAMPO



cederá a realizar el estudio de campo.

En el cuadro 4.2.1.18.1, trataré de representar la forma en que se desarrolla el itinerario a seguir en los trabajos de campo.

#### 4.2.2. Estudio de campo.

El estudio de campo consiste en hacer observaciones superficiales de los suelos y las condiciones que se presenten en ellos, el agrietamiento de los mismos, las unidades estructurales que tienen lugar en las labores de labranza, su forma y tamaño; las condiciones de mal drenaje que imperen, los afloramientos de sales e indicios de la presencia de sodio; pedregosidad, su tamaño y cantidad; la diversidad de cultivos, las condiciones de desarrollo en las diferentes fases de crecimiento; las técnicas empleadas en las labores de cultivo; manejo de agua para riego, empleo de insumos agrícolas, etc.

Así mismo las relaciones existentes entre el tipo de vegetación nativa y los suelos; todos estos factores que están íntimamente relacionados con el desarrollo y propiedades de los suelos, deberán tomarse en cuenta, ya que de ello depende en gran manera la agudeza de las correcciones a la interpretación preliminar.

#### 4.2.2.1 Apertura de pozos Agrológicos.

La apertura de pozos de muestreo, tiene como objeto principal, proporcionar datos que ayuden en las observaciones anteriormente descritas. Las dimensiones que generalmente presentan los sitios de muestreo, son de dos metros de largo por un metro de ancho por dos de profundidad, por lo general se orientan por los lados angostos en el sentido oriente-poniente, dependiendo de latitud del lugar y de la época del año, ya que el sol debe de iluminar una de las caras del perfil y este cambia en las diferentes estaciones del año, ya con experiencia es posible orientar con exactitud la ubicación del perfil siguiendo el curso del sol.

Algunas veces debido a la poca profundidad de los suelos no es posible darle las dimensiones especificadas, entonces la apertura se hará hasta donde sea posible procurando que el material subyacente sea descubierto cuando menos 20 cm hacia abajo, al cual se le harán ciertas pruebas necesarias (4.2.2.2.3).

El examen morfológico del perfil se lleva a cabo sobre la cara iluminada por el sol. Como para la mayoría de las pro-

propiedades morfológicas de los suelos, se utilizan términos apreciativos, es necesario que las determinaciones se ajusten a éstos términos.

· En la descripción del perfil se sigue cierto orden, comenzando por dar una vista tanto al perfil como al sitio del pozo, enseguida se procede a "refrescar" el perfil usando para ello la espátula del martillo quitando una pequeña capa o costra del suelo; luego se determina la nomenclatura de los horizontes, la sucesión de ellos y su profundidad; enseguidase hacen para cada uno de los horizontes las determinaciones de color ( usando las tablas Munsell); constitución, en donde se observará la compactación, cementación, porosidad, entre unidades y dentro de ellas, la consistencia, la plasticidad y adhesividad, textura y estructura; características cualitativas y cuantitativas de las raíces; concreciones e intrusiones; permeabilidad y drenaje; reacción al ácido clorhídrico y a la fenolftaleína.

· Para la recopilación de éstos datos se utiliza un reporte de campo previamente elaborado, en donde aparecen la observación de datos complementarios como edad del suelo, taxonomía, hábito del perfil, clasificación del suelo y por último observaciones generales en donde el agrólogo describirá los puntos que considere de importancia.

Al final de este punto se presenta un reporte de campo con todos sus pasos desarrollados tomando como base uno de los perfiles localizados dentro del área de estudio de Apatzín gán, Michoacán.

· Como último punto, ya efectuadas las anteriores observaciones, se procede a la toma de muestras de suelo para los análisis físicos y químicos.

· Para ello se utiliza el martillo de suelos, un cucharón o una pala, bolsas de polietileno y etiquetas en las que se anota el nombre de proyecto, el número de pozo, el nombre del horizonte y su profundidad o espesor en centímetros, la fecha y el nombre del agrólogo.

· Cuando se tiene preparado este material, se hace la toma de muestras de cada horizonte procurando no "contaminar" los otros horizontes es decir que no se mezcle el material de un horizonte con otro, para que las determinaciones del laboratorio sean lo más precisas y reales posibles.

#### 4.2.2.2

Toma de fotografías simples y estereoscópicas de los perfiles de suelos, rocas y vegetación.

Como sabemos, no queda duda de la importancia de la toma de fotografías del perfil ya que serán unos auxiliares que tendrán bastantes datos y observaciones (fig. 4.2.2.2.1).

La toma de fotografías simples tienen como fin ilustrar de manera objetiva las condiciones y características que presenta el suelo y que son descritas en el reporte morfológico; así como la vegetación desarrollada en esos suelos, el relieve del sitio de muestreo y las rocas o formaciones que existan alrededor, a este tipo de tomas se les llama panorámicas (fig. 4.2.2.2.2).

Podríamos decir que también se utilizan para dar presentación al trabajo elaborado.

Con respecto a la toma de pares estereoscópicos diremos que su importancia es tal que se podría comparar con la de fotografías aéreas, puesto que está comprobado que un agrólogo puede hacer la descripción del perfil de un par estereoscópico, sin haber estado en el lugar del pozo y obtener resultados hasta del 80 ó 100% esto es dependiendo de la experiencia con que se cuenta, pero aún teniendo poca experiencia se puede obtener buenos resultados con aproximaciones mínimas del 50%.

La toma de estos pares se pueden aplicar no solo al perfil de que se trate, sino también para el estudio de la vegetación, rocas, fósiles, etc.; en general se pueden hacer estas tomas para los fines que más nos convengan, siendo elementos auxiliares de importancia en las investigaciones pedológicas.

La técnica para efectuar las tomas de pares estereoscópicos es sencilla requiriendo para ello sólo unos minutos:

La forma más común es tomando las fotografías de pie, con las piernas abiertas para lograr mayor estabilidad y frente al perfil, o bien sentado en la parte superior y posterior a la cara del perfil, debe de tenerse cuidado de no hacer movimientos bruscos puesto que de lo contrario podrían salir defectuosas las fotografías o con demasiado paralaje; después se procede a enfocar la lente y cargar la cámara, enseguida se observa el objetivo y con la cámara en posición vertical y sin hacer el menor movimiento, se dispara la cámara; sin moverse el sujeto ni la cámara se carga ésta de nuevo y se hace un ligero movimiento hacia la derecha (o izquierda) 5 cm y en sentido horizontal sin inclinarse mucho para evitar el paralaje en las fotografías y se hace el segundo disparo y así de sencillo se tiene un par estereoscópico, pueden tomar

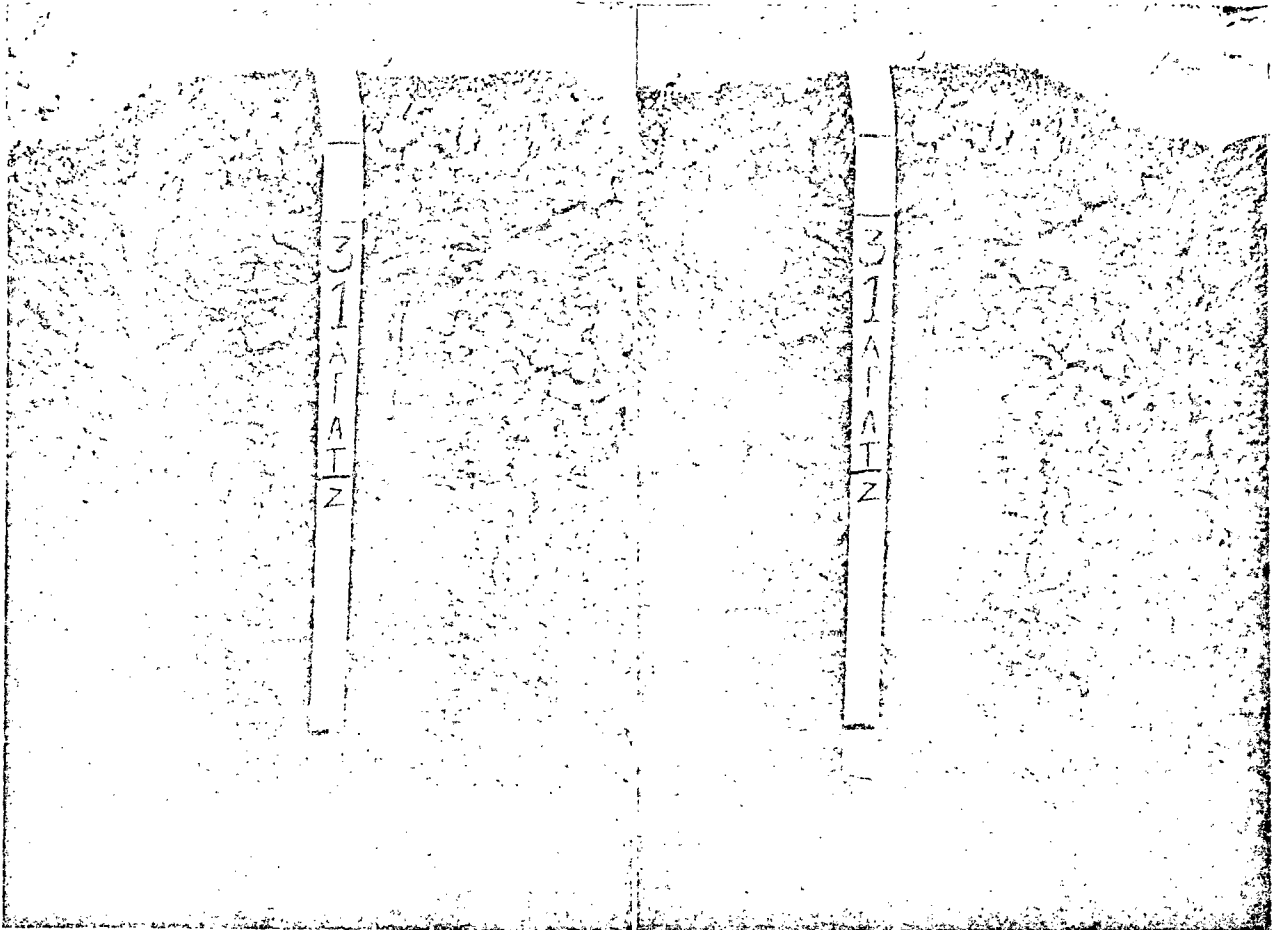


Fig. 4.2.2.2.1 Forma en que se presenta el par estereoscópico o estereograma de un perfil de suelos con la ayuda de un estereoscopio de bolsillo - podemos observar el perfil en forma tridimensional, o bien con la vista en trenada sin necesidad del estereoscopio.





Fig. 4.2.2.2.2. En las tomas panorámicas se puede observar con claridad la fisiografía en donde se ubica el sitio del pozo agrológico y de éstas, se obtiene información diversa de importancia agrológica.

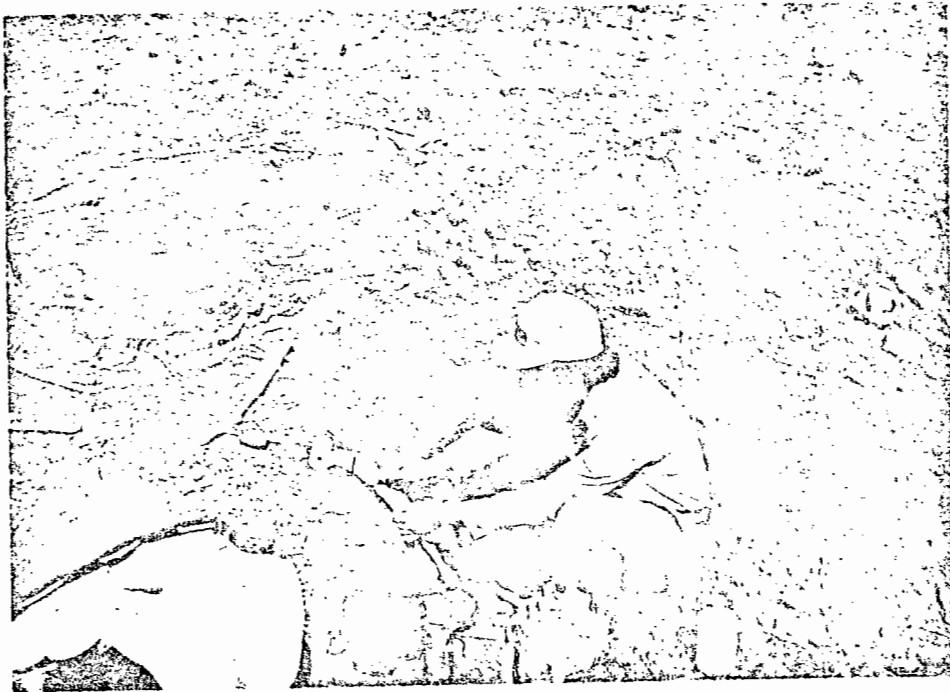


Fig. 4.2.2.2.3. Un aspecto en la descripción de un perfil de suelo. Como se observa, muy a la mano se tiene el equipo necesario y la cámara fotográfica.

marse de cualquier objeto , personas, vegetación, etc.

Cuando hay demasiada brillantez debido a la insolación, se utiliza una sombrilla para amortiguar la intensidad de la luz y también cuando se producen sombras en el perfil debido a la inclinación de los rayos solares ( esto es frecuente cuando las tomas se hacen muy de mañana o ya en la tarde), entonces la sombrilla es muy útil.

Para el estudio de Apatzingán, Mich; debido a la importancia y superficie del estudio, ya que es la primera vez que intervenía en la aplicación de esta técnica ( lo mismo que tres de mis compañeros), se tomaron pares de fotos de todos los perfiles de suelos así como de vegetación y rocas y también tomas sencillas. En total se obtuvieron 150 pares estereoscópicos de los cuales 136 pares corresponden a 136 perfiles de suelos, el resto corresponden a tomas de vegetación y frutales principalmente, así mismo se tomaron más de 250 fotografías sencillas, que corresponden a panorámicas de los sitios de muestreo, cultivos, frutales, insectos, enfermedades y plagas de algunos frutales como cítricos y plátanos, de la vegetación nativa, vegetación adaptada a diversas condiciones de mal drenaje y salinidad y/o sodicidad, etc. También se hicieron tomas de barrenas de tubo y de barrenas de gusano, de los drenes y canales donde se observa su estado actual, en fin de todo lo que se consideró necesario se hicieron tomas sencillas de fotografías.

#### 4.2.2.3 Colección de muestras superficiales.

La toma de muestras superficiales tiene como finalidad el comprobar y llevar un control de los límites de las series de suelos, así como para detectar áreas con problemas de salinidad y/o sodicidad o bien para determinar ciertos parámetros que son de utilidad en la agrupación de los suelos por series.

La barrena de tubo nos sirve para extraer muestras a profundidades hasta de dos metros, pero por lo regular se toman a 0.30, 0.60, 0.90 m. Esta barrena permite sacar la cantidad suficiente de muestra para hacer todas las determinaciones necesarias en el laboratorio. ( fig. 4.2.2.3.1). \*

En el área de estudio se detectaron por fotointerpretación, algunas zonas con problemas de drenaje, salinidad y sodicidad, para certificar lo anterior se procedió a muestrear dichas zonas pudiendose así delimitar la fase sódica en la serie Ayucato, la serie salina Hornos de Holanda y las fases fréatica y sódica de la serie Altamiña.

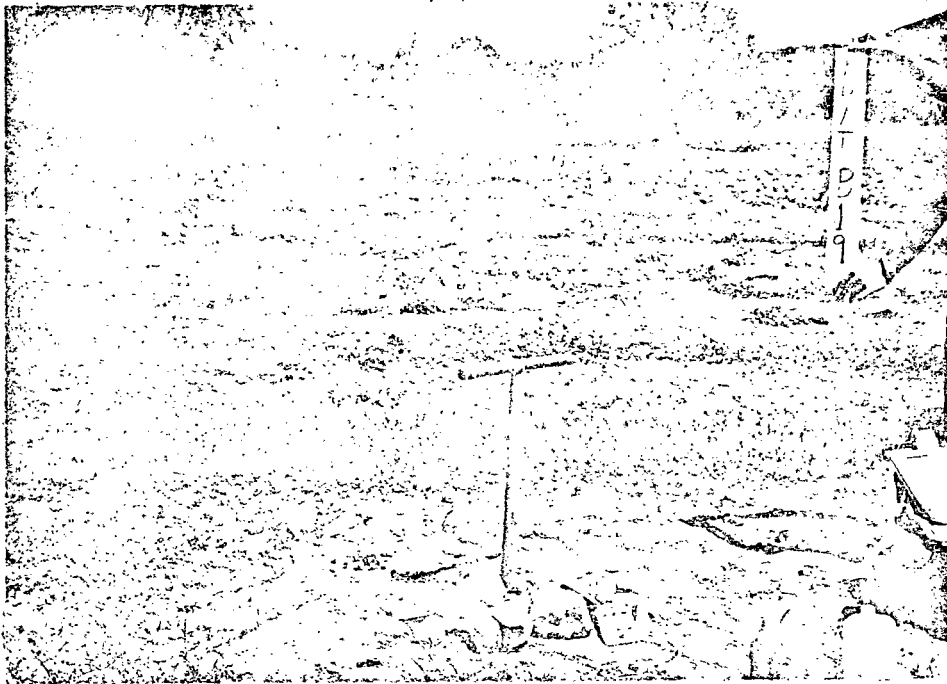


Fig. 4.2.2.3.1\* La barrena de tubo es de gran ayuda en los --  
muestreos de campo ya que auxilia en el control de los límites  
de unidades y proporciona muestras de suelo. necesarias en la-  
determinación de parámetros en los análisis de laboratorio.\*

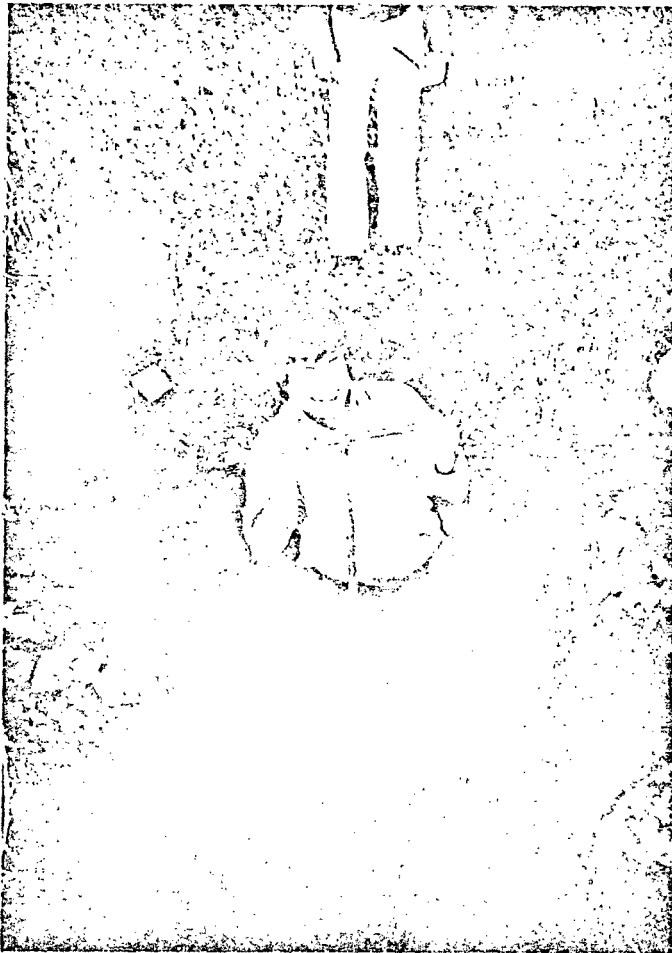


Fig. 4.2.2.3.2\* Vista de una  
barrena de gusano y la forma  
de emplearla en el campo; es  
to es con el objeto de detec-  
tar con cierta precisión los --  
límites entre unidades, así --  
como problemas de manto --  
freático, poca profundidad de  
suelo, pedregosidad interna,  
etc.\*

Para la toma de muestras se hizo una fotointerpretación - previa señalando puntos claves como sitios de muestreo, para la cual se tomó en cuenta las pendientes, el relieve, la red de drenaje, los escurrimientos principalmente los causados por el mal manejo del agua de riego, etc.

\*Ya en el campo se procedió a la toma de muestras, las que se hicieron a 30, 60 y 90 centímetros, y a cada muestra se le de terminaba su textura, horizonte, color, reacción de ácido clorhídrico y a la fenolftaleína, se le hicieron observaciones en cuanto a intrusiones y concreciones, se pudieron en bolsas de polietileno y se etiquetaron.\*

Por último en el reporte de cada barrena se hicieron obser vaciones del sitio de la muestra, de la presencia o ausencia del nivel freático, tipo de vegetación y condiciones actuales del suelo.

Para el muestreo citado, se hicieron 25 barrenas de tubo de las que se obtuvieron 70 muestras para su análisis en el labo ratorio, así mismo se recolectaron muestras de sales de la superficie del suelo, a las que se les hizo un análisis cualitativo y cuantitativo y se tomaron muestras de agua de los mantos freáti cos.

\* Los resultados del laboratorio reportan para la mayoría - de las muestras, altos porcentajes de sodio intercambiable entre 15 y 19 por ciento, y en algunas barrenas se reportaron conductividades eléctricas mayores de 4 mmhos/cm. Con lo anterior - y haciendo una nueva interpretación, se pudo hacer una delimitaci ón bastante exacta de las áreas problema.\*

\*También se hicieron 30 barrenas de gusano que auxiliaron en la delimitación entre las series La Chauz de la Parácuaro y a su vez estas dos series de la Antúnez las cuales son muy simi lares en sus características pero factores como profundidad, pe dregosidad y textura fueron detectadas con las barrenaciones, - las que fueron suficientes para definir los límites de cada serie; se utilizó la barrera de gusano en la detección del manto freático en las series Ayucato y Hornos de Holanda, así como en la fa se delgada y pedregosa de la serie de San Isidro \*(fig. 4.2.2.3.2).

#### 4.2.2.4 Colección de especímenes de rocas y la inspección de perfiles - expuestos en forma natural o artificial.

\*El objeto de recolectar especímenes de rocas es fundamentalmente el de conocer más a fondo o con mayor precisión la geo logía superficial de la zona de estudio,\* para esto debemos

primeramente identificar las rocas colectadas auxiliandonos por medio de la petrología y la mineralogía principalmente. Cuando el tipo de roca encontrado, presente dificultad para su clasificación, será necesario hacerle pruebas petrográficas para su identificación; la recolección de muestras de rocas también puede tener una finalidad puramente didáctica, aunque para nuestros propósitos puede ser muy conveniente la combinación de lo anteriormente expresado.

En el presente estudio se tomaron también muestras de algunas tobas con el fin de analizar los contenidos y tipos de agentes cementantes como carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) o sílice (Si).

De las rocas colectadas distinguimos principalmente basalto vesicular y afanítico en menor proporción basalto amigdoloide (zona de Gabriel Zamora), esquistos arenosos (Colomotitán), conglomerados (Parácuaro) y petrocálcicos; estos últimos distribuidos irregularmente en el área de estudio (fig. 4.2.2.4.3).

Los tipos de tobas encontrados corresponden principalmente a areniscas sueltas y con diferentes grados de cementación, calizas y cenizas volcánicas ricas en sílice.

Enseguida se presentan los cuadros 4.2.2.4.1 y 4.2.2.4.2, que nos pueden auxiliar en la identificación de las rocas así como su relación con elementos químicos minerales.

En lo referente a la inspección de perfiles expuestos en forma natural o artificial diremos que esto tiene importancia pedológica como objetiva, ya que al estudiar un corte de carretera o las paredes de un valle, nos damos cuenta de la geología de la zona, su estratigrafía, la forma en que se han sedimentado los materiales que forman la corteza terrestre, y la forma en que se han originado los suelos; dicho de otra manera, el análisis de un perfil expuesto en forma natural o artificial, nos auxilia en la deducción de la historia geológica del área y en la génesis de los suelos (fig. 4.2.2.4.4).

En el área de Apatzingán, se llevó a cabo la inspección de cortes de carretera y pequeños cañones de paredes casi verticales, en donde se observó la alternancia del material parental formado de areniscas principalmente, encontrándose la mayoría cementada con carbonato de calcio; estos cortes, en el caso de los valles, presentaban profundidades de 100 m o más; y dadas sus características se dedujo que éste material no había dado origen al suelo, sino que la formación de los suelos se originó a partir del intemperismo de cenizas volcáni

Cuadro 4.2.2.4.1  
Clasificación de rocas y su reacción a la intemperización y erosión

IGNEAS	NOMBRE DE LA ROCA	RESISTENCIA	FORMAS FISIOGRAFICAS
TEXTURA FINA OSCURAS (básicas)	BASALTO	Usualmente resistente excepto cuando contiene olivino se erosiona rápidamente	Montes columnares Diques y escarpes
TONO MEDIO	ANDESITA	Usualmente resistente	No es de suficiente distribución para dar formas típicas
CLARAS (silíceas)	RJOLITA	Usualmente resistente pero algunas veces se descomponen	Riscos escarpados picachos
TEXTURA GRUESA OSCURAS (básicas)	GABRO DIABASA	Usualmente muy resistente excepto cuando está muy juntado y contiene olivino	Diques y Escarpes
TONO MEDIO	SIENITA	Similar al granito pero carece de cuarzo y de ahí es menos resistente	Tipo de mesetas
CLARAS (silíceas)	GRANITO	Usualmente resistente se desin- tegra fácilmente en rocas arcillosas	Domeos de esfoliación u tipo de mesetas
SEDIMENTARIAS GRAN FINO: ARCILLAS SUELTAS	ARCILLA	Débil pero usualmente coherente para formar paredes verticales	Escarpes y Halfpays
CONSOLIDADAS	ROCA ARCILLOSA	Usualmente débil	Pendientes suaves valles y tierras bajas
GRAN FINO: CALIZAS SUELTAS	MARCA	Muy débil	Valles bajos
CONSOLIDADAS	CALIZA	Débil en regiones húmedas Resistente en regímenes áridos	Karst, agujeros de solución, escarpes elevados
SUELTAS DE GRANO FINO	ARENA	Usualmente débil	Tierras bajas en rocas mesetas en cerros
CONSOLIDADAS	ARENISCA	Resistente si está bien consolidada	Escarpes y mesetas
SUELTAS DE GRANO GRUESO	GRASA	No demasiado resistente debido a su porosidad	A menudo mesetas de cerros
CONSOLIDADA	CONGIONERADO	Muy resistente	Cordilleras onduladas y Montañas
METAMORFICAS PRESION MODERADA DE LA ROCA ARCILLOSA	PIZARRA	Débil pero más resistente que la caliza	Tierras bajas
POR PRESION DE LA CALIZA	MARNOL	Débil	Tierras bajas sino se erosionan con rocas metamor- ficas más resistentes.
POR CEMENTACION DE LA ARENISCA	CUARCITA	Muy resistente, tal vez la más más resistente	Lomeríos resistentes Knobs y monadnocks.
FOLIADAS	GNEISS	Usualmente muy resistente	Tierras elevadas
ESQUISTOSAS	ESQUISTO	Usualmente resistente	Tierras elevadas y lomeríos

Cuadro 4.2 .2.4.2

Esquema diagramático que muestra la relación entre elementos químicos minerales y rocas

Principales elementos formadores de las Rocas	Principales Minerales formadores de las Rocas	R O C A S			
		Vitrea o Felsítica (flujos superficiales)	GRANO FINO (Diques Láminas)	Porfíricas (Intrusivos Locales)	TEXTURA GRUESA (Batulitos)
Oxígeno O	CUARZO $SiO_2$	RIOLITA	RIOLITA PORFIRA	GRANITO PORFIRO	GRANITO
Silicio Si					
ALUMINIO Al	ORTOCLASA $K Al Si_3 O_8$	TRAQUITA	TRAQUITA PORFIRA	SIENITA PORFIRA	SIENITA
POTASIO K	PLAGIOCLASA $Ca Na Al Si_3 O_8$	ANDESITA	DACA PORFIRA	DIORITA PORFIRA	DIORITA
SODIO Na					
CALCIO Ca	Silicatos Ferromagnesianos. Biotita-Mica Hornblenda Piroxena Olivino	BASALTO	BASALTO PORFIRA	GABRO PORFIRO	GABRO
hierro Fe		AUGITITA	AUGITITA PORFIRA	PIROXENITA PORFIRA	PIROXENITA Y PERIDOTITA
MANGANESIO Mg		LIMBURGITA			
COMPOSICION Y CLASIFICACION DE ROCAS IGNEAS					

Acida (clara) ----- Basica (oscura)



Fig. 4.2.2.4.3 Excelente vista de una área con abundante pedregosidad en donde la recolección de especímenes de roca, se facilita en gran manera.

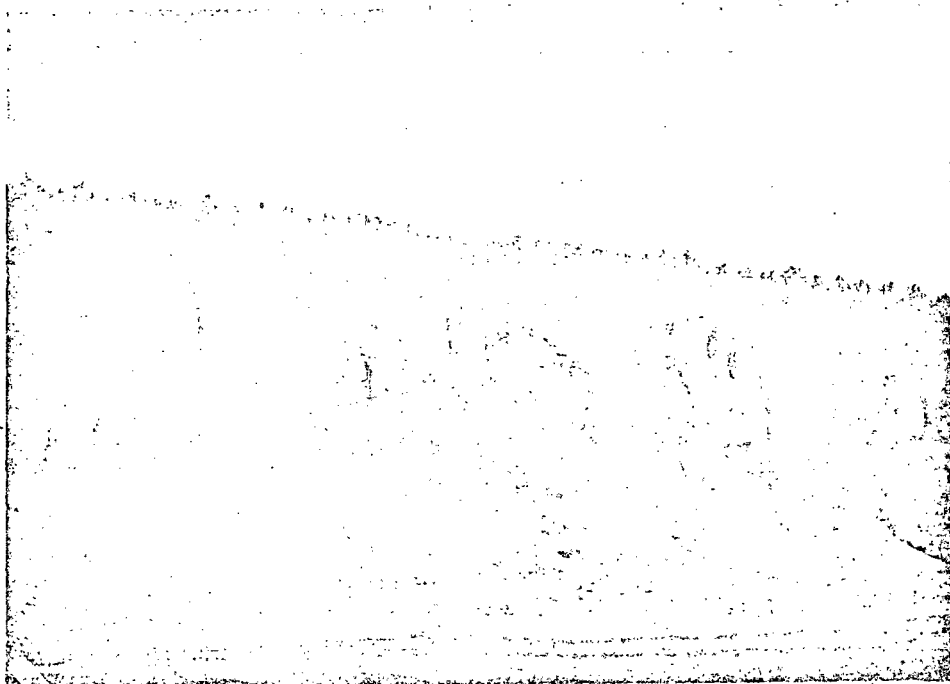


Fig. 4.2.2.4.4 Vista de un perfil expuesto en forma artificial debido a un corte de carretera. La observación de este tipo de perfiles es de gran ayuda en el estudio de la geología regional así como en la delimitación y clasificación de los suelos.



cas ricas en elementos ferromagnesianos, esto es debido a la marcada diferencia entre el suelo y el material subyacente.

Otra de las ventajas de observar este tipo de perfiles, es la de auxiliar en la delimitación de las diferentes unidades de suelos, pudiendo inclusive, marcar o delimitar algunas fases de los suelos.

En conclusión diré que es muy útil y necesario que en nuestros recorridos o transectos dentro del área de estudio, tomemos notas de nuestras observaciones tanto de perfiles como de aspectos de tipo agropecuario y forestal.

#### 4.2.2.5 Estudio de las características de la vegetación y su correlación con los suelos que la soportan.

En los trabajos de campo, el estudio de la vegetación natural es de vital importancia, ya que ésta nos manifiesta de diferentes maneras las relaciones existentes con los suelos que la sostienen y su medio ambiente; estos tres componentes forman un sistema único en donde cada componente actúa y reacciona con respecto a los otros dos, en este caso nos interesa la respuesta de la vegetación a la influencia del suelo y el ambiente.

En función de las características del material geológicos, vegetación, clima y geomorfología, entre los suelos se presentan variaciones y dado que en esta zona el clima y la vegetación son prácticamente constantes, los suelos se diferencian más bien por el tipo de material y por su condición geomorfológica; quedando en segundo término, la influencia de la vegetación en el suelo; así como otros factores.

#### Tipos de vegetación.

La vegetación climax del área es de selva baja caducifolia y como vegetación secundaria se tienen vegetación de matorral espinoso con espinas laterales, vegetación herbácea, vegetación rípiara y vegetación hidrófila. ( fig. 4.2.2.5.1 y 4.2.2.5.2).

- La vegetación de selva baja caducifolia que en un principio ocupó prácticamente toda el área de estudio; a quedado relegada a las zonas cerriles, a orillas de caminos, dentro de algunas parcelas ó como límites de éstas; lo anterior es el resultado de la incorporación de áreas para la agricultura en el Distrito de Riego Cupatitzio Tepalcatepec.

Este tipo de vegetación corresponde a los climas cálidos subsecos con temperatura media anual mayor de 20°C y precipitación media anual que varía entre 500 y 1 200 mm; con lluvias de verano y una estación seca en invierno, bien definida



Fig. 4.2.2.5.1 Un aspecto de la vegetación del área - en donde se observa una asociación de vegetación hidrófila con pastos inducidos y al fondo Matorral espinoso, con espinas laterales (*Acacia farnesiana*).



Fig. 4.2.2.5.2 Aspecto de Vegetación Nativa y Uso - de la tierra. Al fondo se observa vegetación de selva baja caducifolia y al frente una parcela cultivada con maíz de riego.

y que cubre de 5 a 7 meses.

Las características principales de este tipo de selva son el tamaño de sus componentes arbóreos (de 4 a 10 m de altura) y que en la época seca, casi todas las especies pierden sus hojas; esto hace que resalte, de manera notoria, la fisonomía de la vegetación entre la época de estiaje y la lluviosa.

Las especies más comunes que se encontraron son:

Cueramo (*Cordia eleagnoides*), Cirian (*Crescentia alata*), Mezquite (*Prosopis juliflora*), Cascalote (*Caesalpinia coronaria*), Parota (*Enterolobium cyclocarpum*), Capire (*Sideroxylon* sp) y Corongoro (*Zizyphud sonorensis*).

- Matorral espinoso con espinas laterales.

La especie representativa de esta vegetación es el huizache (*Acacia farnesiana*), la que se le encuentra comúnmente en áreas cuyos suelos presentan restricciones severas al desarrollo de los cultivos por lo que al abandonarlas, se favorece al establecimiento de esta vegetación secundaria.

- Vegetación ripiaria.

Esta vegetación se desarrolla en áreas sin uso agrícola como en las orillas de caminos, y linderos parcelarios, está representada por especies como cueramo, huizache, frijolillo y guajillo (*Acacia angustissima*); también se puede considerar dentro de este tipo, a la vegetación que se desarrolla en las márgenes de ríos, arroyos, drenes o canales; las especies más frecuentes son: Amate (*Ficus tecolutencis*), sauce (*Salix chilensis*), parota y mezquite.

- Vegetación Herbácea.

Esta vegetación está compuesta por malezas perennes o anuales y se desarrollan dentro de las parcelas, compitiendo con los cultivos, o fuera de ellas en áreas sin uso agrícola. Las principales especies que predominan en el área de estudio son: Quelite (*Amaranthus spinoso*), Cola de zorra (*Leptochloa filiformis*), Patuz (*Sesbania* sp), Huizapol (*Cenchrus echinatus*), Zacate johnson (*Sorghum halepense*), Verdolaga (*Portulaca oleracea*), Toloche (*Datura Stramonium*) y otras especies de las familias de las compuestas malváceas conocidas con los nombres de "Catalina" y "Vara blanca" respectivamente.

- Vegetación hidrófila y halófila.

En las áreas de mal drenaje con manto freático elevado, como en las series 6,9 y parte de la 10 y 12 fué común encontrar especies como el tule (*Tipha latifolia*), Jarilla (*Asclepias curassarica*) y algunas gramas no identificadas. También se localizó a este tipo de plantas en las cercanías de canales o arroyos donde las condiciones de humedad son favorables para su desarrollo.

En las áreas de mal drenaje se encuentran suelos asociados con problemas de sales y/o sodio (partes de las series 6 y 10 y en la serie 12), en donde se desarrolla huizache, mezquite y como plantas características de estas áreas, encontramos "Chicalote" de la familia de las solanáceas, la golondrina (*Chamaecuculys prostrata*) y Campanilla (*Ipomoea* sp). Las cuales presentan resistencia a las altas concentraciones de sales solubles en la solución del suelo.

- Relación suelo vegetación.

Las condiciones climáticas prevalecientes en el área y tipo de suelo de origen volcánico con altos contenidos de arcilla montmorillonítica, compactos, con abundancia de carbonato de calcio y con buen drenaje, han favorecido al establecimiento de la vegetación que en su mayoría está representada por leguminosas arbóreas, las cuales cuando el suelo es profundo o con estratos subyacentes fácilmente penetrables muestran buen desarrollo como en el caso de los suelos de las series 3,4,5,7 y 8.

En zonas donde los suelos son delgados como en las series 15,16 y 19 fué común encontrar especies más rústicas como el huizache formando matorrales, otras especies como el guamuchil, cascalote o cueramo se les encontraba en forma bastante aislada y con desarrollo deficiente debido a que las condiciones edáficas no son las adecuadas para su correcto desarrollo. Esta misma situación se pudo observar en los suelos con problemas de mal drenaje de la serie 6 y 9, en donde además se desarrolla una vegetación herbácea muy abundante de plantas como "coquillo", "jarilla", grama y tule, cuyas características fisiológicas demandan exceso de humedad y en algunos casos, bajo contenido de oxígeno en la atmósfera del suelo.

Los altos contenidos de sales solubles y sodio intercambiable de la serie 12 y parte de la 6 son factores determinantes para que en estas zonas la vegetación nativa sea escasa y se limite a áreas donde esta condición no es tan severa, -

predominando matorrales arbustivos del género acacia y con --  
finando a lugares sin uso agrícola como orillas de caminos y  
límites de parcelas a otro tipo de especies como el guamuchil  
y cueramo.

Este tipo de condición del suelo favorece el desarrollo --  
de plantas herbáceas en forma poco abundante, que resisten --  
esta situación, tales como la golondrina, chicalote, y campañilla.

En general, las condiciones del suelo y clima son favo--  
rables para el establecimiento de especies de selva baja cadu--  
cifolia, cuando estas condiciones especialmente las del suelo,  
son normales. En caso de que se presenten alteraciones en --  
el suelo ya sean naturales o por influencia del hombre, la ve--  
getación que se desarrollará bajo esta nueva situación, estará  
en relación directa con las propiedades que el suelo adquiera  
y las especies desarrolladas serán indicadoras de la altera--  
ción existente.

#### 4.2.2.6 Toma de muestras de agua de sitios representativos y de man-- tos freáticos, para análisis químicos y físicos.

Es importante hacer este tipo de muestreo, principalmente en  
el caso de que nuestros proyectos sean con fines de riego, --  
puesto que al hacer los análisis correspondientes nos damos --  
cuenta de la calidad de las aguas empleadas para tal fin; así  
mismo nos ayuda a determinar áreas con problemas de sales  
y/o sodio que a simple vista son difíciles de apreciar tal es  
el caso de algunas zonas de la serie 12.

Otro aspecto importante del muestreo, es el de auxiliar  
nos en la determinación del empleo de aguas de retorno.

En cuanto a la toma de muestras de agua, se lleva a  
cabo con relativa facilidad, tanto en sitios representativos co--  
mo de los pozos agrológicos con presencia de manto freático.

En el señalamiento de los puntos de muestreo, se sigue un  
procedimiento similar al del muestreo de suelos ( apartado --  
4.2.2.1), es decir, que se tomarán en cuenta las variaciones  
de los suelos, las corrientes del área y su distribución, y en  
caso de haberlos, la ubicación de canales y drenes de las --  
áreas bajo riego; la idea es la de situar puntos estratégicos --  
de muestreo que al analizar los productos, nos representen la  
calidad de las aguas utilizadas y de los mantos freáticos.

El procedimiento a seguir es el que a continuación se --

presenta;

Materiales:

1. Botellas con capacidad de  $\frac{1}{2}$  litro de plástico de preferencia.
2. Etiquetas que señalen el nombre del proyecto, el número de pozo, el número de muestra, la fecha de toma y de ser posible el nombre del lugar de la muestra.

Método:

Si la muestra es de una corriente, manantial, canal o dren, se deberá tomar la muestra tratando de coleccionar agua tanto de la parte superficial, como de lo más profundo que sea posible con el fin de lograr una muestra más representativa.

Tanto el recipiente como el tapón deberán enjuagarse con el agua que se va a muestrear, en el caso de ser agua de un manto freático, procuraremos no batir el agua, con el fin de evitar el exceso de sedimentos como suelos o basura que por lo regular encontramos al muestrear los perfiles agrológicos.

Una vez hecho lo anterior, procederemos a cerrar lo mejor posible nuestros envases y los etiquetaremos.

\*Algunas veces es necesario hacer algunas determinaciones como el pH, en los sitios de muestreo; para esto es necesario utilizar aparatos como el potenciómetro de bolsillo Sargent-Welch S-30009-50 que nos da lecturas directas, precisas e inmediatas, caso contrario, debemos enviar las muestras al laboratorio lo más pronto posible ya que existe el peligro de que ocurran fermentaciones químicas que alteren sus condiciones propias.\*

4.2.2.7 Ordenación de datos , materiales y discusión de los mismos, después de cada sesión de trabajo.

Es recomendable que de regreso al campamento o lugar de residencia en campo, dediquemos una o dos horas por lo menos, a la labor de ordenación de nuestros reportes de campo, los cuales algunas veces habrá necesidad de pasarlos en limpio, también debemos empacar y llevar una relación diaria de nuestras muestras de suelos y aguas con lo cual evitamos pérdidas y confusiones de las mismas o bien el que se maltraten y rompan sus recipientes o etiquetas y de ser posible, enviar

semanalmente las muestras al laboratorio; esto lleva dos finalidades; una la de adelantar los trabajos de laboratorio al máximo para que una vez de regreso al gabinete contemos con esta información y la otra, evitarnos exceso de peso y trabajo al transportar las muestras de un lugar a otro sobre todo en los casos en que el área de estudio es bastante extensa.

La discusión diaria de nuestros datos recabados, nos ayuda a lograr rápidamente una idea clara de la situación que prevalece en nuestra área y nos permite definir con mayor facilidad las diferencias de los suelos logrando una mejor delimitación de nuestras unidades.

Otra de las ventajas de hacer un análisis diario de nuestro trabajo es el de formarnos un criterio acerca de las áreas problema con el que decidiremos si hay o no necesidad de aumentar nuestros muestreos en esas áreas específicas.

De momento se aprecia un exceso de trabajo diario, pero es todo lo contrario, ya que como digo al principio, esto no nos lleva más de dos horas diarias, en cambio se logra mejor eficiencia en nuestro trabajo, se aclaran dudas respecto a los límites y características de las unidades de suelos y lo más importante, esto nos evitará en gran manera tener que regresar al área de estudio debido a la falta de información o para supervisión de una área duda o para la identificación de muestreo a una área problema.

En resumen, el análisis de la información diaria en nuestra estancia en el campo, nos evita la pérdida de tiempo dinero y esfuerzo, amén de problemas de tipo técnico principalmente.

#### 4.2.3 Estudio de laboratorio.

##### 4.2.3.1 Análisis físicos y químicos de muestras de suelos.

La finalidad de realizar estos análisis es la del conocimiento de las características físicas químicas y biológicas de los suelos, que es uno de los aspectos fundamentales para determinar la capacidad de uso y manejo de las tierras agrícolas.

El tipo de análisis y la cantidad de muestras a analizar está en función de la capacidad del laboratorio; así como de las necesidades del estudio y su categoría según la riqueza de detalle buscada y la precisión de los datos perseguidos; en caso de existir restricciones al respecto, se recomienda analizar las muestras más representativas y si se tiene la

seguridad de que no se presenta el problema de salinidad y/o sodicidad, se sugiere evitar estos parámetros (fig. 4.2.3.1.1).

En los análisis de rutina se lleva a cabo un análisis mecánico, análisis de fertilidad y análisis de salinidad y sodicidad.

\*En el análisis mecánico se determinan los parámetros siguientes:

por ciento de arcilla,  
por ciento de arena,  
por ciento de limo,  
clasificación de textura,  
densidad aparente y  
densidad real;

\*capacidad de retención de humedad en donde se determinan el por ciento de saturación, la capacidad de campo y el coeficiente de marchitamiento (fig. 4.2.3.1.2).\*

\*En el análisis de fertilidad (P.P.M.), se determina el calcio, potasio, magnesio, manganeso, fierro, fósforo, nitrógeno, amoniacal y por ciento de materia orgánica (fig. 4.2.3.1.3 y 4.2.3.1.4).\*

\*Para el análisis de salinidad y sodicidad se determina la conductividad eléctrica (mmhos/cm a 25°C), cationes totales (meq/l), iones de calcio más magnesio (meq/l), sodio soluble, por ciento calculado de sodio intercambiable, pH, capacidad de intercambio de cationes y clasificación por salinidad (fig. 4.2.3.1.5).\*

#### 4.2.3.2 \*Análisis físicos y químicos a las muestras de agua.

El objetivo de estos análisis es el de determinar la capacidad de las aguas que se utilizan o emplearán para el riego de los cultivos; así como de cuantificar los contenidos de diferentes iones con fines de formular balances de sales.

Los parámetros que por lo regular se determinan en este tipo de análisis, de acuerdo a nuestros propósitos son los siguientes:

- |                                 |     |                          |
|---------------------------------|-----|--------------------------|
|                                 | A.1 | Conductividad eléctrica. |
| A) Contenido de sales solubles. | A.2 | Salinidad efectiva.      |
|                                 | A.3 | Salinidad potencial.     |



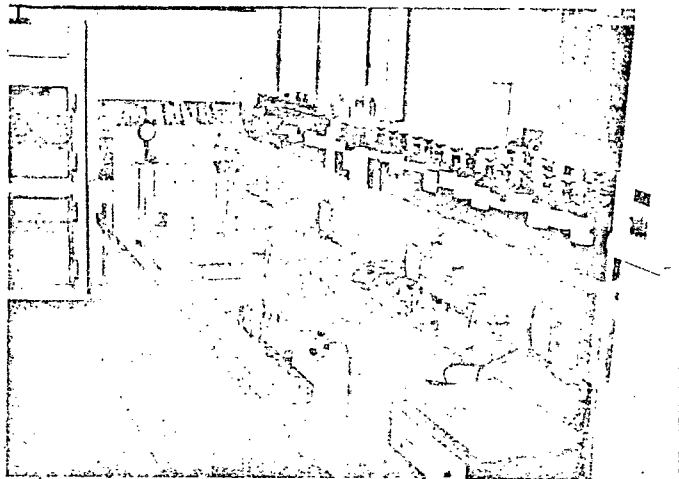


Fig. 4.2.3.1.1 Vista de una mesa de trabajo en el laboratorio para análisis físico-químicos de suelos y aguas.

Fig. 4.2.3.1.2 Determinación de texturas, empleando el método de Boyoucos (análisis mecánico). Momento en que se hace una lectura en el hidrómetro.

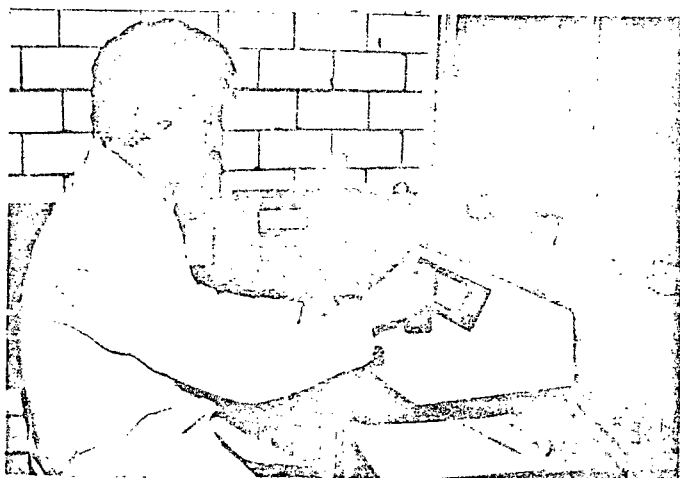
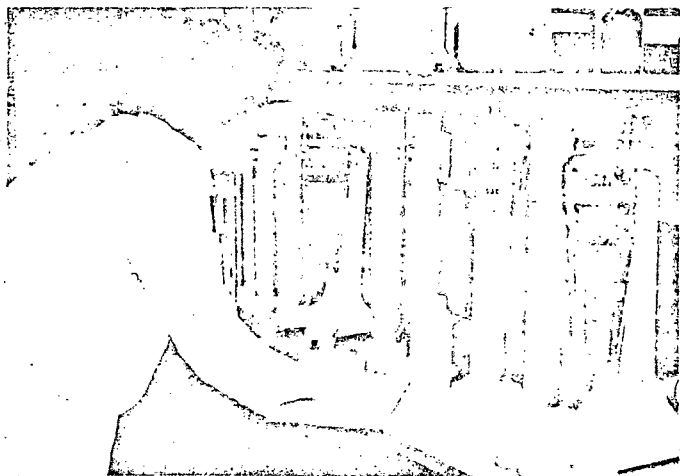


Fig. 4.2.3.1.3 Determinación del análisis de fósforo en suelos, empleando el método del cloruro estano. El medidor es un espectrofotómetro "Spectronic-20" (análisis de fertilidad).



Fig. 4.2.3.1.4 Determinación de calcio (Ca) y magnesio (Mg) totales en extractos de suelo. La titulación se lleva a cabo en "batería" de los extractos de suelos (análisis de fertilidad).

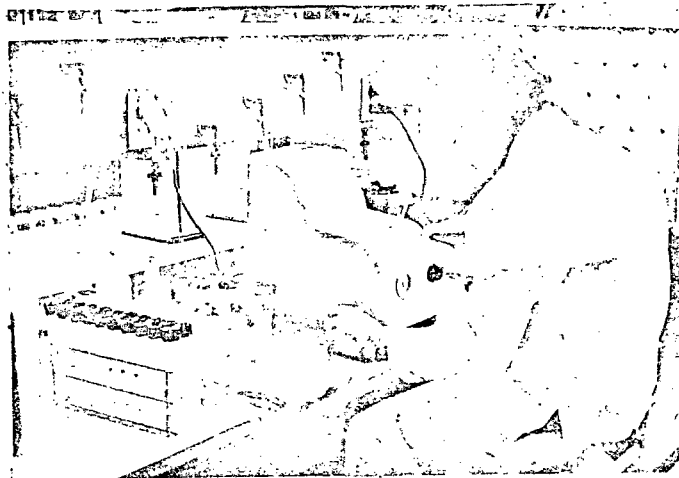


Fig. 4.2.3.1.5 Lectura en el fotómetro de flama " Evans", empleado en la determinación de sodio (Na) y Potasio (K) en el análisis de extractos de suelo (análisis de Salinidad y sodicidad).

- |                                                                            |     |                                 |
|----------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------------------|
|                                                                            | B.1 | Relación de adsorción de sodio. |
| *B) Efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo. | B.2 | Carbonato de sodio residual.    |
|                                                                            | B.3 | Porcentaje de sodio posible.    |
|                                                                            | C.1 | Contenido de boro.              |
| *C) Contenido de elementos tóxicos para las plantas.                       | C.2 | Contenido de cloruros.          |

En resumen, con respecto a los dos capítulos anteriores, diremos que el estudio del laboratorio, la investigación de campo y la fotointerpretación preliminar, nos forman un buen criterio, el cual nos ayudará en la caracterización completa de los suelos para hacer posible su clasificación. Tanto el trabajo de campo, como los análisis del laboratorio, constituyen la comprobación del estudio de fotointerpretación, el cual podrá ser rectificado valiéndose de éstos, o bien lograr una mayor precisión. En lo correspondiente al número de muestras colectadas, se obtuvieron 456 muestras de suelos que una vez analizadas, sus resultados ayudaron a la caracterización de las diferentes unidades de suelos; dichas unidades y sus características principales se presentan en el capítulo 5.1.5.1. Asimismo se obtuvieron y analizaron 35 muestras de aguas de canales, drenes, pozos profundos y manantiales; los resultados, ayudaron en la diferenciación de las unidades de suelos y en la clasificación de aguas con fines de riego.

#### 4.2.3.3 Microscopía electrónica para el estudio de arcillas para la investigación pedológica y para el estudio de minerales y fósiles.

En la elaboración de los estudios agroológicos algunas veces es necesario hacer análisis a fondo sobre el tipo de arcillas que forman parte de nuestras muestras de suelos; esto es con el fin de auxiliarnos en la investigación pedológica, base de los estudios del suelo. Para llevar a cabo dichos análisis es necesario hacer uso del microscopio electrónico, de mucha utilidad en la identificación de minerales y fósiles.

Las aplicaciones del microscopio electrónico se pueden agrupar en tres categorías: la primera incluye un estudio de la estructura de materiales, como en el caso de las partículas de arcilla en suspensión, la segunda incluye el estudio de

procesos, por ejemplo la fijación de fosfatos; y la tercera categoría a la que se le ha dado más énfasis en la mayor parte de los trabajos realizados en suelos, es la que se refiere al estudio del tamaño y forma de las partículas.\*

La eficiencia que se obtenga en el manejo de un microscopio electrónico se reflejará en la utilidad que reporte dentro de la institución que lo maneje; dado el alto costo de estos aparatos, por lo regular son utilizados por grandes empresas particulares o instituciones de gobierno ( fig. 4.2.3.3.1).

#### - Preparación de la muestra.

\*La preparación de muestras para un microscopio electrónico se hace sobre una película de colodión o de formvar. El colodión se puede extender en agua, mientras que el formvar se extiende sobre vidrio y para evitar se pegue a éste, se coloca primeramente una película de aceite. El porta objetos empleado, no puede utilizarse dos veces, la causa se desconoce actualmente.\*

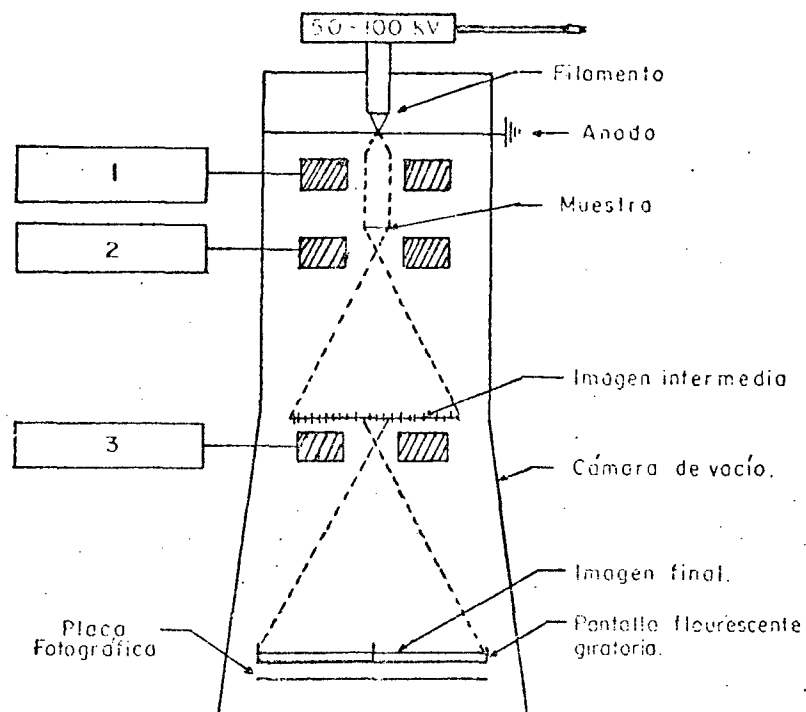
#### - Colocación de la muestra en el soporte.

\*El método más simple y mas comunmente empleado para colocar una muestra perfectamente fija en una rejilla, consiste en suspender el material, en agua y dejar secar una gota de esta suspensión sobre la rejilla. Cuando se determinan únicamente el tamaño y la forma, como usualmente sucede en el caso de las partículas de arcilla, este método presenta buenos resultados; si se rocía finamente la muestra sobre la rejilla, se obtiene una muestra mas uniforme de la suspensión en una área pequeña de la rejilla ( fig. 4.2.3.3.2).\*

Bajo ciertas circunsatancias puede ser posible permitir una reacción para proceder directamente sobre la rejilla de muestras.

#### - Conservación de la estructura de la muestra.

Las características de la muestra (tamaño, forma y distribución) pueden ser alteradas durante la preparación de la misma; la forma y la distribución son las propiedades más sensitivas. Por lo anterior, es necesario que la muestra en suspensión acuosa, sea congelada inicialmente y por sublimación, se evita tanto el estado líquido como la tensión superficial que pudiera deformar la forma y distribución de las muestras más frágiles (fig.4.2.3.3.3).



1) Lentes de condensación  
intensidad

2) Lentes del objetivo  
afocamiento

3) Lentes de proyección  
amplificación

Fig. 4.2.3.3.1

El diagrama indica algunos componentes del microscopio electrónico. Muchos microscopios tienen lentes intermedias, en cuyo caso la imagen intermedia se reproduce en la parte superior de éstas. Los voltajes se controlan y generalmente son del orden de 1 parte en  $10^5$ .

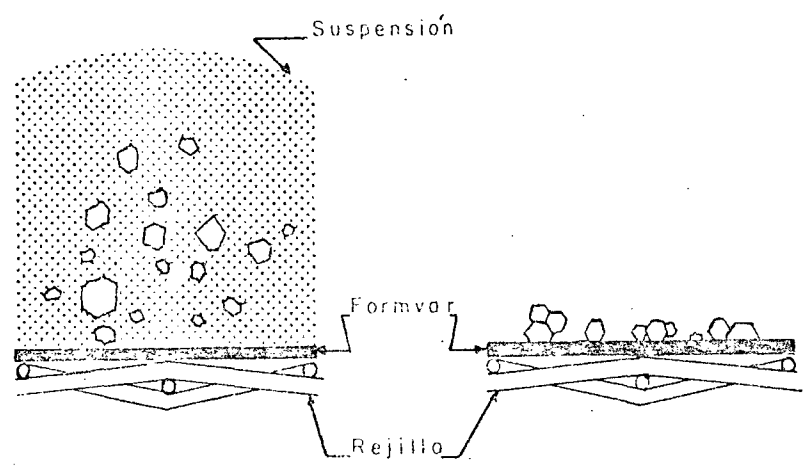


Fig. 4.2.3.3.2

Diagrama de la colocación de la muestra sobre una rejilla cubierta por Formvar, mediante el secado de una gota de suspensión.

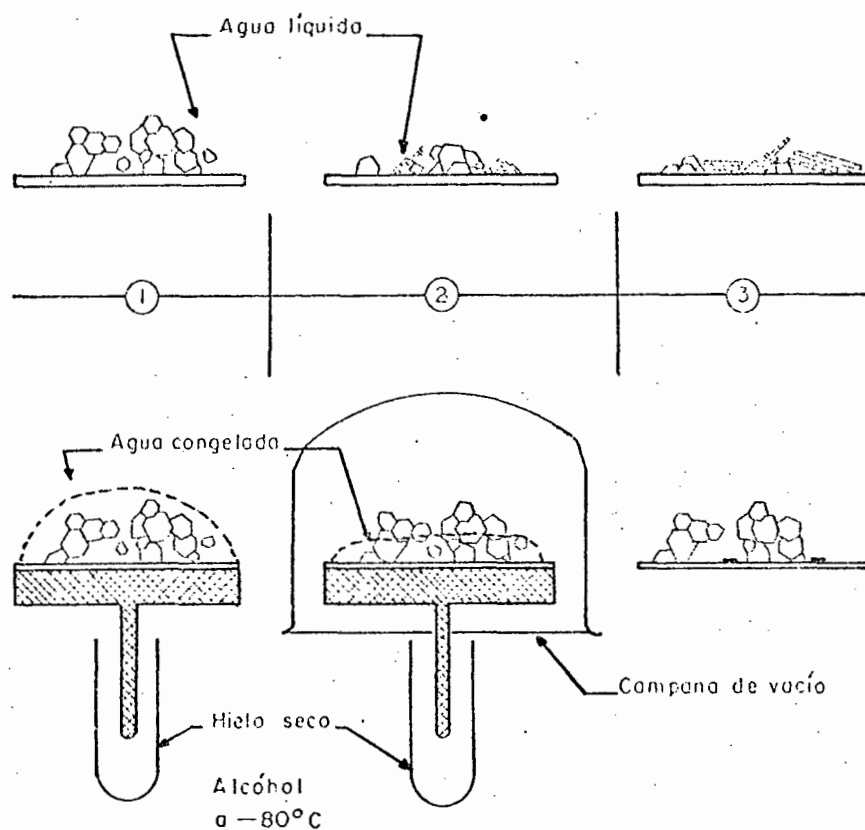


Fig. 4.2.3.3.3

Comparación esquemática de la preparación común de una muestra, con la técnica de congelación y secado (Secuencio inf.). 1) muestra inicial, 2) eliminación parcial de agua y 3) muestra seca.

Esta técnica es llamada congelación en seco y hace posible estudiar también la floculación y dispersión de los coloides del suelo.

La estructura superficial de materiales que son inestables en el microscopio electrónico, se puede preservar por otros medios que no sean congelamiento y secado, tales como una reproducción patrón, o bien, cubrir la muestra con metal en la "cámara de sombreado", con lo que se observa esencialmente la cubierta de metal al microscopio.

#### - Estereofotografía.

Si una muestra presenta dimensiones verticales muy grandes o una geometría compleja, se puede recurrir a la estereofotografía por medio del microscopio electrónico, la cual permite la interpretación debido a la gran profundidad de foco de éstos. Inclinando la muestra, se pueden tomar dos fotografías sucesivas de ésta desde dos ángulos ligeramente diferentes; posteriormente, con un estereoscopio o con la vista entrenada, podemos ver la imagen tridimensional.

#### 4.2.4 Estudio de gabinete. Segunda parte.

##### 4.2.4.1 Corrección de la fotointerpretación aérea de la primera fase - utilizando los resultados de campo y laboratorio.

En ésta etapa de trabajo del método, podemos evaluar la calidad de la aplicación de la primera fotointerpretación en el estudio de los suelos ya que contamos con los datos de suelos y los límites de unidades de la interpretación preliminar y por otro lado tenemos los datos obtenidos en los trabajos de campo y laboratorio.

Aquí es donde se harán comparaciones y correlaciones de unos resultados y otros, se verá con claridad la ventaja de haber utilizado ésta técnica y nos daremos cuenta de las deficiencias o errores de la interpretación sobre determinados aspectos de los suelos.

En esta fase final, contando ya con el apoyo de las investigaciones de campo y laboratorio, se procedió a corregir y afinar los límites de las series de suelos, dando por resultado la exclusión de algunas unidades y la formación de fases en otras, tal es el caso de las series 4,7,11,15,16,18,21 (fase delgada); 6 y 11 ( fase sódica y freática); 11 y 18 (fase ligera); y 13 ( fase de terraza aluvial).



En el cuadro 5.1.5.1.1 se presentan la relación de series y fases de suelos su superficie en ha y su superficie relativa; así mismo en el cuadro 5.1.5.1.3, se presenta la agrupación de series de suelos en familias, sus principales características edáficas y el ambiente geomórfico en que se desarrollan.

Posteriormente se hizo la interpretación de las fotografías aéreas, para precisar los límites de las clases agrícolas de los suelos, empleando para ello los criterios del manual de clasificación de tierras con fines de riego del USDA; así como los criterios utilizados por la Subdirección de Agrología de la SARH, en la clasificación agrícola de suelos con fines de riego.

En el cuadro 5.1.5.2.1 se presentan las clases de suelos, su superficie en ha y el porcentaje con respecto al total de superficie estudiada.

Finalmente se hizo la fotointerpretación del uso actual de los suelos del área de estudio, definiendo las áreas bajo riego y las áreas de temporal; se especificaron al máximo los diferentes tipos de cultivos, tomando en cuenta la textura fotográfica de éstos, su tonalidad y contraste, el tipo de parcelamiento, la densidad y altura del cultivo entre otros. En el cuadro 4.2.4.1.1, se presentan los resultados de la interpretación del uso actual de los suelos, especificando el tipo de cultivo, su clave la superficie de cada cultivo y el porcentaje con respecto al total del área.

#### 4.2.4.2 Evaluación de áreas de series, fases, clases y uso actual de los suelos.

Una vez terminada la segunda fase de interpretación de fotografías aéreas, se procede a vaciar la información sobre planos base, de preferencia planos topográficos, a la escala requerida; posteriormente se obtienen copias de los diferentes conceptos y se procede a la evaluación de las áreas por medio del método de la balanza que se describe a continuación:

De las copias obtenidas se recortan, por sus límites, las diferentes áreas y se agrupan de acuerdo a su clave y número de serie, terminando esto, se cortan del mismo material, cuadros de 10 x 10 cm, la cantidad de cuadros requeridos está en función del criterio del técnico y de la exactitud que requiera su trabajo.

Enseguida se calibra la balanza, que puede ser del tipo "Microwa CH 9428" (para un peso máximo de 100 gm), luego se pesan los decímetros<sup>2</sup> por separado y las cantidades resultantes se suman y se promedian para obtener el peso constan

## CUADRO 4.2.4.1.1

RESULTADOS DE LA DETERMINACION DEL USO ACTUAL  
DE LA TIERRA PARA EL AREA ESTUDIADA EN  
CUPATITZIO - TEPALCATEPEC

Concepto	Símbolo	Superficie ha	%
Area bajo cultivos anuales de Riego	RA	75 424	37
Algodón de Riego	RAa	22 487	11
Otros Frutales	RFU	7 191	3
Cítricos	RFUc	4 074	2
Plátano	RFU <sub>T</sub>	3 365	2
Asociación de Frutales con otros cultivos	RFU-A	2 926	1
Pastizales de Riego	PR	387	1
Subtotal (área bajo riego)		115 854	
Area Bajo cultivos Anuales de Temporal	TA	17 956	9
Pastizales inducidos	P	9 905	5
Selva Baja Caducifolia	SBC	20 599	10
Selva Baja Caducifolia-Pastos	SBC-P	15 501	7
Pastos -Selva Baja Caducifolia	P-SBC	85	1
Vegetación matorral Pastos	Vm-P	7 091	3
Pastos Vegetación matorral	P-Vm	4 356	2
Tular	Tu	413	1
Bosque de galería	Bg	1 495	1
Poblados	ZU	5 148	2
Ríos	—	2 710	1
Cuerpos de Agua	C.A.	9	.5
Bancos de Material	B. M.	23	.5
<b>T o t a l</b>		<b>205 819</b>	

te de un  $Dm^2$ ; en una forma previamente elaborada, se anota el nombre del proyecto, la escala de los planos utilizados en el recorte de áreas, la fecha, el peso de los decímetros, la constante de un  $Dm^2$ , la hora tanto al comenzar al pesar como al final de esta, nombre de la balanza y capacidad de peso; enseguida se anota el peso calculado de una hectárea, la superficie de un decímetro<sup>2</sup> y el nombre del calculista.

Después de obtener el peso constante de un decímetro<sup>2</sup>, se calcula la superficie de un  $dm^2$ , esta puede ser en hectáreas o  $km^2$ ; para obtener el peso calculado de una hectárea se divide el peso constante del decímetro<sup>2</sup> entre la superficie del mismo y el resultado es el peso calculado de una hectárea (K);

Posteriormente se pesan por separado cada uno de los conceptos de series, clases o uso actual, se anota su peso y este se divide entre la constante (K) el resultado de la superficie en ha.

De esta manera se lleva a cabo la evaluación de áreas; y el grado de error es mínimo la exactitud y rapidez es mucho mayor si la comparamos con métodos como el del curvímetro el cual es más laborioso y con cierto rango de error.

#### 4.2.4.3 Elaboración de mapas de series, tipos y fases, clasificación y uso actual de los suelos.

En la elaboración de los mapas de los diferentes conceptos, se utilizan planos topográficos base (original), los que se han obtenido de impresiones de autopositivos o "maduros"; de estos maduros se obtienen copias heliográficas en las cuales se vaciará la información de las fotografías aéreas con los diferentes conceptos, una vez terminada esta labor, se vacían los datos de las heliográficas a los autopositivos (fig. 4.2.4.3.1 y 4.2.4.3.2).

Los planos obtenidos serán los originales de los cuales se obtendrán las copias necesarias con los datos que requerimos.

Del original autopositivo se obtienen dos copias heliográficas de cada concepto con el fin de destinar una al cálculo de áreas por el método de la balanza (ya descrito en el cap. 4.2.4.2) y la otra para definir errores que pudieran resultar en cuanto a límites de los diferentes conceptos; los errores localizados se eliminan de los autopositivos y finalmente de éstos se obtienen las copias heliográficas de cada concepto, necesarias en la presentación del informe, las que son coloreadas y esfuminadas para luego formar los anexos de planos.



Fig. 4.2.4.3.1 Elaboración de mapas y supervisión de los mismos.



Fig. 4.2.4.3.2 Transferencia de datos a mapas pre  
liminares.

Para la presentación de los planos, éstos deben tener i- los siguientes requisitos: contar con sus coordenadas geográ- ficas correspondientes, al extremo derecho de los planos un - espacio en blanco donde se presentarán los datos necesarios;- en el caso de las series, un cuadro de superficie y un porcien- to con respecto al total, los perfiles representativos de cada- serie y sus fases y la clave de textura y fases.

En el plano de clases agrícolas, se presentará el cuadro de superficies y el porcentaje así como la descripción de la cla- sificación de suelos para fines de riego y los factores de clasi- ficación.

Para el plano de uso actual, se anexa el cuadro de super- ficies, su porcentaje, y la clave del concepto y el significado -- de los símbolos del uso actual de los suelos.

En general podemos decir que este es el procedimiento a seguir en la elaboración de planos, en caso de que la informa- ción sea de otra índole, los planos y sus leyendas variarán con forme lo requieran los conceptos empleados.

Por último, al extremo derecho inferior se ubica un sello donde se incluye a la empresa o dependencia oficial para quien es el trabajo, el título del proyecto, las funciones correspon- dientes, el lugar y la fecha de edición, en la parte extrema su- perior se ubicará el sello con el nombre de la empresa que -- elaboró el estudio y finalmente el cuadro de símbolos convencio- nales se presentará de acuerdo al criterio del autor.

#### 4.2.4.4 Presentación del informe agrológico y pedológico.

La forma en que deben presentarse los informes agrológicos -- por lo general es de una memoria general y un anexo de planos; en la memoria se desarrollará el informe, el cual será la expo- sición del trabajo ejecutado.

Las fotografías serán las que se tomaron en campo, de -- tal manera que puedan ilustrar con mayor claridad detalles de in- terés que son mencionados en el informe.

El anexo de planos estará formado por los planos de sue- los y clasificación, uso actual y demás que tengan relación con los trabajos ejecutados.

La portada del informe contendrá el nombre del proyecto - al centro y en la parte inferior la empresa que realizó el traba- jo, el lugar y la fecha; en la parte superior izquierda puede in- cluirse el logotipo de la empresa, según lo requiera el caso.

En la carátula se puede repetir lo anterior, en caso de ser empresa oficial, se nombrarán los funcionarios y jefes de departamento respectivos así como a los ingenieros y personal que realizaron los diversos trabajos tanto técnicos como de presentación de la memoria.

Finalmente , la estructura lógica que debe presentar el contenido de la memoria, deberá apegarse en lo posible al programa establecido para la clase de estudio de que se trate; de ser posible, se tomarán en cuenta los aspectos agropecuarios, económicos y sociales de la zona estudiada.

## 5. RESULTADOS \*

### 5.1 Generalidades.

Los resultados de la aplicación del método fotopedológico en el área del distrito de riego Cupatitzio-Tepalcatepec, se expone a continuación en forma resumida ya que en la descripción de la secuencia del método, se dan resultados para cada una de sus fases.

Como primer punto, se expondrán las características del área y enseguida los aspectos agropecuarios y las unidades de suelos.

#### 5.1.1 Localización.

El área de estudio se localiza al sureste del estado de Michoacán colindando al oeste por el estado de Jalisco. Geográficamente se ubica entre los paralelos  $18^{\circ} 51'$  y  $19^{\circ} 15'$  de latitud norte y entre los meridianos  $101^{\circ} 55'$  y  $102^{\circ} 54'$  de longitud oeste de Greenwich con una altura media de 450 m sobre el nivel del mar (figura 4.2.1). Cubre una superficie total de 205 819 ha y comprende 10 municipios que son: Apatzingán, Buena Vista de Tomatlán, Gabriel Zamora, La Huacana, Nueva Italia, Nuevo Urecho, Parácuaro, Tepalcatepec y Aguililla en Michoacán y Jilotlán de los Dolores en Jalisco.

#### 5.1.2 Aspectos fisiográficos.

##### 5.1.2.1 Geología.

El área de estudio se ubica en una zona típicamente volcánica, observándose una abundancia de conos volcánicos de carácter cinderítico principalmente, predominando los de edad joven.

Los materiales subyacentes están constituidos principalmente a base de estratos alternos de tobas y sedimentos arenosos y gravosos de carácter piroclástico los cuales presentan una compactación heterogénea desde sueltos hasta muy compactos.

De la geología superficial tenemos que en la región norte y noreste del área se encuentra cubierta por abundante pedregosidad de origen basáltico; es la porción oriental también se encuentra este tipo de cubrimiento provocado al parecer por derrames laháricos.

En el extremo suroriental del área de estudio son notables las grandes formaciones sedimentarias estratificadas en forma - posiblemente por areniscas y conglomerados.

Al sur del río Tepalcatepec se localizan rocas ígneas - extrusivas derivadas de expulsiones magmáticas; dentro del valle existen flujos de lavarecientes ( cercanías de Apatizingán) de carácter basáltico.

Los suelos dominantes, son negros arcillosos posible --- mente originados a partir de la deposición de cenizas volcánicas; ricas en minerales ferromagnesianos y en feldespatos -- calcicos y sódicos.

Existen también suelos derivados de depósitos aluviales recientes y suelos arcillosos cafés derivados del intemperismo de sedimentos acumulados a través de diferentes ciclos - geomorfológicos.

#### 5.1.2.2 Geomorfología.

Las principales geoformas del área de estudio son las siguientes:

Mesetas volcánicas, Planicies volcánicas ( son las geoformas dominantes), Plano - valles, (aluviales), Planicies no volcánicas y piedemontes.

Las mesetas y planicies volcánicas ocupan aproximadamente el 70% de la superficie total; las mesetas presentan -- suelos delgados, mientras que en las planicies son mucho --- más profundos, presentan relieve plano y pendientes acentuadas. El plano-valle de mayor importancia corresponde al río Tepalcatepec, con suelos profundos, relieve plano, y pendientes suaves (1%); las planicies no volcánicas son de extensión reducida y con suelos poco profundos; y los piedemontes son de mínima extensión en cuyos suelos presentan pedregosidad - tanto en la superficie como en el perfil

#### 5.1.2.3 Hidrografía.

La hidrografía del área de estudio está constituida por un collector , el río Tepalcatepec, y una red de numerosos afluentes que le aportan por ambas márgenes.

La zona de estudio en su parte extrema SW, es atraveu



sada de norte a sur por la corriente principal, el río Tepalcatepec, y por este mismo río se encuentra limitada dicha zona en su parte sur-sureste. Este río es uno de los principales afluentes del río Balsas.

Este colector nace en el estado de Michoacán a 2 200 m de altitud, a 161 km al w de Jiquilpan de Juárez, Mich. En sus orígenes se llama río Quitupan y posteriormente va cambiando de nombre hasta adquirir el de Tepalcatepec, en la confluencia con el río La Laja, nombre que conserva hasta descargar sus aguas en el embalse de la presa El Infiernillo; en su travesía por la zona de estudio, recibe pequeños aportadores por ambas márgenes.

Los principales afluentes del río Tepalcatepec son el río El Marqués y el río El Cajón.

El río El Marqués es el principal tributario del río Tepalcatepec, el cual lo recibe por la margen izquierda; nace en el cerro Curicerán a 3 000 m de altitud y enfila con rumbo sureste hasta la población de Uruapan, luego vira al sur y corre paralelo a la carretera Uruapan- El Infiernillo la cual es atravesada posteriormente por este río que prosigue su curso hacia el sur hasta descargar su caudal al río Tepalcatepec por su margen izquierda.

El río El Cajón se origina a 1 900 m de altitud, a 11 km al w de Aguililla y fluye con rumbo noreste hasta recibir por su margen izquierda al arrollo Tepalcatepec, en su desarrollo final, corrige su rumbo al norte, para luego afluir por margen derecha al río Tepalcatepec, a 21 km al noroeste del poblado de El Terrero.

Además de estas corrientes existen numerosas corrientes superficiales de segundo, tercero y cuarto grado, las que presentan un régimen torrencial, por lo que se tienen épocas con fuertes escurrimientos y épocas con un estiaje marcado.

Así mismo, existe en el área de estudio una zona de explotación de mantos acuíferos que se localiza principalmente en la parte centro y noroeste del área, dicha zona es potencialmente explotable y la profundidad media de los pozos es de 100 m.

#### 5.1.2.4 Vegetación.

Dado que en el capítulo 4.2.2.5 se hizo un análisis completo de este tema, únicamente hare mención de los principales tipos de vegetación existentes en el área.

La vegetación de la zona de estudio está representada -- por los tipos de formación siguientes:

- Selva baja caducifolia.
- Matorral espinoso con espinas laterales.
- Vegetación herbácea.
- Vegetación ripiaria.
- Vegetación hidrófila.

La distribución de estas formaciones en el área de estudio está relacionada con las condiciones climáticas prevalentes así como la naturaleza litológica del sustrato, la altitud y la exposición al cambio de los factores bioclimáticos.

#### 5.1.2.5 Clima.

Según el mapa de climas de DETENAL el clima dominante es el de BS1 (h') w(w) (i')g, el menos seco de los esteparios que se define como: clima semiseco muy cálido, con régimen de lluvias en verano, con precipitaciones promedio entre 600 y 800 m. m; por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el más seco, con un porcentaje de lluvia invernal menor del 5 del total anual; con temperatura máxima anterior al solsticio de verano, la -- temperatura media anual de 22°C , siendo la del mes más -- frío mayor de 18°C, la oscilación térmica anual varía entre -- 5°C y 7°C.

En cuanto a la evaporación esta presenta índices elevados, teniendo una media de 2 800 mm de evaporación anual, presentándose los índices más altos en la época de estiaje. -- Dadas las condiciones del área de estudio así como su situación geográfica y debido a que se encuentra a una altura de -- 450 m sobre el nivel del mar y a sus condiciones fisiográfi--cas, no existen los fenómenos meteorológicos como heladas y granizadas. Los vientos son muy leves e inclusive llegan a -- ser imperceptibles siendo esto favorable para el desarrollo óp--timo de una agricultura intensiva de riego.

Para hacer la determinación completa del clima se to--maron como datos básicos los proporcionados por las estacio--nes climatológicas de Apatzingán de la Constitución, Cuatro -- Caminos, y Piedras Blancas; las que se encuentran dentro del área de estudio.

PROMEDIOS DE TEMPERATURAS MAXIMAS, MEDIAS Y MINIMAS EN °C; Y DE PRECIPITACION EN MM. DE LAS ESTACIONES APATZINGAN Y PIEDRAS BLANCAS, MICH.

Estación	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
<u>Apatzingán</u>													
Temp. máxima	35.7	37.8	39.9	40.7	41.5	40.3	37.0	36.3	35.2	35.9	35.6	34.9	<u>34.6</u>
media	25.6	26.3	28.0	29.7	31.2	30.3	27.7	27.6	27.1	27.4	26.0	24.3	<u>27.9</u>
mínima	13.1	14.4	15.7	17.2	21.0	20.4	20.1	21.1	21.1	18.5	16.0	14.0	<u>17.7</u>
precipitación	4.9	2.0	4.8	0.2	16.6	125.7	176.1	166.4	136.1	62.8	19.9	5.1	<u>726.0</u>
<u>Piedras Blancas</u>													
Temp. máxima	36.7	37.6	40.4	41.2	41.8	41.1	37.9	37.5	37.4	36.6	36.8	36.5	<u>38.4</u>
media	25.8	26.6	28.3	29.9	31.0	29.9	27.8	27.9	27.7	27.6	26.8	26.0	<u>27.9</u>
mínima	15.3	15.6	16.8	18.0	19.4	20.1	19.9	20.4	19.9	18.4	17.1	15.5	<u>18.0</u>
precipitación	8.7	1.2	2.7	4.6	20.4	136.8	147.4	123.8	117.3	64.1	12.8	5.4	<u>645.2</u>

CONCEPTO	M E S E S													VALORES MEDIOANUALES
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D		
T °C	25.6	26.3	28.0	29.7	31.2	30.3	27.7	27.6	27.1	27.4	26.0	24.3	27.9	
P (Cm)	.49	.20	.48	0.02	1.66	12.57	17.61	16.64	13.71	6.28	1.99	.51	72.60	
I	11.85	12.35	13.58	14.84	15.99	15.30	13.36	13.28	12.92	13.14	12.13	10.95	I = 159.69	
EP (Cm)	11.20	12.60	14.78	16.02	16.91	16.40	14.53	14.45	14.03	14.29	13.24	10.40		
F	.95	.90	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1.00	.93	.94		
EP (Cm) 4 x 5	10.64	11.34	15.22	16.82	19.10	18.20	16.56	16.03	14.31	14.29	12.31	9.77	EP=174.59	
EPR (Cm)	.49	0.20	.48	.02	1.66	12.57	16.56	16.03	14.31	7.34	1.99	.51		
MMS (Cm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.05	.61	-.60	-1.06	0.0	0.0		
HA (Cm) MAX 10 cm	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.05	1.66	1.06	0.0	0.0	0.0		
S (Cm)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.05	1.66	1.06	0.0	0.0	0.0	S = 3.77	
d (Cm)	10.15	11.14	14.74	16.80	17.44	5.63	0.0	0.0	0.60	6.95	10.32	9.26	d = 103.03	
E (Cm)	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00	0.52	1.09	1.07	0.53	0.26	0.13		3.71	
RP = $\frac{P \cdot EP}{EP}$	-0.95	-0.98	-0.83	-0.99	-0.91	-0.30	0.06	0.03	-0.04	-0.56	-0.83	-0.94		

16 I<sub>h</sub> = Índice de humedad =  $\frac{100 S}{EP} = 2.15\%$

16 I<sub>m</sub> = Índice pluviométrico =  $I_h - 0.6 I_a = 33.25\%$

17 I<sub>a</sub> = Índice de aridez =  $\frac{100 d}{EP} = 59.01\%$

17 S = Concentración térmica en el Verano =  $\frac{100 EP_v}{EP} = 29.09\%$

ESTACION : Apatzingán, Mich.  
 LATITUD : 19°06'  
 LONGITUD : 102°22'  
 ALTITUD : 320 m.s.n.m.  
 PERIODO : 1939-1976

### FORMULA DEL CLIMA

DA"da"; semiárido, megatérmico (cálido), con pequeña demasía de agua en verano, con eficiencia térmica normal del clima.

### SIMBOLOGIA

T = Temperatura media mensual  
 P = Precipitación media mensual  
 I = Índice de calor mensual  
 EP' = Evapotranspiración potencial mensual sin corregir  
 F = Factor de corrección  
 EPV = Evapotranspiración potencial en verano corregida

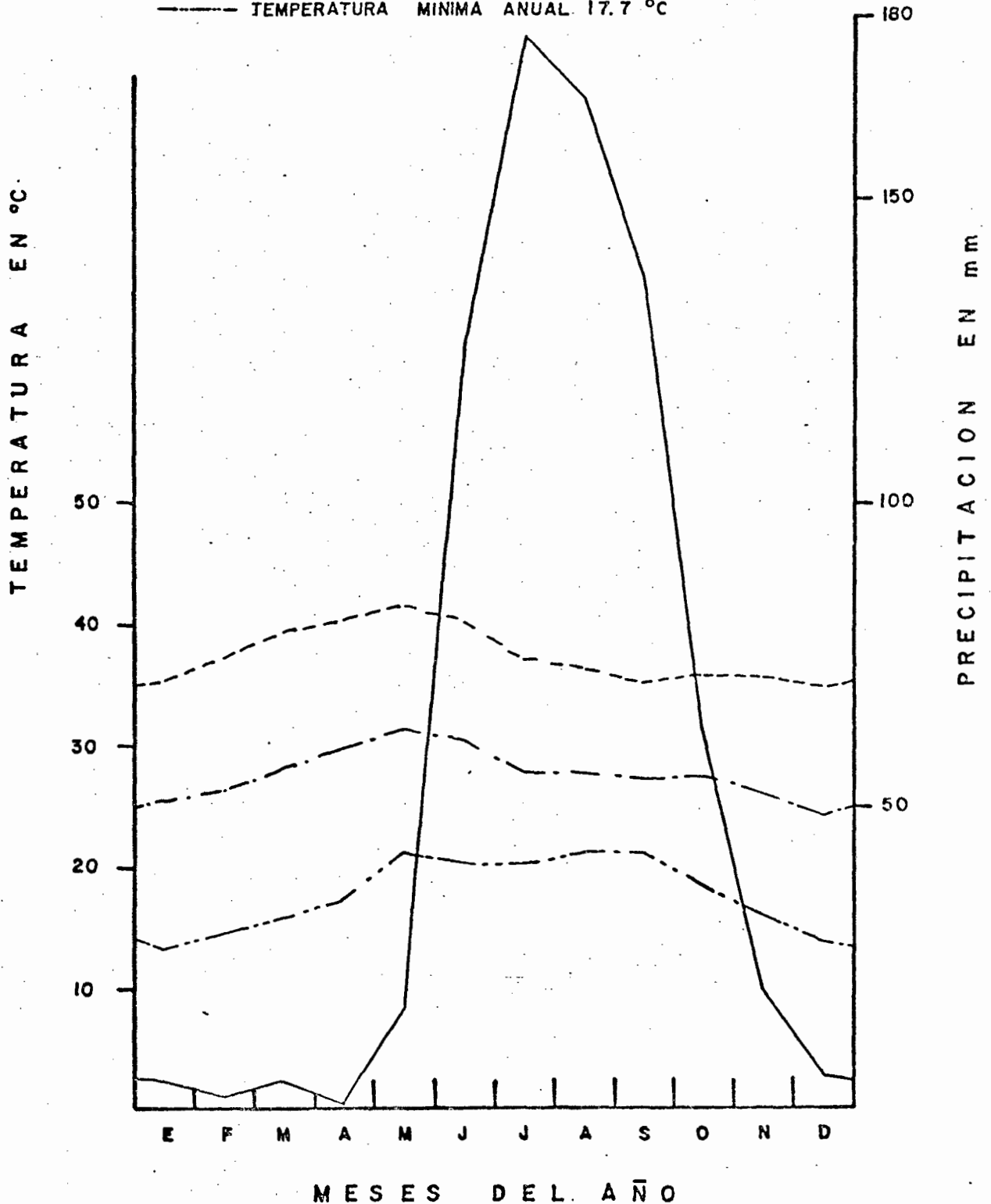
EP = Evapotranspiración potencial  
 MMS = Movimiento de agua en el suelo  
 HA = Humedad almacenada en el suelo  
 S = Demasía de agua  
 d = Deficiencia de agua  
 EPR = Evapotranspiración real  
 E = Escorrentía  
 RP = Relación pluviométrica

Gráfica 5.1.2.5.3

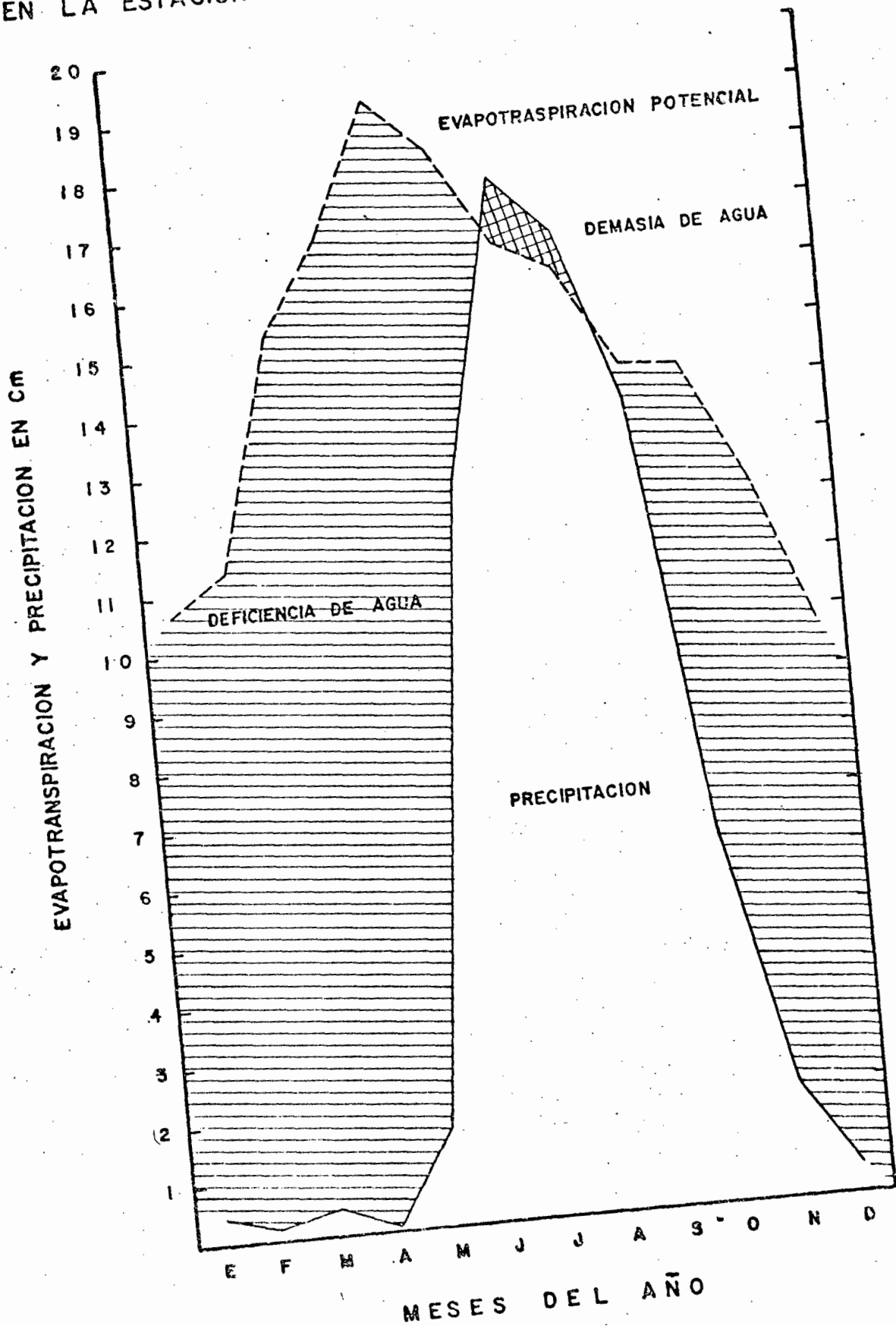
# VARIACION MENSUAL DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA DE LA ESTACION METEOROLOGICA DE APATZINGAN MICH.

PERIODO DE OBSERVACION — 1939 — 1976

- PRECIPITACION TOTAL ANUAL 726.0 mm
- - - - - TEMPERATURA MAXIMA ANUAL 34.6 °C
- · - · - TEMPERATURA MEDIA ANUAL 27.9 °C
- - - - - TEMPERATURA MINIMA ANUAL 17.7 °C



# EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL CORREGIDA Y PRECIPITACION REGISTRADA EN LA ESTACION METEOROLOGICA DE APATZINGAN, MICHOACAN



De la estación de Apatzingán, que es la representativa - del área, se hizo un análisis del clima en base al 2o. sistema de Thornthwaite el cual reportó la clave climática DA da la que se define como un clima semiárido magatérmico (cálido), con pequeña demasia de agua en verano, con eficiencia - térmica normal del clima.

En los cuadros 5.1.2.5.1 y 5.1.2.5.2 se presentan los promedios de temperatura ( máxima, media , mínima) y precipitación y el cálculo del clima (2o. sistema de Thornthwaite respectivamente y se anexan gráficas de precipitación y temperatura y el climograma correspondiente al cálculo del clima.

### 5.1.3 Aspectos socioeconómicos.

La población total que abarca el área de estudio es aproximadamente de 174 755 habitantes, presentandose una densidad de población media regional de 28.83 hab/km<sup>2</sup>.

De la población económicamente activa tenemos 40 848 - individuos indicados a diversas actividades en el área, en el cuadro 5.1.3.1 se presentan la población económicamente activa y los diferentes sectores que la componen.

Cuadro 5.1.3.1

POBLACION ECONOMICAMENTE ACTIVA POR SECTORES  
ECONOMICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO  
( Datos referentes a 1969 )

S e c t o r e s	Población absoluta.	Población relativa.
Actividades primarias	25 873	63.34
Actividades secundarias	3 437	8.42
Actividades terciarias	8 354	20.45
No especificadas	3 184	7.79
PEA Total	40 848	100.00

Fuente: IX Censo General de Población 1970.

En lo que corresponde al nivel económico para el año - de 1977 el salario mínimo general en el área de estudio fué - de \$ 88.40 y el salario mínimo para trabajadores del campo fué de \$ 81.10. Los salarios de peones por lo general no cubren el mínimo, por lo que se tienen ingresos precarios en - este sector agrícola, dando por consecuencia la práctica del - autoconsumo o emigraciones a otras zonas con mayores oportunidades económicas.

En cuanto a la tenencia de la tierra se observó que existen dos tipos de propiedad; ejidal y privada.

La propiedad ejidal ocupa una superficie de 65 341 ha - ( 75%) y 21 502 ha (25%) corresponden a la propiedad privada.

El principal problema existente en el área de estudio, - es el arrendamiento de las parcelas agrícolas estimándose que en el régimen ejidal, la superficie así usufructuada es del orden del 20%; en la propiedad privada este problema es menos sensible.

De los servicios educativos, se cuenta con escuelas desde el nivel preescolar hasta el nivel medio superior; en el cuadro 5.1.3.2, se presentan los datos referentes a este apartado.

En cada uno de los municipios que comprenden el área de estudio, existen instituciones oficiales y particulares que proporcionan servicios médicos a la población.

Existen otros servicios como correos, telégrafos, teléfono y agua potable.

En lo referente a correos, se cuenta con la administración de Apatzingán, Buena Vista, Gabriel Zamora, Nueva Italia, Nuevo Urecho, Parácuaro, Tepalcatepec, y Tazumbos -- además 18 agencias distribuidas en el área de estudio. El servicio de telégrafos se encuentra únicamente en las localidades de Apatzingán, Nueva Italia, y Tepalcatepec.

El servicio de teléfonos se presta a través de dos centrales regionales de Teléfonos de México, S.A.; la de Apatzingán y la de Uruapan; de éstas dependen las agencias localizadas en las principales poblaciones de la zona.

La energía eléctrica es un servicio que disfrutan la mayor parte de las localidades; esta es proporcionada por la CFE División Centro, Occidente. Por último las poblaciones que cuentan con los servicios de agua potable y alcantarillado



son: Apatzingán, Buenavista, Catalina, Carrillo Puerto, Gabriel Zamora, Nuevo Urecho, Nueva Italia, Tepalcatépec, Zicuirán, Parácuaro, Antunez y el Aguaje.

Existen muy diversos centros de asistencia técnica agropecuaria, tanto oficiales como particulares pero su eficiencia es baja, debido principalmente a que no alcanzan a cubrir las necesidades de la zona ya que hay deficiencia de personal técnico, indefinición de programas de asesoramiento, a la poca o nula coordinación entre los diversos organismos, a la falta de equipo, etc.

#### 5.1.4 Aspectos Agropecuarios.

##### 5.1.4.1 Agricultura.

Una visión panorámica del área de estudio, permite descubrir de inmediato un ambiente heterogéneo donde al mismo tiempo se aprecia una agricultura semiintensiva de riego y una agricultura extensiva de temporal; una abundancia de especies silvestres arbóreas y arbustivas en pequeños montículos o en linderos de predios y a los lados de los caminos; una dispersión de herbáceas perjudiciales y benéficas a la agricultura; muchos predios en cultivo, muchos otros en preparación y varios más recién cosechados donde generalmente pastan los rebaños de ganado bovino; carencia de praderas y de cultivos forrajeros de corte, a pesar de la ganadería bovina; muchas cercas de alambre de púas para preservar del ganado a los predios bajo cultivo; bastantes tractores agrícolas, tracción animal mínima con equipo y considerable trabajo humano en el campo.

También son apreciables aspectos particulares de la práctica agropecuaria y del medio ambiente en general. Por ejemplo, del suelo se ven áreas con abundancia de pedregosidad superficial, que son un factor contrario al uso eficiente de la maquinaria agrícola; las pendientes fuertes en suelos dedicados a los cultivos cíclicos y sin técnicas mínimas de conservación del recurso suelo, aunque no siempre, porque sí hay algunos agricultores con interés en cuidar sus suelos; el microrrelieve que denota menos eficiencia en el uso del agua de riego y menos eficacia en la productividad, por no haberse realizado la nivelación técnica de los suelos; superficies considerables con problemas de mal drenaje y/o sales dañinas a los vegetales de cultivo, que les reducen la producción agropecuaria al mínimo o han sido o ya son improductivas (fig. 5.1.4.1.1 y 5.1.4.1.2).

Del uso del agua de riego y de lluvia, no se ve toda -



Fig. 5.1.4.1.1 Aspecto de un platanar beneficiado con agua de riego; este cultivo así como el algodón y el melón cantaloup son de los más remunerativos y a los que se les dan las labores de cultivo más adecuadas.



Fig. 5.1.4.1.2 En esta toma, se observa la abundante pedregosidad en el suelo, sin embargo, las labores de desdiedre que realizan muy pocos campesinos, les permite desarrollar una agricultura diversa en donde los cultivos dominantes son arroz, maíz, sorgo y frutales, los que en su mayoría están favorecidos por el riego.

la eficiencia que es de desear. Es común ver sobreriego en cultivos como el del limonero, desperdicios de agua a los lados de los caminos, riegos iniciales mal proyectados, tiradas de riego largas sin ninguna calibración de los gastos en la entrada de los surcos, no empleo de la aspersión en predios donde el agua se tiene que bombear y los cultivos son - remunerativos, desaprovechamiento de áreas que por lo menos se podrán cultivar con zacate buffel bajo condiciones de lluvia, agricultura de temporal sin proyección para conservar mejor la humedad del suelo, etc.

La vegetación natural, arbórea, arbustiva y herbácea, tiene varias peculiaridades puede ofrecer algún obstáculo a la práctica aérea de aplicación de pesticidas, evita el empleo del espacio en la producción de alimentos; varias especies de leguminosa, malvácea, gramínea, euforbiácea, etc., son hospedadoras de insectos, microorganismos parásitos de las plantas de cultivo. Entre los árboles y los arbustos, en cuanto a suelos, los hay indicadores de usos agrícolas convenientes, sobre todo de la familia leguminosa e incluso que puedan servir directamente para la productividad, como leucaena para fines forrajeros; también de leguminosa, pero entre las herbáceas, las hay aptas para abono verde, tal es el caso de sesbania, así como de otra hierba asociada naturalmente con el sorgo en algunos suelos. De las herbáceas hay que destacar que la mayoría son perjudiciales por su competencia con los cultivos y que es de gran interés económico toda práctica recomendable para reducir las o suprimirlas por completo; el zacate Johnson, tiende a convertirse en serio problema, especialmente por la facilidad de dispersión que el ganado le proporciona; otras gramíneas como abrojo, además de competidoras, son hasta molestas, etc.

Otro aspecto particular, es la apreciación de cultivos - cíclicos o de plantaciones perennes en cualquier tipo de suelo. En algunos casos resulta acertado el establecimiento, pero en otras no y esto deberá evitarse en lo sucesivo. Por ejemplo hay siembras de arroz en suelos con perfiles de amplia facilidad para la percolación profunda, de algodón, en perfiles - con menos de 30 cm de espesor del suelo útil, de limón en suelos de primera calidad que deberían estar produciendo intensivamente con granos y hortícolas, etc.

Salvo algunos como el arroz y el frijol, los cultivos - comerciales están casi siempre en toda el área de estudio. El sorgo es el caso, en condiciones de riego y de temporal, incluyéndose en superficies con pendientes arriba del 2% y - sin práctica alguna de conservación, de manera que la pérdida de suelo por efecto del agua es inevitable. Otras, si no están en

la totalidad, sí están en muchos suelos, tales son pepino, melón, algodón, mango, plátano y limón. Los tres primeros resultan representativos de los que requieren fuertes inversiones para hacerlas producir, sobre todo en el control de parasitosis y al parecer por eso hay un mínimo de rotación obligada. Sin embargo, como ya se dijo, están muy extendidos en el área y ello de nota que las rotaciones a nivel de áreas grandes, compactas y distantes no existen y que por lo tanto, lo que ahora podría llamarse rotación no contribuye a disminuir los problemas fitosanitarios y las erogaciones económicas. En el limón y seguramente también en otros frutales y hortícolas, dada su omnipresencia y cercanía constante a cultivos cíclicos con problemas de parásitos dañinos, resulta difícil o quizá poco eficaz el control biológico de sus plagas o bien se tienen problemas de contaminación.

Los cultivos de interés para la economía de la región, -- ciertamente manifiestan alguna tecnificación, incluidas las recomendaciones de investigación Agrícola de manera parcial, pero -- aparte de errores de fondo del tipo de mal manejo de agua de riego y de otras ya mencionadas hay numerosas omisiones técnicas muy conocidas. Citemos a manera de ilustración las siguientes: no se incorpora materia verde como abono para incrementar la materia orgánica y el nitrógeno y se propicia la quema de rastrojos, -- en perjuicio inclusive de los intereses pecuarios; la práctica de la fertilización es heterogénea, parcial, muchos campesinos nutren a cultivos de tanta valía como el melón y el plátano tan solo a base de nitrógeno, o de limón nunca recibe nutriente alguno (dicen sus propietarios campesinos que se mal acostumbran); hay cero práctica en nutrición foliar con oligoelementos por lo menos en cítricos, plátano, mango, etc., la rotación estricta con fines de incremento de la fertilidad del suelo no existe y no se ve que intervengan de manera apreciable las leguminosas; el control biológico de plagas está suplantado por el interés de la aplicación de insecticidas; no se aprecia trabajo destinado a combatir nemátodos y ácaros en cultivos como la de cucurbitáceas y de papaya; no se notan resultados de campañas contra roedores como la "tuza" -- presente y abundante en toda la región y contra tanto vegetales silvestres hospederas de plagas; etc.

En el campo de la explotación de forrajes, a pesar de la -- importancia del ganado bovino, es incipiente lo que se hace. Las praderas son muy pocas, de poca superficie y por lo general en malas condiciones de manejo; de forrajes de corte, es casual ver algún pequeño cultivo de sorgo. Particularmente en forrajeros -- de corte, debía de impulsarse su explotación, ya que con -- ellas se evita el pisoteo y consiguiente compactación del suelo por el ganado. De forrajeras de corte, el Centro de Investigaciones Agrícolas ya dispone de muy buena información, por ejemplo -- para alfalfa, sorgos, zacate Merquerón y otros, tal --

vez como Rhodes, para heneficar, empaçar y almacenar. Una leguminosa que en la actualidad tampoco se emplea y que no hay duda de su adaptación, es laleucaena; ésta abunda silvestre en algunos sitios de la región.

Otro aspecto digno de ser considerado aquí, es el de los desperdicios, especialmente de algodón y de limón. En -- muchos campos, quizá en la mayoría, es notoria la cantidad de fibra tirada al piso, lo cual obedece a pizcas tardías y falta de cuidado en la recolección; en los caminos, por el traslado del camino a la despepitación, hay también excesivo desperdicio de fibra de algodón que seguramente podrá evitarse. El limón tiene caída de fruto maduro, no recolectado, lo que debe obedecer a temporadas de abundancia y falta de demanda en las industrias procesadoras.

Finalmente, de la maquinaria agrícola, debe ser señalado que la mayoría de las labores de preparación se realiza con ésta y parcialmente las de carácter cultural y que buena parte de estas últimas se lleva a cabo con avionetas maquiladoras. La cosecha mecánica, es mínima, tal vez se reduce -- al sorgo de grano, pues el arroz, dado el sistema de siembra no la permite. No obstante, abundan los tractores con predominancia de los de modelos retrasados y también están muy a la vista los implementos más indispensables como arados, ras tras y algunas desvaradoras. No se ven con frecuencia niveladoras, sembradoras, fertilizadoras, aspersoras de toma de -- fuerza, espolvoreadoras motorizadas de mochila para aplicación en grandes franjas, cultivadores, remolques, etc. y por lo tanto, viene la sospecha de que la mecanización de las tierras es mínima. Asimismo es notoria la ausencia de instalaciones, insipientes siquiera, para alojar y guardar de la intemperie a la maquinaria agrícola.

Tampoco se aprecian tanques de gran capacidad para conservación de combustibles en el campo, etc.

En cuanto al caballo, para tracción animal, aunque sea con equipo rústico, afortunadamente ya se está principiando a emplear en escardas de hortícolas como el pepino y el melón. Sería deseable que la actividad del ganado equino en la práctica agrícola fuera mayor, ya que favorecería al minifundista, se introduzca el ganado mular por ser más eficiente y se diversificara el equipo para dicha tracción animal en su moderna disponibilidad, por ejemplo: arado de doble vertedora de -- ancho ajustable, sembradora-fertilizadora para granos, tanques para aplicación de pesticidas, carreteras, remolques, -- rastrillos para recolección de forrajes, etc.

La actividad humana en el campo si es visible. La gente participa en las labores de siembra y culturales de las hortalizas, y en su recolección; en la mayoría de las fases del cultivo del arroz, del frijol, del maíz, del ajonjolí, del sorgo escobero, del plátano, de la papaya, del limón, etc.- La cosecha del algodón es exclusivamente manual hasta el momento.

Dicho lo anterior, enseguida vendrá una descripción de las técnicas recomendadas en las series de suelos de manera que den un conocimiento de la práctica agrícola futura, juzgada por lo apreciado en campo, de los diversos factores que frenan la productividad agropecuaria y de la metodología general para hacer productivos los suelos. Todo esto se basará en la interpretación agronómica de los estudios de campo y de gabinete.

#### 5.1.4.2 Técnicas de cultivo

##### SERIE 1.

Se requieren labores en contorno en los suelos dedicados a cultivos cíclicos y bordos encurvas de nivel cuando se trate de áreas con cultivos perennes; ambos trazos necesitan desnivel para manejar el agua de riego. Los fertilizantes a aplicar conviene sean alcalinos en una primera fase y de reacción ácida alternados con los de reacción alcalina tan luego se alcance la neutralidad; además de los elementos mayores N-P-K, se requieren Fe, Mn y seguramente Ca, Zn, Mo y otros, por lo que deben agregarse al suelo unos y otros darse a la planta por la vía foliar. Los cultivos cíclicos deben seleccionarse de poca profundidad radicular para asegurar que la preparación del suelo no requiera labores de mayor profundidad que el rastreo, tales como arroz, melón, pepino, sorgo, etc.

##### SERIE 2.

Bajo condiciones de riego estos suelos es aconsejable se exploten con los frutales mango, tamarindo, toronja, limón, etc. y con gramíneas y leguminosas forrajeras para corte, deshidratación y empaque, si las pendientes superan el 1%; en las áreas planas con menos de 1% de pendiente, con suelo profundos, son el maíz, frijol, algodón, ajonjolí, sorgo forrajero y escobero, sandía, cacahuete, alfalfa, diversas gramíneas forrajeras de corte, etc., los cultivos a explotar. En general los suelos necesitan recibir fuertes cantidades de

materia orgánica con residuos de cosechas y abonos verdes; - las rotaciones de cultivos no deben faltar para mejorar el contenido de materia orgánica y la productividad del suelo. - Las láminas grandes de agua deberán evitarse y favorecer las ligeras según el uso consuntivo de cada especie vegetal en cultivo. Las fórmulas completas de fertilizantes tendrán que ser aplicadas parcialmente al principio de los ciclos vegetativos y contribuirán a provocar el descenso del pH; los oligoelementos, previa experimentación, deben nutrir a hortalizas, frutales y a especies productoras de grano o de fibra.

### SERIE 3.

Los suelos más planos, de menor inclinación, menos compactos y de mayor profundidad, están indicados para la siembra de especies de ciclo corto, pero necesitan ser desempedrados donde sea necesario para propiciar la mecanización; adicionalmente requieren de subsoleo, enriquecimiento en materia orgánica y rotación de cultivos. Los suelos con las cualidades anteriores, pero con piedra excesiva en el perfil no deberán someterse al subsoleo ni a barbechos para no aflorar piedra y la preparación no debe ir más allá de los rastreos; los cultivos a explotar son los de raíz poco o medianamente profunda.

Los suelos de fuertes inclinaciones, con defectos de pedregosidad superficial e interna y compactos, su uso correcto es con mango, tamarindo, mandarina, toronja, limón y papaya, plantados siempre en contorno con desnivel, de preferencia estableciendo bordos contruidos con la piedra existente. A todos los suelos de la serie hay que agregarles materia orgánica y fertilizantes a base de N, P, K, Fe, Mn, Cu Zn, Bo, etc. alternando los de residuo ácido y los de residuo alcalino si fuera necesario mantener la neutralidad.

### SERIE 4.

En los suelos planos de pendiente, 1% o menor, el laboreo agrícola debe hacerse previo trazo topográfico tanto para asegurar el buen uso del agua como para evitar erosión y lixiviación; el agua de riego no debe mojar más abajo de los horizontes B a fin de no propiciar la percolación profunda; las especies a explotar son: algodón, frijol, maíz, sorgo, soya, caña de azúcar, ajonjolí, jitomate, melón, pepino, chile, alfalfa, etc. Las áreas con suelos someros, de no más de 50 cm de profundidad, y con pendientes entre 1 y 2% necesitan obras de conservación de suelos por lo menos a base de bordos de contención y labores de subsoleo para fracturar -

los materiales del horizonte C; las especies vegetales a establecer son: tamarindo, limón, toronja, naranja, mango, papaya, guanábana, guayaba, mandarina, plátano, forrajes de pastoreo estoloníferos o forrajes para corte (si la textura es arcillosa). Todos los suelos de la serie requieren de fertilizantes químicos empleados de modo para mantener la neutralidad en el suelo y que las láminas de agua se apliquen para mojar sólo hasta la profundidad radicular de cada especie.

SERIE 5.

Los cultivos factibles de éxito son: maíz, frijol, sorgo, soya, algodón, caña de azúcar, jitomate, melón, pepino, chile, alfalfa y forrajes de corte. Las rotaciones de cultivos, que incluyan leguminosas, tienen que practicarse con la mayor frecuencia posible, tanto para incrementar la materia orgánica como para mejorar la fertilidad general; la fertilización química debe hacerse con abonos que además de nutrir al vegetal, abatan el pH de los suelos.

SERIE 6.

El primer paso es asegurar el drenaje interno de los suelos con ese problema y luego usar mejoradores, fertilizantes de fuerte residuo ácido y hacer lavados e impulsar cultivos de sorgo, maíz, algodón, rhodes y alfalfa. Una vez lograda su total corrección, en estas áreas se podrán cultivar la mayoría de las especies de ciclo corto de la región. Las áreas con problemas francos de sales y sodio, tan luego se corrijan los niveles freáticos se podrán explotar con zacates forrajeros tolerantes, sin que haya pisoteo del ganado cuando la superficie esté húmeda por lluvias o por riego; pero si la concentración es tal que exija constantes lavados y aplicaciones de mejoradores, lo más aconsejable será su dedicación al cultivo del arroz durante los dos ciclos posibles en el año. En dichos suelos ocupados por zacates y arroz, tan luego hayan sido rebasadas las concentraciones más perjudiciales de sodio y de sales, ya se podrán explotar cultivos tolerantes como algodón, alfalfa, sorgos, etc. y realizar con ellos las rotaciones posibles.

SERIE 7.

Los suelos de escasa profundidad y de más de 3% de pendiente, lo más recomendable es dedicarlos a plantaciones de guanabana, guayaba, tamarindo, limón, mandarina, mango, naranja, plátano y toronja; siempre en contorno con el declive necesario para facilitar el desplazamiento del agua de riego; entre líneas de árboles, también es aconsejable cultivar pas-



tos perennes o de autosiembra como el buffel y el rhodes asociados con leguminosas como el Kudzú tropical. En los suelos profundos o medianamente profundos, con 2% o menos de pendiente; los cultivos a explotar son: frijol, maíz, sorgos, soya, algodón, caña de azúcar, ajonjolí, calabacita, camote, frijol ejotero, jitomate, melón, pepino, tomate de cáscara, chile, alfalfa, zacate merkerón y otros, pero no arroz; en ellos hay que impulsar las prácticas de conservación para esto se usará la piedra apropiada en la construcción de bordos cuando la haya y de ser necesario se impulsará la construcción de terrazas si los suelos son profundos; la rotación de cultivos aquí también es una necesidad a fin de mejorar la fertilidad en todo el perfil y para evitar o amortiguar la percolación profunda. En todos los casos, habrá que evitar la formación de compuestos insolubles en el suelo como fosfato tricálcico y para eso los abonos químicos de fuerte reacción ácida son insustituibles; con el riego debe evitarse la saturación del suelo a fin de suprimir cualquier posibilidad de percolación profunda.

#### SERIE 8.

Hay que aprovechar la piedra que es abundante para la conservación del propio suelo o sea para formar bordos que a través del tiempo se constituyan en terrazas. Las áreas de perfiles someros, imposibles de toda mecanización, deben plantarse en contorno con mango, tamarindo, guayaba, toronja y mandarina; los sitios de plantación deben aflojarse a la mayor profundidad posible mediante sendos cartuchos de dinamita; en la nutrición de arbolillos no deberá descuidarse el uso de fertilizantes a base de N, P, K, Fe, Mn y otros en los que el suelo es pobre y agua de riego es necesario se dé en gastos pequeños a la entrada de cada predio y con duración como para mojar a capacidad de campo hasta la profundidad radicular de que se trate. Los suelos más profundos de las áreas planas y de menor pendiente, cuyo perfil no está invadido por excesiva piedra, pueden explotarse con arroz, melón, pepino y ajonjolí o sean cultivos de poco requerimiento de labor profunda de preparación y cultural. En los terrenos sin pedregosidad superficial el cultivo del arroz puede emprenderse con el sistema moderno o sea el de siembra directa y mecanizado en su totalidad.

El riego en los cultivos anuales indicados no hace falta que moje más allá de la profundidad radicular y en el arroz en lugar del riego de inundación puede proyectarse por surcos para llevarse a cabo sólo en el ciclo de verano; con el agua de riego bien dosificada pueden usarse fertilizantes sólidos

dos de bastante solubilidad porque no habrá riesgo de llevarlos a profundidades indebidas; los fertilizantes líquidos también se podrán aplicar mediante el agua de riego; los fertilizantes químicos que se usen conviene mantengan un balance del pH que ahora es neutro.

#### SERIE 9.

Ante todo hay que suprimir el nivel freático, complementar el desmonte y aplicar materiales fertilizantes de alto índice de acidez. Una vez suprimidos los problemas de drenaje y de sales y sodio, muy recomendable será llevar a cabo la nivelación técnica de tierras en todos los suelos y un programa permanente de agregado de materia orgánica. Ya libres de problemas, estos suelos serán útiles para cultivar frijo, maíz sorgo, soya, algodón, sorgo escobero, sorgo forrajero, ajonjolí, cacahuete, frijol ejotero, jícama, sandía, chile, alfalfa, zacates forrajeros de corte, etc.; por un tiempo prolongado deberán preferirse las especies de raíz profunda como la alfalfa y el maíz a fin de extraer nutrientes lixiviados y para enriquecer en materia orgánica el perfil a mayor profundidad. La rotación de cultivos no podrá faltar.

#### SERIE 10.

Debe propiciarse el drenaje donde no existe y hacerse más funcional donde ya lo haya, efectuar el lavado de suelos previa aplicación de mejoradores donde hagan falta, cultivar zacates tolerantes en una primera etapa, usar abonos capaces de solubilizar el sodio y las sales insolubles. Tan luego se eliminan o minimicen los problemas de sales, los cultivos factibles son: maíz, sorgo, soya, algodón, caña de azúcar, sorgo escobero, ajonjolí, melón, pepino, alfalfa, forrajes de corte, etc.; las rotaciones entre éstos tienen que ser constantes, de igual modo que el cultivo y la incorporación de abonos verdes en los suelos de la serie 10.

#### SERIE 11.

Mediante nivelación técnica de tierras es preciso corregir el microrrelieve de los suelos profundos y planos con menos de 1% de pendiente y mejorarles su drenaje superficial; aplicar en ellos abonos que favorezcan la asimilación de fósforo; cultivar maíz, sorgos, soya, algodón, caña de azúcar, ajonjolí, melón, pepino, sandía, chile, alfalfa, zacate de corte, etc.,

hacer rotaciones entre los cultivos y adicionar materia orgánica. Los suelos con pendiente superior al 2% pueden dedicarse tanto a fruticultura con mango, tamarindo, guanábana, mandarina, etc. como a producción de forrajes con especies perennes de corte o bien a explotación mixta de frutales y forrajes; donde el perfil sea profundo, si se desea se pueden construir terrazas para asegurar mejor la conservación de los suelos o si es de mediana profundidad sólo se puede aspirar a construir bordos en contorno; en caso de explotación exclusiva de forrajes, las fajas en contorno podrían sustituir a las terrazas y a los bordos en caso de imposibilidad de construir éstos; y en caso de plantaciones exclusivas de frutales o de éstos con forrajes perennes, los establecimientos tendrán que ser en contorno, pero si las terrazas en los suelos profundos han de ejecutarse con todas las normas técnicas, no será necesaria la plantación en contorno e incluso, bajo estas condiciones, se pueden explotar las mismas especies cíclicas de los suelos planos de poca pendiente; para el riego de árboles a ambos lados de cada línea de éstos se abrirá regaderas y la tierra extraída se empleará para formar bordo coincidente con dicha línea y para el riego de los forrajes se diseñarán melgas en contorno con desnivel, de ancho propio para asegurar el humedecimiento por infiltración y para permitir el corte mecánico. En los suelos con problema, ya abatida el agua freática, aplicados los mejoradores y dados los lavados necesarios, de inmediato se pueden establecer pastos tolerantes a sales perjudiciales, para fines de corte, nutridos siempre siempre con abonos de alto índice de acidez; y cuando ya se hayan eliminado por completo los problemas, sustituir los pastizales por los cultivos cíclicos indicados en la serie g ya rehabilitada, con todos sus señalamientos de manejo.

### SERIE 12.

En la primera etapa debe eliminarse la vegetación silvestre y los frutales existentes, asegurar el drenaje incluso a nivel parcelario, subsolar y desenraizar, aplicar los mejoradores para solubilizar el sodio y hacer los lavados. En la segunda etapa realizar la siembra de arroz con riego de inundación y aplicación de fertilizantes del máximo índice de acidez posible y si fuera necesario continuar aplicando mejoradores.

En la tercera etapa hacer nivelación técnica de tierras y principiar el cultivo de especies tolerantes como algodón, sorgo, alfalfa y zacate rhodes, nutridos siempre con abonos de fuerte residuo ácido; realizar siembras intensivas de leguminosas para abono verde como la sesbania sp muy abundante en la región.

En la cuarta etapa, además de los cultivos de la anterior, incluir maíz, soya, caña de azúcar, jitomate, melón, chile, etc. bajo rotaciones intensivas; incorporar abonos verdes y usar fertilizantes químicos capaces de solubilizar compuestos como carbonato de calcio y fosfato tricálcico; y establecer como práctica de rutina el subsoleo periódico.

#### SERIE 13.

Hacer trazo de riegos y nivelación de tierras donde haya microrelieve; diseñar tiradas de riego para evitar el triángulo de mojado y calcular láminas de acuerdo a los usos consuntivos y para no propiciar la percolación profunda en los suelos de textura liviana; en éstos no pueden emplearse fertilizantes de solubilidad excesiva ni en dosis elevadas, pero sí necesitan incorporación frecuente de abonos verdes y de ser explotados con plátano, mango, chicozapote, mamey, frijol, ajonjolí, cacahuete, chile jalapeño, calabacita, camote, jícama, sandía y zacates forrajeros de pastoreo. Los suelos profundos de textura franca o de migajón, deben explotarse con maíz, frijol, sorgo, soya, algodón, caña de azúcar, sorgo escobero, jamaica, ajonjolí, girasol, berenjena, frijol ejotero, jitomate, maíz dulce, melón, pepino, chile, alfalfa, maíz y sorgos forrajeros, zacates forrajeros de corte y papaya bajo condiciones de rotación; en éstos los fertilizantes químicos pueden aplicarse en dosis fuertes para los cultivos que los exijan y deberán ser usados de modo que no alteren el pH actual.

#### SERIE 14.

Es aconsejable fracturar la losa de caliza con cincel unitario que profundice 0.90 m o más y hacer la nivelación técnica de tierras; hacer trazo de riegos para asegurar mejor aprovechamiento del agua y diseñar las tiradas más convenientes; propiciar drenaje parcelario eficiente para ayudar a suprimir las sales solubles perjudiciales; usar fertilizantes de fuerte índice de acidez para solubilizar sodio y sales insolubles. Los cultivos de maíz, sorgo, soya, algodón, caña de azúcar, sorgo escobero, ajonjolí, girasol, berenjena, jitomate, maíz dulce, melón, pepino, chile, maíz y sorgo forrajero, zacate de corte y papaya, son del todo factibles, pero la lista podría mejorar aún si se llevaran a cabo las recomendaciones apuntadas. Las rotaciones de cultivos y el uso de los abonos verdes son una necesidad.

SERIE 15.

Hay que eliminar la pedregosidad de las áreas con este problema y emplear la piedra para construir bordos de contención contra el arrastre hídrico del suelo, así como subsolear con cincel unitario a la mayor profundidad posible para eliminar la compactación en el suelo y la cementación en el horizonte C. Los suelos de fuertes pendientes, profundos o someros, necesitan las obras de conservación, pero a los someros de escasa pendiente les basta con buenos trazos de direcciones de riego. Todos los suelos planos con profundidad de perfil o medianamente profundos, de escasa pendiente o de pendiente considerable pero con obras de conservación, se puede explotar rotativamente con los siguientes cultivos: frijol, maíz, sorgo, soya, algodón, caña de azúcar, sorgo escobero y forrajero, frijol ejotero, jícama, melón, pepino, chile, alfalfa, maíz forrajero, zacates forrajeros de corte y papaya. Los suelos someros de fuertes inclinaciones tienen que dedicarse a producir frutales o forrajes para corte o ambos al mismo tiempo, con establecimientos en contorno con desnivel para el riego, las especies factibles son: tamarindo, toronja, mandarina, guayaba, guanábana, zacate buffel, zacate rhodes, zacate merkerón y las leguminosas que indique la experimentación. Todos los suelos de la serie son pobres y por eso los vegetales requieren de elementos mayores y menores en dosis y frecuencias que debe resolver la experimentación en cada caso.

SERIE 16.

Las recomendaciones derivadas del estudio agrológico son las mismas que las indicadas para la serie No. 15.

SERIE 17.

Las recomendaciones son las mismas que las que necesitan los suelos someros con fuertes pendientes de la serie 15.

SERIE 18.

Los suelos de mediana profundidad o profundos, con 0.5% de inclinación o menos, requieren trazo de direcciones de riego y selección de cultivos para protegerlos de la erosión; los de 1% o un poco más de pendiente o de un poco menos, necesitan bordos en contornos con desnivel levantados a equidistancias grandes para permitir el uso de maquinaria agrícola de todo tipo; éstos y los que tienen pendientes superiores al 4% pueden programarse para ejecución de obras a base de terrazas desde las de drenaje hasta las de banco. De no llevarse

a cabo dichas obras de conservación, aparte de los trazos , - deberán cultivarse las especies más capaces de cobertura total del suelo como la alfalfa y algunos zacates destinados a - corte, amén de caña de azúcar y otros como melón o sea que requieren de camellón y de cama. En condiciones de buenas obras para proteger al suelo, los cultivos recomendables son: frijol, maíz, sorgos, soya, algodón, caña de azúcar, ajonjolí, cacahuete ( si el horizonte superior es franco o de migajón), girasol, berenjena, calabacita, frijol ejotero, jícama y sandía. ( igual que cacahuete), maíz dulce, melón, pepino, tomate de cáscara, chile, alfalfa, maíz forrajero, zacates de corte y pa- paya, con las rotaciones que puedan favorecer el incremento de la fertilidad de todos los horizontes. En la nutrición vege- tal con fertilizantes químicos, conviene dar preferencia al -- uso de compuestos capaces de mantener un pH neutro en el - suelo y en las áreas donde haya un contenido perjudicial de - sodio, la preferencia será por los compuestos de alto índice de acidez; en cuanto a las dosis por cultivo, se necesita una mayor experimentación precisamente en los suelos de la serie, pero hay que adelantar que los suelos son pobres en los principa-- les elementos mayores y en los oligoelementos más importa-- tes. A todos los suelos de la serie es necesario darles la-- bor de subsuelo con periodicidad de cuatro años, lapso que - debe afinarse de acuerdo a la observación, a la experimenta-- ción y a otros factores como el monocultivo.

#### SERIE 19.

Si el área ha de seguir siendo temporalera, la obra de con- servación de suelos debe consistir en bordos levantados en cur- vas de nivel trazadas con equidistancias propias para facilitar el empleo de la maquinaria agrícola y corregidas para evitar ondulaciones prolongadas; tales bordos deberán llevar zanja - de absorción adjunta aguas arriba y sobre ellos se plantará - maguey; los cultivos a explotar son los de raíz poco profunda como ajonjolí, cacahuete, sorgo de grano, sorgo forrajero, - zacate buffel y zacate rhodes, con establecimiento en contor- no de acuerdo a los bordos construídos. Si los suelos de la- serie, por el contrario, han de beneficiarse con la irrigación, entonces también hay que construir los bordos anteriores, pe- ro consolidados con las gramas nativas en lugar del maguey- y construídos con desnivel para facilitar el riego; de ser así, los cultivos a establecer son: limón, toronja, naranja, manda- rina, guanábana, tamarindo y plátano, ordenados en contorno, con conducción de agua por regadera arriba y abajo de cada línea de plantas y bordo coincidente con ésta.

SERIE 20.

Todos los suelos requieren labores de subsoleo y abonos verdes para dar materia orgánica; construcción de terrazas de ser posible de banco, para preservarlos de la erosión o por lo menos cultivos ejecutados en contorno y en fajas con especies como alfalfa, caña de azúcar, zacate merkerón y melón. Con las obras de conservación bien ejecutadas, además de estos cultivos, la lista se amplía con los siguientes: frijol, maíz, sorgo para grano, sorgo escobero, sorgo forrajero, soya, algodón, ajonjolí, berenjena, frijol ejotero, jitomate, maíz dulce, melón, pepino, chile, maíz para forraje, zacate de corte y papaya. La aplicación de abonos químicos en esta serie debe coadyuvar al abatimiento del pH en la masa del suelo.

SERIE 21.

Las mismas recomendaciones que en la serie anterior, salvo la de los abonos químicos, pues éstos no deben alterar el pH actual. La fase delgada de esta serie se sujeta a las recomendaciones técnicas obtenidas para la serie No. 19, con excepción del modo de levantamiento de bordos porque aquí se sugiere que sean de piedra.

SERIE 22.

Los cultivos capaces de propiciar una agricultura intensiva son: frijol, maíz, sorgo, soya, algodón, ajonjolí, cacahuate, camote, jícama, calabacita, sorgo escobero, sorgo para forraje, chile jalapeño y alfalfa. De estos cultivos se recomienda seleccionar los de raíz profunda y profusa para darles preferencia en las rotaciones e incluir en éstas la siembra de especies para abono verde. Las tiradas de riego y los gastos a la entrada deben basarse en el conocimiento real de la velocidad de infiltración, la penetración de lámina, la profundidad media de las raíces de cada especie vegetal en cultivo, la capacidad de retención de humedad en cada horizonte, etc. El aprovechamiento eficiente de los abonos químicos está ligado al manejo eficiente del agua de riego y su uso debe ser tal que propicie el abatimiento del pH.

SERIE 23.

Se sugieren las recomendaciones de la serie No. 20.

SERIE 24.

Urgen obras de conservación cuando menos a base de bordos de piedra donde la haya y de tierra donde no, diseñados en contorno con equidistancias para facilitar el laboreo agrícola y con desnivel para conducir debidamente el agua de riego. Los cultivos desde luego hay que establecerlos en contorno, los cuales son los siguientes: sorgo, soya, algodón, caña de azúcar, sorgo escobero, ajonjolí, jitomate, sandía, chile, -- sorgo forrajero, zacates de corte, zacates de pastoreo, guanábana, mandarina, toronja, limón, papaya, plátano y tamarindo.

SERIE 25.

Hay que dar subsoleo para fracturar la losa calcárea localizada a poca profundidad en el perfil y hacer la obra de conservación del suelo con bordos construídos en curvas trazadas con desnivel para facilitar el riego y corregidas para lograr espacios regulares entre bordos; los bordos se consolidarán con gramas nativas, los siguientes cultivos de frutales son los que se recomiendan: limón, toronja, mandarina, anona, guanábana, guayaba y tamarindo; cualquiera de éstos que se decida, tendrá que ser establecido en contorno. Si se desea los suelos también pueden dedicarse de modo exclusivo a producir forrajes únicamente de corte, pero de todas maneras habrá que hacer las obras de conservación y serán necesarias las melgas diseñadas también en contorno para el riego de las gramíneas.

SERIE 26.

Si se llegara a la producción agropecuaria, en los suelos de esta serie se podría aprovechar la piedra para las obras de conservación y si llegara a haber agua de riego en ellos, podría hacerse fruticultura con cítricos, anonas y guayaba y/o pastizales para pastoreo condicionado a los períodos libres de excesos de humedad en la superficie.

Como adición a lo acabado de señalar para las series de suelos, indicaremos que, para uso general en los mismos o sea para la práctica agrícola de rutina, hay una literatura publicada por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, la cual contiene las recomendaciones más indispensables para incrementar de manera substancial los rendimientos unitarios de muchos de los cultivos considerados. Las recomenu



daciones técnicas incluídas, sin embargo, es necesario que se afinen de acuerdo a las series de suelos en que las especies vegetales se han de cultivar, pues como pudo constatar-se a través del capítulo 5.1.4.1, su aplicación, cuando tiene lugar, resulta así generalizada, sin importar las cualidades o defectos de los suelos.

Pero insistimos en que dicha literatura es útil porque comprende toda una relación de plantas con metodología técnica muy actualizada; estas son: frijol, maíz, sorgos, soya, algodón, ajonjolí, cacahuete, girasol, berenjena, calabacita, camote, cebolla, chile, frijol ejotero, jícama, jitomate, maíz dulce, melón, pepino, sandía, tomate de cáscara, alfalfa, -- maíz forrajero, zacates de corte, zacates de pastoreo, limón y plátano. Tal relación no incluye arroz y caña de azúcar, -- pero el Campo Experimental de Antúnez debe disponer de informes técnicos porque en tiempos anteriores realizó investigaciones al respecto.

Quedan diez especies, todas de frutales perennes, no incluídas en la información tecnológica del INIA, pero de ellas tal información está divulgada por la Comisión Nacional de Fruticultura, incluso a nivel de hoja desplegable. Sólo hay duda de que dicha institución disponga de datos para el cocotero, oleaginosa en verdad sólo de interés temporal en algunos suelos urgidos de rehabilitación.

Se estima que los datos técnicos, aportados por dicha Comisión para los frutales perennes, de igual manera, deberán someterse a investigaciones por parte del INIA porque es necesario afinarlos y complementarlos conforme a las series de suelos en que los recomienda el estudio agrológico.

#### 5.1.4.3 Ganadería.

##### Sistemas de explotación actual.

En el área del proyecto predomina la ganadería bovina y no deja de ser importante la caprina. Ambas se practican bajo el sistema extensivo, generalmente aprovechando las parcelas recién cosechadas para agostadero de bovinos y las superficies con monte para ramoneo de caprinos.

Cualquier predio sea de algodón, sorgo, maíz, pepino, melón, arróz, etc. una vez realizada su cosecha, de inmediato lo ocupan los rebaños y en él los animales consumen -- parcialmente los esquilmos. Los hatos asimismo, aprovechan

toda herbácea comestible que nace en los predios ocupados por cítricos y otros frutales (fig. 5.1.4.3.1).

Durante el día así es como se ve al ganado bovino, en tanto que por la noche permanece confinado en corrales rústicos, localizados en el propio campo, contiguos a caminos y carreteras; no hay techos en ellos, ni nada que pudiera considerarse inversión económica de importancia; constan de palizada y alambre de púas.

En dichos rebaños predominan las hembras reproductivas y también hay hembras en desarrollo. Las vacas en períodos de lactancia se ordeñan por las mañanas en los mencionados corrales. Los becerros macho si bien permanecen en el hato, tan luego dejan de ser amamantados por las madres, el propietario los vende a compradores locales quienes los manejan como rebaños independientes y los alimentan en predios recién cosechados y/o en pequeñas praderas. Los becerros finalmente son adquiridos por ganaderos del trópico húmedo, engordadores de novillos.

Como se podrá advertir, en la región no hay interés por conservar el bovino macho, a excepción de los sementales que por lo regular están permanentemente en los hatos de hembras, y eso se debe por una parte a que ha perdido interés el trabajo agrícola realizado con tracción animal bovina y por otra a que no se ha despertado la inquietud entre los ganaderos por la siembra de especies forrajeras a escala comercial para ceba de novillos bajo el sistema de confinamiento total.

Los ganaderos en cambio sí tienen interés por la producción de leche, junto con la producción de becerros para venta o sea interés por un ganado de doble propósito, aunque en la práctica no cumple bien ese cometido. Tal se debe a que desde el punto de vista genético, el ganado aún está distante de serlo, lo cual se refleja en bajos rendimientos de leche por hembra-día, variables entre 3 y 7 litros de junio a octubre, temporada que se considera como la mejor para el ganado bovino.

Los hatos casi siempre son grandes y además son abundantes. Esto indica que en toda el área del proyecto, en verdad hay interés por la ganadería; pero a pesar de ello, se aprecia con facilidad que el ganadero no dispone de orientación para impulsar negociaciones de elevado valor, tanto en el aspecto de producción y conservación específica de forrajes de corte como en la construcción de instalaciones ganaderas de tipo muy económico y de óptimo funcionamiento desde

el punto de vista del bienestar del ganado o bien de programas técnicamente bien diseñados para conseguir animales con las cualidades genéticas del doble propósito a que ese ganadero aspira.

El sistema actual de ganadería, ya está planteando, a los propietarios, grandes problemas. Principian con que tienen que pagar a precio caro los derechos de pastoreo al o a los dueños de predios, luego se les presentan muertes frecuentes de animales por residuos de pesticidas que aún permanecen en el follaje del vegetal en consumo; y también, como hay dispersión de cultivos distintos por todas partes, las aplicaciones drásticas que de insecticidas se realizan, por vía aérea, por ejemplo en el algodón, del mismo modo llegan a provocar muertes de bovinos.

Entonces, una ganadería bovina poco o medianamente remunerativa y con problemas serios de subsistencia, claro plantea ya la necesidad de que se le explore con métodos modernos, más aún teniendo en cuenta que los ganaderos aprecian su ocupación, se dedican a ella y hasta dan manifestaciones de práctica hacia esa modernización; así lo indican su empeño por cruzar razas de escasos rendimientos con razas de altos rendimientos lecheros y algunos intentos de cultivo de especies vegetales forrajeras.

Por lo mismo, si hay predisposición humana, terrenos y medio ambiente apropiado para producir henos forrajeros y grano y muchos materiales tan abundantes como baratos para construir instalaciones ganaderas, porqué no han de interesarse las instituciones a fin de dar lugar allí a una cuenca lechera de inestimable valor basada en la estabulación o en la semiestabulación.

Conviene recordar aquí e insistir en que la mayoría de los suelos del proyecto no pueden someterse a las praderas para fines de pastoreo porque en sus texturas predominan las arcillas de tipo expansivo, las cuales al estar bajo presión por el pisoteo del ganado se comprimen, dan origen a la compactación del suelo y a la pérdida consecuente de la estructura, estructura que hasta el momento se puede considerar como ideal para la circulación de fluidos y por lo tanto ideal para el desarrollo de los vegetales. Pero al mismo tiempo es bueno insistir en que la mayoría de los suelos tienen cualidades excelentes para producir varios forrajes de corte y que el sol intenso y la sequedad ambiental resultan inmejorables para deshidratar los forrajes una vez cortados.

El corte y la conservación de los forrajes, en la mayoría de los casos, no podrá ser de otro modo que el mecanizado, igual que la mayoría de las labores relacionadas con su cultivo y por eso alimentar ganado en establos no puede resultar costoso como muchos lo imaginan. Además, el mercado dispone de equipo mecánico ligero, autopropulsado y no caro o bien equipo adaptable al tractor agrícola ligero, para cada labor por ejecutar.

Del ganado cabrío no faltan los rebaños de tamaño chico y mediano, pero no precisamente son abundantes y no hay indicios de que respondan a una ganadería menor bajo sistema intensivo. Predominan los ejemplares criollos y sólo de manera casual hay algunos mejoramientos con la raza Nubia. Por cierto para fines de producción de carne, la Nubia es, quizá la mejor por ser propia de los climas calientes secos.

La cabra casi no se ve en pastoreo dentro de los terrenos cosechados. Es más frecuente verla en los pequeños montes o donde hay arbustos para ramonear.

#### Especies y razas existentes.

De las especies ya se han citado las dos más importantes, la bovina y la caprina, pero a éstas hay que agregar una tercera, la del borrego pelibuey o Tabasco que no es todavía un tipo de ganado del área. El pelibuey, sin embargo, ya existe en muestras en la Tierra Caliente; hay pequeños rebaños, uno de éstos en confinamiento total, cerca de Carrillo Puerto, deja ver tan buen comportamiento o quizá mejor que el que observa en la región caliente húmeda de la costa del Golfo de México.

Las razas predominantes entre los bovinos, son las del Cebú, pero no faltan ejemplares bastante puros de otras como la Holstein y Suizo. Estas últimas no tienen adaptación como razas puras, los animales sufren con intensidad las elevadas temperaturas hasta en los meses del invierno; en cambio los ejemplares media sangre de Cebú con Holstein o de Cebú son Suizo, igual que el Cebú no tienen problemas alguno con el clima (fig. 5.1.4.3.2).

Es probable que un nivel mayor de sangre de las razas lecheras con el Cebú, digamos a 3/4, todavía permita la adaptación al clima. Si se llegara a modernizar la ganadería este sería un problema para estudiar por parte de los zootecnistas.



Fig. 5.1.4.3.1 Como se explica en el capítulo correspondiente a la ganadería, el alimento base del ganado es el rastrojo de sorgo y maíz así como residuos de cosechas de algodón y arroz; para el mejoramiento de la ganadería, es necesario se elaboren programas específicos y se incrementen las áreas productoras de forrajes.

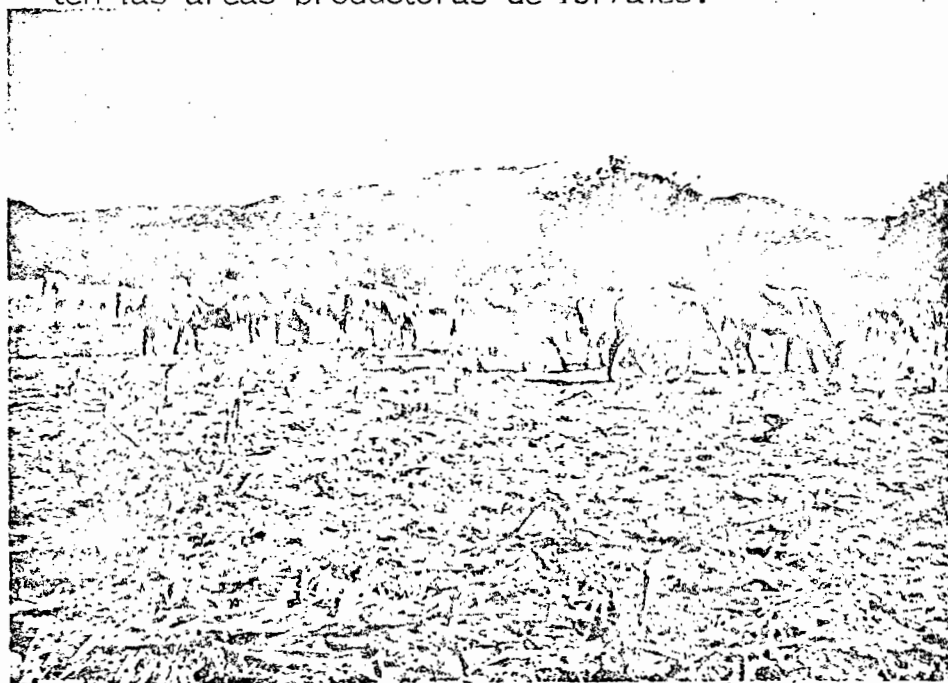


Fig. 5.1.4.3.2 Aspecto de la ganadería existente en la zona de estudio, la raza predominante es la cebú y en mucha menor proporción, las cruas de ésta raza con las razas holstein y suizo.

#### 5.1.4.4 Ganadería recomendaciones.

Para un aprovechamiento integral del área mediante la actividad agropecuaria, se concibe a la ganadería, en este proyecto, como indispensable.

Las especies a explotar, de acuerdo al clima, a la agricultura tecnificada del futuro y a la experiencia actual, es la bovina, ovina, caprina y equina. Las razas son: cebú de tendencia lechera en cruza con holstein y suizo para bovina; el borrego Tabasco o pelibuey; Nubia en caprinos; y cruza del caballo de la región con el asno.

Los sistemas naturalmente son los intensivos en todos los casos. Los bovinos de la región deben aprovecharse para cruzamientos dirigidos por técnicos de las instituciones de investigación pecuaria, puesto que hay factibilidad para lograr una cuenca lechera y productora de carne de un interés económico sin lugar a duda.

En el caso de los bovinos para fines de leche y carne, la explotación intensiva debe basarse en la estabulación o en casos especiales en la semiestabulación. En semiestabulación porque al estilo del proyecto C-41 de la Chontalpa, emprendido por el Banco de México, S.A., las vacas procedentes del cebú con el suizo y con holstein observan un comportamiento lechero, además de producir becerros para engorda posterior, como novillos; tal comportamiento lechero, ya lo tienen muy comprobado varios ganaderos de la región. El sistema de semiestabulación se facilita en aquellos suelos donde la siembra de forrajes de pastoreo es posible, que por cierto no son muchos.

La estabulación de acuerdo al potencial forrajero de los suelos, que es de especies de corte, parece el procedimiento obligado en la mayoría de los casos, porque no sería bueno suprimir la capacidad productiva a ninguna superficie por la idea errónea de abaratamiento de costos con establecimiento y uso de pastizales para pastoreo. Con la estabulación en un caso, el de vacas lecheras, y con el confinamiento en instalaciones rústicas, el de novillos de engorda, no hay duda para aprovechar de manera óptima, con rotaciones y diversas técnicas, forrajes tan importantes como la alfalfa, el zacate merkerón y hasta la misma caña de azúcar. Por otra parte, los materiales de construcción como piedra, grava y arena abundan en toda la zona y no hay porqué no emplearlos para construir a bajos costos.

En lo referente al borrego pelibuey, su futuro está en el pastoreo en praderas establecidas en todas las plantaciones frutícolas cuyos suelos no tengan un elevado contenido de arcilla en su textura.

El ganado cabrío tiene que seguir explotándose en pastoreo, pero además de mejorarle su calidad genética, también será necesario mejorarle los montes de arbustos para ramoneo y para eso habrá que introducir con el manejo conveniente la leucaena; es decir, tal leguminosa debe sustituir a la vegetación de poco valor en los piedemonte y mantenerse de altura propia para que la cabra pueda comer el follaje.

Del ganado equino, en la región abunda el caballo con relativo poco uso. Este animal, su hembra, al cruzarse con el asno dará origen al ganado mular. El ganado mular en el área es necesario que tenga un amplio uso para el cultivo de hortícolas, puesto que no compacta el suelo y llega a equipararse en eficiencia con la máquina agrícola. De no haber interés por el trabajo de equinos, de todas formas es necesario impulsar la explotación del caballo porque en la actualidad, su carne tiene amplio uso en la alimentación humana y animal.

#### 5.1.4.5

#### Silvicultura.

No se trata de un área forestal típica, ya que en su origen la vegetación dominante corresponde a la de selva baja caducifolia. Los suelos bajo explotación agrícola poseen muestras de especies muy valiosas y el área cerril y de piedemonte con frecuencia se ve empobrecida al máximo o bien su población vegetal está muy disminuida, al grado de que sólo casualmente se localizan especies de algún valor económico.

En fin, quedan muestras de árboles que se consideran de interés para usos industriales, de ornato, agrícolas y pecuarios y a ellas nos referimos para su establecimiento dentro del área agrícola, en reductos de monte dentro de ésta y en el área cerril.

Al describir el área agrícola, se hizo una amplia exposición de la existencia de vegetales arbóreos por series de suelos. Este conocimiento ahora hay que aprovecharlo para que una vez pasada la fase de vivero se planten los árboles a los lados de caminos y carreteras que cruzan por distintos rumbos del proyecto, naturalmente prodigándoles los cuidados necesarios para que no se pierdan por sequía, acción del ganado, plagas, falta de buena nutrición, etc. Las especies -

de valor económico, conforme a algunos de los fines anteriores, capaces de ocupar con éxito las fajas laterales de los caminos son: parota Enterolobium cyclocarpum, cascalote Caesalpinia coronaria, leucaena Leucaena sp, cueramo Cordia oleagnoides y quizá pinzán Pithecellobium dulce y mezquite - Prosopis sp. Ya se sabe, por ejemplo, que la parota es de un valor inestimable para la fabricación de muebles finos o que el cascalote produce un fruto muy usado en curtiduría, - pero tal vez poco se conoce la leucaena que además de forrajera, dejándola crecer como árbol, produce madera para varios usos, digamos en fabricación de cajas para empaque de frutas o que en el futuro puede prestar servicio directo a la agricultura en estacadas de tomate (jitomate) o de pepino, -- cuando en estos cultivos se opte por explotarlos en espaldera con fines de rendimientos muy elevados y de mejor calidad.

Además de los nativos anteriores, en algunos suelos es probable el éxito de especies forestales finas auxiliadas con agua de riego, como es el caso del cedro Cedrela sp, la misma que prospera en la región de Huamuxtitán del estado de Guerrero. Esa región, por cierto, tiene un clima semejante al de Apatzingán; valdría la pena realizar pruebas de adaptación.

En los reductos de monte, dentro del área agrícola, vale dejar los ejemplares existentes de las especies valiosas, eliminar las de escaso o nulo valor como las de Acacia sp e introducir las que no existen y puedan prosperar, digamos amapa de -- los géneros Cordia y Tabebuia, palo Brasil de los géneros Caesalpinia, Condalia y Haematoxylum y desde luego Leucaena sp - (probablemente glauca). En casi todos esos montículos no falta el cueramo, el cual será bueno proteger, y con él muy buena ha de resultar la asociación con leucaena para fines forrajeros.

En las áreas cerriles, hasta donde más se pueda ascender, parece que la especie ideal por establecer es Leucaena sp, tanto con fines forrajeros como industriales y agrícolas. Leucaena deberá sustituir a los arbustos existentes y quizá requerirá de obras mínimas para conservar el suelo y el agua; es decir, bordos de contención en curva de nivel a equidistancias calculadas para evitar roturas por efecto de lluvias intensas. En los bordos, además sería aconsejable establecer maguey Agave sp, tal vez - tequilenses o tequilana para producción de mezcal o bien alguno de ellos especializado en producción de fibra para usos industriales.

Las áreas donde se haga reforestación y tengan objeto pecuario, será razonable probar algunos pastos de introducción e impulsar los que se adapten bajo condiciones de media sombra; habría que principiar con el buffel.



Los viveros se pueden iniciar con semilla recolectada localmente; todas las especies propuestas fructifican bien. En la zona también abundan los materiales indispensables para establecimiento económico de las medias sombras de los viveros y el agua para ese objeto de ninguna manera es una limitante.

Las plantaciones en los lugares definitivos por razón natural tendrán prioridad al iniciarse el período de lluvias.

#### 5.1.5 Generalidades de las Unidades de Suelos.

##### 5.1.5.1 Descripción general y génesis de los suelos.

El estudio agrológico comprendió una superficie total de 205 819 ha, de las cuales 7 858 ha corresponden a superficie ocupada por ríos y poblados; de ésta manera el área estudiada de suelos es de 197 961 ha.

En el cuadro 5.1.5.1.1 se presenta la relación de las series y fases de suelos encontradas, que corresponden a 26 series y 13 fases, o sea un total de 39 unidades cartográficas.

Con base en los estudios de campo y laboratorio se han clasificado taxonómicamente los suelos según el sistema FAO/ UNESCO, elaborado por estos organismos para el "Proyecto del Mapa de suelos del Mundo". En el cuadro 5.1.5.1.2 aparecen las unidades de suelos y sus correspondientes superficies. Según el cuadro 5.1.5.1.2, se han obtenido las siguientes superficies por unidades de suelos:

			%
Vertisol	Pélico	138 988 ha	70
Vertisol	Crómico	21 566 ha	11
Fluvisol	Eútrico	20 721 ha	11
Solonchack	Solonetz	5 327 ha	2
Gleisoles		<u>11 359 ha</u>	<u>6</u>
T o t a l		197 961 ha	100

El cuadro 5.1.5.1.3 presenta una relación de familias de series de suelos y sus geoformas correspondientes a fin de proporcionar un panorama de los tipos generales de suelos que existen en la zona de estudio. Las series de suelos se pueden organizar en familias dada la similitud entre grupos de series.

Com podrá apreciarse, el 70% de la superficie total se encuentra ocupada por Vertisoles Pélicos y si a éstos su

## CUADRO 5.1.5.1.1

## UNIDADES DE SUELOS

## SISTEMA FAO-UNESCO

SERIE	NOMBRE	CLASIFICACION
1	Ibérica	Vertisol Pélico
2	Colomotitlán	Fluvisol Eútrico
3	Gabriel Zamora	Vertisol Pélico
4	La Chaux	Vertisol Pélico
	Fase delgada	Vertisol Pélico
5	Apatzingán	Vertisol Pélico
6	Ayucato	Vertisol Crómico Hi- dromórfico
	Fase sódica y freática	Solonchack - Solonetz
7	Antúnez	Vertisol Pélico
	Fase delgada	Vertisol Pélico
8	Parácuaro	Vertisol Pedregoso
9	La Guina	Fluvisol Eútrico
10	Chandic	Vertisol Pélico
11	Altamira	Vertisol Pélico
	Fase delgada	Fluvisol Eútrico
	Fase sódica y freática	Solonchack - Solonetz
12	Hornos de Holanda	Solonchack - Solonetz
13	El Corral	Fluvisol Eútrico
	Fase de terraza aluvial	Fluvisol Eútrico
14	Cruz de Mesinas	Vertisol Crómico
15	Tazumbos	Vertisol Pélico
	Fase delgada	Vertisol Pélico
16	Querusto	Vertisol Pélico
	Fase delgada	Vertisol Pélico
17	Presa Olivos	Vertisol Crómico
18	El Bejuco	Vertisol Crómico
	Fase delgada	Vertisol Crómico
	Fase ligera	Fluvisol Eútrico
19	Los Habillos	Vertisol Crómico
20	Calderitas	Vertisol Pélico
21	San Isidro	Fluvisol Eútrico
	Fase delgada y pedregosa	Fluvisol Eútrico
22	Presa del Rosario	Fluvisol Eútrico
23	La Piedra	Vertisol Pélico
24	Sta. Ana Amatlán	Vertisol Crómico
25	Cancitas	Vertisol Pélico
26	Los Pozos	Vertisol Pélico

## CUADRO 5.1.5.1.2

## RELACION DE SERIES Y FASES DE SUELOS

SERIE	NOMBRE	Ha.	%
1	Ibérica	2 775	1.34
2	Colomotitán	3 394	1.65
3	Gabriel Zamora	17 935	8.71
4	La Chauz	7 414	3.60
	Fase delgada	251	0.12
5	Apatzingán	2 522	1.23
6	Ayucato	9 263	4.50
	Fase sódica y freática	3 568	1.73
7	Antúnez	21 160	10.43
	Fase delgada	3 671	1.78
8	Parácuaro	7 369	3.58
9	La Guina	2 096	1.02
10	Chandio	1 223	0.59
11	Altamira	4 678	2.27
	Fase delgada	982	0.48
	Fase topográfica y ligera	343	0.17
	Fase sódica y freática	298	0.15
12	Hornos de Holanda	1 461	0.71
13	El Corral	9 599	4.66
	Fase de terraza aluvial	756	0.37
14	Cruz de Mesinas	1 437	0.70
15	Tazumbos	13 985	6.80
	Fase delgada	3 352	1.63
16	Querusto	6 529	3.18
	Fase delgada	3 617	1.76
17	Presa Olivos	2 251	1.09
18	El Bejuco	11 652	5.66
	Fase delgada	1 554	0.76
	Fase ligera	113	0.06
19	Los Habillos	2 638	1.28
20	Calderitas	2 334	1.13
21	San Isidro	4 041	1.96
	Fase delgada y pedregosa	2 477	1.20
22	Presa del Rosario	454	0.22
23	La Piedra	8 386	4.07
24	Sta. Ana Amatlán	2 034	0.99
25	Cancitas	14 049	6.85
26	Los Pozos	16 000	7.77
SUBTOTAL		197 961	96.18
ZU	Poblaciones	5 148	2.50
	Ríos	2 710	1.32
SUBTOTAL		7 858	3.82
		205 819	100.00

mamos los Vertisoles Crómicos, se llega a la conclusión de que en el 81% del área total de estudio se desarrollan suelos tipo Vertisol. En importancia siguen los Fluvisoles éutricos con 11%, secundamente los Gleisoles con 6% y finalmente los suelos Solonchack - Solonetz con sólo 2%.

\* Los vertisoles, también llamados Regurs o Tirs ( del Berberiano: "tierra negra de humus) son suelos negros arcillosos, cuyo color se atribuye a la magnetita. Estos suelos son bajos en su contenido de humus ( 1%) y a pesar de dicha circunstancia y a que su textura es pesada y por lo tanto presentan fuerte agrietamiento, son considerados, sin embargo, como de los más fértiles dentro de las regiones tropicales.- Contienen suficientes cantidades de bases y fósforo ; muchos son ricos en manganeso. La baja cantidad de substancias orgánicas explica la pobreza en nitrógeno de estos suelos.\*

\* Estos suelos presentan generalmente estructura prismática y en ocasiones columnar lo que resulta de la presencia de sodio en el complejo de intercambio.\*

\* Los altos contenidos de feldespatos (ortoclasa, albita y anortita) en el material parental da lugar a un alto contenido de arcilla.

· La presencia dominante de los vertisoles en el área de estudio podría asociarse con la riqueza de material parental basáltico ya sea éste en forma de rocas, tobas o bien de cenizas.

· Las arcillas de estos suelos normalmente contienen beidilitas y montmorillonitas.

· Como otros suelos de savana, los suelos vertisoles se desarrollan en un ambiente de humedecimiento periódico.

· Se puede asumir que en los suelos negros de los trópicos las substancias húmicas consisten principalmente de los grupos más estables de humina y ulmina, las cuales son las substancias más oscuras y menos solubles. La estabilidad de los compuestos orgánicos parece deberse al enlace firme del humus con el constituyente mineral del suelo, el cual es rico en minerales del grupo de la montmorillonita.

· Los productos del intemperismo y formación del suelo son de carácter sialito-alíticos o alito-sialíticos. La relación  $S_iO_2: Al_2O_3$  varía de 2.5 a 5.0 . Por su parte, la abundancia de minerales arcillosos determina la gran capacidad de -

FAMILIAS DE LAS SERIES DE SUELOS DEL ESTUDIO AGROLOGICO  
DE APATZINGAN, MICH.

Características Principales de las familias	N° Serie	Nombre	Geoforma
<b>FAMILIA 1</b>			
<u>Sub-unidad 1a</u>	1	La Ibérica	Planicie volcánica
Suelos grises oscuros arcillosos delgados y pedregosos	3	Gabriel Zamora	Planicie volcánica
	7	Antúnez	Meseta y planicie volcánica
	8	Parácuaro	Meseta volcánica
	25	Cancitas	Valle y planovalle volcánico
	28	Los Pozos	Planicie semimadura sedimentaria
<u>Sub-unidad 1b</u>	4	La Chauz	Planicie volcánica
Suelos grises oscuros migajón arcilloso delgados poca piedra	15	Tazumbos	Meseta volcánica
	16	Querusto	Meseta volcánica
	24	Santa Ana Amatlán	Meseta volcánica
<b>FAMILIA 2</b>			
<u>Sub-unidad 2a</u>	20	Calderitas	Meseta sedimentaria y aluvial
Suelos grises oscuros arcillosos profundos	10	Chadio	Planicie volcánica
	11	Altamira	Planicie volcánica
<u>Sub-unidad 2b</u>	5	Apatzingán	Planicie volcánica
Suelos grises oscuros de migajón profundos			Planicie volcánica
	18	El Bejuco	Meseta sedimentaria y planicie volcánica (transicional entre familias 2 y 3).
<b>FAMILIA 3</b>			
<u>Sub-unidad 3a.</u>	2	Colomotitán	Piedemonte y valle
Suelos cafés de migajón profundos	21	San Isidro	Planicie aluvial
	22	Presa del Rosario	Planicie volcánica
	23	La Piedra	Planicie aluvial
<u>Sub-unidad 3b</u>			
Suelos cafés de migajón arcilloso delgado	17	Presa de los Olivos	Piedemonte y valle
	19	Los Hablillos	Valles y piedemontes
<b>FAMILIA 4</b>			
	6	Ayucato	Planicie aluvial y pantanos
Suelos Hidromórficos con problemas de sales y/o sodio	9	La Guina	Planicie aluvial
	12	Hornos de Holanda	Planicie volcánica
	11	Fase de Altamira	Planicie
<b>FAMILIA 5</b>			
	13	El Corral	Planicie y terraza aluviales recientes.
Suelos recientes de vegas de ---			

absorción de estos suelos.

• Los agrietamientos provocan la mezcla de material del suelo a diversas profundidades y por lo mismo la ausencia de una clara distinción entre horizontes. Estos suelos contienen normalmente abundantes concreciones de  $\text{CaCO}_3$ .

La reacción o pH de los suelos negros es alcalina a través de todo superfil. Estos suelos se encuentran saturados con bases de Ca y Mg y en algunos casos Na absorbido.

En condiciones de mayor acidez se desarrollan los suelos café grisáceos (Vertisoles crómicos) los cuales pueden deber su color a la menor cantidad de ácidos húmicos y a la propia mineralogía de las rocas parentales, tal vez menos ricas en minerales relacionados con la montmorillonita durante su intemperismo.

Los suelos vertisoles, dado el tipo de clima (semiárido) en donde se desarrollan, la mineralogía específica (riqueza en bases y alta capacidad de intercambio iónico) y demás características físico-químicas, dan lugar a formas salinas y sódicas cuando no son debidamente manejados bajo condiciones de riego.

En el caso de nuestra área de estudio, dicha circunstancia ha dado lugar a la formación de suelos salino-sódicos en una superficie de 5 327 ha (2%) que aunque comparativamente es muy reducida, no deja de ser importante en cuanto a significar fuertes pérdidas económicas para la agricultura y en cuanto a mostrar que el problema puede agrandarse enormemente de no tomar las precauciones necesarias. Según los resultados de laboratorio y observaciones de campo, el grado de afectación de los suelos por este problema no puede considerarse como muy avanzado o grave, por lo que se considera que su recuperación es relativamente económica y no difícil.

Dentro del área de estudio se presentan 11 359 ha afectadas por mal drenaje, en donde el proceso pedogenético es el de gleización, aunque no claramente manifestado; y en donde a pesar de tal circunstancia no se han desarrollado procesos salinos significativos para la afectación de los vegetales en éste sentido. De dicha superficie 9 263 ha corresponden a suelos tipo vertisol crómico y los restantes 2 096 ha a Fluvisol éutrico. Las medidas que se adopten para solucionar el problema de drenaje en el caso de los vertisoles tendrán que ser más costosas que en el caso de los fluvisoles.

Los Fluvisoles éutricos son suelos que por sus características son muy aptos para la explotación agropecuaria y generalmen

te no presentan mayores problemas para su manejo.

Dentro de los vertisoles, grandes extensiones corresponden a suelos delgados (50 cm en promedio aproximadamente) y pedregosos o muy pedregosos en ocasiones; dicha pedregosidad en muchos casos es externa e interna.

A fin de evitar tener que mencionar la génesis de suelos para cada una de las series, se ha considerado más conveniente referirse a la génesis de las unidades de suelos las cuales agrupan evidentemente a series de suelos de génesis similar.

De hecho ya se ha expuesto lo que puede considerarse fundamental en la génesis de los suelos tipo vertisol pélico y vertisol crómico. Sólo habría que agregar que estos tipos de suelos, se han originado a partir del intemperismo de cenizas volcánicas de carácter mineralógico básico.

La génesis de los Fluvisoles éutricos se relaciona con la acumulación de sedimentos poligénicos aunque predominantemente de carácter básico. La manera de formación de estos suelos se traduce en una marcada juventud y por lo tanto en una incipiente general de los procesos formadores de suelos. En estos suelos no existe horizonte B, o bien en algunos casos éste se manifiesta débilmente.

Ya se mencionó en páginas anteriores que los vertisoles son suelos potencialmente salinos y sódicos, debido a las características físico-químicas ya descritas para este tipo de suelos. En el caso del área de estudio se han desarrollado procesos salino y/o sódicos en 5 327 ha, precisamente en suelos del tipo vertisol. Estos procesos han sido provocados por el hombre, debido al mal uso del agua de riego, que por lo tanto ha conducido a una elevación gradual de los mantos freáticos y de ahí al desarrollo de salinidad y/o sodicidad.

Por otra parte existe una superficie importante (11 359 ha) de suelos, casi en su mayor parte también vertisoles, en donde únicamente se ha provocado el problema de drenaje y por tanto procesos de gleización aunque probremente manifestados.

5.1.5.2 Resultados de la clasificación agrícola de los suelos con fines de riego.

Clases agrícolas.

Para la clasificación agrícola de los suelos con fines de riego, -

se utilizaron las especificaciones de la Subdirección de Agrológica de la SARH. La definición de las clases se transcribe a continuación:

#### CLASE 1.

Suelos con ninguna o muy pocas limitaciones para la irrigación son productivos y con un mínimo de manejo pueden producir cosechas de altos rendimientos en la mayor parte de los cultivos adaptados climáticamente.

#### CLASE 2.

Suelos que tienen de ligeras a moderadas limitaciones para fines de riego, son moderadamente productivos requieren un mejor manejo para obtener cosechas con altos rendimientos de los cultivos adaptados climáticamente.

#### CLASE 3.

Suelos que tienen de moderadas a severas limitaciones para fines de riego, son de productividad restringida para la mayor parte de los cultivos adaptados climáticamente o son suelos que requieren de un mejor manejo de alto nivel para obtener cosechas de moderadas a altos rendimientos.

#### CLASE 4.

Suelos que tienen muy severas limitaciones para fines de riego y generalmente son adecuados para unos cuantos cultivos adaptados climáticamente, que pueden crecer o producir bajo un nivel muy alto de manejo.

#### CLASE 5.

Suelos cuyas limitaciones actuales son de tal naturaleza que impiden su uso bajo riego. Requieren de un estudio especial (agronómico, económico y otros) o la terminación de los trabajos de mejoramiento para determinar su clasificación definitiva.

#### CLASE 6.

No irrigable.

#### Factores y parámetros empleados.

La clasificación de los suelos se hizo en base a la considera



ción de factores limitantes, los que en orden de importancia son: la pedregosidad, el espesor del suelo, el relieve, el drenaje y la salinidad. Para asignar la clasificación a un suelo, se tomó en consideración la interrelación entre los factores limitantes.

Las características que se tomaron en cuenta para realizar la clasificación de suelos son los que utiliza la Subdirección de Agrología de la SARH; enseguida se mencionan, la profundidad a los lechos de grava o de roca ( $S_2$ ); permeabilidad ( $S_3$ ); textura ( $S_4$ ); salinidad ( $A_1$ ); sodicidad ( $A_2$ ); la pedregosidad en el perfil ( $P_1$ ); erosión (E). En relación con la topografía se analizaron la pendiente ( $T_1$ ) y el relieve ( $T_2$ ). En cuanto a drenaje se analizó el drenaje superficial ( $D_1$ ), la profundidad del manto freático ( $D_2$ ) y la profundidad del estrato impermeable ( $D_3$ ). También se consideró el factor inundación (I).

La evaluación de los suelos se representa por un quebrado que tiene en el numerador la clasificación de los suelos y en el denominador lleva los símbolos de los factores limitantes.

En el cuadro 5.1.5.2.1, se presenta el área correspondiente a cada clase y su respectivo porcentaje. En este cuadro se ve que aproximadamente 80 000 ha corresponden a suelos de buena calidad; 46 000 ha presentan limitaciones severas, pero en muchos casos los factores limitantes se pueden eliminar (pedregosidad, drenaje, salinidad) por lo que muchos suelos podrían llegar a clasificarse como de segunda en un futuro a mediano plazo.

Los suelos de cuarta clase suman cerca de 31 000 ha y aunque sus factores limitantes varían de severos a muy severos, son suelos susceptibles de riego y/o rehabilitación.

En lo referente a las áreas de suelos vertisoles, que presentan problemas de pedregosidad, se estima que existen 12 621 ha con pedregosidad interna y superficial, que representan el 6.12% del total de la superficie estudiada; éstas áreas son en las que resulta muy difícil o impracticable el deshierde.

Asimismo se encuentran 80 471 ha con pedregosidad superficial y representan el 39.10% del total estudiado. Este tipo de pedregosidad puede ser eliminado gradualmente. El total de superficie con problemas de pedregosidad dentro del área de estudio es de 93 092 ha aproximadamente y representa el 45.22% del total.

## CUADRO 5.1.5.2.1

## CLASES DE SUELOS

Clase	Superficie ha	Porcentaje %
1	11 597	5.63
2	68 706	33.38
3	46 073	22.38
4	30 927	15.02
5	40 658	19.77
Sub total:	197 961	96.18
Poblaciones	5 148	2.50
Ríos	<u>2 710</u>	<u>1.32</u>
Total:	205 819	100.00

Para las áreas factibles, se considera que el despiedre debe ser una labor gradual, y para el área de estudio, ésta podría realizarse en un plazo de 10 años.

## 5.2

### Discusión de resultados.

El estudio agrológico semidetallado para la rehabilitación y ampliación del Distrito de Riego Cupatitzio - Tepalcatepec, cubrió aproximadamente una superficie de 205 819 ha, estimándose un tiempo efectivo aproximadamente de 1 160 horas para el desarrollo de los trabajos realizados, hasta la presentación de la memoria, en los cuales participaron 6 técnicos-especialistas en agrolología.

Se utilizaron fotografías aéreas blanco y negro pancromáticas en escala 1:500 000 y 1:25 000 las cuales se interpretaron utilizando los principios de la fotopedología; en el caso de las fotografías escala 1:50 000 se realizó el estudio pedológico ( Geología, Geomorfología, Red de drenaje, Análisis de la vegetación etc. ) y en las fotografías escala 1:25 000 se hizo la clasificación agrológica, de unidades y el uso actual, sin embargo, en ocasiones se combinaba el empleo de las dos escalas con el fin de aclarar dudas relacionadas con el estudio pedológico.

Dado que las fotografías escala 1:50 000 presentan un cubrimiento más extenso del terreno, en relación a la escala media y por lo tanto un panorama general del área de estudio, se pudo apreciar diferencias en las características y formación de los suelos; sirviendo dichas fotografías para la selección y número de los sitios de muestreo, de los cuales se señalaron 118 pozos agrológicos y 3 observaciones. El número de sitios de muestreo señalado, fué preliminar ya que la densidad de muestreo es variable según se presenten y observen los problemas en la fotointerpretación y en los trabajos de campo.

Se delimitaron 43 diferencias o unidades de suelos y en las cuales se incluyen 6 fases de esta.

Después de los trabajos de campo, el número de sitios muestreados fué de 136 pozos agrológicos, 25 barrenas de tubo, y 30 barrenas comprobatorias, por lo que se obtuvo un sitio de muestreo por cada 1 513 ha aproximadamente y se determinaron 26 series y 13 fases de suelos o sea 38 unidades diferentes.

Es necesario hacer notar que una de las ventajas del método es precisamente la disminución de la densidad de muestreo en comparación a otros métodos que regularmente presentan una densidad-muestreo aproximada de 1 pozo por cada 500 ha; lo anterior es debido a la sistemática del método, la que implica un uso más intensivo de la fotointerpretación; así mismo, podemos notar que la diferencia entre las unidades preliminares y las definitivas es prácticamente nula, por lo que se estima que la eficiencia de la interpretación de fotografías aéreas en esta fase fué del 90%, lo que se traduce en un ahorro de tiempo y costo.

Así mismo podemos decir que al aplicar la fotopedología, esta nos ayudó a la comprensión de la génesis de los suelos, por el hecho de que su metodología nos permite ver en conjunto la problemática y los factores de formación del área, así como la relación genética que existe entre las unidades de suelos, las que presentan gran similitud entre si mismas; esto último, en base a los estudios de campo y laboratorio, nos permitió agrupar las series de los suelos en familias de las cuales resultó que en el 81% del área los suelos corresponden a un mismo tipo genético, y se han clasificado taxonómicamente como vertisoles, según el sistema FAO/UNESCO. De acuerdo a la clasificación genética de la escuela rusa, se tiene que los vertisoles (81% del total de los suelos), corresponden a los suelos zonales grises de regiones semidesérticas, los fluvisoles (11% del total), corresponden a suelos intrazonales fluviogénicos, los gleisoles (6% del total), son suelos intrazonales hidromórficos y los suelos Solonchak-Solonetz (2% del total), son intrazonales hidrogénicos.

En el caso de la clasificación del uso actual de la tierra, el problema de identificación de cultivos fué relativo, puesto que al considerar la importancia de las características de las imágenes fotográficas tales como tono, textura, modelo, forma, sitio, etc; fueron de gran valor en la identificación de diversos productos agrícolas, ya que no solo se diferenció la agricultura de riego de la de temporal y las zonas frutícolas, sino que se definieron cultivos que presentan formas específicas de cultivarse así como diversos tipos de vegetación en los sitios de mal drenaje.

Los cultivos identificados, dadas sus características de cultivo y su patrón fotoaéreo fueron: algodón, cítricos, plátano, caña de azúcar, mango, pastos y arroz, todos en condiciones de riego; sorgo, ajonjolí, pastizales inducidos y maíz, en condiciones de temporal; y por último se diferenció la vegetación natural del área y la de zonas de mal drenaje (ve-

getación de tular), bosque de galería y vegetación secundaria de matorral.

Finalmente es necesario hacer notar que en el método fotopedológico ya descrito, se pueden emplear fotografías aéreas a color, infrarrojas e imágenes de satélite, en las que se interpretarán las características de los suelos y su medio ambiente; sin embargo, lo ideal es el empleo de fotografías blanco y negro pancromáticas en escalas medianas y pequeñas (1:10 000, 1:25 000 a 1:50 000, 1:70 000), en combinación con cualquiera de los otros tipos de fotografías o imágenes. Visto de otra manera, las imágenes de satélite no substituyen a las fotografías aéreas, en éstas se identifican perfectamente los límites de los patrones de los diferentes aspectos que marca el método (geología, unidades de suelos, uso actual, etc.), mientras que en las primeras, podríamos estudiar de manera general, aspectos como formaciones geológicas, asociaciones de vegetación y cambios morfológicos de la corteza terrestre.

El análisis de los datos obtenidos nos permitió definir las limitantes edáficas y climáticas que presentan los suelos del área, por lo que se pudo deducir que la mayoría del área estudiada (76.4%) debe dedicarse a la agricultura intensiva de riego; y para lograr un aprovechamiento integral del área, debe incrementarse la actividad pecuaria, pues en el proyecto se concibe a la ganadería como indispensable.

Para tener un conocimiento de la práctica agrícola actual y de los diversos factores que frenan la productividad agropecuaria, se describe el manejo de los suelos por series así como las recomendaciones en forma detallada para cada una de ellas; en forma general se describen los puntos anteriores:

La agricultura tiene limitaciones principalmente de pedregosidad, pendiente y profundidad de los suelos; en menor grado relieve, textura, salinidad y/o sodicidad, manto freático elevado y lluvia; por lo que se hicieron recomendaciones sobre técnicas de cultivo, el uso de fertilizantes químicos, manejo del agua de riego y selección de cultivos específicos para cada una de las series; lo anterior es con el fin de incrementar la producción agrícola en cada una de las series de suelos dadas sus condiciones específicas.

En lo que corresponde a silvicultura, no es una área forestal típica, ya que la vegetación nativa dominante es de selva baja caducifolia, sin embargo, existen muestras de árboles de interés industrial principalmente, los que pueden establecerse en las zonas cerriles y dentro del área agrícola,

tal es el caso de la Parota (*Enterolobium cyclocarpum*), Leucaena (*Leucaena* spp), Pinzán (*Pithecellobium dulce*), y Mezquite (*Prosopis* spp); se recomienda la introducción de especies valiosas que se puedan adaptar como el palo de Brasil, géneros *Condalia* y *Haematoxylum* y amapa, géneros *Cordia* y *Tabebuia*.

En los bordos de contención para la conservación del suelo, es aconsejable el establecimiento de maguey, tal vez el *Agave* tequilana o de las variedades productoras de fibra para usos industriales.

En el caso de la ganadería, las especies a explotar, de acuerdo al clima, a la agricultura tecnificada futura y a la experiencia actual, se recomienda la bovina, ovina, caprina, y equina. Los sistemas deben ser intensivos en todos los casos, sobre todo en los bovinos, en cuyas cruas deben ser dirigidas por técnicos de las instituciones de investigación pecuaria, ya que es factible el logro de una cuenca lechera y productora de carne.

La explotación intensiva de ésta especie debe basarse en la estabulación, semipastoreo o semiestabulación y de acuerdo al potencial forrajero de los suelos, deben utilizarse especies de corte.

En cuanto a las otras especies ganaderas, éstas deberán dedicarse al pastoreo de praderas establecidas, en algunos casos, mejorando los montes de arbustos para ramoneo. El incremento de la explotación de éstas especies, es de sumo interés ya que su carne tiene amplio uso en la alimentación humana y animal.

### 5.3

#### Logros y aportaciones prácticas de la Fotopedología.

Para poder considerar los logros y aportaciones prácticas de la fotopedología tanto en la ciencia del suelo, como en el desarrollo agropecuario, se requiere antes, explicar la importancia del suelo como factor productivo, las formas en que éste se estudia, las características de los estudios de suelos que se han realizado y se realizan en México, las superficies cubiertas y los beneficios que se han obtenido y se obtienen.

Generalmente no se comprende debidamente la importancia del suelo como factor de producción, y si en cambio, resulta más fácil percibir, por ejemplo, los beneficios del mejoramiento fitogenético, y los que se derivan de la aplicación de abonos y fertilizantes, del control de plagas y enfermedades.

des, del riego tecnificado, etc.

El suelo es un cuerpo natural independiente, el cual posee características físicas, químicas y biológicas específicas que lo hacen diferir completamente del horizonte C que puede ser o no la roca madre. El suelo, como dijo el gran científico soviético Glinka, a principios del presente siglo, es el espejo de la naturaleza; es decir, si comprendemos al suelo, comprenderemos a la naturaleza.

Las características de los suelos varían en función de los factores formadores de los suelos, y de la comprensión de dichas características relacionadas con los factores formadores, dependerán los tipos de recomendaciones para el mejor uso y manejo de los suelos, así como sus posibilidades de mayor productividad. El hombre puede utilizar inteligentemente a los suelos o bien, desaprovechar su potencial; el hombre puede conservar a los suelos o destruirlos.

La productividad de una cosecha se puede aumentar por usar variedades mejoradas de plantas o por fertilizar, pero ¿cuánto se puede aumentar la producción por conocer mejor los procesos y características de los suelos?; ésta es una pregunta difícil de responder, precisamente por la enorme complejidad de los fenómenos pedológicos; sin embargo, ya se sabe que a mayor conocimiento de las propiedades de los suelos, éstos se manejarán mejor, y en consecuencia serán más productivos.

Del suelo se hace investigación pedológica pura con el objeto de descubrir las leyes que gobiernan su origen, formación y distribución así como estudios prácticos que se basan en los descubrimientos de las investigaciones, con el objeto de clasificarlos para su manejo y explotación agropecuaria.

Desde 1926, año en que se fundó la Comisión Nacional de Irrigación, que posteriormente se transformó en la Secretaría de Recursos Hidráulicos, hasta 1968, fecha en la que se formó la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL), los estudios de clasificación de suelos se hacían exclusivamente con la finalidad de apoyar proyectos de riego. De esta manera, hasta la fecha, se han realizado estudios de clasificación de suelos en 50 millones de hectáreas con dicho objetivo, sin embargo, más de 35 millones de hectáreas han correspondido a estudios de gran visión en los cuales se hacen mapas esquemáticos gruesos de la clasificación de los suelos, y por lo tanto, sólo en 15 millones de hectáreas se posee un conocimiento aceptable del recurso suelo con fines de irrigación.

A partir de 1968, DETENAL ha hecho estudios de clasificación de suelos con fines de su explotación agropecuaria - en general; sin embargo, hasta la fecha, dicha institución, - no ha realizado más del 50 por ciento de la superficie total - del país.

Los estudios de suelos de la Secretaría de Recursos Hídricos, se realizaron hasta 1959, por el método tradicional de campo, en el cual se utilizaba la plancheta y normalmente se hacía el levantamiento topográfico simultáneamente al levantamiento agrológico.

A partir del año mencionado, y hasta la fecha, en México se utiliza la fotointerpretación como medio para clasificar a los suelos.

Sin embargo, es conveniente aclarar que en nuestro país no existe unificación de criterios para usar algún método específico de fotointerpretación, con excepción de la fotopedología, por lo que se presenta una mezcla de metodologías en las que definitivamente la influencia extranjera juega un papel muy importante.

De cualquier manera, los beneficios de los estudios de clasificación de suelos son los siguientes:

- Han permitido poner bajo riego alrededor de 5 millones de hectáreas,
- Han ayudado a la rehabilitación de aquellas áreas de riego en donde por la acción descuidada del hombre, los suelos se han degradado (salinización y mal drenaje, por ejemplo).
- Han auxiliado a la investigación agrícola, al proporcionar información relativa a las características de los suelos.
- Han ayudado a aumentar la producción agrícola en aquellos distritos de riego en donde se toman en consideraciones de los estudios (principalmente los del noroeste del país).
- Han auxiliado a la planeación agropecuaria regional, para aumentar la producción (Plan Jalisco por ejemplo).

Habiendo descrito el panorama general de los estudios de suelos en México y los beneficios obtenidos, ahora esta--



mos en condiciones de evaluar los logros y aportaciones prácticas de la fotopedología, tanto en la ciencia del suelo, como en el desarrollo agropecuario.

- a) Los técnicos que vieron en la fotografía aérea un elemento revolucionario y vital para los estudios de suelos en México, constituyeron la base para introducir definitivamente la fotointerpretación aérea aplicada a dichos estudios en México, en 1959. Es decir la fotopedología en ese entonces en ciernes, fue la promotora para una rápida introducción de las técnicas de fotointerpretación.
- b) La fotopedología se constituyó como una nueva disciplina científica en 1965, siendo México el país de su nacimiento. La fotopedología es una ciencia y su método de distinguir claramente de todos los existentes en el resto del mundo, en donde se ha considerado a la fotografía aérea como una herramienta de trabajo, pero no como un elemento innovador y revolucionario, y no como un factor de desarrollo de la ciencia misma del suelo y de la actividad agropecuaria. En los estudios de clasificación de suelos, los resultados generales han sido los siguientes:
  - b.1) Al salir al campo ya se cuenta con un mapa preliminar de suelos.
  - b.2) El costo de los estudios se ha reducido en un 70 por ciento.
  - b.3) El tiempo de ejecución se ha disminuido de 60 a 80 por ciento.
  - b.4) El muestreo de campo se ha reducido substancialmente.
  - b.5) Se pueden delimitar en las fotografías tres tipos básicos de texturas de suelos: arcilla, migajones y arenas.
  - b.6) Las fotodeducciones generalmente alcanzan aproximaciones que varían de 60 a 90 por ciento.
  - b.7) Se pueden establecer una gran variedad de patrones fotoaéreos y así utilizarlos en las diferenciación de cultivos en el uso actual de los suelos.

Los aspectos señalados en los incisos anteriores, se refieren a estudios detallados y semidetallados de suelos, y en

el caso de estudios de reconocimiento y gran visión, - las cifras de reducción aumentan muy considerablemente y en algunos casos es posible prescindir del muestreo de campo.

- c) La fotopedología aplicada ha constituido la base esencial para el aumento sustancial de la producción de maíz y sorgo en Jalisco y parte de la cuenca del río Lerma - ( Plan Jalisco, Plan Sorguero; 1963 a 1965), debido a la caleridad y eficiencia con que se hicieron los mapas de clasificación de suelos en 3 millones de hectáreas - a los cuales se les sobrepusieron las isoyetas, las curvas de altitud sobre el nivel del mar, y en la leyenda de los mapas, las recomendaciones de fertilización. Dichos mapas se distribuyeron entre los extensionistas agrícolas de la región considerada( isoyetas entre 800 y 500 mm y curva de altitud de 1 800 m sobre el nivel del mar). Como resultado a corto plazo, (dos años) no sólo se eliminaron los déficits de maíz y sorgo locales, sino que , además, se produjeron excedentes.
- d) La fotopedología ha sido aplicada al estudio y clasificación de los suelos en 17 millones de hectáreas. Tales estudios han servido de base: planes de desarrollo agropecuario para toda la cuenca Lerma-Chapala-Santiago - (Plan Lerma Asistencia Técnica, 1964 - 1968); mejoramiento de la producción cañera en los ingenios de Tala y Tamazula en Jalisco ( 60 000 ha); proyecto del nuevo distrito de riego de Tomatlán, Jal.; Mejorar la producción agrícola en el distrito de riego por subirrigación de Zacapú, Mich.; mejorar la producción de coco, plátano y limón en la planicie de Tecomán Colima, al realizar obras de drenaje; proyecto y rehabilitación de diversos distritos de riego y drenaje ( Altamirano, Villa Hidalgo, Teponahuaso y Costa Grande Gro.; Huatamo Mich.; Autlán Jal.; Texcoco y Arroyo Zarco, Méx.; Valles Centrales , Tuxtepec y Tehuantepec, Oax.; Actopan, La Antigua, Cotaxtla, Los Naranajos y Usapanapa, Ver.; área contigua a La Chontalpa Tab.; en la margen derecha del río Tonalá; Bajo río Bravo y Bajo San Juan, Tamps.) de la superficie total mencionada, 4.85 millones de hectáreas se estudiaron durante los últimos cinco años para apoyar proyectos de riego y drenaje de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, con la intervención de sólo 7 profesionistas de los cuales únicamente 3 son fotopedólogos; este dato da idea de la eficiencia y velocidad con que se trabaja al aplicar a la fotopedología.

- e) La fotopedología ha sido aplicada directamente en el extranjero por mexicanos. ( República Dominicana y Perú)
- f) Los conocimientos fotopedológicos han sido comunicados a todos los países latinoamericanos.
- g) La fotopedología ha sido promovida a través de cursos especiales para estudiantes, graduados y postgraduados.
- h) La fotopedología tiene la gran virtud científica de relacionar íntimamente a las siguientes ciencias: pedología, geología, geomorfología, sedimentación, estratigrafía, - ecología vegetal, climatología, fotointerpretación y fotogrametría.
- i) La fotopedología ha mostrado ser de gran utilidad en investigaciones de pedología pura.
- j) Al ser causa de polémicas, la fotopedología ha contribuido a concientizar a los interesados en el uso de la fotointerpretación.

La importancia capital del suelo como factor fundamental de producción de alimentos y satisfactores no es discutible; asimismo se reconoce ampliamente que, con la excepción de países sumamente avanzados y desarrollos, el mal manejo actual de los suelos promueve su degradación y destrucción acelerada, así como la reducción en los rendimientos - de los cultivos.

Por otra parte, también se reconoce que la clasificación de los suelos es la base para elaborar planes y programas de manejo y conservación de suelos; y que de su investigación y estudio se obtienen importantes datos para mejorar notablemente la producción agropecuaria.

Si se reconoce lo expresado en los párrafos anteriores, y si además consideramos la fuerte explosión demográfica y los desórdenes sociales y económicos internacionales, también se reconocerá la gran importancia de efectuar estudios intensivos de clasificación de suelos a nivel de territorios nacionales, con la mayor rapidez y precisión, y al menor costo posible.

Desafortunadamente en nuestro país, como ya lo hemos mencionado, aún en 1979 no poseemos un conocimiento adecuado de nuestros suelos, ni tampoco contamos con una clasificación de éstos a nivel nacional ( con excepción de mapas --

gruesos de grandes grupos de suelos a escalas muy pequeñas como la de 1:2 000 000). DETENAL, a pesar de usar a las fotografías aéreas, en lo que lleva de existencia, no ha completado ni siquiera el 50% de la superficie del país. Naturalmente que, entre otras causas, esto se puede deber a circunstancias de orden económico o burocrático, pero es un hecho también, que no han explotado debidamente el potencial de las fotografías aéreas.

Por lo anterior, resulta importante asentar que debe hacerse el levantamiento agrológico nacional a la mayor brevedad posible, para lo que deberán usarse los mayores recursos tecnológicos de que se disponga, entre los cuales la fotopedología puede ser, sin duda, la base fundamental.

## 6. CONCLUSIONES

A raíz de la iniciación de la etapa moderna de la construcción de obras de riego en 1926 por la Comisión Nacional de Irrigación, se manifestó la necesidad de llevar a cabo estudios agrológicos, la utilidad y necesidad de estos ha sido demostrada ampliamente desde los primeros meses de la existencia de la CNI.

Dichos estudios, están constituidos por dos aspectos principales que son el estudio del suelo propiamente dicho y un estudio socioeconómico; esta es la forma en que se han venido desarrollando en nuestro país.

La metodología usada en los levantamientos agrológicos en México, fué recopilada y publicada por el ingeniero agrónomo - Mario Macias Villada ( 1965) para la desaparecida Secretaría de Recursos Hidráulicos; actualmente existen combinaciones de esta metodología con manuales de levantamientos de suelos de los E.U. cuyas bases se explican ampliamente en la primera parte de este trabajo.

Los estudios agrológicos con fines de riego que se llevan a cabo, presentan cuatro categorías de acuerdo a su nivel de detalle, en el caso de los estudios por capacidad de uso, estos presentan categorías similares aunque relativas a temas más generales que los detallados para los proyectos de riego contribuyendo al conocimiento general de los suelos del país en cuanto a su potencialidad de explotación agrícola ganadera, forestal, de conservación del suelo, etc.

El empleo de la fotografía aérea en los levantamientos de suelos de nuestro país, ha sido realmente de unos 20 años a la fecha; no obstante lo anterior, solo con algunas excepciones se le da un uso adecuado a las fotografías aéreas, (tal es el caso de la fotopedología) ya que la mayoría de los organismos que utilizan a estas en los levantamientos agrológicos, las emplean casi como mapas ricos en detalles que en muchos casos pueden ser pobremente aprovechados; esto es debido a la falta de intérpretes bien preparados y principalmente a la falta de escuelas o cursos especializados en esta materia.

La fotografía aérea utilizada en la interpretación es fundamentalmente de eje vertical, la cual debe cumplir una serie de requisitos que favorezcan la obtención de buenas imágenes convenientes a los propósitos fotointerpretativos.

Las imagenes fotográficas de los objetos representan en cierta manera a las características de los mismos, las cuales se determinan mejor en estereoscopio. Para poder reconocer -

los objetos mediante sus imágenes es necesario examinar sus características fotográficas como el tamaño, la forma, el tono, la sombra, el modelo, la textura, el sitio, etc.

En la fotointerpretación, las características de las imágenes fotográficas, se han considerado como criterios útiles en la identificación de objetos; estos criterios han dado origen a varias metodologías que enseñan a manejarlos de una manera conveniente para facilitar su identificación. El método de la convergencia de evidencias es aplicable a cualquier propósito fotointerpretativo y sirve de base o apoyo a otras metodologías especializadas en propósitos específicos. La fotopedología utiliza el método de la convergencia de evidencia.

La conveniencia de llevar a cabo estudios agrológicos por fotointerpretación y complementaria con estudios de campo y laboratorio según la categoría del estudio, está ampliamente demostrada, resultando una mayor eficiencia con respecto a los procedimientos convencionales que se venían usando; por lo que es necesario hacer uso intensivo de la fotointerpretación en México con el objeto de conocer los recursos como el suelo, con lo que se tendrá una base para la estimación real de la producción agrícola del país en función de la capacidad productiva de los suelos.

La fotopedología se basa principalmente en los principios pedológicos de Dockuchaev y en los principios de la fotointerpretación y se auxilia de ciencias terrestres como la geología, climatología, geomorfología, sedimentación ecología vegetal y en la lógica fundamentalmente.

La secuencia que presenta el método fotopedológico, está elaborada en una forma lógica conveniente, y aunque presenta diferentes fases, estas se suceden consecuentemente una tras otra.

El método fundamentalmente tiene como objetivo el estudio y análisis de los factores de formación de los suelos mediante el uso de fotografías aéreas valiéndose del proceso inductivo-deductivo para estimar las propiedades de los suelos. Es importante hacer notar que de no seguir la secuencia del método, ni tener los conocimientos necesarios relacionados con la fotopedología y las diferentes ciencias auxiliares de esta, el empleo del método no tendrá la validez necesaria para respaldar la fotointerpretación efectuada; esto puede suceder con el empleo de cualquier otra metodología, por lo tanto para no hacer esfuerzos y trabajos innecesarios y convertirnos en intérpretes empíricos, es necesario mantener un nivel creciente de conocimientos que nos permita elaborar nuestro trabajo con el mínimo de dificultad y con el máximo de rendimiento, en donde nuestro trabajo desarrollado presentará una estructura lógica con un alto grado de confiabilidad.

El método fotopedológico es el resultado de las experiencias y esfuerzos durante varios años de trabajos e investigaciones, que a la fecha ha dado buenos resultados, sin embargo como cualquier otro método no es infalible por lo que está sujeto a críticas, las que de un modo u otro ayudarán al perfeccionamiento de esta técnica empleada en el estudio de los suelos.

El método permite el uso simultáneo de fotografías a color o imágenes de satélite con fotografías blanco y negro pancromáticas, pero definitivamente no se deben sustituir las fotografías aéreas blanco y negro, en los levantamientos de suelos en las que se lleve a cabo la fotointerpretación; en todo caso es conveniente se usen estas de manera simultánea con otros tipos de fotografía.

La fotopedología puede ser aplicada a estudios de reconocimiento o de gran visión, hasta puede ser aplicada a estudios muy detallados de suelos así como en estudios de uso potencial de los suelos; ya que la estrategia fundamental del método, no varía con el tipo de estudio y se auxilia con el uso simultáneo de dos, tres o más escalas de fotografías aéreas o bien imágenes de satélite.

Para la fotopedología es importante el área fotográfica que se requiere para delimitar una área de suelos; por lo que en el caso de Apatzingán las fotografías escala 1:25 000 cubren el área de estudio, pero las fotografías escala 1:50 000 abarcan gran parte de la cuenca del Tepalcatepec lo que ayudó en gran manera en los estudios de geología, geomorfología y génesis de los suelos del área. El empleo del método fotopedológico en el estudio Agrológico Semidetallado del Distrito de Riego Cupatitzio - Tepalcatepec, permitió la combinación de fotografías aéreas a escalas 1:25 000 y 1:50 000, en la interpretación preliminar, lo que permitió la definición de 43 unidades de suelos; ya con el estudio de campo y la segunda fase de gabinete se definieron 38 unidades de suelos lo que demuestra un grado de coincidencia grande en los conceptos de series logrados en el gabinete.

Los resultados de la clasificación de los suelos con fines de riego demuestran que el área estudiada es potencialmente agropecuaria con una capacidad para desarrollar una agricultura intensiva de riego, ya que las características fisiográficas y climáticas de la zona, permiten la adaptación de una gran diversidad de cultivos altamente remunerativos; así mismo puede incrementarse una ganadería diversa en donde el ganado de carne puede ser explotado al máximo con resultados bastante aceptables ya que no habría problemas por el abastecimiento de forrajes.

Se considera que los resultados y su discusión, respaldan en forma amplia la exposición del método y que dichos resultados son buenos ya que los límites de series y clases tuvieron pocas

modificaciones y se tuvo un ahorro considerable en el muestreo de campo lo que se tradujo en ahorro de tiempo y economía.

Por último, se espera que este trabajo, sirva para orientar a aquellos que estudian los suelos y que coadyuve a un mejor aprovechamiento de la interpretación de fotografías aéreas.

Del mismo modo, el trabajo puede servir en forma introductoria en la impartición de cursos sobre fotointerpretación aplicada al estudio de los suelos, a la agrología y la pedología, en la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara u otras escuelas o facultades de agronomía, debiéndose enfocar principalmente en las orientaciones de suelos y fitotécnica. De ser posible, es conveniente que se extiendan estos conocimientos en mayor o menor grado, según sea el caso, en todas las orientaciones de la carrera de agronomía.



BIBLIOGRAFIA

- AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. Manual of photographic interpretation. Pub. by American Society of photogrammetry. Washington, D.C. 1960.
- BENAVIDES, S.T. Introducción a la fotointerpretación en estudios del terreno y aplicaciones en investigaciones hidrológicas (P.P. 105-138). Rev. CIAF vol. 3 No. 1 Bogotá Colombia, 1976.
- COHEN, M.R. Introducción a la lógica. 5a. reimp. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 1975.
- FLORES, R.D. Algunos conceptos sobre el clima. - (Apuntes mimeografiados). México, D.F. 1975.
- GARCIA, E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2a. ed. Ciudad Universitaria, UNAM, México, D.F. 1973.
- GARCIA, LL.F. La fotointerpretación aérea y su aplicación a los estudios de clasificación de suelos. Tesis ing. Agr. Chapingo Escuela de Agricultura, México, 1966.
- GOOSEN, D. Interpretación de fotos aéreas y su importancia en levantamientos de suelos. ITC/FAO, Roma, 1968.
- GUERRA, P.F. Principios de Fotointerpretación. In: Sociedad Mexicana de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia, A.C. Primer ciclo de mesas redondas sobre F.F. y G. México, D.F. 1969-1970. Tema. México, D.F. 1970 PP. I-1,9.
- HERMESDORF, R. Normas de redacción agrícola. Folleto Misceláneo No. 22. INIA. SAG. Chapingo, México, 1971.
- JOFFE, J.S. Pedology, second edition. Pedology pub. New Jersey, USA 1949.

KLINGEBIEL, A.A. y MONTGOMERY, P.H.  
 Land - Capability Clasification. Agriculture hand book No. 210. Soil conservation service, USDA, 1961.

LAMINE, D.  
 Evaluación del área de influencia del Plan Chiautla, Edo. de Puebla. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados, --- SARH, Chapingo, México , 1978.

LOBECK, A.K.  
 Geomorphology. Mac Graw Hill. --- New York, USA, 1939.

LONGWELL, CH. R. y FLINT, R.F.  
 Geología Física. Trad. Luis Benavides G. 2a. reimp. Limusa, México, D.F. 1974.

MACIAS, V.M.  
 Procedimientos para levantamientos-agrológicos y estudios agroeconómicos. Departamento Agrología, SRH, - México, D.F. 1961.

MAC LEAN, A.  
 Comunicación escrita. Ed. IICA. San José, Costa Rica, 1975.

MEXICO.  
 INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS. Guía para la asistencia técnica agrícola. Area de influencia del campo Agrícola Experimental "Valle de Apatzingán". CIAB, México, 1977.

MEXICO.  
 DIRECCION DE AGROLOGIA. Especificaciones Generales para Estudios - Agrológicos S.R.H., México, D.F. 1973.

- - -  
 Metodología para el informe de un estudio Agrológico Semidetallado. Publicación 4. SRH, México, 1976.

- - -  
 Guía para la descripción de perfiles de suelos. Proyecto FAO/UNESCO. SRH, México, D.F. (s.f.).

- - -  
 Definición de las unidades de suelos para el mapa de suelos del mundo. Proyecto FAO/UNESCO. R. Dudal. SRH, México, D.F. 1968.

- - -  
Técnicas de microscopía electrónica. Trad. Benjamín Miramontes F. -- SRH, México, D.F. 1975.
- - -  
Estudio Agrológico Detallado de la - Primera Unidad del Proyecto de riego Río Tomatlán, Jal. serie estudios Pub. No. 9, SRH, México, D.F. - 1976.
- - -  
Estudio Agrológico semidetallado del Proyecto de riego Los Naranjos, -- Qro. SRH, Queretaro, Qro. 1976.
- - -  
Metodología para el informe de un - Estudio Agrológico de Reconocimiento. Pub. No. 5.2a. ed. SRH, México D.F., 1975.
- - -  
Metodología para el informe de un - Estudio Agrológico detallado. 2a. ed. Publ No. 3 SRH, México, D.F. 1975.
- MEXICO.  
DEPARTAMENTO AGRONOMICO. Memoria del primer Colegio Agrológico de Meoqui, Chih. CNI, Villa de Meoqui, Chihuahua, México, 1928.
- MIRANDA, E. y HERNANDEZ, X. Apuntes de geobotánica. Sección biotipos. Colegio de postgraduados, Chapingo, México, s.f.
- ORTIZ, M.R. Manejo de áreas de temporal. Plan del Lerma. s.n.t.
- PEÑA, R.F. Métodos de fotointerpretación aérea - en estudios de clasificación de suelos. In Sociedad Mexicana de la Ciencia - del Suelo. V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Guadalajara, Jal.- México 1971. Ponencia. Guadalajara, México 1971. p.p. 31-46.
- PEÑA, R.F. FOTOPEDOLOGIA. 15 años de fotointerpretación aérea aplicada a la ciencia del suelo en México. EYPSA, - México, D.F. 1974.

PEÑA , R.F.

Apuntes para la clase de geología aplicada a la ingeniería civil. 2a. ed. Facultad de ingeniería, ITG. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. México, 1971.

- - -

Principios de fotointerpretación .s.n.t.

- - -

Fotopedología, contribución mexicana a la ciencia del suelo y al desarrollo agropecuario. Tema concursante Premio -- BANAMEX de Ciencia y Tecnología México, D.F. 1976, México, D.F. 1976. p.p. 21-26

- - -

Fotogrametría, sus aplicaciones al levantamiento de riego y a los estudios de -- suelos. Tesis Ing. Agr. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México, -- 1959.

- - -

Filosofía de la fotointerpretación. In Sociedad Mexicana de Fotogrametría, Fotointerpretación y Geodesia, A.C. IV Congreso Nacional de Fotogrametría y Fotointerpretación y Geodesia. México, D.F. 1976. Ponencia. México, D.F. 1976.

RIVERA, M.J.

Clasificación de suelos, empleando fotografías aéreas. Departamento de Uso -- de Terreno, SRH, Vol. XX No. 4 México, D.F. 1966.

THORNTHWAITE, C.W.

Segundo sistema del cálculo del clima-- Trad. Miguel Perez G. Ingeniería Hi-- dráulica en México. Vol. XXI No. 3 -- México, D.F. 1967, p.p. 174-196.

U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE .

Manual de clasificación de Tierras con fines de riego. Trad. Antonio J. Estrada. Caracas, Venezuela, 1963. Vol. V.

VERUETTE, F.J.

La fotointerpretación en Agrología. In -- Sociedad Mexicana de Fotogrametría, - Fotointerpretación y Geodesia. A.C. Primer Cíclo de Mesas Redondas sobre F. F. y G. México, D.F. 1969-1970. Tema. México, D.F. 1970. p.p. XIV-1,8.