

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



LA FOTOINTERPRETACION APLICADA AL USO POTENCIAL DEL SUELO

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

PRESENTA

ENRIQUE ALFREDO RODRIGUEZ ZATARAIN

GUADALAJARA, JALISCO, 1978



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

LOS BELENES, ZAPOPAN, JAL.

MARZO 14 DE 1975

Apdo. Postal No. 129

SECCION.....  
EXPEDIENTE.....  
REFERENCIA.....  
NUMERO..... 1779

C. Enrique Alfredo Rodríguez Zatarain

dando contestación a su comunicado de fecha Ago. 10. 1973, me permito informar a usted que la comisión técnica le ha aprobado el tema de tesis "LA FOTOINTERPRETACION APLICADA AL USO POTENCIAL DEL SUELO"

para el desarrollo de esta tesis se designa como director al señor Ricardo Maciel Gutiérrez y como asesores a los señores Ing. Antonio Alvarez González e Ing. José Alatorre Díaz

sin otro particular de momento nos es grato reiterarle la más distinguida consideración.

A t e n t a m e n t e .

"PIENSA Y TRABAJA"

El Director.

Ing. RAMON PADILLA SANCHEZ

hlg.

A mis Padres

Por los cuales siento un  
gran cariño y gratitud.

A mis Hermanos

Cuya inapreciable compañía y  
valiosos consejos me ayudaron  
en el transcurso de mi carrera.

A Eida Leonor

Con cariño.

A mis amigos y compañeros

Por el estímulo que en  
su convivencia encontré.

A la Escuela de Agricultura

a mis maestros, que con su  
espíritu de enseñanza me\_jo\_  
raron mi saber.

A la Universidad de Guadalajara

Expreso mi agradecimiento a la Comisión de Estu  
dios del Territorio Nacional ( CETENAL ), por las facilita--  
des brindadas para la realización de este trabajo.

Al Ing. Ricardo Maciel G. por su ayuda en la --  
dirección y ordenamiento de la presente obra.

Al Ing. José Alatorre D. por sus valiosas opinio-  
nes.

Al Ing. Antonio Alvarez G. por su apoyo y valiou  
sa colaboración.

A todas aquellas personas que de una u otra for--  
ma intervinieron en su realización.

## INDICE

INTRODUCCION . . . . .	1
ANTECEDENTES . . . . .	3
JUSTIFICACION DEL METODO . . . . .	5
CAPITULO 1: FOTOINTERPRETACION . . . . .	8
1.1.- ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE FOTOINTERPRETACION	
1.2.- PRINCIPIOS DE FOTOINTERPRETACION	
1.3.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE VISION ESTEREOSCOPICA	
1.4.- MATERIALES Y METODO	
1.41.- MATERIALES	
1.41-1.- APARATOS DE OFICINA	
1.41-2.- APARATOS DE CAMPO	
1.42.- METODO	
1.5.- DESCRIPCION GENERAL DE PROCEDIMIENTO	
1.51.- VIAJE PRELIMINAR A LA ZONA	
1.52.- MAPA INDICE DE VUELOS	
1.53.- MOSAICO FOTOGRAFICO	
1.54.- ESCALAS	
1.55.- FOTOINTERPRETACION	
1.56.- ITINERARIOS	
1.57.- VERIFICACION DE CAMPO	
1.58.- RE-INTERPRETACION	
CAPITULO 11: INFORMACION OBTENIDA POR MEDIO DE LA FOTOINTERPRETACION . . . . .	33
2.1.- ELEMENTOS BASICOS PARA FOTOINTERPRETAR	
2.11.- TOPOGRAFIA DE LA ZONA (RELIEVE)	
2.12.- DRENAJE	
2.12-1.- ROCAS SEDIMENTARIAS	
2.12-2.- CARACTERISTICAS GENERALES DE ESTAS - ROCAS	
2.12-3.- DENSIDAD DE DRENAJE	
2.12-4.- PRINCIPALES PATRONES DE DRENAJE	
2.13.- EROSION	
2.14.- TONO O COLOR	
2.15.- USO DE LA TIERRA	
2.2.- CONDICIONES AGROLOGICAS ACTUALES	
2.3.- GRADO DE CONSERVACION	

- 2.4.- CLASIFICACION DE CAPACIDADES AGROLOGICAS
  - 2.41.- EJEMPLO
- 2.5.- USO ACTUAL

CAPITULO III: USO POTENCIAL . . . . . 56

- 3.1.- CONSIDERACIONES GENERALES
- 3.2.- FACTORES LIMITANTES
  - CLIMA
  - A) DISPONIBILIDAD DE AGUA
  - B) PENDIENTE
  - C) PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO
  - D) OBSTRUCCIONES
  - E) INUNDACION
  - F) SALINIDAD
  - G) ALCALINIDAD -SODICIDAD
  - H) ACIDEZ
  - I) NIVEL DE FERTILIDAD
  - J) EROSION
  - K) DRENAJE INTERNO
- 3.3.- INDICACIONES GENERALES PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO
  - 3.310.- DISPONIBILIDAD DE AGUA
  - 3.311.- PENDIENTE
  - 3.312.- PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO
  - 3.313.- OBSTRUCCIONES
  - 3.314.- INUNDACION
  - 3.315.- SALINIDAD
  - 3.316.- ALCALINIDAD-SODICIDAD
  - 3.317.- ACIDEZ
  - 3.318.- NIVEL DE FERTILIDAD
  - 3.319.- EROSION
  - 3.320.- DRENAJE INTERNO
- 3.4.- CULTIVOS VIABLES
- 3.5.- USO POTENCIAL

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . . 124

BIBLIOGRAFIA . . . . . 126

## INTRODUCCION

El señalamiento de las características y posibilidades óptimas de desarrollo agrícola, proporciona las bases de una racional planeación económica a cualquier nivel, ya sea local, zonal, regional o nacional y permite la recuperación, transformación o el desarrollo de áreas hasta entonces indebidamente aprovechadas.

El tiempo apremia y es necesidad urgente, por ser vital, el conocimiento de nuestros recursos en su verdadera dimensión para poder decidir el uso apropiado de los mismos. Es conveniente por lo tanto, contar con procedimientos técnicos acordes al conocimiento científico actual, que nos permitan determinar de la manera más rápida posible, sin menoscabo de la realidad, la extensión y calidad, en éste caso del recurso suelo, para su correcta explotación y manejo.

Por lo anteriormente expuesto, se eligió la aerofotointerpretación como un medio adecuado para conocer las probables condiciones agrológicas de un terreno y sujeta esta suposición, a una posterior verificación en el campo. El resultado de laboratorio que se obtiene del análisis del suelo, nos ampliará el conocimiento de sus características físicas y condiciones químicas actuales, para posteriormente y partiendo de ese conocimiento integral, sugerir indicaciones que con---



duzcan al Uso Potencial del mismo, lo cual constituye prácticamente la finalidad propuesta.

El cambio supuesto de calidad que experimenten los suelos al ser sujetos efectivamente a factores recuperadores o transformadores según las normas establecidas, que actúen reduzcan la influencia de otros factores contrarios que limitan en mayor o menor grado la producción agrícola, traerá como consecuencia un aumento de su capacidad agrológica y por ende de su productividad, lo cual repercutirá directamente en la elevación de ingresos de los habitantes de una región, trayendo consigo una mejora en su nivel de vida y se reflejará, en el ámbito nacional, en un saludable impulso a nuestro desfavorecido sector primario.

## ANTECEDENTES

El uso de la interpretación de las fotografías aéreas - como fuente de información para el conocimiento de los recursos, es relativamente reciente en nuestro país, lo cual no ha sido obstáculo para que adquiriera la importancia que tiene en la ubicación, determinación y estudio de la potencialidad, en éste caso concreto, de nuestros suelos.

Recientemente se han incrementado en los programas - de las diversas Secretarías que manejan los recursos del país - la utilización de la técnica fotointerpretativa como una valiosa ayuda en el desarrollo de sus respectivas actividades, así como la localización de nuevas áreas susceptibles de desarrollo.

En forma específica la Comisión de Estudios del Territorio Nacional, (CETENAL) ha emprendido desde su creación - (octubre 1968), estudios a nivel de semidetalle sobre diversos aspectos relacionados con el suelo (fisiografía, Edafología, - Geología, Uso Actual, etc.) de nuestro país, valiéndose en gran parte de la interpretación de fotografías aéreas, así como de su respectiva verificación de campo y su correlación con la misma información cartográfica por ella obtenida. Así mismo, considera el señalamiento y puesta en práctica de propo-

siciones tanto en el aspecto agrícola como en el del mejoramiento de la población rural, a través de medidas que conducen a éste objetivo, como son señalamientos de mejora y conservación de suelos y de obras de infraestructura (camino, agua potable, servicios varios, etc.) respectivamente, esto es, haciendo Uso Potencial del terreno en general, aspecto conocido desde hace mucho tiempo, pero recientemente plasmado en mapas o cartas prácticas puestas a disposición de todos los niveles interesados, desde Secretarías hasta núcleos ejidales y particulares, ligados directa o indirectamente al desarrollo del país.

## JUSTIFICACION DEL METODO

El conocimiento de una gran área, específicamente de la calidad de los terrenos contenidos en la misma, en realmente poco tiempo, con resultados aceptables en calidad y precisión, bajos costos, etc. hace de la fotointerpretación un medio de gran utilidad para realizar este tipo de trabajos. El conocimiento de los recursos por este sistema es de innegable utilidad, teniendo en cuenta la celeridad que demandan las soluciones de las necesidades agrícolas de nuestro país.

Es posible determinar en realidad, la capacidad agrícola de una gran área, suponiendo 1000 km<sup>2</sup>, una vez que se disponga del mosaico fotográfico de dicha zona en unos 25 días como promedio y dedicándose una sola persona a ese trabajo específico, dependiendo del grado de dificultad que presente el terreno en estudio (dificultades topográficas de menor o mayor importancia desde el punto de vista de desarrollo agrícola, etc.) incluyendo la verificación en el campo y la posible corrección de errores y aclaración de dudas, suponiendo que se cuente con toda la información cartográfica requerida para el desarrollo del trabajo.

Esta área delimitada en el mosaico fotográfico (aproximadamente 1000 km<sup>2</sup>.), representa por lo tanto 100 000 has., las cuales significan una considerable área susceptible de de-

sarrollo para los propósitos que por sus condiciones topográficas, edáficas, climáticas, etc., se consideren convenientes.

La visión tridimensional o estereoscópica nos brinda una información muy valiosa, por ejemplo:

- a) Modelado del terreno (Drenajes, Parteaguas, Relieve general del terreno: elevaciones, depresiones.)
- b) Una idea de los procesos que actúan sobre el modelado terrestre.
- c) Los tipos de suelo.
- d) Los tipos de vegetación.

Otras ventajas que ofrecen las fotografías aéreas son:

- a) Ubicarse en el terreno y hacer observaciones (exámen de una zona sin estar realmente en ella.)
- b) Conocer la Toponimia de la región.

Estos dos últimos son de gran valor, sobre todo cuando se carece de mapas preliminares.

En cuanto al trabajo de campo, es a partir de las fotografías aéreas como se prepara y no se recorre la región a la aventura, sino que se irá a lugares previamente escogidos para realizar la verificación sobre el terreno.

En ésta forma se comprueba la hipótesis formulada

al fotointerpretar, por consecuencia, la economía que se obtiene es considerable en comparación a los métodos comunes y corrientes.

## CAPITULO I

## FOTOINTERPRETACION

## 1.1.- ALGUNOS CONCEPTOS SOBRE FOTOINTERPRETACION.

En la actualidad, ya no es adecuado concebir un estudio de los recursos naturales sin que intervenga la ayuda, en una u otra forma, del uso de las fotografías aéreas.

Las formas empleadas son:

- 1) Uso general de las fotografías.
- 2) Uso específico.

Cuando hablamos de un "uso general", todos los usuarios de fotografías aéreas tienen en común ciertas formas de interpretación que es lo que conocemos como el uso general de ellas como por ejemplo la basada en la serie de elementos generales básicos y comunes, usados para fotointerpretar como son: tamaño, forma, tono, color, etc., de las distintas imágenes observadas.

En el caso de un "uso específico", como puede ser una ciencia en particular, dentro de las llamadas "ciencias de interpretación" y que son las ciencias que en el momento actual emplean las fotografías aéreas para sus propios fines como son:

- a) Suelos
- b) Vegetación

- c) Aguas
- d) Geología
- e) Geografía y planificación regional.
- f) Oceanografía
- g) Ingeniería
- h) Cartografía
- i) Arqueología
- j) Arquitectura, etc.

Estas disciplinas científicas y otras más, aplican la fotointerpretación para extraer de la vasta información de cada par de fotografías, los datos necesarios para su campo particular de estudio (uso específico). A fin de hacer esto, deben los fotointérpretes aprender a manejar las fotografías aéreas y deben saber además como se presentan los objetos de la tierra en la imagen fotográfica. El fotointérprete ve sus fotografías no como una figura, sino como la reflexión de una enorme variedad de fenómenos naturales, de la relación compleja de los cuales deduce la información requerida. De esta manera, estudiando las fotografías sistemáticamente y con un control de campo adecuado para que sea útil la fotointerpretación aérea, el geomorfológico puede identificar características como ríos abandonados, bajíos, lomeríos, pies de monte, abanicos aluviales, etc.; mientras que el geólogo le interesarán las cordilleras, cerros,



etc.; el ingeniero civil está interesado en la condición del terreno para el proyecto de caminos, canales de riego, presas, - etc.; y el botánico encontrará modelos interesantes de vegetación en los distintos puntos del terreno. El especialista en suelos, conociendo que al tipo de suelos está estrechamente relacionado al relieve, condiciones de drenaje, vegetación y otros rasgos, puede estudiar aquellas características y de esta manera hacer su inventario de suelos: por último, el ingeniero agrónomo observa la ubicación de las diversas zonas de cultivos -- y sus relaciones con las diferentes clases de suelos, climas, - relieves, para decidir en último caso, el uso apropiado de los terrenos estudiados en las fotografías.

Es necesario hacer una aclaración, que entre el Uso - General de las fotografías aéreas y el Uso Específico de ellas se deberá tener en cuenta una serie de conocimientos y experiencias que son propias de la materia y del intérprete mismo y de ellos dependerá el obtener una buena o mala interpretación. El fotointérprete, debe pues, evaluar correctamente los rasgos de la fotografía que son de interés para su estudio particular, juzgar su significado y descartar aquellas características que no son relevantes para su estudio.

Ya que el tema tratado es la fotointerpretación, daremos a continuación algunas definiciones de este concepto:

Fotointerpretación: es el estudio de la imagen, de --

aquel o aquellos objetos fotografiados y su significado.

Baker lo define como el estudio sobre fotografías con el fin de aprender la naturaleza o el significado de los diversos objetos fotografiados.

Godman (1960), el término fotointerpretación lo define como "la identificación y el reconocimiento de los objetos" tomando como base precisamente las fotografías.

## 1.2.- PRINCIPIOS DE FOTOINTERPRETACION.

Un buen conocimiento técnico de fotografías e instrumentos es una base común para toda fotointerpretación. También el fotointérprete debe darse cuenta que las fotografías muestran el terreno en diferentes tonos de gris que van del negro al blanco (en fotografías pancromáticas) y que éstos tonos diferentes son causados por diferencias en la reflexión de los objetos en la superficie de la tierra. Debe notar además, que el relieve es más exagerado en la imagen estereoscópica que en la realidad. Esto es una ventaja; sin embargo, requiere un cierto entrenamiento para transformar la impresión exagerada en términos reales. Las distorsiones mostradas por las fotografías por causa del relieve, son desplazamientos radiales a partir de un punto; "punto principal", el cual está ubicado en el centro de la fotografía.

Muchos autores (Buringh 1960, Lueder 1959, Vink 1963) reconocen varias fases de fotointerpretación. Generalmente el primer escalón de fotointerpretación es llamado reconocimiento, identificación o "fotolectura".

#### FASE A: FOTOLECTURA.

El reconocimiento e identificación se refiere al estudio de los objetos y rasgos claramente visibles con el fin de hacer una identificación incuestionable. La mayor o menor facilidad para hacer ésta operación depende en gran parte del grado de familiaridad que se tenga con los rasgos del terreno; Cuanto mayor sea la experiencia que se tiene, será mayor la capacidad para reconocer e identificar objetos.

"La mayor parte de la información obtenida de fotografías aéreas es, estrictamente hablando, evidencia inferida e indirecta por la cual, la naturaleza de los objetos es deducida con un grado más o menos preciso".

Así como en el trabajo de campo se logran buenos resultados buscando comparaciones, analogías y correlaciones, lo mismo puede aplicarse en procedimientos fotointerpretativos.

#### FASE B: FOTOANÁLISIS.

La próxima fase de la fotointerpretación esta relacionada con el análisis. El foto-análisis comienza con la elección de los rasgos a analizar. El análisis debe correlacionarse en lo posible con elementos y patrones directamente visibles y posi-

bles de medir (este análisis debe hacerse sistemáticamente sobre toda el área).

Sin embargo, un cierto número de deducciones juega frecuentemente un papel importante en el análisis. Por ejemplo, supongamos que la erosión del suelo está siendo analizada en una cierta área; dos pastizales juntos en la misma posición relativa pueden tener un mismo tipo y grado de erosión, pero si uno está recientemente pastoreado y el otro está cubierto con pasto alto, la erosión se mostraría mucho mejor en el primer campo. A través de deducciones basadas en el conocimiento del tipo de erosión, esta es estimada en el segundo campo usando el patrón en el primer campo como referencia.

De lo anteriormente dicho, está claro que el análisis debe ser ajustado por un profesional en el campo de estudio. La elección de los elementos es generalmente de naturaleza tan altamente especializada, que un aficionado cometería serios errores. Al mismo tiempo, el profesional puede estar constantemente renovando su conocimiento del terreno, verificando su análisis de campo,

#### FASE C: CLASIFICACION.

Para algunos estudios, el análisis de fotografías aéreas es la meta directa, pero para otros es un "escalón" intermedio para llegar a una clasificación del terreno. Las diferen-

cias en las condiciones del terreno, es decir unidades diferentes que conducen a una clasificación.

En reconocimiento de suelos, por ejemplo, la meta -- del análisis de las fotos es llegar a una clasificación de la superficie de la tierra, que a través de trabajos de campo subcuentas y análisis de laboratorio, pueden ser transferidos a -- unidades de mapeo de suelos o información base para posteriores proyectos de desarrollo de una zona.

Como se dijo anteriormente, la habilidad para hacer -- un buen trabajo en todas las fases, se logra por medio de la -- experiencia. Esta "experiencia" es llamada por Vink (1963) el "nivel de referencia de interpretación". Las observaciones visuales en las fotografías aéreas se refieren al conocimiento -- en la inteligencia humana o a la comparación con claves ya -- existentes.

NOTA: La deducción no está clasificada como una fase separada por que juega un importante papel en todas las fases.

### 1.3.- CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE LA VISION ESTEREOSCOPICA.

Los fotointérpretes, así como aquellas personas que en sus actividades profesionales tienen que hacer observaciones -- en fotografías aéreas, comúnmente éstas de eje óptico vertical , lo hacen con mucha regularidad a través del "estereoscopio-

de espejos".

La observación binocular; La visión de un par de fotografías con ayuda del estereoscopio permite la observación -- tridimensional de los objetos con bastante precisión. El hombre, al observar el mismo objeto en un par estereoscópico, en cada ojo recibe una imagen diferente de él, ambas imágenes -- al fusionarse en el cerebro forman la imagen tridimensional del objeto. En fotointerpretación se sustituye el terreno u objeto por dos fotografías ligeramente diferentes, ya que están tomadas de diferentes puntos, llamadas "PAR ESTEREOSCOPICO".

Los movimientos del ojo humano, para observar un objeto son: acomodación y convergencia. Ambas funciones pueden ser realizadas en forma independiente, sin embargo, estamos -- acostumbrados a realizarlas simultáneamente y de una manera -- automática para un punto; de no hacerlo así, haríamos un esfuerzo especial no natural que no podríamos prolongarlo por -- mucho tiempo sin producir cansancio visual.

Es por lo anterior que en los instrumentos fotogramé-- tricos, al agregar lentes y espejos, y al colocar las fotogra-- fías a una distancia focal de la lente, tratan que ambas fun-- ciones puedan ser realizadas en condiciones similares a la que estamos acostumbrados en la vida diaria; con la salvedad que -- a través del estereoscopio de espejos, acomodación y conver--

gencia tienen lugar en el infinito.

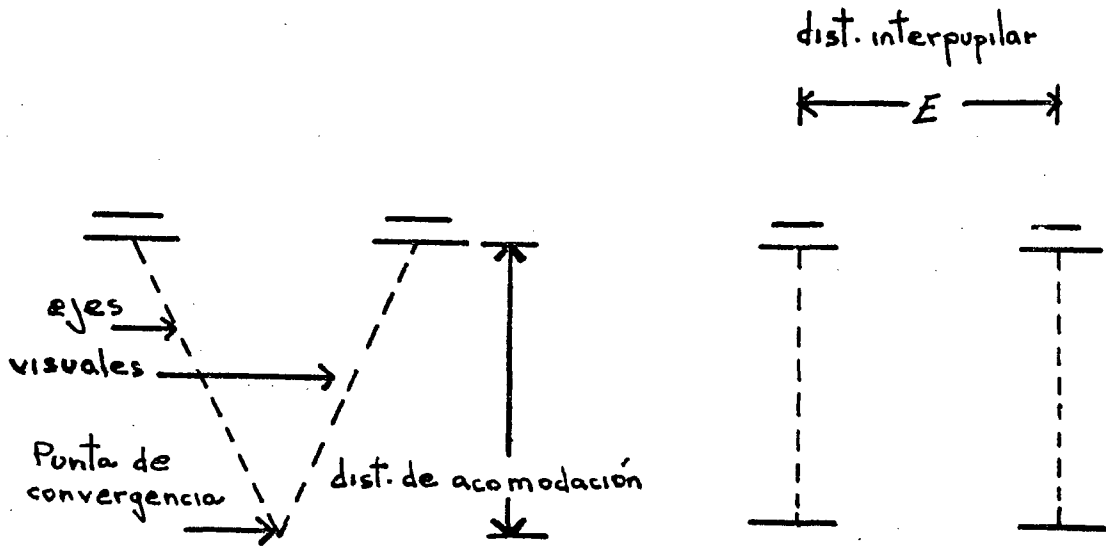


fig. 1.- Método normal de observación.  
Ejes convergentes

fig. 2.- Observación binocular  
con ojos paralelos.

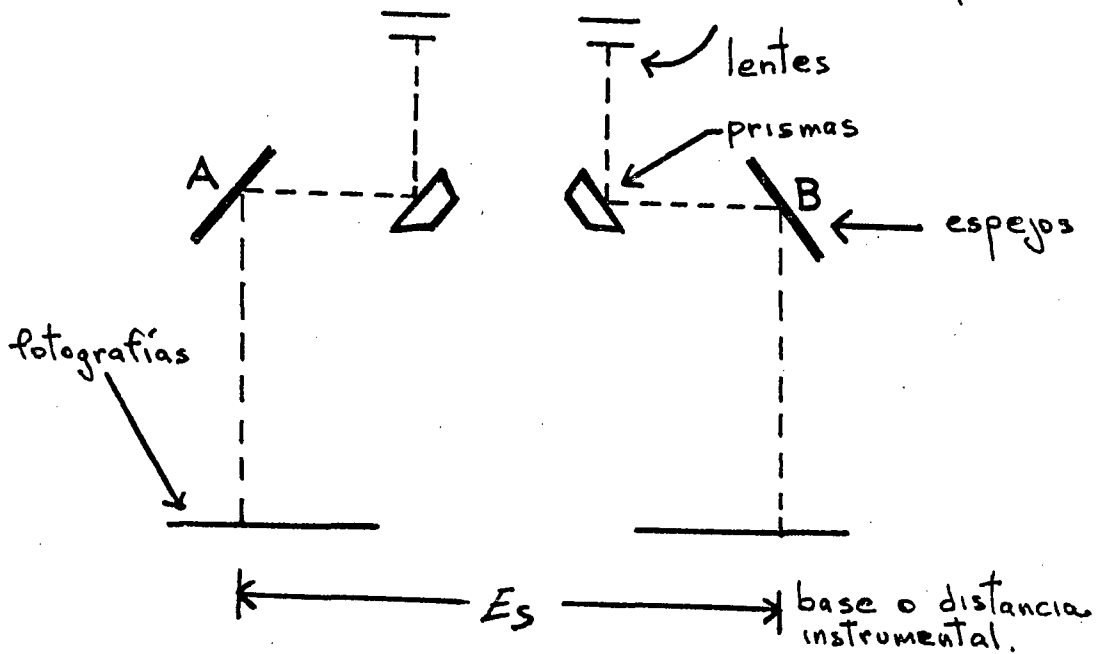


fig. 3.- Observación binocular con estereoscopio de espejos.

#### 1.4.- MATERIALES Y METODO

##### 1.41.- MATERIALES.

El material empleado para el desarrollo del trabajo de fotointerpretación son fotografías pancromáticas blanco y negro o a color, a escala 1:25,000.

Se utilizan además lápices prismacolor verde y rojo para las fotografías blanco y negro, empleándose el rápido graph (grapho de cono) para tinta china en las fotografías de color y un talco especial que se pasa sobre la superficie de estas fotografías con el objeto de quitar la grasa que se adhiere con la manipulación a la vez que eliminar algo de brillo de las fotografías y permitir un mejor deslizamiento de la tinta sobre su superficie.

##### 1.41-1.- APARATOS DE OFICINA.

a) Estereoscopio de bolsillo.- Es el tipo de estereoscopio más sencillo. La amplificación de éste instrumento es de dos y medio a tres aumentos, proporcionando una excelente imagen estereoscópica del terreno. La desventaja es que las fotos deben ser puestas estrechamente espaciadas una de otra y de este modo están en parte cubiertas y la fotografía entera no puede ser examinada en una operación. Además, el estereoscopio de bolsillo no proporciona suficiente espacio para dibujar sobre las fotografías. Para superar esta dificultad-



se ideó el estereoscopio de espejos.

A través del sistema de espejos, la distancia entre -- las fotos es aumentada considerablemente y deja más espacio para dibujar. Es ventajoso, usar de cualquier manera, los dos tipos de estereoscopios en combinación, ya que el estereoscopio de bolsillo proporciona una visión más clara que cualquier tipo de estereoscopio de espejos, y por lo tanto, sirven mejor para el estudio de un terreno que aún presenta problemas de interpretación.

b) Estereoscopio de espejos Wild ST4.- Se utiliza un estereoscopio de espejos Wild ST4, el cual consta de:

Un soporte reforzado, en el que van montados los elementos ópticos.

Los dos espejos junto con las dos lentes superiores, -- en la parte central del soporte, constituyen dos sistemas de -- observación. Las lentes además pueden deslizarse sobre su eje -- según requiera la distancia interpupilar del observador que puee de variar desde 56 mm hasta 74mm. Un dispositivo binocular adicional permite observar las imágenes hasta con tres aumentos , respecto de los lentes normales; el campo visual que se abarca viene entonces reducido. Este dispositivo va sujeto por medio de una charnela de clavija, la cual permite durante el trabajo, girarlo hacia atrás si se desea y utilizar las lentes fi--

jas en su lugar. Los espejos exteriores cuya distancia entre centros es de 25 cm están fijados en un soporte que puede girar con relación al soporte principal, de suerte que los espejos, juntamente con las patas del instrumento pueden plegarse para guardar el estereoscopio y para el transporte. Cada espejo está dotado de un dispositivo de protección, que impide todo contacto accidental de los dedos con la superficie plateada cuando se usa el instrumento.

El campo de observación usando las lentes fijas es de 18x23 cm de la imagen abarcada con el estereoscopio; empleando el binocular de tres aumentos se abarca un campo circular de 1 cm de diámetro de las fotografías.

c) Estereoscopio Galileo Modelo SFG36.- En este instrumento pueden observar simultáneamente dos personas lo cual constituye una ventaja como en el caso de verificar el significado de lo observado.

Dicho aparato consta de: dos pares de elementos ópticos opuestos, sostenidos sobre dos soportes en posición horizontal dentro de un marco metálico reforzado, que le sirve de sostén. Cada par de elementos ópticos consta de tornillos de ajuste interpupilar de 55 a 72 mm, en enfoque óptico (de + 4 a - 4 dioptrías) dos pares de pequeñas palancas con movimiento hacia adentro, o hacia afuera para aumentar la imagen (4x) reducién

do el campo de observación (70 x 70 mm) o, para disminuir la imagen ( 1.25 x ) ampliando el campo de observación (campo total estereoscópico formado por dos fotogramas de 230 x 230-mm ) respectivamente.

Los elementos ópticos se pueden mover de acuerdo a las coordenadas "X" y "Y" para observar toda la fotografía mediante la acción de una palanca, que está en la parte lateral del instrumento.

#### 1.41-2.- APARATOS DE CAMPO.

a) Clisímetro a nivel de Mano ABNEY.- Pequeño aparato con divisiones en grados o porcentajes para medir la pendiente del terreno en el campo.

b) Barrena.- Para medir la profundidad del suelo -- hasta 100 cm.

c) Bidón.- Para llevar el agua usada en las barrenaciones y obtener muestra del suelo saturadas a diferentes profundidades.

#### 1.42.- METODO.

El método que generalmente se utilizan en los diversos lugares donde se emplean la fotointerpretación para el conocimiento de los recursos del suelo se desarrolla de la siguiente manera:

1) Inspección preliminar de campo para establecer ---

los criterios fotointerpretativos de capacidad agrológica sobre algunas áreas representativas de la zona que se estudia.

2) Interpretación estereoscópica de la capacidad agrológica en las fotografías aéreas escala 1:25,000 y Planeación del Itinerario para verificar en el campo el trabajo desarrollado. En esta etapa y específicamente en la CETENAL se considera básica la información que proporcionan otras oficinas de las mismas, como son la de Restitución, Geología, Edafología, Uso del suelo, así como la información climática disponible.

3) Verificación de campo para comprobar las clasificaciones de capacidad de uso que se han dado a cada unidad de suelos y la verificación de límites entre las diferentes unidades de suelos, establecidos por medio de la fotointerpretación.

4) Reinterpretación de las fotografías aéreas de acuerdo con los resultados en la verificación de campo y del laboratorio de Edafología en este caso.

5) Vaciado de datos en cartas o mapas correspondientes.

NOTA:

El personal que efectúa los trabajos mencionados es profesional en la materia y recibe previamente un adiestramiento en el manejo e interpretación de las fotografías aéreas.

## 1.5.- DESCRIPCION GENERAL DEL PROCEDIMIENTO.

### 1.5.1.- VIAJE PRELIMINAR A LA -- ZONA.

Consiste en una inspección rápida de toda la zona, -- recorriéndola por todas las carreteras y terracerías que existen en ella, donde se van realizando una serie de puntos de con-- trol. El reconocimiento se hace con el fin de unificar criterios en cuanto a las capacidades agrológicas de la zona en estudio.

### 1.5.2.- MAPA INDICE DE VUELOS.

Es un mapa en el cual está representada y localizada - el área en cuestión. En él se observan, cuantas líneas de vue-- lo fotográfico cubren el área y que número le corresponde a ca-- da línea, así como la cantidad y el número de fotografías que-- constituyen cada línea en particular, además se toman datos de-- la dirección y orden de las líneas de vuelo para facilitar el -- armado del mosaico fotográfico.

### 1.5.3.- MOSAICO FOTOGRAFICO.

Con el fin de delimitar el área en cuestión, se arma - el mosaico fotográfico utilizando las fotografías pares por co-- modidad, ésta delimitación puede auxiliarse con algún mapa - topográfico de la zona. La forma de realizar éste trabajo es to-- mando puntos de referencia en los extremos del mapa para loca--

lizarlos y marcarlos en las fotografías aéreas escala 1:25,000 y en estas condiciones trabajar solamente el área señalada.

Las fotografías para esta clase de trabajo son las fotográficas verticales blanco y negro o a color y de 23 x 23 cm, - (530 cm<sup>2</sup>) que en la escala 1:25,000 representan aproximada--mente 33.06 km<sup>2</sup>, en el terreno. Para armar el mosaico se van colocando las fotografías pares una al lado de otra, hasta terminar una línea y luego se prosigue con la línea siguiente, tomando en cuenta la dirección y el orden de vuelo, consideran--do el "Traslape" (donde aparecen los mismos puntos en las fotografías) tomando tanto horizontal (entre fotografías de una--línea) como verticalmente (entre línea) y que es aproximada--mente de 15 y 30% respectivamente.

#### 1.54.- ESCALAS.

Las fotografías aéreas se toman a una altura de vuelo--"alto" de aproximadamente 8000 m y "bajo" de 4000 m, según--los requerimientos y el grado de dificultad que presente la zona, quedando a una escala de 1:50,000 y 1:25,000 respectiva--mente, aunque la usada en la CETENAL para la determinación--de capacidades agrológicas es la última.

Escala en fotogrametría es la relación constante exis--tente entre una distancia sobre la fotografía y su correspondien--te sobre el terreno, Una fotografía no tiene escala uniforme -

en toda su extensión, sino que varía conforme a la altura de los puntos sobre el terreno, pero usualmente puede tomarse -- un promedio cuyo valor es:

$$\text{ESCALA} = \frac{f}{H} ; \quad \frac{1}{\text{escala}} = \frac{H}{f} ; \quad \text{Escala} = \frac{1}{25,000}$$

donde:

$f$  = distancia principal o focal de la cámara (6" generalmente).

$H$  = altura de la cámara sobre la elevación media del terreno (altura de vuelo = 4,000 m. generalmente).

NOTA: Los valores considerados corresponden a la escala con que se trabaja para determinar las capacidades agrológicas del terreno.

### 1.55.- FOTOINTERPRETACION

Después de haber sido delimitada el área en el mosaico fotográfico, se procede a la fotointerpretación de la misma, de todas y cada una de las líneas y fotografías que la forman.

La interpretación se efectúa por estereoscopia que es cuando una misma área ha sido fotografiada verticalmente desde dos posiciones distintas y las dos fotografías se examinan a través de un aparato especial llamado estereoscopio, que capacita al observador para ver en tres dimensiones, haciendo aparecer el terreno entre el estereoscopio y el par de fotografías, como un modelo virtual en relieve. Estando en esta posición, es posible delimitar las distancias sobre las distintas unidades

de capacidad agrológica de los suelos con el estereoscopio, tomando en cuenta las siguientes características: tamaño, forma y sombra del relieve, además de los elementos específicos para determinar clases de uso del suelo, como son: topografía, drenaje, erosión, color o tono y uso de la tierra.

El procedimiento usual es el siguiente: se toma la primera línea y se coloca del lado derecho del estereoscopio de espejos. Se coloca el primer par de fotografías en el área visual del aparato y se procede a su interpretación, que es el acto de reconocer en ellas todos los elementos presentes y superficiales del terreno fotografiados, deducir su significado e interpretar sus características internas u subterráneas.

Una vez "trabajadas" el primer par de fotografías en su parte estereoscópica (existe un traslape aproximado de 60% entre fotografía par y non), se toma la siguiente fotografía par y se pasan las unidades delimitadas y clasificadas ("pasar-contactos") de la primera a la segunda estereoscópicamente, de igual manera se hace con las fotografías impares, al terminar esto se deja la segunda fotografía impar del lado izquierdo y se coloca la segunda par de lado correspondiente y así sucesivamente hasta finalizar dicha línea; cada fotografía terminada se va apilando del lado izquierdo del aparato.

Al terminar cada una de las fotografías, además de pa



sar las unidades a la siguiente, se hace lo mismo con la fotografía par e impar de la línea que sigue, según sea el caso - con el objeto de que las unidades que aparecen en una línea - sean las mismas en las siguientes y poder seguir el mismo criterio de todas las demás fotografías.

Al finalizar cada una de la líneas fotográficas, se -- revisa n de modo de comprobar que las unidades sean las mismas en cada uno de los traslapes que tienen dichas fotografías, -- con el objeto de verificar si hay o no, algún error al pasar di chas unidades.

NOTA: Se marcan puntos de control en cada una de las fotografías en aquellas áreas difíciles de clasificar o delimitar, o simplemente en lugares representativos para su posterior verificación en el campo.

#### 1.56.- ITINERARIOS.

Una vez terminada la fotointerpretación de dicha área se arma nuevamente el mosaico con el objeto de precisar los puntos de verificación para constatar la veracidad o falsedad de los supuestos en las fotografías. Se marca el camino a seguir tratando de cubrir toda el área posible tomando como puntos de referencia todos aquellos que a nuestro criterio nos sean -- de utilidad (cruce de caminos, corrientes, cerros característicos, áreas erosionadas, poblaciones, etc.) y dependiendo la -

cantidad de puntos de verificación, de la topografía del terreno y de la importancia económica que desde el punto de vista de desarrollo agrícola tenga la región.

#### 1.57.- VERIFICACION DE CAMPO.

Para este objeto se llevan las fotografías trabajadas -- para guiarse en la ruta señalada, un cuestionario para anotar las características del terreno observadas en el campo (obstrucciones, condiciones de erosión, drenaje, abastecimiento o deficiencia de agua, vegetación, etc.), un nivel de mano o clisímetro para medir pendientes, brújula, barrena graduada en centímetros para estimar el espesor del suelo y un bidón o bolsa de lona con agua que sirve para aflojar el suelo en caso de estar éste muy compactado. Las muestras se toman en lugares representativos del área estudiada y fuera de cualquier influencia que altere las condiciones naturales del terreno.

##### a) Pendiente.

Se mide con el clisímetro en el sitio señalado; para ello se coloca la aguja central en el "0" del vernier, se busca la pendiente general del terreno, tomándose un punto de referencia a distancia a la altura de nuestra vista. Se mueve la aguja hasta que la burbuja quede partida por la línea horizontal del clisímetro, a la altura de la referencia señalada; cuando hay tal coincidencia, se fija la aguja en la posición-

que haya quedado y se lee la lectura en el vernier que marca los grados o en el que expresa la medida en porcentaje, según convenga.

b) Profundidad.

Se procede a la barrenación del suelo, sacando muestras a cada 20 - 25 cms., de profundidad con el objeto de obtener las respectivas muestras, detectar cambios de suelo con la profundidad, tales como horizontes arcillosos, arenosos, -- gravosos o bien capas impermeables o la roca madre que limiten el suelo a menos de 100 cms., de profundidad.

Para obtener muestras en suelos arcillosos secos, es necesario humedecer el suelo, poniéndole agua en la perforación hecha para facilitar el camino a la barrena y en general, para conocer la posible textura y drenaje del suelo saturado.- Si la perforación en el suelo pasó de los 100 cms., o tocó antes la roca o capa dura, se mide la profundidad en la graduación de la barrena.

Es conveniente, además abrir varios pozos para muestreo más profundo en las áreas que se consideren susceptibles para el desarrollo de plantas de más talla, como en el caso de árboles frutales.

c) Drenaje interno.

Se consideran los términos de excesivo para arenas; -

bueno para texturas medias (suelos francos, migajones) y de--  
ficiente, cuando la textura es muy arcillosa o pesada, o bien -  
cuando el suelo se encuentra limitado por una capa dura imper-  
meable o la roca madre a menos de 50 cms. de profundidad y -  
con una pendiente menor del 6% y en el supuesto caso de que -  
la precipitación en dicha zona sea muy alta o bien esté dotada  
de riego. Otro punto de referencia para estimar mal drenaje es  
el tipo de estructura del suelo (masiva, laminar, etc.).

d) Pedregosidad.

La presencia o ausencia de piedras sobre la superficie  
del suelo o dentro de el, se considera según los conceptos ex-  
presados en el cuestionario de campo, señalando su importan--  
cia en cuanto su posible dificultad de laboreo agrícola, o bi--  
en, al crecimiento de pastos y plantas útiles. Además, son un  
indicador del nivel de fertilidad y grado de erosión de un sue-  
lo, según provengan de rodamientos de partes más altas o aflo-  
ramientos de la misma roca madre.

e) Aprovechamiento de agua.

Además de las consideraciones hechas en gabinete so-  
bre la precipitación, se investiga la disponibilidad de agua -  
para la agricultura en la zona, ya sea que se aproveche o no;  
que se cuente con tierras de humedad, con sistemas de riego -  
de "punteo y "auxilio" y cualquier observación referente al -

aprovechamiento natural (terrenos que por sus características geomorfológicas permiten la concentración de los escurrimientos en tiempo de lluvia, los que son aprovechados por los agricultores para regar sus parcelas) o artificial del agua.

f) Consideraciones sobre la vegetación.

Se observan el tipo de vegetales y sus asociaciones, así como el desarrollo que presentan las plantas en las diferentes áreas, ya sean espontáneas o como producto del cultivo, para adoptar un criterio en cuanto al nivel de fertilidad general del terreno.

g) Erosión.

Se observa el tipo y forma de la erosión, si se presenta y la susceptibilidad del suelo a la misma, según el grado de pendiente, textura, cubierta vegetal, etc.

La erosión laminar se estima observando indicadores, tales como testigos, plantas con el sistema radicular al descubierto, abundante pedregosidad superficial y plantas con suelo retenido en su base, presentando desnivel en respecto a las condiciones actuales del terreno.

Cuando el terreno es invadido por cárcavas, se estima su profundidad, distribución y frecuencia en que se presentan en el sitio señalado.

La extensión o área afectada se calcula en la fotogra-

# COMISION DE ESTUDIOS DEL TERRITORIO NACIONAL

## FOTOINTERPRETACION - USO POTENCIAL

### INFORME DE CAMPO

Fecha \_\_\_\_\_ Foto \_\_\_\_\_ Punto \_\_\_\_\_ Hoja \_\_\_\_\_

**TERRENO CLASE:** I  II  III  IV  V  VI  VII  VIII

Hay agua para riegos en cualquier época.

Hay agua para riego de punteo o auxilio.

Si se le proporcionara agua seria clase: \_\_\_\_\_

**FACTORES LIMITANTES:**  Suelo (s)  Clima (c)  Relieve (t)  Erosion (e)  Exceso de agua (i)  Salinidad y/o Alcalinidad (a)

#### FACTOR SUELO:

Profundidad \_\_\_\_\_ cm

#### Drenaje interno:

Excesivo

Bueno

Deficiente

#### Pedregosidad:

No hay

Impide las labores agrícolas, pero permite el crecimiento de pastos.

No estorba las labores agrícolas.

Impide el crecimiento de plantas útiles.

#### FACTOR CLIMA:

#### Disponibilidad de agua para las labores agrícolas.

Hay agua de lluvia para siembras - de temporal.

No hay agua suficiente.

#### Otros elementos.

Ciclones

Heladas

Nevadas

#### FACTOR RELIEVE:

Pendiente \_\_\_\_\_ %

Uniforme

Irregular

#### FACTOR EROSION:

No se observa

Hídrica

Eólica

#### Tipo:

Laminar

Surco

Cárcavo

Leve

En formación

En formación

Moderada

Medio

Medio

Fuerte

Profundo

Profundo

#### Intensidad:

Area afectada por erosión laminar: \_\_\_\_\_ %

Separación de cárcavos \_\_\_\_\_ m.

#### Control:

Inmediato

Al futuro

#### Susceptibilidad del suelo a la erosión si se desmonta:

Ligera

Media

Alta

#### FACTOR EXCESO DE AGUA:

No se inunda

Se inunda ocasionalmente

Inundaciones frecuentes.

Nivel de aguas subterráneas cercano a la superficie.

#### FACTOR SALINIDAD Y/O ALCALINIDAD:

Suelo normal

Suelo Salino

Suelo Sódico

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

fla según la unidad que afecte.

Otras consideraciones son manchas visibles de salinidad y el factor exceso de agua ya sea por drenaje deficiente o que por las condiciones del relieve sufran los efectos de inundaciones ocasionales o frecuentes, o bien tengan el nivel del agua subterránea (manto freático) demasiado cercano a la superficie.

#### 1.58.- RE-INTERPRETACION.

Una vez que se cuenta con los datos proporcionados - por la verificación en el campo y los análisis del laboratorio, se revisan estereoscópicamente cada una de las fotografías -- del mosaico y comparamos con la información proporcionada, - determinando qué unidades se deben modificar aumentándolas o disminuyéndolas según sea el caso. Al finalizar esta operación en todo el mosaico fotográfico, se procede a una posterior revisión en la que participan dos personas y las cuales - pueden observar simultáneamente por medio de un estereoscopio Galileo Modelo SFGB3,

## CAPITULO II

INFORMACION OBTENIDA POR MEDIO DE  
LA FOTOINTERPRETACION

## 2.1.- ELEMENTOS BASICOS PARA FOTOINTERPRETAR.

Los elementos de fotointerpretación que a continuación se señalan son los considerados básicamente para detectar posibles capacidades agrológicas de los suelos observados estereoscópicamente.

Son una guía útil para el personal fotointérprete adiestrado en el conocimiento de las clases de uso del suelo, siempre y cuando dicho personal cuente con los conocimientos agronómicos necesarios para interpretar lo observado y exponer su criterio profesional en la delimitación y clasificación de las unidades en las diferentes zonas fotografiadas. Básicamente los elementos se dividen en dos grandes grupos:

A) Los que brindan información directa.

B) Los que brindan información indirecta.

Información directa

1) Relieve

2) Erosión (afloramiento de roca madre)



Información indirecta  
o inferida.

- 1) Drenaje
- 2) Tono o color
- 3) Uso actual (vegetación)

## 2.11.- TOPOGRAFIA DE LA ZONA (RELIEVE)

Por medio de ella podemos observar directamente el relieve que presenta el terreno, si es montañoso o escarpado, si son lomeros fuertes o suaves, planicies, depresiones, barrancos, etc. por lo tanto podemos darnos una idea del espesor del suelo en cada una de estas geoformas, de su pendiente (fuerte o suave), de su probable drenaje y nivel de fertilidad. Con éstos datos y los de otros elementos de fotointerpretación suponemos una determinada capacidad agrológica.

## 2.12.- DRENAJE.

Este es sumamente importante en cualquier estudio de fotointerpretación. Es el resultado del escurrimiento de las aguas por la superficie. Debemos tener en cuenta que el clima influye directamente en el tipo de drenaje que presente una misma roca.

Como el drenaje es influenciado directamente por la pendiente del terreno, por el tipo de roca y las fracturas de la misma, señalaremos a continuación algunas características generales de las rocas sedimentarias que por ser formadas en la superficie, por depósito, son las que ocupan la porción más

grande de todas las rocas observadas en fotografías aéreas.

## 2.12-1.- ROCAS SEDIMENTARIAS.

a) Areniscas

b) Lutita

c) Caliza

Las rocas sedimentarias son las más comunes de las rocas superficiales. Se encuentran en cantidades variables en todo el mundo, en general cualquier zona de rocas ígneas o metamórficas se encontrará circundada de uno o más tipos diferentes de rocas sedimentarias.

Las rocas sedimentarias son el resultado del depósito de materiales de varias dimensiones arrastrados por el agua. Las arenas son depositadas en aguas poco profundas cerca de la costa, donde los arroyos pierden su capacidad de acarreo al entrar en grandes cuerpos de agua. Los limos y arcillas se depositan más lejos de la costa. Estratos de material calizo son depositados como resultado de la precipitación química y orgánica. Posteriormente, más material, cubriendo éstos depósitos originales, los comprime y compacta forzando a las partículas a acercarse, extrayendo el agua existente entre ellas de tal manera, que se endurecen. En muchas areniscas y en todas las calizas, éste endurecimiento se realiza por la precipitación de agentes cementantes que ligan los granos separados entre sí.

## 2.12-2.- CARACTERISTICAS GENERALES DE DE ESTAS ROCAS.

Areniscas: roca durable, de textura gruesa, constituida por partículas de arena. Frecuentemente es la única relacionada con la existencia de agua en la zona.

Lutita: roca débil, construida de delgadas capas de materiales finos (limos y arcillas) o arena cementada.

Caliza: roca débil, muy permeable, de grano fino.

En los drenajes se estudia:

a) Densidad b) Patrón de drenaje c) Uniformidad del drenaje-

Estos tres puntos nos dan la información sobre la litología y la estructura, es decir, el arreglo especial de las rocas.

#### 2.12-3.- DENSIDAD DE DRENAJE.

Se refiere a la capacidad de solubilidad de una roca, a la permeabilidad y la erosionabilidad de dicha roca. Si una materia es muy permeable, las aguas se infiltran y no habrá muchos canales de drenaje, esto sucede en las calizas, en donde el drenaje es mínimo, si acaso algunos arroyos principales con tributarios cortos y escarpados con formación de algunas depresiones circulares en forma de pequeños pantanos o charcos; sin embargo, cuando el material es impermeable, quiere decir que es muy erosionable y se forma entonces una red de drenaje, o sea:

Densidad alta → Material muy erosionable  
poco permeable

} sedimentos finos  
(arcillas).

Densidad baja → Material poco erosionable	}	arenisca bien-cementada.
Material muy permeable		

Patrones de drenaje: Se diferencian 2 tipos.

- 1) Patrones de drenaje (debidos a erosión)
- 2) Patrones debido a sedimentación (dan información de tipo regional)

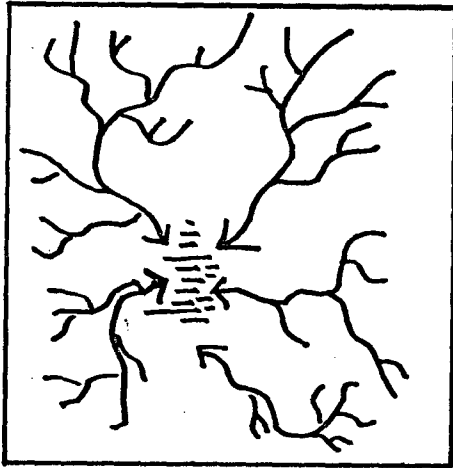
#### 2.12-4.- PRINCIPALES PATRONES DE DRENAJE.

Avenamiento Centrípeto Las líneas de desagüe convergen hacia una depresión central (común en sumideros, cráteres, etc.)

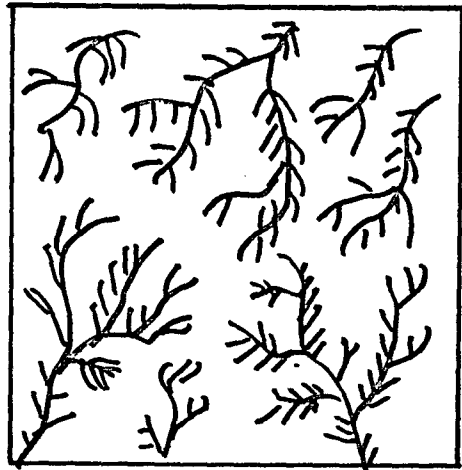
Avenamiento Dendrítico Los cauces de drenaje no tienen ninguna orientación. Se desarrolla sobre rocas de resistencia uniforme, lo cual quiere decir, que se trata de un material homogéneo pues hay uniformidad de cauces. Es común encontrarlo en rocas sedimentarias .

Avenamiento Radial Las líneas de desagüe divergen de un terreno elevado. Se desarrolla en domos y conos volcánicos y otros tipos de cerros aislados más o menos cónicos .

Avenamiento Rectangular En este sistema, tanto el río principal, como los tributarios, muestran recodos en ángulo recto. Demuestran el control ejercido por sistemas de fallas y fracturas o diaclasas, ( se presenta en areniscas ).



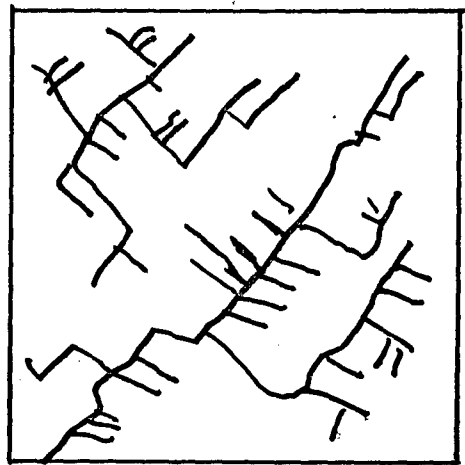
avenamiento centripeto



avenamiento dendritico



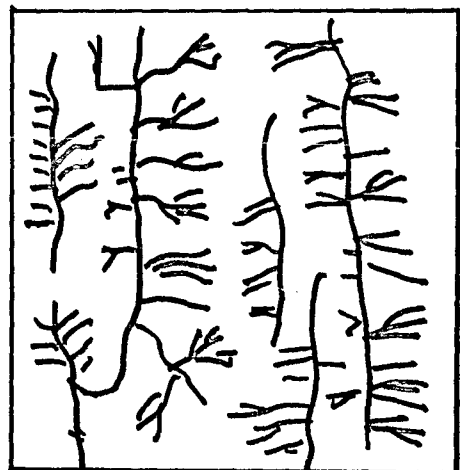
avenamiento radial



avenamiento rectangular



avenamiento anárquico



avenamiento reticulado.

Avenamiento Anárquico Existe una completa desorganización del desagüe. Es un sistema de escurrimientos de los ríos de curso irregular, que fluyen hacia lagos o salen de ellos y que tienen unos cuantos tributarios cortos. La mayor parte del área es pantanosa.

Avenamiento Reticulado Muestra un sistema de ríos paralelos, generalmente alineados a lo largo del rumbo de las formaciones de rocas, o entre depósitos paralelos o casi paralelos. Refleja un notable control estructural.

El tipo de roca influye también en cuanto a erosión, vegetación y en el tono o color de la superficie. A partir del drenaje en éstas áreas podemos darnos una idea del espesor de un suelo y del área que ocupa, pues el drenaje es la obra del agua hasta por miles de años.

### 2.13.- EROSION.

Es una prolongación del drenaje y puede efectuarse de dos maneras:

En forma laminar, ésta es esencialmente perjudicial porque desgasta por parejo a toda una lámina de suelo superficial que es el de más fertilidad.

En forma vertical, esto es cuando el agua concentra su cauce formando primero pequeños surcos que si no son protegidos a tiempo, se transforman en verdaderas zanjas o cárcavas.

Cualquiera de las formas nos dan una idea del espesor del suelo, pues cuando las corrientes de agua encuentran una capa endurecida en el fondo de la cárcava buscan otros cauces y prosigue la formación de estas. Podemos observar en las fotografías, zonas erosionadas y deducir por el grado de esta la pendiente del terreno, su profundidad, textura, su nivel de fertilidad, etc.

Asimismo podemos observar erosión del tipo eólico en zonas desprovistas de vegetación y humedad, (formación de dunas y médanos o arrastre notable de tierra).

En general, podemos decir que las areniscas son resistentes a la erosión, las lutitas son débiles y susceptibles de erosionar por el drenaje superficial y las calizas son fáciles de erosionar también.

#### 2.14.- TONO ( EN FOTOGRAFÍAS PAN-CROMÁTICAS) O COLOR (EN FOTOGRAFÍAS A COLORES).

Este elemento de fotointerpretación nos dá una información superficial. Ante todo hay que distinguir entre el color del suelo (en fotos de color) y el de la vegetación, si son variaciones bruscas o transicionales, si existen linderos rectos en tierra (obra del hombre).

Por lo general, los colores claros indican materiales granulares (crenás) bien drenados (sin problemas de manto freático elevado), probablemente de escasa fertilidad y poca re-

tención de humedad por provenir de materiales permeables.

Por el contrario, los colores oscuros o moteados indican por lo general materiales impermeables (limos y arcillas) con contenido de materia orgánica y buena fertilidad, además de buena retención de humedad y si es muy marcado puede indicar un manto freático muy cercano a la superficie, claro está, dependiendo de las condiciones de la zona.

En zonas áridas casi cualquier material refleja un color gris claro pero este no es una indicación de confiar y es necesario ver otras características para definir de lo que se trata. (Las calizas dan también tonos gris-claro). Debemos tomar en cuenta si los tonos (en fotografías blanco y negro) se presentan uniformes o en bandas y la rapidez con que varían estas, pues nos pueden sugerir diferentes estratos de rocas. El color puede ayudarnos también a suponer el espesor de un suelo (ejemplo: en los conos de deyección), donde hay acumulación de materiales orgánicos e inorgánicos, el terreno tendrá por lo general un color oscuro que corresponderá a un suelo más o menos profundo, pero como se aclaró anteriormente, depende de la zona que se trate.

#### 2.15.- USO DE LA TIERRA.

Se supone en los fotografías que en la tierra se le está dando el uso correspondiente a su calidad y a las condiciones



que presenta para poder deducir qué tipo de suelo tenemos: si hay pastos ralos indican suelos someros, en cambio si es zona de cultivos de escarda, frutales, etc. suponemos suelos -- algo más profundos y con nivel de fertilidad más alto. Para -- éste caso concreto de fertilidad, observamos la densidad que -- presenta el cultivo en el campo, siendo éste válido también -- para áreas boscosas, donde además podemos inferir espesor del suelo.

Con el uso de la tierra determinamos si hay disponibilidad de agua natural (buena precipitación) o artificial (por -- medio de canales, pozos, etc.), el grado aproximado de pen -- diente (los cultivos agrícolas en zonas hasta con cierto declilve, pastos y bosques corresponden por lo general a otras inclilnaciones del terreno, etc.), aunque la última consideración -- es relativa, dependiendo en ocasiones de las necesidades eco -- nómicas de un grupo humano.

La vegetación nos puede dar diversas informaciones. -- Diferentes materiales ocasionan diferentes formas de vegetal -- ción, es decir que una zona con cambios en litología tendre -- mos una vegetación diferencial, Nos pueden proporcionar una información estructural por ejemplo: la vegetación que se de -- sarrolla sobre una fractura. Es también por la presencia de vel -- getación que el ambiente climático se manifiesta en las foto --

graffas aéreas.

El uso del suelo nos indica también las condiciones de productividad de una zona, si tiene demasiada pendiente con zonas abruptas y montañosas, es inútil para cualquier uso agrícola; nos revela también si existe parcial o total afloramiento de roca madre, sin problemas de salinidad (en tierras llanas de regiones áridas con riego) o si existen áreas susceptibles de inundación, etc.

Otros elementos valiosos pueden auxiliarnos para determinar la capacidad agrológica de un suelo como son: florativa o espontánea del lugar, captadores naturales de agua permanente, manchas salinas, microorganismos del terreno, desarrollo promedio de la vegetación natural o cultivada, cortes naturales en el terreno etc., en general todos aquellos factores que a nuestro criterio consideremos de valor práctico en la verificación de campo y que serán determinados exactamente con los análisis del laboratorio.

NOTA: Se buscan las asociaciones y relaciones posibles que existen entre todos los elementos citados de que nos valemos para la fotointerpretación, y así poder intuir las posibles condiciones del suelo para su correcta clasificación.

## 2.2.- CONDICIONES AGROLOGICAS ACTUALES.

Las actuales condiciones en que se encuentra un suelo, tomando como base los elementos de que nos valemos para la interpretación así como la información de campo y laboratorio, nos señalan el grado de productividad y conservación que presenta un suelo determinado.

Las limitantes y parámetros que consideramos para definir estas condiciones son: disponibilidad de agua, pendiente, profundidad efectiva del suelo, obstrucciones, inundación, salinidad, alcalinidad, sodicidad, acidez, nivel de fertilidad, erosión, etc. y dependiendo su orden jerárquico de la zona de que se trate. Los factores limitantes considerados no son necesariamente los mismos en climas diversos; en atención a esto es necesario considerar el régimen climático fisiográfico de la zona o región, motivo de estudio.

### 2.3.- GRADO DE CONSERVACION.

En la agricultura que se acostumbra en nuestro medio, se tiene la idea primordial de manejar todos los recursos y prácticas disponibles para obtener una cosecha, sea buena o mala - en cuanto a cantidad y calidad se refiere, pero no se toma en cuenta, salvo muy raras excepciones, la misma disposición de manejo conjunto de recursos y prácticas conocidas, para detener o al menos controlar en un grado aceptable el proce-

so erosivo (hídrico o eólico), lo anterior se observa claramente en las fotografías pues casi siempre son grandes áreas en las que se presenta muy marcado el fenómeno erosivo, al grado de ser desgraciadamente uno de los elementos considerados valiosos para determinar y clasificar capacidades agrológicas de los suelos observados.

#### 2.4.- CLASIFICACION DE CAPACIDADES AGROLOGICAS.

Las condiciones agrológicas del suelo y el grado de conservación interpretados estereoscópicamente en las fotografías, son el material utilizado para clasificar y delimitar tentativamente un terreno.

Cualquier clasificación de la capacidad agrológica, merece nuestra consideración, ya que todas ellas se encaminan al conocimiento de las características de un terreno para su posterior y mejor utilización.

Se emplea básicamente en los trabajos de fotointerpretación, la clasificación que propone el servicio de conservación de suelos de la Secretaría de Agricultura de los E.U.A., como guía muy útil y práctica para la determinación de las clases de uso de los suelos observados estereoscópicamente. Se consideran los respectivos señalamientos de factores limitantes cuando se desea obtener el uso potencial del terreno;

las clases consideradas en esta clasificación son ocho, correspondiendo su número progresivo a una inferior calidad desde el punto de vista de las limitaciones agrícolas, que en mayor o menor grado se imponen a un suelo.

Se considera en este trabajo que el clima específico del lugar de que se trate (precipitación - temperatura factores ambientales), es el factor limitante del que dependen el orden designado a cada clase de capacidad agrológica de los suelos de esa zona, pues se tiene en cuenta que una tierra no puede ser de primera clase aún teniendo las mejores condiciones del suelo y contando con riego si está sometido a la acción de frecuentes y extremos factores del ambiente tales como altas y bajas de temperatura, ciclones, granizadas, etc., debiéndose catalogar a la inmediata inferior y así respectivamente con las demás clases.

Se considera además a tierras de clase 1, aquellas que teniendo las mejores condiciones de suelo-clima, sólo son sujetas a perturbaciones accidentales, por así decirlo, que no representan lo normal en esta zona.

NOTA: Se considera que existen tierras de primera para casi todos los climas. Sólo cuando la frecuencia y severidad de factores ambientales dañinos lo amerite, dejan de existir estas tierras de primera y pasan a una

inferior clasificación.

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones se procede a la clasificación:

Tierras de clase 1 a 4: Aptas para cultivos agrícolas, pastizales y bosques, pero cada vez más restringidos en su capacidad y variabilidad productiva en lo que se refiere a cultivos agrícolas, siendo para estos la clase 1 sin restricciones (suelo-clima), la 2 con limitaciones leves o moderadas, la 3 con limitaciones severas y la 4 con limitaciones muy severas.

Las clases 5, 6 y 7, se refieren a suelos adecuados para práticamente y silvicultura sin limitaciones y con limitaciones moderadas y con limitaciones severas respectivamente. Los suelos de clase 8 se consideran agrológicamente inútiles por la extrema severidad de sus limitaciones.

Respecto a los factores más o menos intrínsecos del suelo usados para la anterior delimitación de las clases del mismo, diremos que son los tradicionales: pendiente, profundidad, textura, abastecimiento de agua, contenido de nutrientes y M.O., salinidad, sodicidad, resistencia a la erosión, calidad del drenaje, riesgo de inundaciones, etc. Las condiciones agrológicas observadas estereoscópicamente se encuadran en lo posible en la clase correspondiente de capacidad agrológica y viene a constituir la primera tentativa de clasific-

Clase	PROFUNDIDAD	PEDREGOSIDAD	PRECIPITACIÓN	PENDIENTE	AGUA	SALINIDAD
I	Mayor de 100 cms.	No hay	Precipitación anual mayor de 800mm. con distribución uniforme y/o Riego en cualquier época - del año.	Pendiente de 0% a 2%	Nula o imperceptible.	Sin inundación. Sin problemas de salinidad (0 a 2 mmhos) y/o sodicidad (0 a 10 PSI)
II	Mayor de 50 a 100 cms.	No estorba las labores agrícolas.	De 600 a 800 mm. de lluvia anual, sequía relativa de 10% y/o Riego de punteo y auxilio, tierras de humedad y bajíos recolectores de la clase III/C.	Irregular: Mayor de 2% hasta 4%. Uniforme: Mayor de 2% hasta 6%	Laminar leve (pérdidas hasta el 25% del horizonte A) y/o Surco en formación a cualquier separación	Inundaciones ocasionales con limitaciones y daños leves a los cultivos. (un mes al año) Ligeramente salinos (4 a 8 mmhos) y/o sodicidad (5 PSI), en todo el perfil a partir de 50 cms de profundidad.
III	Mayor de 35 a 50 cms.	Estorba las labores agrícolas mecanizadas.	De 500 a 600 mm. de lluvia anual, sequía relativa de 10% a 15%. bajíos recolectores de la clase IV/C	Irregular: Mayor de 4% hasta 8%. Uniforme: Mayor de 6% hasta 12%	Laminar moderada (pérdida del 25% hasta el 75% del horizonte A) y/o Surco medio a cualquier separación.	Inundaciones frecuentes con limitaciones y daños moderados a los cultivos. (dos meses al año) Salinos (4 a 8 mmhos) y/o sodicidad (15 a 20 PSI) en todo el perfil a partir de profundidad.
IV	Mayor de 25 a 35 cms.	Impide la mecanización, sólo permite las labores agrícolas por tracción animal.	De 400 a 500 mm. de lluvia anual, sequía relativa mayor del 15%. bajíos recolectores de las clases V/C y VI/C.	Irregular: Mayor de 8% hasta 20%. Uniforme: Mayor de 12% hasta 20%	Laminar fuerte (pérdidas del 75% al 100% del horizonte A) y/o Surco profundo a menos de 30 mts. de separación y/o Cárcava en formación a más de 30 mts.	Inundaciones frecuentes con limitaciones y daños severos a los cultivos. (tres meses al año) Moderadamente salinos (16 mmhos) y/o sodicidad (30 PSI) en todo el perfil a partir de 25 cms de profundidad
V	Mayor de 15 a 25 cms.	Impide las labores agrícolas, pero permite el buen desarrollo de la vegetación.	De 300 a 400 mm. de lluvia anual.	Pendiente de 0% a 2%	Laminar severa (pérdidas hasta 50% del horizonte B.) y/o Cárcava en formación a menos de 30 mts. y/o Cárcava media a más de 30 mts.	Inundaciones frecuentes que impiden la agricultura y permiten buen crecimiento de pastos. (cuatro a cinco meses al año) Fuertemente salinos (16 mmhos) y/o sodicidad (30 PSI), en todo el perfil a partir de los 10 cms de profundidad con vegetación de pastos salobres desarrollados.
VI	Mayor de 15 a 25 cms.	Impide las labores agrícolas pero permite el buen desarrollo de la vegetación.	De 300 a 400 mm. de lluvia anual.	Pendiente: Mayor de 20% hasta 35%	Laminar severa (pérdidas hasta 50% del horizonte B.) y/o Cárcava en formación a menos de 30 mts. y/o Cárcava media a más de 30 mts.	Inundaciones frecuentes que impiden la agricultura y permiten buen crecimiento de pastos. (cuatro a cinco meses al año) Fuertemente salinos (16 mmhos) y/o sodicidad (30 PSI) en todo el perfil a partir de los 10 cms de profundidad con vegetación de pastos salobres desarrollados.
VII	De 8 a 15 cms.	Severa pedregosidad que permite con limitaciones el desarrollo de la vegetación	De 100 a 300 mm. de lluvia anual.	Pendiente: Mayor de 35% hasta 100%	Laminar muy severa (pérdida hasta 100% del horizonte B. y parte del C.) y/o Cárcava media a menos de 30 mts. y/o Cárcava profunda a más de 30 mts.	Inundaciones muy frecuentes que no permiten un buen crecimiento de pastos. Fuertemente salinos (16 mmhos) y/o sodicidad (30 PSI) en todo el perfil a partir de los 80 cms de profundidad con vegetación de halófitas.
VIII	Menor de 8 cms.	Excesiva pedregosidad, con muy escasa vegetación silvestre.	Menos de 100 mm. de lluvia anual.	Pendiente: Mayor de 100%	Laminar absoluta con exposición del material parental y/o cárcava profunda a menos de 30 mts. de separación en la unidad	Terrenos inundados casi todo el año. No se incluyen los cuerpos de agua naturales o artificiales. Eriales debidos a sales y/o sodicidad en el perfil

ción.

#### 2.41.- EJEMPLO.

Para ejemplificar prácticamente la clasificación propuesta valiéndose de la interpretación de las fotografías con esteroscopio de espejos, se incluye en la sig. página, copia fotostática de la fotografía escala 1:25,000, correspondiente a una zona del municipio de Tecuala en el noroeste del Edo. de Nayarit. Se pueden apreciar en ella varios poblados y en forma muy notoria, el río Acaponeta.

La zona en cuestión tiene las siguientes características generales:

Latitud =  $22^{\circ} 30'$  Norte

Longitud =  $105^{\circ} 25'$  W.G.

Altura = 15 mts. SNM.

Precipitación promedio anual = 1100 mm.

Temperatura promedio anual =  $26^{\circ}$  C

Atendiendo a los factores anteriores tenemos un clima básicamente subtropical.

La topografía es plana en general con ligero declive hacia el mar y algunos cerros aislados; suelos de aluvión de buena profundidad y textura, etc.

El criterio usado en la clasificación de los suelos observados en la fotografía es el siguiente:





No existen suelos de 1a. en esta zona, ya que si --- bien algunos reúnen todas las condiciones agrológicas requeridas (buena profundidad, textura adecuada, nivel de fertilidad aceptable buen drenaje, etc.) el temporal está mal distribuido (los 1100 mm. se precipitan básicamente en 4 meses continuos del año; Julio a Octubre) y el riego por gravedad o por aspersión es muy deficiente (casi nula red de canales de riego).

Además, corren el peligro de periódicas inundaciones causadas por factores del medio ambiente, tales como altas -- precipitaciones o frecuentes ciclones en esta zona, que provocan desbordamientos del río, al no contar con un sistema que regule sus grandes avenidas. Debido a las anteriores consideraciones, estos suelos pasan a ser de 2a. clase y figuran en la fotografía con 2 limitantes ( $\frac{11}{c}$ ), donde c = clima; i = exceso de agua, anteponiendo el clima por considerarse éste al -- factor más restrictivo.

Los suelos clasificados en 3a. clase por exceso de -- agua ( $\frac{111}{i}$ ), tienen las mismas características que los anteriores en cuanto a textura, profundidad, pendiente, etc. sólo -- que como están situados en lugares un poco más bajos sufren -- con mayor severidad los efectos de la inundación ocasional; -- en cambio, los marcados de 3a. clase por razones de suelo --

(III), pueden tener problemas de obstrucciones (pedregosidad) o ser algo someros, ya que se localizan en laderas de cerros y están expuestos a los arrastres de suelo superficial por efecto de la erosión.

Suelos clasificados en 4a. clase (I V<sub>si</sub>) son suelos - textura más o menos gruesa (arenas y limos) respectivamente. Están situados en la margen inmediata al río con más fuertes problemas de inundación. En la fotografía, pueden apreciarse franjas o "gajos" de tono más oscuro en esas zonas, que indican el paso de las corrientes de agua cuando ocurren desbordamientos del río.

El suelo marcado de 5a. clase ( V ), corresponde a terrenos muy bajos inundables fácilmente, ya sea por las lluvias frecuentes o por la "bajada" del arroyo que se aprecia en la parte superior izquierda de la fotografía.

Los suelos de 6a. clase (VI), corresponden a suelos con menos profundidad y bastante pedregosidad, pueden estar situados en zonas con declive pronunciado.

Suelos de 7a. clase (VII) son demasiado someros, -- con bastante pendiente o con textura demasiado gruesa (en la playa del río). Los clasificados como 7a. clase por exceso de agua (VII) están casi continuamente inundados.

Por último, los suelos de 8a. clase ( VIII ) revelan -

zonas abruptas o gran existencia de roca en la superficie. El grado de conservación observado en esta zona es aceptable, gracias a que el 90% de sus tierras tienen sólo un ligero declive y buen drenaje.

A pesar de contar con suelos de casi todas las categorías, se observa, sin embargo, que constituye una zona agrícola importante por la cantidad de tierras dedicadas a este fin. Verificamos además, la profundidad del suelo por la existencia de numerosos huertos de árboles frutales.

Los tonos claros corresponden a suelos de textura franca, que es la que presenta generalmente esta zona, aunque pueden variar de claros a muy claros debiéndose respectivamente a dos causas:

- A) Tierras sin preparar y con una cubierta vegetativa muy superficial.
- B) Terrenos rastreados recientemente y por lo tanto muy secos en la superficie.

Los tonos oscuros indican la existencia de humedad natural; agrupamientos densos de árboles y matorrales o terrenos cultivados que por ésta razón, conservan mejor la humedad.

Los datos obtenidos de la verificación en el campo y del laboratorio, aportan el material complementario que nos servirá para modificar o reafirmar esta primera clasificación y

asentar definitivamente la capacidad agrológica de un terreno.

El criterio expuesto en la clasificación de la fotografía ejemplo es el que se utiliza generalmente en la determinación de capacidades agrológicas; es mediante la limitante que se presenta en las condiciones más críticas o severas y siguiendo ese orden con respecto a los demás. Para determinar estas condiciones "críticas" o "severas" y para fines de clasificación agrológica se considera conveniente colocar las limitantes anteriormente mencionadas en un orden jerárquico de tal modo que los factores de efecto "extenso" se antepongan a los "restringidos"; los "extrínsecos" a los "intrínsecos" (procesos físico-químicos del suelo); los factores limitantes "totales" a los "parciales" y los "remediables" a los "irremediables".

## 2-5.- USO ACTUAL.

La observación estereoscópica y la verificación en el campo nos revelan el uso actual del suelo, esto es, la forma actual de explotación de los terrenos. Descubrimos, por lo tanto, el incorrecto uso y manejo que generalmente tienen. Los cultivos establecidos no corresponden a la calidad del suelo o al clima del lugar (es decir, pastos donde debiera haber

cereales o viceversa, frutales donde cereales o pastos o al contrario, zonas forestales donde cultivos de escarda, etc.)- por las específicas características agrobiológicas del suelo o del medio ambiente; la labranza es incorrecta y los cultivos se desarrollan con dificultad y se propicia la erosión; terrenos que nunca debieron ser sometidos al desmonte muestran ya los efectos degradantes erosivos; nulas prácticas de mejoramiento y mantenimiento de la fertilidad; deficientes conocimientos fisiológicos de las plantas y por lo tanto su cultivo es deficiente produciendo raquíticas cosechas; etc., todo lo anterior refleja un aspecto muy frecuente en nuestro medio y es desde cualquier punto de vista lamentable, ya sea por el desperdicio del potencial o por la pérdida irremisible de nuestros recursos más preciados: suelo y agua.

## CAPITULO III

## USO POTENCIAL

## 3.1.- CONSIDERACIONES GENERALES.

En la actualidad, la ciencia agrícola esta capacitada para modificar las condiciones naturales o actuales de un terreno al grado de nulificar (o al menos atenuar) casi totalmente los factores que limitan parcialmente su óptima producción. Ya que el tema motivo de estudio en este capítulo es el " USO POTENCIAL " del suelo, se considera conveniente incluir a continuación algunas definiciones del concepto "suelo".

Según la definición clásica de Ramann, se entiende por suelo la capa superior meteorizada de la corteza terrestre.

Mitscherlich define el suelo como un conjunto de partes sólidas, líquidas y gaseosas que en las condiciones climatológicas en que se encuentra es capaz de sustentar a las plantas de cultivo.

Para Vageler, el suelo es la capa superior de la corteza terrestre producida por disgregación de rocas y por descomposición de restos de organismos tanto vegetales como animales, que es apropiada física y químicamente para ser el lugar de existencia de vegetales y que se encuentra en estado -

de transformación continua por influencias climáticas y biológicas..

El uso de "todo" lo que el suelo sea capaz es a lo que me refiero cuando menciono "USO POTENCIAL", es decir, el aprovechamiento óptimo posible de un suelo valiéndose de todos los medios y conocimientos técnicos requeridos para obtener la mayor cantidad y mejor calidad de cosecha.

El USO POTENCIAL aquí considerado, implica desde el mejoramiento de las condiciones agrológicas de un terreno para colocarlo en la forma más apta de producción hasta el cultivo y cuidado de lo que vegeta en dicho suelo para la obtención de sus mejores frutos, lo cual constituye en realidad el fin propuesto.

Se considera además en este trabajo que el USO POTENCIAL busca la mejor utilidad que el suelo pueda ofrecer desde el punto de vista agrícola, no económico, es decir, se "busca el cultivo apropiado según las características que el mismo suelo y el medio ambiente indiquen, sin atender a lo que pueda redituar más económicamente dadas las condiciones de la oferta y la demanda que rijan en el mercado, sin la pretensión de desconocer este factor tan importante que siempre debe tomarse en cuenta, pero que para los fines de este trabajo no se considera.



### 3.2.- FACTORES LIMITANTES.

Clima : Este factor influye primordialmente en la determinación de la clase de uso o capacidad agrológica. Se consideran dentro de su ingerencia la precipitación media anual, temperatura media anual, factores ambientales como : - velocidad, frecuencias de días con vientos y su distribución anual; frecuencia de heladas, número de días nublados, etc.

#### A) DISPONIBILIDAD DE AGUA.

"Sin humedad apropiada no hay disolución ni absorción de nutrientes". Se consideran los medios naturales de proporcionar el agua, precipitación, humedad natural de la tierra o los artificiales (riego de gravedad o por bombeo), etc.

#### B) PENDIENTE.

La topografía es un factor limitante en varios aspectos: - pendiente, ondulación, uniformidad y disección.

#### C) PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO.

Cualquier capa o propiedad del subsuelo que eficazmente inhiba el desarrollo de los sistemas radiculares de las plantas cultivadas podría considerarse como límite inferior efectivo del suelo. Se consideran como capas limitantes inferiores las capas de rocas continua, capas de arcilla cementada, las de carbonato de calcio o de yeso, horizontes del subsuelos muy ácidos fuertemente demineralizados o altos en alu

aluminio e intercambiable u otro componente tóxico, etc.

#### D) OBSTRUCCIONES.

Se refiere a la abundancia de todos aquellos obstáculos físicos superficiales que puedan interferir con la labores agrícolas, como pedregosidad y afloramientos rocosos. -- (Se toma en cuenta el % de obstrucción).

#### E) INUNDACION.

Se considera la frecuencia de las inundaciones y la permanencia del agua en las tierras, ya sea por excesivo riego, precipitación o desbordamiento de alguna corriente o depósito cercano.

#### F) SALINIDAD.

El ascenso del agua líquida, sea o no salina, dentro del perfil del suelo se produce en virtud del fenómeno de la capilaridad (Las fuerzas adherentes son mayores que las -- fuerzas de cohesión entre las moléculas del agua ).

Esto ocurre sobre las superficies libres de un man-- to freático o de una capa de agua que descansa sobre un horizonte impermeable. En suelos afectados por mantos subterrá-- neos de aguas salinas, las sales acumuladas en su superficie o en sus horizontes pueden proceder de profundidades mucho mayores que los 125 cms. Las fluctuaciones estacionales de los -- mantos freáticos ocasionarán, a su vez, fluctuaciones estacio-

nales en los niveles de salinización.

En la ausencia de tales mantos o capas saturadas del subsuelo, no hay ascenso capilar y pueden considerarse estables los horizontes salinizados, los cuales, según su profundidad, pueden o no afectar los sistemas radiculares de las plantas.

Considerando que la zona de desarrollo máximo de las raíces de muchos cultivos se encuentran aproximadamente, entre los 30 y 70 cm de profundidad y que el 90% del agua absorbida procede de ahí y de los horizontes superficiales, resulta conveniente considerar 2 niveles de salinización para tales suelos: 0 - 75 cm, abarcando la mayor parte del sistema radicular de muchos cultivos y 75 - 130 cm con cantidad mínima de raíces.

Las bases para establecer las clases de la limitante salinidad está en los efectos cada vez más restrictivos que las cantidades crecientes de sales tienen sobre las posibilidades de cultivo. (Se mide la conductividad en mm hos/cm a 25° C).

#### G) ALCALINIDAD - SODICIDAD.

La alcalinidad del suelo se debe a la presencia de compuestos como el  $\text{CaCO}_3$  que puede producir valores de pH hasta 8.5 o sales alcalinas del sodio intercambiable que se-

gún sus cantidades pueden producir pH's mucho más elevados. Dado los efectos tóxicos del sodio y su tendencia a dispersar los coloides del suelo y deteriorar la estructura, se ha considerado conveniente expresar los efectos de la alcalinidad -- fundamentalmente en términos de sodio intercambiable. Los valores de pH se tomarán en cuenta como base alternativa -- para la definición de clases 1 y 2, cuando la presencia de carbonatos y no el porcentaje de sodio intercambiable sea el factor principal determinativo del pH. También como en el caso de la salinidad, resulta conveniente dividir los efectos de la sodicidad por profundidades 0 - 75 y 75-125 cm.

Se determina el % Na intercambiable y su correspondiente pH.

$$\text{Ejemplo: } \% \frac{\text{Na int.}}{10} \quad \frac{\text{pH}}{7.5}$$

$$10 - 15 \quad 7.5 - 8.5$$

#### H) ACIDEZ.

En forma análoga a la creciente alcalinidad, la acidez creciente va limitando progresivamente las posibilidades de cultivo. Valores de pH inferiores a 5.5 son considerados ya de acidez excesiva. Es pertinente señalar que los suelos fuertemente lixiviados representan uno de los problemas-centrales de la agricultura tropical. Si bien es cierto que -

en el trópico mexicano cobran mayor importancia las regiones volcánicas, montañosas, aluviales etc., que en otras partes del mundo tropical y que, por tanto, son mucho más frecuentes los suelos líticos (con rocas a menos de 100 cms de profundidad) no dejan de existir importantes áreas de desmineralización en el país. En escala mundial, la mayoría de los suelos de esta naturaleza se concentran en el trópico húmedo y dentro de las áreas de los grandes escudos precámbricos de África, Asia Meridional y América del Sur. Ante la incesante pérdida de bases a través de muchos siglos, la vegetación natural, primordialmente la selva tropical, tuvo la respuesta de establecer un biociclo superficial con circulación perpetua de los nutrientes inorgánicos disponibles entre sus tejidos y los horizontes superiores del suelo. El hombre, al talar esa selva y establecer cultivos, rompe el biociclo y ocasiona un abatimiento catastrófico de nutrientes, con la pérdida irreversible de los suelos.

#### 1 ) NIVEL DE FERTILIDAD.

El término fertilidad implica, no sólo una riqueza relativa de elementos nutritivos sino también las condiciones propicias para la correcta aprovechabilidad actual y disposición futura de los mismos.

Como el factor fertilidad está íntimamente ligado-

con la existencia de la materia orgánica cabe señalar algunas características de la misma.

- 1) Su existencia da origen a una estructura retentiva de humedad tan necesaria para la solubilidad de los nutrientes.
- 2) Depósito nutritivo al constituir su naturaleza misma un reservorio de nutrientes, además de hacer dinámica la absorción de estos, gracias a su elevada capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.).
- 3) Es una condición natural para la existencia de microorganismos (bacterias, algas y hongos) constituyentes de la flora microbiana, los cuales son responsables de la fijación del nitrógeno atmosférico en los suelos y responsables de descomposiciones químicas, las cuales aportan sustancias nutritivas en estado asimilable y las ponen a disposición de la planta.
- 4) Un medio favorable de la vida de los llamados macroorganismos del suelo, principalmente gusanos y lombrices de tierra, los cuales son de suma importancia en la aireación del suelo agrícola, enriqueciendo con oxígeno la atmósfera interior tan indispensable para la respiración de las raíces y la con

siguiente capacidad de absorción de los nutrientes. Además--  
 , estos organismos aportan al morir, ciertas cantidades de sub-  
 stancias nutritivas aprovechables para la planta.

- 5) Acondiciona la textura de un suelo, facilitando -  
 su manejo como en el caso de suelos pesados (arci-  
 llosos), o proporcionándole cierta consistencia -  
 como en el caso de los suelos ligeros (arenosos) .

#### J) EROSION.

Expresa el grado de pérdida del suelo agrícola, pue-  
 de ser de origen hídrico o eólico. Se considera si es de tipo-  
 laminar (pérdida de arriba hacia abajo de los horizontes del-  
 suelo) o si ha formado surcos y cárcavas, así como la intensi-  
 dad y distribución de las mismas por unidad de área afectada.

#### K) DRENAJE INTERNO.

La capacidad del suelo para desalojar cantidades de-  
 agua en exceso a la capacidad de campo es lo que se conside-  
 ra como el drenaje del mismo.

Depende de la textura del suelo y de la permeabilidad  
 de los materiales limitantes del subsuelo. Suelos arcillosos --  
 (más del 35% de arcillas) con drenaje interno deficiente oca-  
 sionan mayores esfuerzos mecánicos y económicos en su mane-  
 jo que los demás y los suelos arenosos con drenaje interno ex-  
 cesivamente rápido y bajos en su capacidad de retención de --

humedad, presentan ambas limitaciones de distinta magnitud para la agricultura.

A continuación se indican los materiales más comunes que para efectos del drenaje de los suelos se pueden considerar permeables e impermeables.

Materiales permeables

Escorias  
Basaltos escoriaáceos

Areniscas  
Conglomerados

}

no consolidados

Calizas arrecifales  
Yeso

Materiales impermeables

Rocas ígneas intrusivas  
(granitos, dioritas etc.)  
Rocas ígneas extrusivas  
(riolitas, andesitas, --  
basaltos, tobas, etc.)

Areniscas  
Conglomerados

}

consolidados

Calizas  
Margas  
Lutitas (limo y arcilla)  
Pizarras etc.

NOTA 1:

Terrenos con pendientes mayores al 6%; los suelos sobre materiales impermeables se drenan por gravedad.

NOTA 2:



El fuerte fracturamiento o fragmentación de las rocas impermeables las rinde permeables.

Aclaración:

Cabe aclarar que el orden jerárquico que guardan los factores que restringen la producción aquí considerados no es necesariamente el mismo en climas diversos. Ejemplo: el caso típico de la acidez en suelos de regiones húmedas no se presenta generalmente en suelos de regiones áridas.

Lo contrario puede decirse en cuanto a la salinidad y sodicidad.

### 3.3.- INDICACIONES GENERALES PARA EL MEJORAMIENTO DEL SUELO.

Consideraciones:

Una vez que se ha clasificado y delimitado un suelo, señalando los factores que limitan su producción, es conveniente sugerir indicaciones generales que permitan su uso potencial.

Las indicaciones que a continuación se señalan por cada factor limitante considerado para el mejoramiento de un suelo, son las que en la literatura y prácticas agronómicas, además de prácticas personales, son consideradas de comprobada eficacia cuando son llevadas a cabo según las normas adecuadas.

El señalamiento de las indicaciones que influyen en cada factor restrictivo se propone siguiendo el orden que -- guardan al tratar el tema "factores limitantes" para mayor -- utilidad práctica y facilidad en el desarrollo de éste trabajo.

La viabilidad de llevar a cabo tal o cual práctica -- considerando, tanto el aspecto del costo como su probada -- eficacia o la real elevación de los rendimientos, depende -- del conocimiento al respecto y del criterio de o de las personas que asumen dicha responsabilidad.

NOTA:

No se considera en éste trabajo los costos que ocasiona el llevar a cabo las indicaciones sugeridas, se supone que se evaluará su costeabilidad cuando fuere requerido.

3.310.- DISPONIBILIDAD DE AGUA.

El contar con abundante disponibilidad de agua para los cultivos, ya sea en las regiones húmedas como en las áridas, es una garantía para los rendimientos y rentabilidad de la agricultura.

El agua para riego tiene varias fuentes de origen:

- 1)-Precipitaciones
- 2)-Agua atmosférica no procedente de precipitaciones.

- 3).- Aguas superficiales
- 4).- Aguas subterráneas
- 5).- Agua de riego (Suministrada por el hombre y es--  
complemento de las anteriores).

1).- Precipitaciones. Los requerimientos para que las lluvias produzcan máximos beneficios son:

a) La cantidad de lluvia ha de ser suficiente para reponer la gastada en la zona radicular.

b) Su frecuencia debe ser tal que suministre humedad al suelo antes de que las especies vegetales padezcan por su falta.

c) Lo suficientemente intensas para dar tiempo al --  
suelo a absorberlas.

Como se puede apreciar, sólo en contadas localidades y ocasiones las lluvias cumplen éstos requisitos, que en caso de producirse conducen a las máximas producciones.

2).- Respecto al agua atmosférica, la humedad pro--  
porcionada y que no proviene del agua de lluvia tiene gran-  
importancia.

Así las nevadas (que para nuestro medio no son significativas) proporcionan en algunos lugares la fuente de agua más importante de agua para riego, el rocío es otra fuente -  
importante cuando va acompañado de otros factores como: ---

abundancia del mismo, nieblas, nubes y alta humedad atmosférica, pues estas condiciones hacen disminuir la intensidad de la transpiración.

3).- El agua superficial (proveniente de avalanchas -- o inundaciones ) deja a su paso, gran cantidad de agua absorbida y almacenada a disposición de las plantas.

Se consideran dentro de ésta todas las corrientes y depósitos naturales que existen sobre la superficie y puedan ser utilizados para el riego; es necesario cuantificar estos recursos para su control y planificación racional de los sistemas de riego.

Debe medirse la cantidad de agua que llevan las co--rrientes naturales (ríos y arroyos) y artificiales (canales), en una determinada unidad de tiempo y construirse pequeños y --grandes embalses según se requiera y lo permitan las condiciones de los recursos (suelo - agua), para constituir la reserva y tenerlas a disposición cuando se necesiten, además de hacer frente a las necesidades de riegos.

Es conveniente además tomar en cuenta el aspecto de su conservación, pues la vida útil de dichos embalses puede ser reducida por la acumulación de sedimentos hasta ser nula su capacidad de almacenaje, así como calcular las pérdidas -- por evaporación que reducen en distintos porcentajes, según--

la zona, la capacidad real del almacenamiento.

4).- En cuanto a la disponibilidad de agua por medios subterráneos y que es aquella que ocupa gran parte de los espacios vacíos del interior del terreno, puede encontrarse cerca de la superficie del suelo o alejada de ella.

Si está cercana a la superficie (capa freática alta) - y se encuentra en una zona, que si bien pueda ser extraída -- por la zona radicular no entorpezca el crecimiento vegetativo de la planta por estar demasiado cerca, o en su caso más grave, que nulifique la capacidad del terreno para producir salvo en los casos en que se drene el terreno, puede constituir la fuente más importante de aprovisionamiento para el -- desarrollo vegetal.

Si por el contrario, está alejada de la superficie, -- puede ser necesario extraerla por medio de pozos y bombeo. - Debe protegerse su nivel freático y restringir su aplicación -- cuando se considera que éste ha descendido de manera alarmante a causa de excesivo bombeo para el riego o a las limitaciones de recarga natural y baja capacidad de almacenamiento. - Es preciso recurrir si el caso lo amerita a la recarga artificial de los depósitos de agua freática, que consiste en el llenado de embalses de agua subterránea con agua superficial, por --- ejemplo: el desvío y aplicación de corrientes irregulares, ---

charcos, desagües y el agua de las industrias (no contaminada) etc. que de otra manera sería desperdiciada.

Debe tenerse en cuenta, que cuanto más detallado -- sea nuestro conocimiento del depósito subterráneo, serán ex-- plotadas sus aguas más eficazmente. Todos los conocimientos y métodos para la detección y control de acuíferos y además-- fuentes de agua, debe merecer nuestra atención, pues la reco-- pilación de datos auténticos referentes a las disponibilidades de agua requiere un esfuerzo inteligente, laborioso y conti-- nuado. Es probable que suministros inadecuados o sobreestima-- ciones de volúmenes de agua, así como el desconocimiento -- de los ciclos climáticos aproximados y de las cantidades de-- agua disponibles que suministre determinada cuenca, sean -- causa de fracasos en los proyectos de puesta en riego.

Una planeación racional de los cultivos y de las su-- perficies regables basados en una real disponibilidad de agua, constituyen el primer paso para lograr un aprovechamiento -- conveniente de ella.

5).- Puede considerarse como agua de riego a toda aquella que es conducida a lograr su objetivo por medio de -- diversas obras realizadas por el hombre y que como dijimos -- anteriormente es complementaria de las anteriores.

3.311.- PENDIENTE.

La topografía ejerce su efecto principal sobre las condiciones del suelo mediante su influencia en los movimientos del agua, así tenemos que modifica el desarrollo del perfil del suelo de varias maneras; 1) por el efecto del volumen de precipitación absorbida y retenida en el suelo, que afecta las relaciones de humedad; 2) Por el efecto de la remoción del suelo debido a la erosión y 3) Por el movimiento de los materiales en suspensión de una área a otra.

Como la humedad es esencial para la acción de procesos químicos y biológicos del intemperismo y efectivamente actúa en conjunto con algunas de las fuerzas físicas, es evidente que una modificación en las relaciones de humedad dentro del suelo materialmente afectan el desarrollo del perfil. En éste aspecto va ligado profundamente el declive del terreno, con la erosión y el drenaje, como factores modificadores de la humedad.

La pendiente, es pues, un factor en el desarrollo del suelo, ya que mientras mayor sea ésta, se propicia la remoción continua del suelo superficial exponiendo horizontes inferiores y modificando su perfil. Posteriormente, la disminución del espesor del suelo contiene humus, origina un decrecimiento de los productos de la descomposición orgánica que contribuyen en los procesos de formación de horizontes, so-

bre todo de los superficiales.

Consecuentemente, los suelos en pendiente tienen -- suelos delgados y menos M.O.

La topografía tiene otros efectos indirectos en el comportamiento del perfil, al influir en el abastecimiento de humedad aprovechable para el desarrollo de las plantas. También determina el valor agrícola del terreno porque se relaciona -- no solamente con las condiciones de drenaje interno y externo, sino con la facilidad de las prácticas de laboreo (con maquinaria agrícola) y con el suministro del riego.

Es conveniente conocer la pendiente general del te--rreno así como determinar el tipo que presenta en el terreno, si es uniforme, ondulada o quebrada para decidir las zonas -- que deben dejarse sin cultivo, las que admiten terrazas y el método de cultivo apropiado para las zonas restantes. Cada -- una de estas aplicaciones resuelve unos casos determinados -- y su elección depende en primer lugar de la pendiente.

El agua fluye lentamente en pendientes que no sobrepasan el 3%, ahora bien, si la pendiente aumenta, la posibilidad de que las aguas se desborden así mismo aumenta.

Por lo anteriormente expuesto, diremos que su posi--ble modificación o atenuación tiene un doble fin:

a) Conservar la humedad y la fertilidad.



b) Combatir la erosión.

Debe procederse a la nivelación del terreno cuando el declive de éste lo permite (1-3%), excepto en donde a poca profundidad se encuentre arena o cascajo. Si se llevó a efecto la nivelación, deben restituirse los elementos de la nutrición vegetal removidos por los trabajos de nivelación del suelo, (adición de M.O, con un complementario suministro de fertilizantes).

A medida que el declive aumente es necesario efectuar la labranza por medio de curvas a nivel y utilizar prácticas mecánicas como: La construcción de terrazas en sus diferentes tipos (camellón o canal, bancales, individuales, etc.) que por su relación con los medios de disminuir la erosión serán tratados al hablar del factor limitante respectivo. Nunca debe efectuarse la labranza en forma paralela a la pendiente ni siquiera removerse al suelo, cuando la pendiente es muy pronunciada, a menos que se lleven a cabo las prácticas mecánicas antes mencionadas.

NOTA:

No se pretende modificar la pendiente general del terreno en zonas inclinadas, pero si es posible modificar pendientes en ciertos puntos o franjas específicas del terreno como en el caso de terrazas individuales

o en contorno respectivamente.

### 3.312.- PROFUNDIDAD EFECTIVA DEL SUELO.

La profundidad del suelo es muy importante porque de ella depende el volumen de agua que el suelo puede almacenar para las plantas, también el volumen de suelo para contener las raíces de las mismas. En relación que existe entre la mayor profundidad del suelo y el aumento en los rendimientos, debe necesariamente tomarse en cuenta que la mejor estructura suelta con bastante aireación, además de la profundidad a que llega esta estructura favorable, es lo que realmente determina éste incremento productivo, pues de poco o nada serviría a un suelo poseer por naturaleza un suelo profundo si existen condiciones de compactación que impida el libre intercambio gaseoso y dificulte la penetración de las raíces.

Cuando se logra obtener una estructura suelta y profunda, el agua queda retenida a cierta distancia de la superficie creandose una provisión segura, gracias a la mayor capacidad de absorción del mayor volumen de suelo. Mientras más fácilmente penetren al suelo las raíces de las plantas, menor energía se gastará en esta función y siendo la energía tan valiosa, lo que se ahorre en una parte podrá gastarse en otra,

obteniéndose un desarrollo de la porción aérea del vegetal.

La permeabilidad que se obtiene al aflojar suelo o - eliminar cualquier capa endurecida, facilita asimismo el --- drenaje del terreno y aumenta la facilidad del laboreo. Es - además causa directa de la fertilidad del suelo, ya que al - existir condiciones de aireación se hace más adecuada la vi da de los micro y macroorganismos del suelo, así como la -- respiración y absorción de los nutrientes para la planta. Lo contrario es verdad cuando existe poca profundidad del sue lo por la existencia de capas limitantes que inhiben el cre cimiento radicular.

Para el agricultor y el horticultor, la tarea de pre parar profundamente el suelo no cobra demasiada importancia a menos que la limitante de profundidad se encuentre dema siado cercana a la superficie e impida el desarrollo de los - cultivos comunes y corrientes.

Además el agricultor sabe que la profundidad de sus labores de arado no deben sobrepasar el espesor de la capa - labrantía, porque el hecho de llevar el subsuelo a la super ficie seguramente hará bajar los rendimientos. Si se afloja el suelo a mayor profundidad, no empleando arado, sino -- herramientas especiales que no lleven subsuelo a la superfi cie, será una gran ventaja, especialmente tratándose de sue

los arcillosos que muestran ciertas tendencias a desarrollar a la profundidad del arado una capa endurecida y compacta que las raíces no puedan atravesar; en este caso es necesario aflojar el subsuelo con arado subsolador cuando menos cada 3 o 4 años. También será ventajoso aflojar cada 5 o 6 años el subsuelo menos pesado para cualquier cultivo que se vaya a establecer.

Es muy importante además, romper el "Tepetate" --- que se forma en suelos muy arenosos bajo ciertas condiciones. Especialmente cuando el manto freático es bajo, se forma -- sobre la arena una capa ácida de humus bruto; entonces el hidróxido férrico  $Fe(OH)_3$  y varias sustancias coloidales, -- después de haberse filtrado a través de la arena coagulan --- repentinamente en un nivel inferior, uniéndose mediante cementación a las partículas arenosas. Esto tiene como consecuen-- cia la formación de esa capa impermeable denominada "tepe-- tate", la cual no puede ser penetrada por las raíces de los -- árboles. De esta situación es responsable el hidróxido férrico, que da al tepetate su característico café rojizo.

Tal condición, naturalmente es totalmente desfavorable para el desarrollo vegetal, porque perjudica el drenaje y la libre aireación del suelo, resultando entonces que los -- árboles se vuelvan enfermizos y los rendimientos de los cultiti

vos serán muy raquíticos. Frecuentemente se puede mejorar -- ésta condición indeseable rompiendo el "tepetate" mediante -- cargas de dinamita espaciadas regularmente, de tal manera -- que el efecto sea hacia abajo y no hacia arriba. Donde quie -- ra que las condiciones naturales del suelo favorezcan la for -- mación del "tepetate", a donde la calidad dudosa haga sospe -- char su existencia, es recomendable una investigación por me -- norizada de las condiciones del subsuelo. Aunque parece --- fuera de lo común el tener que usar dinamita en suelos areno -- sos, éste es el mejor procedimiento.

De igual manera, es necesario investigar siempre cual es la constitución de la capa limitante para ver que procedi -- miento permite su eliminación (subsoleo o dinamita). En el -- caso de árboles frutales, en donde una preparación profunda -- del terreno es condición necesaria para un buen desarrollo, -- el subsoleo es imprescindible antes de emprender su implanta -- ción, pues las mismas características de los árboles obstacu -- lizan el laboreo, a menos que se corra el riesgo de dañar su -- sistema radicular.

Debe averiguarse también si el factor limitante proce -- de de un manto freático elevado, en cuyo caso se procederá -- a drenar el terreno por medio de zanjas que desagüen el terre -- no.

Ante todo debe considerarse la pendiente del terreno -- pues en caso de ser mayor del 6% se restringe la labor de sub-soleo, ya que el aflojar el suelo lo expone a una erosión más intensa y sería contraproducente esta pérdida de suelo.

### 3.313.- OBSTRUCCIONES.

Las piedras y las rocas que afloran en la superficie -- del suelo tienen un efecto importante negativo en el uso del -- suelo, por cuanto dificultan las labores de cultivo, el uso de maquinaria agrícola y reducen el área que se puede sembrar.

Se considera peña, la porción de roca matriz que a--flora en el terreno; piedra; a los fragmentos de roca más o me--nos de 25 cm de diámetro y guijarros, a los fragmentos más pe--queños de roca redondeados o parcialmente redondeados que --varian en diámetro de 7.5 a 25 cm. Debe determinarse el por--centaje que representan las obstrucciones en el caso de peñas para el cultivo del terreno, además de emprenderse obras de --limpia superficial cuando se trata de piedras y guijarros.

La influencia que tienen las piedras y guijarros en --la fertilidad de la capa labrantía, fué estudiada por Wollny -- más recientemente, por Mitscherlich. Las investigaciones ---realizadas pusieron de manifiesto que los rendimientos dismi--nuyen en proporción al contenido cada vez mayor de piedras. Puesto que las piedras inertes substituyen a un volumen igual --de suelo,

es de esperarse lo anterior, aunque se demostró por el mismo Wollny que el contenido de piedras suele ser perjudicial sólo cuando constituye el 40% o más de volumen total de suelo. -- Es conveniente aclarar que las diferentes clases de plantas - varían en la respuesta al porcentaje de pedregosidad, aunque ésta siempre es negativa. Otro efecto de la baja de rendimiento se debe a que el alto contenido de piedras aumenta el drenaje y disminuye la capacidad de campo, aspecto que es relativamente favorable en caso de suelos demasiado pesados.

Los montículos dispersos, tocones de árboles y raíces dispersas de los mismos representan un obstáculo para el laboreo. Debe aflojarse primeramente el suelo con un paso de arado y preceder al destocamiento por medio de tractores potentes de banda u oruga equipados con cadenas y ganchos. El empleo del Bulldozer también es muy útil para un desmonte efectivo.

### 3.314.- INUNDACION.

La permanencia por demasiado tiempo de abundante agua en un suelo, como en el caso de terrenos inundados, es la causa de la muerte de las raíces de las plantas debido a la carencia de oxígeno ( $O$ ) en la atmósfera del suelo y al enriquecimiento de  $CO_2$  en su lugar, el cual en altas cantidades es tóxico para las raíces.

En las tierras situadas en las riberas y márgenes de corrientes naturales (lagunas, ríos, embalses, etc.) siempre es latente el desbordamiento de estas debido a fuertes precipitaciones y representa un riesgo el establecimiento de cultivos en ese lugar, a menos que permanezcan bajo el control de un bien planeado sistema de riego, o se construyan bordos de contención en las partes altas de la "caja" de dichas corrientes o depósitos de agua.

Si se trata de suelos arcillosos situados en regiones de alta precipitación, es necesario drenar el terreno por medio de zanjas distribuidas en forma conveniente. Si la inundación es debida a excesiva precipitación combinada con manto freático elevado a causa de una capa impermeable cercana a la superficie, es útil emplear el subsolador siempre y cuando la naturaleza de dicha capa lo permita. Es pues necesario, determinar las causas originarias de los encharcamientos para elegir la mejor manera de subsanar esta limitante.

### 3.315.- SALINIDAD.

La excesiva acumulación de sales solubles en la solución del suelo provoca la condición de salinidad que presentan los suelos como resultado de la acción de uno o más de los factores siguientes:

- 1) Lluvias escasas y alta evaporación (valles desiertos



y semidesiertos y en las marismas a lo largo de las costas).

- 2) Desagüe inadecuado.
- 3) Deficientes prácticas de riego (aplicación de láminas insuficientes de riego).
- 4) Utilización de agua de baja calidad para riego.

Ordinariamente, un suelo salino es sólo ligeramente alcalino, con valores de pH entre 7.0 y 8.5; además contiene muy poco Na adsorbido. A menudo presentan costras blancas de sal, una superficie húmeda de aspecto aceitoso (debido a la propiedad higroscópica de las sales), desprovistas de vegetación; crecimiento raquítico de las plantas con considerable variación en el tamaño y con el follaje de color azul-verde oscuro; algunas veces pueden estar quemados los extremos y los bordes de las hojas.

Algunos ensayos en el campo con plantas indicadoras como algunas variedades de frijo (*Phaseolus vulgaris*), lechuga (*Lactuca sativa*) y remolacha (*Beta vulgaris*) las cuales son sensibles, moderadamente sensibles y tolerantes respectivamente, nos señalarán condiciones de salinidad aunque en una forma indeterminada. Estos ensayos sólo son justificables en casos en que no se dispongan del equipo necesario para la determinación exacta. Otras plantas existentes en el campo como el chamizo (*Atriplex polycarpa*), el romerillo (*Suaeda* spp.) y la saladilla (*Allenrolfea occidentalis*), indican en el sue-

lo en que crecen una condición de salinidad. No obstante -- la observación visual del terreno no basta y son indispensa-- bles las pruebas del suelo: pruebas químicas y de conductivi-- dad eléctrica, las cuales constituyen el mejor método para - evaluar la salinidad de la tierra. De acuerdo con este últi-- mo método un suelo salino es aquel para el que la conducti-- vidad del extracto de saturación es mayor de 4 milimhos --- por cm (a 25° C) y el tanto por ciento de sodio libre es menor del 15%. El pH de la pasta del suelo saturado es generalmen-- te menor de 8.5

La salinidad afecta el crecimiento de la planta a--- través de la reducción en la cantidad de agua que absorben - las raíces, pues una condición de primera importancia para - la entrada de las soluciones a la planta es que la concentra-- ción de la solución del suelo sea menor que la de la solución del interior de la planta (presión osmótica) y a través de la-- acción tóxica directa. Incluso compuestos tales como el ni-- trato sódico ( $\text{Na NO}_3$ ) y el potásico ( $\text{KNO}_3$ ), que normalmen-- te actúan como elementos nutritivos para las plantas, acumu-- lados en cantidades excesivas en el suelo se convierten en -- tóxicos. Algunas otras sales o iones que son inócuos en baja-- concentración pueden llegar a ser dañinos cuando se acumu-- lan en más altas concentraciones.

Los iones más propensos a acumularse y a causar daño son:  $\text{Na}^+$ , cloruro ( $\text{Cl}^-$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y sulfato ( $\text{SO}_4^{--}$ ).

El B, el Li y algunos otros iones pueden ser tóxicos en mínúsculas concentraciones.

Debido al contenido excesivo de sales y a la ausencia de cantidades de sodio intercambiable, los suelos salinos están, comúnmente floculados y tienen buena estructura física. Generalmente, su permeabilidad es igual o mayor que en los suelos similares no salinos. En virtud de que las sales perjudiciales son solubles en agua, pueden extraerse simplemente por lixiviación con cantidades adecuadas de agua de buena calidad para riego.

Sin embargo, el primer requisito, ya sea para recuperación o para prevención de futuras acumulaciones excesivas, es el desagüe subterráneo apropiado. En el caso de que el suelo se encontrara apelmazado y compacto, o tuviera una capa impermeable cerca de la superficie, el agua que se echara para el lavado, no filtraría y se estancaría en el terreno, cosa que no mejoraría en nada el problema. Previamente, al lavado hay que dar pues, una labor de roturación con el subsolador empezando de la zona alta a la zona más baja de la parcela. Cuanto más profunda sea esta, resultará mejor.

Luego se rehacen los márgenes del campo en tratamiento y -- se echa el agua cuando se disponga de ella. Mientras los -- desagües colectores que dan salida al agua, arrastren el agua del lavado, no hay problema al tener estancada mucho tiempo el agua en la superficie. En algunos casos, puede ser necesario un lavado hasta de 90 días, pero si ello no es posible se dará uno más corto, incluso puede ser tan corto como un riego muy pesado.

Más aún, la cantidad que se utilice en la operación de lixiviación debe balancearse cuidadosamente para resolver cada situación en particular. Demasiada agua tenderá a llevarse los nutrimentos de la planta: muy poca agua de riego, -- o de pobre calidad, será insuficiente para efectuar la lixiviación deseada. Se ha encontrado que el paso inicial más -- conveniente para la rehabilitación de un suelo salino después del lavado preliminar, es el establecimiento de un pasto resistente como por ejemplo: el zacate Bermuda (*Cynodon dactylon* L.), el zacate Rhodes (*Chloris gayana*) y otros, que luego se entierran para que hagan las veces de abono verde. Esto puede ir seguido por alfalfa (*Medicago sativa* L.) que también -- deberá enterrarse mediante pasos de arado.

### 3.316.- ALCALINIDAD-SODICIDAD.

Los suelos con problemas de alcalinidad se originan ba-

jo condiciones similares a la de los suelos salinos. Su aparencia es parecida también a la de éstos aunque las manchas o manchones blancos presentan una costra superficial resquebra da y pueden ser negros de apariencia lustrosa cuando el suelo tiene contenido de M.O. Sus efectos en las plantas con similares también hasta hacer imposible la vida de ellas --- cuando su contenido de álcali es elevado.

Un suelo álcali es aquel para el que la conductividad eléctrica del extracto de saturación es mayor de 4 milimhos por cm (a 25°C) y el tanto por ciento de sodio intercambiable es mayor del 15%. El pH de la pasta de suelo saturado puede ser mayor que 8.5 (altamente alcalino). Como puede observarse, la característica de estos suelos es que tiene un excesivo grado de saturación con Na llamado "intercambiable" o "adsorbido", que ha reemplazado el Ca y al Mg de los coloides del suelo, pudiendo contener o no apreciables cantidades de sales solubles. Los suelos álcali aparecen cuando los constituyentes solubles consisten, en gran medida de sales -- de Na. La condición álcali es de naturaleza más permanente que la condición salina, ya que, por regla general, persiste después de que se han extraído las sales solubles.

Hay otra condición que presentan los suelos; los llamados álcali-salinos, los cuales rara vez tienen un pH de más

de 8.5 y probablemente, se presentan más extensamente que los salinos puros o los álcali no salinos. (Debido a la presencia de sales en exceso, su apariencia y propiedades generalmente son similares a las de los suelos salinos).

Consideraciones sobre conductividad eléctrica.- El contenido de las soluciones del suelo y de las aguas de riego se expresa generalmente de la manera siguiente:

Empleando el concepto de conductividad eléctrica como milimhos/cm. La conductividad presenta la ventaja de su simplicidad, puesto que puede ser medida inmediatamente, ya sea en el campo o en el laboratorio, empleando un contador de conductancia eléctrica portátil. La conductividad es el inverso de la resistividad eléctrica. Se define como resistividad, la resistencia en ohmios de un conductor que tiene longitud de 1 cm y una sección de  $1\text{cm}^2$ ; por lo tanto, la conductividad eléctrica de la solución del suelo se expresa en mhos/cm y por conveniencia en milimhos/cm (mil veces mhos/cm), unidad que ha sido aceptada ampliamente.

Las características distintivas de los suelos álcali es la presencia de Na adsorbido intercambiable en cantidades suficientes para interferir en el desarrollo de la mayoría de los cultivos.

Esto se mide mediante lo que se llama (PSI) % sodio -

intercambiable de la siguiente manera:

$$PSI = \frac{\text{Sodio intercambiable (miliequivalentes/100g de suelo) x 100}{\text{Capacidad de cambio de los cationes (miliequivalentes/100g de suelo)}}$$

Este resultado en los suelos normales arroja un promedio de alrededor de 6, comparado con el 60% de los suelos álcalis.

Otra característica de un suelo álcali es su estructura deficiente pues la presencia de una cantidad de sodio excesivo provoca la dispersión o defloculación y el suelo tiende a comportarse como una masa impermeable, dificultando su drenaje.

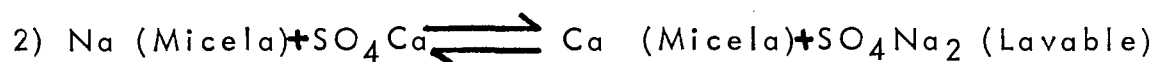
El paso más importante para proceder a su corrección--consiste en eliminar la causa de este comportamiento. Generalmente, la causa primaria es una capa freática excesivamente elevada y por lo tanto, debe mejorarse el drenaje.

Normalmente, la restauración de la capacidad productiva o la puesta en plena producción de las tierras alcalinas--virgenes requiere mejoras del suelo tanto físicas como químicas. Generalmente los terrenos alcalinos contienen excesivas cantidades de sodio retenidas por las partículas más finas del suelo y por ello sus cualidades físicas son muy pobres.

Las enmiendas químicas consisten en reemplazar el Na adsorbido en las micelas coloidales por Ca y después arras---

trar las sales sódicas por lavado, procediéndose de igual manera que para los suelos salinos, aunque con un tratamiento que posiblemente amerite más tiempo. Para ello puede utilizarse cualquier compuesto saluble de Ca (con el propósito de cambiar parte de los carbonatos alcalinos cáusticos en sulfato) como el sulfato de calcio o yeso ( $\text{CaSO}_4$ ), teniendo presente que cuanto mayor sea la concentración de calcio en el agua de saneamiento, o en la solución del suelo que baña las partículas de éste durante el saneamiento, dicho proceso será más rápido. Otro puede ser el cloruro cálcico ( $\text{CaCl}_2$ ).

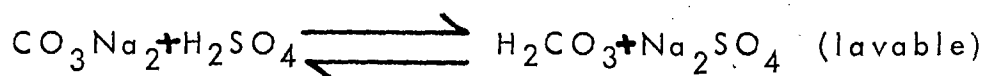
Suelen bastar algunas toneladas (5-6) de yeso por ha. El suelo debe guardarse húmedo para acelerar la reacción, colocando el yeso en la superficie y sin arar encima de él. El tratamiento puede ser completado más tarde con el lavado del suelo por riego, a fin de dejarlo libre de alguna cantidad de sulfato sódico. El yeso reacciona con el  $\text{CO}_3\text{Na}_2$  (1) y con el sodio adsorbido (2) así:



Las plantas resisten una cantidad de sulfato sódico ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 2 o 3 veces mayor que la de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) por lo tanto, para transformar el carbonato en sulfato se puede emplear azufre, (tanto el yeso como el azufre -



pueden añadirse al agua de riego).



Este procedimiento disminuye simultáneamente el pH del suelo.

También es de gran ayuda el abonado con una gran cantidad de estiércol, el enterrado de leguminosas en verde (ejemplo crotalaria) y la supresión de las labores de arado y demás faenas agrícolas cuando el suelo está demasiado húmedo o demasiado seco.

Se ha demostrado que las raíces de la grama (*Cynodon Dactylon* L.) zacate bermuda segregan una substancia que neutraliza el exceso de estas sales de sodio. Ello exige la presencia de cal en el suelo. La recuperación de estos suelos con este método es lento y no pueden esperarse resultados satisfactorios antes de 3 años.

Las precauciones para el tratamiento de estos suelos son casi similares a las de los suelos salinos: procedimientos de riego utilizando la cantidad suficiente de agua para que penetre a la profundidad debida; conservación de las tuberías de drenaje en buenas condiciones y limpias, buena provisión de Ca y Mg, e impedir una excesiva evaporación.

Esto último es un poco difícil lograrlo para grandes zonas (hay que agregar mucha M.O), pero en huertos frutales-

puede lograrse colocando "Tamo" o una cubierta de plástico -- sobre el cajete del árbol frutal. Es preciso decir que, cuando se practica un riego, debe evitarse un exceso de agua, a menos que se intente liberar al suelo de las sales solubles. Son necesarios frecuentes riegos ligeros, no obstante, para conservar las sales suficientemente diluidas para el desarrollo -- de las plantas.

Los fertilizantes aconsejados son los de reacción fisiológicamente ácida como los superfosfatos de cal, sulfato potásico, nitrato amónico etc, y se recomienda además el uso de cultivos resistentes a las sales, es otro aspecto importante del cuidado adecuado de las tierras salinas o alcalinas. Remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) algodón (*Gosypium spp*), sorgo (*Sorghum vulgare Pers.*), cebada (*Hordeum sativum Jess.*), centeno (*Secale cereale L.*), alfalfa (*Medicago sativa L.*), -- son especialmente recomendados.

Una pérdida temporal de álcali permitirá establecer -- cultivos menos resistentes.

### 3.317.- ACIDEZ.

El pH del suelo ejerce la influencia individual más -- importante sobre el aprovechamiento de los elementos alimentarios que hacen crecer los cultivos y del mismo modo, sobre la eficiencia con la cual el cultivo hace uso del fertilizante.

Aún cuando la concentración de hidrogeniones en sí, no es la única responsable de los fenómenos a que nos referimos, lo cierto es que ejerce una influencia directa en la solubilidad de los diversos nutrimentos y en la facilidad con que los elementos nutritivos disueltos son absorbidos y utilizados por las plantas. Consecuentemente, la determinación del pH del suelo indica una condición determinada de él y al mismo tiempo representa una valiosa ayuda para evaluar la productividad de ese suelo, relativo al tipo particular de planta que va a desarrollarse.

La acidez del suelo es común en todas las regiones donde la precipitación es alta, lo suficiente para lixiviar apreciables cantidades de bases intercambiables de los niveles superficiales de los suelos, sobre todo de iones de calcio y magnesio. A esto hay que añadir que constantemente se sustraen del suelo grandes cantidades de bases por las cosechas.

Para conocer la reacción de un sistema deben determinarse 3 magnitudes; la acidez activa o real: la acidez de reserva, total o potencial y la capacidad de amortiguamiento.

En un suelo ácido están incluidos 2 grupos de hidrogeniones: los de la propia solución del suelo y los retenidos como cationes adsorbidos por el complejo coloidal. Por conveniencia de distinción, la concentración de H iones (hidrogenio

nes) de la solución del suelo se designa como acidez activa. - Los H<sup>+</sup> iones cambiabiles retenidos sobre los coloides del suelo son designados como acidez en reserva o potencial.

Debido a que el H<sup>+</sup> adsorbido tiempo a desplazarse y resulta activo cuando la acidez de la solución del suelo se reduce, el vocablo "reserva" adquiere una importancia significativa, ya que pueden transformarse uno en otro según las circunstancias.

El valor de pH es consecuencia inmediata de la predominancia de ls iones H<sup>+</sup> u OH<sup>-</sup> del agua. Aunque la escala pH va de 0 a 14, lo más común es encontrar suelos con valores pH de 4 a 10. Esta escala da la medida de la concentración efectiva de iones de hidrógeno y ha sido utilizada desde hace bastantes años como índice de la acidez o alcalinidad de los suelos. Si predominan los hidrogenones (H<sup>+</sup>) las condiciones son ácidas (pH < 7): al contrario, la preponderancia de iones oxhidrilos (OH<sup>-</sup>) indica alcalinidad (pH > 7).

La determinación de la acidez real del suelo es de extraordinaria importancia, porque ejerce gran influencia sobre el crecimiento de los microorganismos y de las plantas superiores. El pH es pues, una característica fisiológica del suelo. Esta determinación de la acidez real (concentración de hidrogeniones) se efectúa en el líquido obtenido por suspen

sión de la tierra con agua o con solución normal de KCL y se realiza por colorimetría o por electrometría, pero el método más exacto es este último, utilizando un medidor de pH ("potenciómetro") con un electrodo de vidrio.

El amortiguamiento del suelo, o sea la resistencia -- que un suelo opone a la variación de su pH, diremos solamente que se produce por una serie de mezclas de amortiguadores y se basa en el desplazamiento de la disociación. Es de importancia sobresaliente para la fertilidad, porque un suelo bien amortiguado sufre poca alteración de su pH por la acción de los ácidos, lo cual es esencial para el crecimiento de las plantas. Los suelos que tienen mucho humus nutritivo y una flora rica de microorganismos y que poseen complejos de cal y arcilla, amortiguan mejor que los suelos arenosos, ligeros y pobres en bacterias, porque por naturaleza contienen sistemas amortiguadores importantes como son la combinación de bicarbonato cálcico y ácido carbónico libre y la formada por humatos y ácidos húmicos etc.

En el examen de la influencia de la reacción del suelo sobre su fertilidad, debe de señalarse que el pH fuertemente alcalino es igualmente o más perjudicial para el crecimiento de las plantas que la reacción fuertemente ácida; los suelos de reacción neutra, débilmente ácida o débilmente alcalina-

son en general los más favorables para el desarrollo de las plantas, aunque en éste aspecto cada planta se comporta de manera diferente. Ya en los microorganismos se observan diferencias y así en los suelos ácidos predominan los hongos y en los alcalinos y neutros las bacterias y los actinomicetos. Entre las plantas cultivadas las hay acidófilas.

También en el aspecto químico es perjudicial la reacción ácida del suelo, porque estos tipos de suelos se empobrecen en nutrientes por el lavado y por la descomposición del complejo coloidal; la asimilabilidad de los nutrientes vegetales varía según el pH; así tenemos que para el nitrógeno depende en amplio grado de la actividad de los microorganismos y de la movilidad del calcio y el magnesio, todo lo cual está comprendido entre pH's de 6 a 8 aproximadamente. La asimilabilidad satisfactoria del fósforo se reduce a un pH comprendido entre 6 y 7, pudiendo causar su insolubilidad por la fijación en fosfatos con el aluminio y el hierro y así no puede ser utilizado por las plantas.

El potasio y el azufre no tienen problemas de asimilabilidad entre pH's de 6 a 8, pero el suelo debe ser algo ácido, por ejemplo de un pH 6, para que los oligoelementos (B, Cu, Zn, Fe y Mn) aún en el caso de que estén presentes en cantidades adecuadas, se muestren satisfactoriamente asimilables.

Considerando éstas relaciones en su conjunto, un pH de aproximación 6 a 7 parece promover la más fácil asimilación de los nutrientes vegetales.

Podemos decir que si el pH está adecuadamente ajustado para el fósforo, el resto de nutrientes vegetales, si están presentes en cantidades adecuadas, serán satisfactoriamente asimilables en la mayoría de los casos.

Así mismo el pH influye (dentro de límites estrechos) en el desarrollo de numerosos parásitos causantes de enfermedades en las plantas, como por ejemplo: el "mal de Panamá" o "chamusco de plátano" (pH de 5.8) causado por el hongo *Fusarium oxisporum* F. cubense (E.F.S.) Sny. et Hans., la "sarna" de la papa (pH de 6.5 a 7.5) causada por ciertas especies del género *Actinomyces*, etc. Viene a constituir un problema la regulación del pH cuando coincide el óptimo pH para el desarrollo del parásito y el de la planta.

De cualquier manera es conveniente determinar el pH del suelo para conocer principalmente las posibles necesidades de cal y la conveniencia de mantener también dentro de lo posible cierto pH por lo señalado en el párrafo anterior.

Cuando se estiman las necesidades de cal de un suelo, el interés primario reside en neutralizar los  $H^+$  intercambiables antes que los que se encuentran en solución. A medida --

que los iones H de la solución se va neutralizando, van pasando a la solución más iones  $H^+$  de la superficie de las arcillas y de la M.O. Es necesario, por consiguiente, añadir la cantidad suficiente de  $CO_3Ca$  para neutralizar la mayor parte de  $H^+$  intercambiable retenido en la arcilla y en la M.O. Por otra parte, el hecho de que cada tipo de suelo ofrezca una "resistencia" a cambiar su pH imposibilita el dar direcciones válidas de tipo general.

Para conocer la cantidad de cal que necesita un suelo ácido para su neutralización (encalado de saneamiento), o la cantidad de cal que necesita corrientemente un suelo en clima húmedo para no volverse ácido (encalado de conservación) es preciso conocer la acidez total o potencial y el poder amortiguador del suelo. Según los datos de Koppen, en las plantas acidófilas que gustan de ácidos débiles, es suficiente neutralizar la acidez de intercambio o potencial, ya que la acidez activa o real en su momento dado representa sólo una ínfima porción en relación a la de intercambio. En otras palabras, por ejemplo; si para neutralizar lo  $H^+$  que contiene una Ha de suelo a pH 5, se requiere tan sólo 250 g de  $Ca CO_3$  (por tener éste 5 g de  $H^+$  activo en solución), se necesitarán de 5 a 6 toneladas de caliza finamente dividida por Ha con una riqueza 100% de  $CaCO_3$  para irse acercando en lo



posible a la neutralización, al ir eliminando la acidez de intercambio.

Hay tablas preparadas por laboratorios para calcular, una vez determinado el pH, la cantidad de cal necesaria. La tabla indica la cal necesaria para las distintas texturas y para los diferentes contenidos de M.O. a diversos valores de pH.

Un efecto muy importante de la cal, aparte de rectificar la acidez, son sus efectos físicos, ya que en los suelos densos siempre existe la tendencia por las partículas finas, a asociarse más cerradamente,

Estas condición interfiere el movimiento del aire y del agua y por tanto, la adición de cualquier tipo de cal que fomente una estructura granular favorable en suelos ácidos es muy conveniente.

La cal es cualquier material rico en calcio (o calcio y magnesio) con acción neutralizante sobre la acidez del suelo. La caliza (piedra caliza agrícola molida) constituida --- principalmente por carbonato de calcio, la cal viva, la cal hidratada, la cal de construcción, margas y conchas de ostras son materiales aportadores de cal usados de mayor o menor --- grado relativamente.

Debe tenerse en cuenta que cuando más fina sea la --- molienda de un material aportador de cal, mayor será la rapi-

dez con que muestre su efectividad. Si es demasiado grueso, prácticamente es inútil como material agrícola aportador de cal.

Es obvio que la corrección del pH de un suelo ácido no es permanente, pues como la cal se incorpora hasta una profundidad de 15 - 20 cm aunque la capa de suelo ácido alcance varios decímetros de espesor, cierta cantidad de calcio se perderá por lavado y algo será absorbido por las plantas cultivadas en dicho suelo. En consecuencia, un suelo ácido tiene que ser encalado cuando menos una vez cada 2 años y no obstante que pasado cierto tiempo de constante encalado se alcance un nivel de pH más o menos uniforme, siempre cabe esperar la regresión al valor original, por lo cual se requiere determinar el pH cuando menos una vez al año.

Como no es conveniente desde el punto de vista práctico aplicar una cantidad más allá de 5 o 6 toneladas, además de que sería perjudicial para las plantas y para el suelo al reducir la asimilabilidad de algunos elementos nutritivos necesarios, debe procurarse elevar gradualmente el pH, si es posible, una sola unidad, aunque para alcanzar la neutralidad un suelo requiera cierto número de años.

### 3.318.- NIVEL DE FERTILIDAD.

Las plantas superiores poseen la facultad de cubrir --

sus necesidades nutricionales con sustancias inorgánicas como lo demuestra plenamente la "hidroponia" (cultivo de plantas en soluciones), la cual está basada en nuestra actual doctrina de la nutrición vegetal.

El genial químico alemán Justo Von Liebig, en su obra aparecida en 1840 llamada "química agrícola", precursora de los actuales conocimientos científicos en materia agrícola, señaló los 10 elementos que sabemos representan los macronutrientes (C, H, O<sub>2</sub>, N, S, P, He, Ca, Mg, y K) y sólo en años recientes se ha reconocido que además de éstos aún necesita la planta una serie de elementos para desarrollarse prósperamente, de los cuales bastan cantidades muy pequeñas por lo cual se les llama micronutrientes (B, Cu, Mn, Zn, Mo y Co). Otros elementos que no son indispensables para la vida son muchas veces beneficiosos para el crecimiento de la planta como el Cl, Na y Si.

Como desde el punto de vista práctico y para las condiciones particulares de nuestro país aún no es necesario hacer uso de la hidroponia es menester dirigir nuestros esfuerzos hacia el suelo y sus condiciones especiales como el medio natural del desarrollo de las plantas para la obtención de cosechas.

Como sabemos por nuestros conocimientos, la fertilidad en el suelo es la resultante de la íntima coexisten-

cia de una serie de factores que por actuar correlacionados -- son complejos, ya que no basta sólo la riqueza actual o potencial de los elementos nutritivos sino además, la presencia de todas aquellas condiciones requeridas para lograr la adecuada -- asimilación y disponibilidad futura de estos, como son una humedad suficiente, un pH adecuado, una temperatura capaz de permitir las distintas reacciones que se lleven a cabo en el -- suelo, etc. así como una correcta aireación que suministre el  $O_2$  necesario para la respiración de las raíces y sea posible, -- por lo tanto, una absorción normal de los nutrientes por la -- planta.

En paginas anteriores, mencionamos que la existencia de M.O. satisface por sus características especiales algunas -- de las condiciones señaladas anteriormente. Esto es, la M.O. proporciona directa o indirectamente casi todas las condicio-- nes requeridas para hacer un suelo fértil.

La retención de humedad es favorecida por la existen-- cia de la M.O. pues ésta impregna de agua la superficie de -- sus partículas en estado coloidal, la cual es equiparable a la superficie presentada por unidad de masa de las arcillas.

Esta es indirectamente la causa principal de su influ-- encia y es que aumenta el volumen de los poros o efectúa el -- relleno de los mismos cuando son demasiado grandes, como en

el caso de los suelos de textura arenosa; esto es, aumenta la capacidad capilar de la parte mineral del suelo.

Debida a la existencia de un gran número de micelas coloidales con carga negativa tanto de arcillas como de la propia M.O. son retenidos gran número de cationes ( $K^+$ ,  $Ca^{++}$ , etc.) que de otra manera serían fácilmente lavados, sobre todo el calcio, la cual es tan importante como acondicionador de vida de microorganismos así como por sus efectos para neutralizar la acidez del suelo. Una gran cantidad de M.O. agiliza el intercambio entre los cationes aumentando esta capacidad (C.I.C.), de esa manera son cambiados y aprovechados los iones adsorbidos en la superficie del complejo coloidal por otros que son menos necesarios en ese momento para la planta y estos vienen a ocupar el lugar de aquellos. Como dijimos anteriormente, por la atracción de los iones a sus superficies protegen temporalmente a las partículas nutritivas contra la erosión y luego las abandonan poco a poco para el uso de la planta.

A causa de sus cargas superficiales, estas partículas coloidales son conocidas como "puentes de contacto" entre las grandes partículas, ayudando así a mantener su estructura granular estable, tan deseable en un suelo poroso.

Otros coloides importantes son las sustancias del hu-

mus nutritivo, donde según Scheffer, se pueden encontrar todas las sustancias solubles y comprende toda la M.O. del suelo de que disponen los micro y macroorganismos del suelo para su nutrición.

Las actividades de estos organismos varían desde la compleja desintegración principalmente física, de los residuos vegetales, por los insectos y lombrices, hasta la descomposición química completa de estos mismos residuos por los microorganismos, tales como bacterias, hongos, actinomicetos y protozoos. Acompañando estos procesos de destrucción, aparece la liberación de varios principios nutritivos para la planta como son el N, S y P. Por contraste, estos organismos necesitan estos elementos para su desarrollo; esto constituye un ejemplo cuando hablamos de factores interaccionados. Así mismo la síntesis del humus, fenómeno bioquímico, procede de la actividad de los organismos del suelo.

Otro aspecto de suma importancia para la fertilidad de la tierra es el continuo desplazamiento de los macroorganismos del suelo, principalmente lombrices de la tierra que forman numerosos huecos por donde circulan libremente los gases y se enriquece la atmósfera interior, así como el de constituir ellos mismos una fuente de sustancias nutritivas -

para la planta al cesar en sus funciones.

Deben pues, determinarse por análisis en el laboratorio, la textura de un suelo, su cantidad de nutrientes, materia orgánica, pH, etc. en fin todas aquellas condiciones que intervengan directa o indirectamente en la fertilidad del suelo.

Un buen laboreo para mantener suelto el suelo pero sin destruir demasiado sus agregados, con la consiguiente regulación satisfactoria de la humedad y aire del mismo; el control de malas hierbas, las cuales usan humedad y elementos nutritivos en perjuicio de las plantas cultivadas; el control de las enfermedades vegetales y de las plagas de insectos, por cuanto mucho insecto y organismos patológicos pasan parte o todo su ciclo vital en el suelo y que puede ser influenciado por la época de manejo del mismo, así como el mantenimiento del pH en las condiciones requeridas para este fin, ya sea con la aportación de azufre o el uso de hidróxido de calcio según sea el caso; la rotación conveniente de cultivos combinando cultivos de raíces profundas con otro de raíces someras, cultivos esquilmanes con cultivos proporcionadores de elementos nutritivos, como la leguminosas lo hacen con el N; el control de la erosión tomando las medidas pertinentes, etc., son medidas necesarias para la fertilidad del suelo.

En las condiciones prácticas de cultivo de las plantas agrícolas, debemos esforzarnos en mantener la fertilidad del suelo reponiendo de continuo la tan necesaria cal que es arrastrada en gran medida por el lavado, la adición periódica de M.O. que tantas ventajas proporciona y además el empleo racional de abonos comerciales que actúan como complementos de los abonos orgánicos (estiércoles, compost, etc.)- constituidos éstos de M.O.

Hay 2 causas que motivan gran pérdida de nutrientes; el lavado del suelo por las aguas y la extracción de sustancias por las cosechas intensivas. Para efectos de fertilidad del suelo es de gran importancia que entre los cationes más importantes, los iones de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) y de potasio ( $\text{K}^+$ ) -- sean los retenidos más fuertemente en el suelo, si bien no debe menospreciarse la magnitud de éste arrastre. El ion calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), tan importante para la conservación de la fertilidad del suelo, es de todos los cationes el más fuertemente arrastrado por lixiviación en cantidades muy grandes; algo menos afectados son los de magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ) y sodio ( $\text{Na}^+$ ). Entre los aniones, el ion cloro ( $\text{Cl}^-$ ), el ion sulfato ( $\text{SO}_4^-$ ) y el ion nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) tan importantes para la nutrición de las plantas, son casi totalmente arrastrados, mientras que el ion fosfato ( $\text{PO}_4^-$ ) apenas sufre por la acción de las aguas, y desde



el punto de vista práctico podemos decir que éste ion no es sustraído del suelo por las precipitaciones.

La función de los abonos es, pués según la definición clásica de Adolf Mayers, de carácter doble: aumentar o conservar la fertilidad del suelo y elevar el rendimiento de las cosechas. La primera función se cumple con la adición de materia orgánica ("abonos domésticos") y con la cal; la segunda, con los abonos comerciales. Las 2 clases de abonos son necesarios para una agricultura intensiva y son complementarios, pués los primeros constituyen la base para la aplicación y mejor aprovechabilidad de los abonos minerales. Con ello no basta aportar nutrientes a la planta, sino que deben procurarse también las condiciones anteriormente señaladas y que son necesarias para el mantenimiento de la fertilidad del suelo.

Entre los abonos domésticos que se añaden al suelo más importantes podemos citar al estiércol sobre todo el de vaca, el purín que consiste principalmente de la orina de los animales, el "compost" de variada composición y principalmente, por el volumen que es posible aportar al suelo, los abonos verdes como; frijol soya (*Glycine hispida* Maxim), alfalfa (*Me*dicago sativa L.), crotalaria (*Crotalaria spectabilis* Roth) y los residuos de cosecha.

Como sabemos, los abonos verdes con aquellas plan-

tas cultivadas que se entierran en cierta etapa de su desarrollo para enriquecer al suelo en sustancias orgánicas y nitrógeno, En general se emplean para ello leguminosas, puesto que son ricas en compuestos nitrogenados a causa de su simbiosis con las bacterias radicales, además de que permiten utilizar -- los nutrientes fuera del alcance del común de los cultivos -- gracias a su profundo sistema radicular y protegen la superficie del suelo de la desecación por proporcionar sombra, o de la erosión directa según sea la zona.

De los fertilizantes inorgánicos (abonos comerciales) más comunes como son el nitrato y sulfato de amonio, la urea, el superfosfato de calcio simple y triple, cloruro de potasio, etc. no obstante; debemos considerar su reacción fisiológica ya sea ácida o alcalina, por cuanto al mantenimiento de un pH adecuado para la fertilidad del suelo.

### 3.319.- EROSION.

En lo sucesivo, el aprovechamiento óptimo y la conservación de un suelo deben ser aspectos que merecen igual importancia. Los procesos erosivos con sus diversos orígenes determinan la pérdida de capas superficiales del suelo y aún del subsuelo (surcos y cárcavas), arrastrando con ellas gran cantidad de materia orgánica, elementos minerales y aún descubriendo superficies más compactas de tan escasa aereación que no per-

mite el desarrollo de un buen cultivo.

Existe una profunda correlación entre los distintos factores originarios o responsables del mayor o menor grado de la erosión como son cantidad, intensidad y distribución de las lluvias, la pendiente, las características físicas del suelo: textura, estructura, profundidad y carácter del subsuelo: cantidad y calidad de la cubierta vegetal, así como el contenido de materia orgánica y la fertilidad.

Así tenemos que una gran cantidad de lluvia distribuida en muy poco tiempo determina generalmente precipitaciones intensas que rebasan la capacidad de absorción del suelo y hacen que el agua en exceso escurra sobre la superficie provocando una gran erosión.

Una combinación de los factores anteriores con una pendiente muy pronunciada, por ejemplo todas las mayores del 10% y terreno desnudo, son éstas las principales causas de una grave erosión provocada por el agua.

Por otra parte, una textura arenosa resiste mejor la erosión por su mayor resistencia al arrastre que las partículas más finas y por su mejor absorción del agua, ya que posee más poros, los cuales absorberán agua más rápidamente que un suelo más compacto. Un suelo profundo con subsuelo permeable es menos erosionable que otro permeable pero menos pro-

fundo, ya que lógicamente tendrá mayor capacidad de retención del agua.

La calidad así como la cantidad de la cubierta vegetal que pueden variar desde brindar una protección parcial -- hasta casi completa, como por ejemplo en el caso de las gramíneas y sobre todo, la cantidad de materia orgánica de que disponga un suelo, son factores inversamente proporcionales al daño erosivo, pues ésta además de mejorar la estructura, si aún no se ha descompuesto y permanece acumulada en la superficie del suelo, anula el impacto directo de las gotas de lluvia, impidiendo además el fácil traslado de las corrientes de agua que se forman por efecto de una lluvia intensa. Otras ventajas de la materia orgánica en este aspecto, es el aumento de la capacidad de infiltración que proporciona al influir sobre la estructura y la gran capacidad de retención de agua ya que absorbe 2o3 veces su propio peso de agua. Por otro lado, diremos que el mantener la fertilidad de un suelo proporcionará un mejor medio de desarrollo para los cultivos, éstos crecerán más y proporcionarán durante su estancia en el suelo, una protección muy eficaz contra el efecto destructivo de la gota de lluvia, además de proporcionar con sus residuos una aportación al material protector permanente.

Otras medidas agronómicas, tales como el cultivo en-

contorno o a nivel, barreras vivas, cultivos en fajas en sus diferentes tipos: horizontales, transversales, contra la erosión sónica y de contención etc., son recomendadas cuando la intensidad de la lluvia es poca, las tierras absorben el agua de lluvia con rapidez el suelo es resistente a la erosión y sobretudo, cuando el declive no es muy largo ni pronunciado (pues es bien sabido que si bien las corrientes de agua no tienen mucha fuerza en la cima, cuando llegan a la parte baja vienen con mucho ímpetu, arrastrando grandes cantidades de material superficial del suelo).

Son de considerarse las rotaciones de cultivos, sobre todos los cultivos sembrados para enterrarlos como abonos verdes (cultivos de cobertura) y gramíneas que protegen el suelo contra la erosión. De cualquier manera, el factor básico que es preciso considerar cuando se apliquen medidas para detener la erosión, es el uso apropiado del terreno con arreglo a su capacidad productiva y sus características físicas externas.

Debe reservarse el uso de terrazas (prácticas mecánicas) dondequiera que el escurrimiento y la erosión, no puedan detenerse por medio de la vegetación, de las prácticas convenientes en la rotación recomendada, o en las medidas agronómicas mencionadas.

Por lo general, la distancia máxima que el agua debe recorrer en la misma dirección al efectuarse un drenaje, por ejemplo, de una terraza es de unos 600 mts. aprox. y el espaciamiento que guardan en general todas las medidas mecánicas contra la erosión se gradúan con arreglo a la pendiente, es decir, cuanto más inclinada sea la pendiente, los espacios -- entre terrazas o la anchura de fajas deberán ser menores.

El objetivo deseado dicta el criterio a seguir en la construcción de terrazas, así tenemos que si una zona de mucha precipitación el problema es el exceso de agua, lo importante será la canalización de las aguas para que salga fuera del terreno; en otra zona el problema será el de conservación de dicha agua entonces se tomarán medidas para una máxima absorción de ella, aunque no debe perderse de vista que el objetivo fundamental y primordial es la conservación del suelo. Para el primer planteamiento sería la solución la terraza de "canal", la cual actúa como un sistema de drenaje. Un canal ancho de poca profundidad y pendiente, con lados ligeramente inclinados y amplia capacidad conducirá el agua lentamente sin causar efectos erosivos. Para el segundo caso, lo más indicado sería una terraza de "camellón" las cuales se construyen de manera que las aguas que se escurren y recogen, se extiendan sobre la mayor superficie. Las superficies-

donde se utilice este tipo deben ser bastantes planas y los -  
camellones deben ser lo suficiente alto y ancho para que las-  
aguas recogidas puedan esparcirse sobre una superficie amplia.

Los "bancales" o terrazas de escalón pueden emplear-  
se para terrenos escarpados. Su superficie al ser llana o casi-  
llana no solo retarda la erosión sino que facilita la labranza-  
en esta clase de terrenos. Pueden consistir en fajas a través-  
de la pendiente cortándola transversalmente o seguir las cur-  
vas de nivel, lo cual es más conveniente. Además pueden -  
construirse de manera individual, esto es, ocupar solo porcio-  
nes de una línea del terreno como en el caso de plantaciones  
de frutales. Es conveniente, que los taludes de éstas terrazas,  
sobre todo en las de escalón se recubran con grama para su -  
mejor efectividad y conservación.

Antes de planear un sistema de conservación contra -  
la erosión es preciso establecer los lugares de salida de los-  
excesos de agua (desagües) ya sean éstos canales permanen-  
tes o sitios protegidos con vegetación, por ejemplo: desagües  
empastados o canales revestidos. Además, deben buscarse --  
los sitios donde se van a descargar las aguas sin causar da--  
ños (zonas de distribución) y pueden ser cualquier lugar que  
esté disponible, adecuado para éste propósito por ejemplo: -  
un buen pastizal es un buen sitio para desagüe, siempre que-

el terreno no sea demasiado susceptible a la erosión por deficiencias en la cubierta vegetal, o pudiera ser un envase para almacenamiento.

Cuando se construyen terrazas deben empezarse de arriba hacia abajo dejando la mejor posible la primera terraza pues de ella depende la seguridad de las demás. Pueden construirse con equipo liviano adaptable a la fuerza motriz disponible, sea animal o mecánica o bien con equipo más pesado, especial para la construcción de terrazas. Puede utilizarse arado y rastras en V, además de una niveladora liviana y tractor.

Pueden hacerse combinaciones, además, de cultivos en fajas con el sistema de terrazas, así como todas aquellas combinaciones requeridas para evitar en lo posible los daños erosivos. Para pendientes suaves es posible emplear los sistemas de cultivos en fajas que consisten en sembrar cultivos de escarda alternados con cultivos densos ya sea siguiendo o no las curvas de nivel, a través de la pendiente. Cuando la erosión eólica deba considerarse pueden emplearse fajas estrechas y paralelas entre sí sin seguir la línea a nivel, pero colocadas en sentido perpendicular a la dirección del viento dominante en esa zona, ya que en algunos lugares, el suelo puede estar sometido a una erosión muy intensa por acción -



del viento combinado con lluvias escasas. Puede modificarse este método en algunos casos, empleando cultivos o un tipo de vegetación perenne, que además den una protección adicional a los cultivos en pie, sobre todo cuando por su fragilidad pueden destruirse parcial o completamente durante períodos críticos del viento.

Por último, diremos que los terrenos con demasiada inclinación nunca deberán ser cultivados, a menos que las condiciones económicas sean tan imperiosas que hagan necesario el hacer uso de este tipo de tierra. Llegado a este caso extremo debe planearse un sistema completo tal que procure la conservación máxima posible del suelo, pues sólo de esta manera habrá la fertilidad suficiente que permita la agricultura permanente en los terrenos de esa región.

#### NOTA:

Las obras de control que se emprendan para eliminar relativamente los efectos nocivos de la erosión en canales y presas (azolves) deben seguir inmediatamente a las obras de control de la erosión en el terreno, aunque la intensidad erosiva presentada en cualquiera de ellos puede decidir a fin de cuentas, el orden jerárquico del control.

Dondequiera que el exceso de agua constituya un problema frecuente en un suelo, independientemente que provenga de altas precipitaciones, riegos excesivos o nivel freático demasiado alto combinado con su subsuelo impermeable, es preciso planear un buen sistema de drenaje que permita la productividad de un terreno en forma permanente o bien la elevación de los rendimientos.

Este es un problema que concierne tanto a las regiones húmedas como a las áridas. En el primer caso constituye una necesidad aún mayor que las áridas, pues las lluvias producen encharcamientos en las zonas llanas y bajas que ocasionan un sinnúmero de trastornos al grado, que si se prolonga demasiado este fenómeno, se impide la vida del vegetal; es conveniente pues, que el drenaje preceda al desarrollo agrícola en estas regiones y sea posterior al riego en las áridas.

El drenaje correcto presenta múltiples ventajas: facilita el arado y la siembra temprana, proporciona más humedad aprovechable y elementos nutritivos para las plantas al aumentar la profundidad de la zona radicular y permitir la respiración de las raíces, disminuye los efectos erosivos y los agrietamientos debido a la mejor filtración del agua, reduce el peligro de enfermedades fungosas que encuentran

en la humedad excesiva un medio favorable de vida, facilitada por otro lado la multiplicación de bacterias benéficas en las tierras, mantiene una temperatura más alta en el suelo -- y además, es el elemento más importante en el saneamiento de los suelos salinos y alcalinos. Lo contrario es verdad en un suelo con mal drenaje. Como se puede apreciar, las ventajas obtenidas rebasan con creces el costo que origine cualquier tipo de obra que requiere el drenaje.

Al proyectar un drenaje, debe buscarse la manera más adecuada y hacer la instalación en aquellos terrenos --- que lo justifiquen, así como la conservación del sistema, de manera que funcione haciendo descender las capas freáticas poco profundas para el mejoramiento de la estructura del suelo y el aumento y mantenimiento de su productividad.

Las tierras altas, por lo general, no necesitan drenaje, ya que se drenan por gravedad, en cambio, las tierras bajas si lo necesitan como consecuencia del agua escurrida de altas precipitaciones o por el riego de las zonas altas, -- aunque esto depende bastante del tipo utilizado. Los riegos por aspersión o goteo eliminan casi totalmente el problema ocasionado por riego excesivo y los terrenos en los que se encuentran ubicados no necesitan ser drenados, a menos que el exceso de agua provenga de lluvias intensas y frecuentes.

Si las capas siguientes a la superficial se encuentran compactadas y se vuelven impermeables, es conveniente el subsoleo para aflojar y romper estas capas. Quizá de esta manera se abata el manto freático elevado sin necesidad de costosas obras de drenaje.

Las fugas de agua en canales de tierra aunadas a deficientes prácticas de riego hacen elevar el nivel freático. El revestimiento de los mismos, Además de adecuadas prácticas de riego, resultarán un remedio eficaz y se conseguirá por este medio el descenso del nivel problema, sin llevar a cabo la construcción de zanjas o colocación de tubería para drenaje.

Debe investigarse por lo tanto antes de planear un sistema de drenaje el origen o fuente de agua en exceso, la profundidad relativa del manto freático con sus variaciones estacionales, la dirección del movimiento del agua subterránea así como la medida de la conductividad hidráulica del suelo etc. para tener un criterio a seguir basado en datos pegados a la realidad, eliminando en lo posible el "tanteo" que tantos fracasos ocasiona.

Si el caso lo amerita, la construcción de zanjas de drenaje (colectores abiertos) a la profundidad y distanciamiento conveniente, ayudará a resolver el problema de drenaje.

Hay que tener cuidado en la construcción de las líneas de drenes ya que para que sean más eficaces deben estar perpendicularmente a la dirección de la corriente de agua, puede lograrse también el drenaje artificial mediante la colocación de tubería subterránea de cemento u hormigón o bien, empleando el bombeo del agua subterránea.

Los dos primeros medios (zanjas y tuberías) sacan el agua en exceso del campo por la fuerza de la gravedad principalmente, aunque su desventaja es que no pueden hacer descender el nivel freático a la profundidad deseada. En algunos casos, el drenaje por bombeo del agua subterránea suele resultar el medio más efectivo para hacer descender la capa de agua al nivel deseado.

Para la construcción de cauces o zanjias pueden utilizarse desde excavadoras pequeñas para zanjias poco profundas y angostas para la tubería, hasta dragas excavadoras de gran potencia para abrir grandes zanjias o canales de desagüe. Depende ante todo del tipo y tamaño de los drenes requeridos, la elección de la maquinaria apropiada. Si no es posible lo anterior la excavación de pequeñas zanjias a mano serán el único medio de procurar el drenaje requerido.

La conservación en buen estado de los drenes permite el buen funcionamiento de los mismos, por lo tanto deben man

tenerse limpios de hierbas o raíces (en el caso de que no estén revestidos) así como de azolves inconvenientes que entorpezcan la salida del agua.

NOTA:

Antes de poner en práctica cualquier indicación de las mencionadas anteriormente deben considerarse -- las interacciones que existen entre todos y cada uno de estos factores limitantes, por ejemplo: el subsoleo de suelos superficiales con pendiente pronunciada sería más perjudicial que benéfico.

3.4.- CULTIVOS VIABLES.

La puesta en práctica de medidas recuperativas o de conservación del suelo, implica aumentos en los rendimientos agropecuarios de las unidades afectadas respecto de las obtenidas en sus condiciones agrológicas originales.

Una vez corregidas las limitaciones de un suelo pasará automáticamente a ser de mejor calidad y con un nivel de productividad más elevado será capaz, asimismo, de soportar los mismos cultivos o extender su campo de acción a otros -- viables, que desde el punto de vista agrícola, presentaban -- deficientes desarrollos por las anteriores condiciones del mismo.

La gama de cultivos viables para un suelo en buenas-



condiciones es muy amplia, considerando tanto las más apropiadas para las condiciones agrológicas que presente, como las opciones o alternativas a escoger según las condiciones del mercado, económicas, sociológicas etc, aunque se recuerda que todas las indicaciones anteriormente mencionadas, buscan la mejor utilidad que el suelo pueda ofrecer desde el punto de vista técnico agrícola solamente.

### 3.5.- USO POTENCIAL.

Una productividad satisfactoria del campo, capaz de generar ingresos suficientes a los núcleos humanos que tienen en él su medio de vida, constituye o debe constituir la razón principal de las actividades agrícolas.

De la misma manera, un resultado positivo es el principal objetivo de la relación suelo - planta. Uno y otra se complementan y conjugan para obtener las cosechas deseadas de ahí que un Uso Potencial del suelo contemple el cuidado por igual de ambos, pues de poco o nada serviría el contar con un suelo mejorado y en condiciones óptimas de producción si menospreciamos a los distintos factores que intervienen para el buen desarrollo y producción de la planta en turno.

El objetivo final debe ser siempre la obtención de la mayor cantidad y calidad de cosechas; de manera que para hacer realidad el Uso Potencial del suelo, además de cumplir -



con los requisitos para colocarlo en la forma más apta de fertilidad (aspecto ya tratado), debemos considerar todos los factores implicados en la óptima producción de las plantas tales como:

- a) Empleo de semillas adecuadas y variedades apropiadas.
- b) Eficientes prácticas de cultivo y riego.
- c) Uso intensivo pero racional de fertilizantes y mejoradores.
- d) Uso inteligente de la maquinaria e implementos agrícolas disponibles.
- e) Control efectivo de plagas, enfermedades y malas hierbas.
- f) Conocimiento del manejo del suelo y su conservación.
- g) Un profundo conocimiento de la fisiología de la planta con los procesos involucrados en ella (fotosíntesis, absorción, respiración, evapotranspiración, actividad de las fitohormonas, etc.) además del referente a las condiciones climáticas de la región; en fin, todo el conocimiento integral necesario para influir sobre el vegetal cuando el caso lo requiera (fertilización, riegos, trasplantes, injertos, podas, etc.) y todos aquellos factores que nos ayuden a diagnosticar posi-

bles fallas y anomalías en los cultivos, las cuales merman la producción máxima deseada.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La función de un suelo agrícola es producir. Su uso indebido o indolente permite el desperdicio lamentable o la pérdida irremisible del mismo. Grandes masas de la población mundial requieren más y mejores alimentos, motivo por el cual crece la preocupación de los gobiernos de los pueblos para ubicar, determinar y conocer la verdadera potencialidad de sus recursos, en éste caso concreto, de su recurso suelo y conseguir así de él no nada más su producción, sino su óptima producción.

Nuestro país no es una excepción, además de que por sus especiales condiciones de excesivo crecimiento demográfico aunado a una limitante de suelos propiamente agrícolas, demanda prontas y acertadas soluciones. Sean pues, motivo de solidaridad y de ofrecimiento de nuestro apoyo, todas aquellas instituciones y personas que encaminen sus esfuerzos, mediante el empleo de técnicas y métodos modernos, hacia la aprovechabilidad racional de nuestro suelo.

Es indudable la utilidad que tiene el método fotointerpretativo combinado con inspecciones de campo y análisis en el laboratorio para lograr el uso correcto e inteligente del suelo. Los conocimientos que nos brinden serán los suficientemente amplios y útiles para permitir una planeación cer-

tera del aprovechamiento de los recursos a niveles local, regional y nacional.

La fotointerpretación hace, pues, causa común con todas las técnicas actuales encaminadas a lograr la máxima productividad en el campo y pone noblemente a la disposición de aquellos ojos expertos, responsables de nuestra evolución agrícola, toda la información obtenible del buen uso de ella para la causa por la que todos trabajamos: el real progreso -- de México.

De ésta manera, reconociendo las ventajas y la creciente importancia que reviste la técnica de la fotointerpretación en el campo no sólo de la agricultura sino en otros -- varios, es de recomendarse la implantación de ésta cátedra, -- así como de la básica de Fotogrametría a nivel profesional -- en las Universidades del país.

## BIBLIOGRAFIA

- Baker, W. (Elements of Photogrametry)
- Borman, G. (New Wild)
- Buckman, H.O. y Brady, N.C. (Naturaleza y Propiedades de los Suelos)
- Chandler, W.H. (Frutales de hoja Perenne) Univ. de California, E.U.A. 1962.
- Deagostine, R.D. (Introducción a la Fotogrametría).
- Goosen, D. (Interpretación de Fotos Aéreas y su Imp. en levantamiento de Suelos) Boletín sobre suelos No.6 Instituto Internacional para levantamiento Aéreo y Ciencias Terrestres (I.T.C.)
- Hardy, F. (Suelos Tropicales)
- Herrera H. Bernardo Ing. (Orientación de Fotografías Aéreas-bajo Estereoscopio de Espejos), Escuela Nac.de Agricultura, Dpto. de Bosques, Chapingo, México Marzo 1973.
- Israelsen, O.W. y Hansen, V.E. (Principios y Aplicaciones del Riego) Univ. de Utah, E.U.A. 1964.
- Metodología de la Oficina de Uso Potencial, Dpto. de Fotointerpretación de la Comisión de Estudios del Territorio Nal. (CETENAL), Sria. de la Presidencia.
- Robbins, W.W. Weier T.E. y Stocking C.R. (Botánica) 1966
- Sharrer Karl (Química Agrícola) Univ. de Giessen, Alemania 1960
- Storie R.E. (Manual de Evaluación de Suelos) Univ. de California E.U.A. 1970.
- Thompson L.M. (El suelo y su Fertilidad); Univ. de Iowa, E.U.A. 1965.
- Zorn, H.G. (Visión Binocular) Chapter IV (I.T.C.) Texbook - A, Second Edition Delf Holland, 1967.