



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

ESCUELA DE INGENIERIA

INTERPRETACION, APLICACION Y USO DE LAS  
CARTAS DE DETENAL.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO TOPOGRAFO HIDRAULICO

P r e s e n t a :

Francisco Javier Arriaga Mora

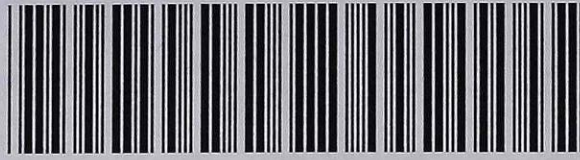
San Luis Potosí, S.L.P.

1979



TL  
GA109  
A7  
c.1





1080073209





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

ESCUELA DE INGENIERIA

INTERPRETACION, APLICACION Y USO DE LAS  
CARTAS DE DETENAL.

T E S I S

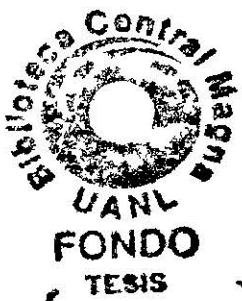
Que para obtener el título de:  
INGENIERO TOPOGRAFO HIDRAULICO

P r e s e n t a :

Francisco Javier Arriaga Mora



T  
GA 409  
A7



(73209)





**A MI MADRE:**

**como póstumo homenaje.**

A MI PADRE:

Que con su ejemplo de tenacidad  
en su trabajo fatigante  
logré mis estudios profesionales.

A MI HERMANA MENA:

Que con prudencia y sensatez  
encamina a mis hermanos en la ausencia de mi madre.  
Y con el afecto de su corazón pude lograr mi gran anhelo.

A MIS HERMANOS:

Para que imaginen con un motivo determinado  
los innumerables actos que suceden día tras-  
día y logren hacer anhelos que sean motivos  
en toda su vida.

Y POR SUPUESTO A EVA:

Que ha hecho de mi tiempo triste de ayer, horas de infi-  
nita felicidad.

A MI MAESTRO:

Ing. Francisco Gonzalo Sánchez Luna,  
que con su Motu Proprio hizo posible  
la realización del presente trabajo.  
Así como su inapreciable labor al --  
actuar como asesor del mismo.





UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI  
ESCUELA DE INGENIERIA  
AV. DE LOS POETAS 8 TELEFONO 3-11-86  
SAN LUIS POTOSI, S. L. P. - MEXICO

Julio 24, 1979.

Al Pasante Sr. FRANCISCO JAVIER ARRIAGA MORA,  
P r e s e n t e.

En atención a su solicitud relativa me es grato indicar a usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Escuela de Ingeniería ha designado como Asesor del Trabajo Recepcional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero -- Topógrafo Hidrologo, al Sr. Ing. FRANCISCO GONZALO SANCHEZ LUNA. Así como el Tema propuesto para el mismo es:

" INTERPRETACION, APLICACION, Y USO DE LAS CARTAS DE  
DETENAL "

T E M A R I O:

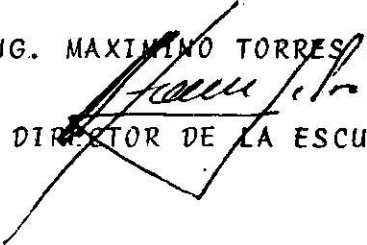
- I.- INTRODUCCION.
- II.- EXPLICACION BREVE DE LA CONSTRUCCION DE LAS CARTAS DE DETENAL.
- III.- DESCRIPCION DE LAS CARTAS TOPOGRAFICAS.
- IV.- DESCRIPCION DE LAS CARTAS TEMATICAS.
- V.- APLICACION DE LAS CARTAS PARA LA PLANEACION Y ANTEPROYECTO DE UNA PRESA DE ALMACENAMIENTO CON FINES DE RIEGO.

Ruego a usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones, debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

A T E N T A M E N T E.

" MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO "

ING. MAXIMINO TORRES SILVA

  
DIRECTOR DE LA ESCUELA.

## C O N T E N I D O .

	Página.
PROLOGO.	1
CAPITULO I	
INTRODUCCION.	3
I:1 Creación de la DETENAL.	3
I:2 Atribuciones de DETENAL.	3
I:3 La fotogrametría y la foto <u>in</u> <u>terpretación</u> en la tecnolo-- <u>gía</u> DETENAL.	4
CAPITULO II	
EXPLICACION BREVE DE LA CONSTRUCCION DE LAS - CARTAS DE DETENAL.	7
II:1 Metodología.	7
II:2 Trabajos de campo.	7
II:3 Objetivos de las actividades de la DETENAL a través de su cartografía.	8
II:3:1 Geodesia.	8
II:3:2 Fotografía aérea.	8
II:3:3 Gravimetría.	8
II:3:4 Topografía.	8
II:3:5 Geología.	8
II:3:6 Uso del suelo.	9
II:3:7 Edafología.	9
II:3:8 Uso potencial.	9
II:3:9 Socioeconomía.	9
II:3:10 Recursos turísticos.	9
II:3:11 Levantamientos urba- nos.	9
II:3:12 Registro de la pro-- piedad.	

	Página.
CAPITULO III	
DESCRIPCION DE LAS CARTAS TOPOGRAFICAS.	10
III:1 Introducción.	10
III:2 Antecedentes.	10
III:3 Sistema cartográfico nacional: S.C.N.	11
III:4 Componentes del sistema.	11
III:5 Las limitantes actuales y pers pectivas futuras del sistema.	12
III:6 Información contenida en la -- carta topográfica 1:250,000.	13
III:7 Aplicaciones.	14
CAPITULO IV	
DESCRIPCION DE LAS CARTAS TEMATICAS.	15
IV:1 Cartas geológicas.	15
IV:1:1 Introducción.	15
IV:1:2 Las doce reglas de la - interpretación.	16
IV:1:3 Descripción.	18
IV:1:3:1 Rocas ígneas.	19
IV:1:3:2 Rocas sedimen tarias.	21
IV:1:3:3 Rocas metamór ficas.	22
IV:1:3:4 Suelos.	22
IV:1:3:5 Estructuras.	23
IV:1:4 Utilización.	24
IV:1:4:1 Método de tra bajo.	25
IV:1:5 Minería.	25
IV:2 Cartas de uso del suelo.	27
IV:2:1 Introducción.	27
IV:2:2 Clasificación del uso- del suelo y tipos de - vegetación.	28



	Página.
IV:3 Cartas de uso potencial.	38
IV:3:1 Introducción.	38
IV:3:2 Objetivos.	38
IV:3:3 Metodología.	41
IV:3:4 Clases de terreno.	41
IV:3:4:1 Terrenos apropiados para cultivo.	41
IV:3:4:2 Terrenos no apropiados para el cultivo.	45
IV:3:4:3 Terreno no apropiado para cultivo, pastoreo o bosques.	46
IV:3:5 Especificaciones breves de las ocho clases de terreno.	47
IV:3:5:1 Capacidad agrológica.	47
IV:3:5:2 Apropriados para cultivos ocasionales o limitados.	48
IV:3:5:3 No apropiados para cultivos. Adecuados para cultivos perennes o vegetación natural.	48
IV:3:5:4 No adecuados para usos agrícola y silvícola.	49
IV:3:6 Características y limitaciones de los suelos.	49
IV:3:6:1 Limitante suelo.	49
IV:3:6:2 Pedregosidad.	50
IV:3:6:3 Limitante salinidad.	50
IV:3:6:4 Limitante deficiencia de agua.	51

	Página.
IV:3:5:5 Limitante topografía.	52
IV:3:5:6 Limitante inundación- o exceso de agua.	53
IV:3:6:7 Limitante erosión.	53
IV:3:7 Proposición para el control de erosión.	54
IV:3:8 Correlación entre el plano topo- gráfico y el plano de uso poten- cial.	55
IV:3:9 Correlación entre el plano geo- lógico y el plano de uso poten- cial.	56
IV:3:10 Correlación entre el plano de - uso del suelo y el plano de uso potencial.	56
IV:4 Cartas edafológicas.	57
IV:4:1 Introducción.	57
IV:4:2 Definiciones de los horizontes- del suelo.	58
IV:4:3 Definiciones de los horizontes- de diagnóstico.	59
IV:4:4 Definiciones de las unidades de suelos.	66
IV:4:4:1 Introducción.	66
IV:4:4:2 Definiciones.	67
IV:4:5 Definiciones de las clases de - textura y pendiente.	81
IV:4:5:1 Textura.	81
IV:4:5:2 Pendiente.	81
IV:4:6 Definiciones de fases.	82
IV:5 Cartas de climas.	84
IV:5:1 Introducción.	84
IV:5:2 Datos empleados en la construc- ción de la carta.	86
IV:5:3 Contenido de la carta.	86
IV:5:4 Significado de los símbolos.	87

	Página.
IV:6 Cartas hidrológicas.	93
IV:6:1 Introducción.	93
IV:6:2 Apoyo de otras cartas para la elaboración de las cartas hidrológicas y geohidrológicas.	95
IV:6:3 Descripción de la carta hidrológica de aguas superficiales.	95
IV:6:3:1 Metodología empleada en la determinación de los análisis químicos de muestras de agua.	97
IV:6:3:2 Parámetros utilizados para determinar la calidad del agua para riego.	97
IV:6:4 Descripción de las cartas geohidrológicas o de aguas subterráneas.	99
IV:6:4:1 Unidades geohidrológicas.	100
IV:6:4:2 Metodología empleada en la determinación de los análisis químicos de muestras de agua.	101
IV:6:4:3 Parámetros utilizados para determinar la calidad del agua para riego.	101
IV:6:4:4 Rangos de la calidad del agua en función del total de sólidos disueltos.	102
CAPITULO V	
APLICACION DE LAS CARTAS PARA LA PLANEACION Y ANTE--PROYECTO DE UNA PRESA DE ALMACENAMIENTO CON FINES DE RIEGO.	103
V:1 Información de DETENAL en la planeación, proyecto y construcción de presas y bordos.	103
V:2 Estudios preliminares.	104
V:2:1 Visita de inspección.	104
V:2:2 Socioeconómico preliminar.	105
V:2:3 Estudios topográficos.	105
V:2:4 Estudios geológicos.	106
V:2:5 Estudios agrológicos.	107
V:2:6 Estudios hidrológicos.	108



	Página.
V:3 Consideraciones finales.	108
CAPITULO VI	
BIBLIOGRAFIA.	111

P R O L O G O .

Los recursos del territorio son nuestros: tenemos el derecho de explotarlos y el deber de aprovecharlos racionalmente.

Los recursos son los factores fundamentales del desarrollo incluyendo los naturales renovables y no renovables, los recursos humanos y las obras que el hombre ha construído.

Para estar en la posibilidad de planear un mejor aprovechamiento de los recursos, es indispensable conocer las circunstancias nacionales; los problemas ancestrales no resueltos, la situación del presente y las previsiones que puedan hacerse para un futuro mediano y a largo plazo así como las condiciones de la problemática internacional en sus aspectos políticos, económicos y sociales; entre mejor sea la información de que se disponga, mejores serán los resultados.

La información es indispensable para todos los niveles de decisión. Las decisiones no pueden tener mayor calidad que los datos que se emplean para tomarlas. Es indispensable, formar en los nuevos ciudadanos, una cultura cartográfica y preparar al empleado y al funcionario público para aprovechar el gran volumen de información que se encuentra en el banco de datos geográfico, con el fin de que en su oportunidad puedan tomar mejores decisiones.

Para que opere una planeación nacional, se requiere de una decisión política. Hacer planes de desarrollo es relativamente fácil; materializarlos implica un enorme grado de dificultad que requiere de la aceptación de todos. La planeación debe ser necesariamente integral aunque se desglose para su estudio o aplicación en forma sectorial o regional. Los materiales cartográficos son esenciales como medio de comunicación para informar y convencer sobre los planes de desarrollo que son convenientes. La decisión de hacer efectiva la planeación debe de venir de los niveles superiores del gobierno hacia los inferiores y estar preparados para recibir posteriormente una retroalimentación, ya que no es posible planear a base de solicitudes de personas o de grupos de interesados.

El territorio nacional requiere de un ordenamiento a largo plazo; entre más lejanas sean las metas, más urgentes comenzar con los trabajos. La creación de nuevos centros de población, de nuevas áreas industriales, de nuevos-

aprovechamientos agropecuarios, así como el camino que con venga al país en la explotación de los recursos naturales - debe entenderse como un trabajo a ejecutar todos los días, poco a poco, pero con una meta perfectamente definida. -- Tanto en el medio rural como en el urbano las metas de un ordenamiento territorial pueden fijarse por medio de la in formación de DETENAL.

La Dirección de Estudios del Territorio Nacional se creó para satisfacer la necesidad imperiosa de formular el inventario de los recursos naturales, humanos y económicos con que cuenta la nación para que de sus análisis, registros y difusión nazca una nueva conciencia sobre las posibilidades de desarrollo de cada región, que permita definir las necesidades, los medios y las soluciones que faciliten el camino del ciudadano en su impulso diario hacia el progreso colectivo.

A medida que los conocimientos del hombre se amplían ha sido posible disponer de técnicas cada vez más perfeccionadas para operar sobre la naturaleza, procurando integrarse a ella para aprovechar racionalmente sus recursos - sin destruirlos e incrementar la seguridad y bienestar humanos. Este rápido progreso de la técnica ha multiplicado a tal grado la fuerza y capacidad del hombre, que se puede afirmar que la humanidad incrementa, día a día, los medios necesarios para construir en paz una civilización dinámica, cuya evolución futura permitirá satisfacer mejor sus necesidades y distribuir por igual los beneficios a todos los hombres y a todos los pueblos de la tierra.

Esta reflexión nos lleva a reiterar que la técnica no es propiedad privada de un solo pueblo, sino producto - - social del género humano, que surgió para hacer más fecundo el trabajo del hombre, no para despojarlo de su libertad o de su derecho a una vida mejor.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### I:1 CREACION DE LA DETENAL.

La anteriormente Secretaría de la Presidencia, reponsable de la planeación y coordinación de las actividades del sector público, y de regular las actividades del sector privado, tomando en consideración que el desarrollo del país hace necesario que los problemas se analicen con criterios de planeación integral, y se sienten las bases para la planeación del desarrollo regional y sectorial para promover el aprovechamiento adecuado de los recursos, creó en 1968 la Dirección de Estudios del Territorio Nacional, con la finalidad de formular el inventario nacional de los recursos, efectuar el levantamiento del país a escalas adecuadas y proporcionar información confiable y oportuna.

#### I:2 ATRIBUCIONES DE DETENAL.

Las atribuciones conferidas a DETENAL, fueron las siguientes:

- 1.- Proporcionar al secretario del ramo la información de los estudios que realiza y participar en las tareas de programación del sector público que le sean indicadas por las autoridades.
- 2.- Formular el inventario de la infraestructura e instalaciones con que cuenta el territorio nacional, así como el uso a que se destina el suelo.
- 3.- Mostrar la distribución de la población, así como los servicios de que dispone.
- 4.- Obtener las fotografías aéreas y otro tipo de imágenes, y proporcionar este medio de información a todos los sectores interesados en promover el desarrollo socioeconómico del país.
- 5.- Llevar a cabo los levantamientos orohidrográficos del territorio nacional, que sirvan de base a los proyectos que realizan las dependencias del ejecutivo.
- 6.- Hacer los estudios que permitan conocer los recursos geológicos disponibles, para su mejor aprovechamiento en el desarrollo del país.

- 7.- Clasificar los suelos para facilitar la determinación de las formas adecuadas de riego, fertilización y manejo de la tierra.
- 8.- Analizar la información obtenida para definir el uso potencial del territorio, recomendar el control de erosión y proponer las obras de infraestructura y servicios públicos necesarios.
- 9.- Sistematizar la información que tenga representación dimensional, para formar la cartografía nacional y actualizarla a intervalos adecuados.
- 10.- Constituir un registro de todos los trabajos fotogramétricos, así como de los levantamientos y estudios de campo existentes que sirvan de banco central de información, con objeto de facilitar la programación y evaluación de los proyectos preliminares de obras de infraestructura.
- 11.- Promover dentro del sector público el uso de la información que produce, para facilitar la coordinación en materia de programación y estudios.
- 12.- Difundir y poner a disposición de los interesados los resultados de sus trabajos.
- 13.- Realizar todas las actividades que, en materia de levantamientos y estudios, confieran a la Dirección otras disposiciones legales.

### I:3 LA FOTOGRAMETRIA Y LA FOTOINTERPRETACION EN LA TECNOLOGIA DETENAL.

En las últimas décadas, el progreso de la técnica ha superado el vuelo más audaz de la fantasía; los cambios observados no tienen paralelo en la historia. En nuestro país, la fotogrametría y la fotointerpretación experimentaron un breve lapso de pruebas, adaptación y difusión, para convertirse rápidamente en práctica común de varias actividades de los sectores público y privado; esta adopción y su aplicación ulterior no debe tomarse como un hecho aislado, sino como un eslabón del desarrollo económico del país, ya que el nivel de productividad, y por consiguiente la escala de crecimiento de la producción, mantienen una relación de dependencia directa con respecto a la perfección técnica de las herramientas utilizadas en el trabajo y el grado de adelanto de los procesos tecnológicos.



No puede concebirse el desarrollo económico sin el -- progreso de la técnica y recíprocamente, la técnica no podrá progresar sin desarrollo económico y social.

En el panorama universal, el desarrollo de la fotogrametría, médula y corazón de la tarea de DETENAL, se inicia como todas las innovaciones tecnológicas, con inventos, ensayos, éxitos, fracasos y esperanzas. La fotografía, divulgada por Arago en 1839, abre la perspectiva de su utilización en levantamientos fotogramétricos, pero es hasta -- Laussedat, verdadero fundador de ésta tecnología, designada por él "metrofotografía", crea entre 1851 y 1859, el -- primer instrumento apropiado para los levantamientos fotogramétricos y el primer método de restitución. Esta evolución se continúa con los primeros mapas realizados a base de fotogramas, tomados desde globos cautivos, cometas y -- otros artefactos de la época, hasta que Pulfrich en 1901, perfecciona en Alemania, el método estereoscópico y construye el estéreo comparador.

La primera guerra mundial aceleró el adelanto de numerosas disciplinas no exclusivamente militares, entre ellas la fotogrametría aérea; las cámaras fueron perfeccionadas y también los métodos y los diversos instrumentos para obtener la representación del terreno. Sin embargo, es casi hasta 1930 cuando se resuelven los principales problemas -- desde el punto de vista instrumental; a partir de entonces se inicia un intenso desarrollo en las aplicaciones de -- esta técnica.

Es en la segunda guerra mundial cuando se perfeccionan aún más las técnicas fotogramétricas, multiplicándose constantemente los instrumentos y dispositivos automatizados, que permitieron garantizar una información más precisa y campos de aplicación más amplios en todos los sectores productivos.

Mientras la fotogrametría terrestre no ha experimentado adelantos fundamentales durante los últimos decenios la fotogrametría aérea ha registrado un desarrollo inusitado y, actualmente, se han incorporado otras técnicas que permiten utilizar una amplia gama de las bandas de espectro -- mediante instrumentos que se conocen con el nombre de -- "sensores remotos", en el método que se ha designado como de "percepción remota".

Estos adelantos en las técnicas fotogramétricas, permiten no sólo efectuar levantamientos de gran precisión y captar numerosas características de la corteza terrestre, -- sino permiten también observar y medir la superficie de la

luna y otros planetas, con toda comodidad, en el gabinete de trabajo del investigador especializado; escudriñar las propiedades específicas del terreno con la misma certidumbre y con mayor información que si estuviese materialmente sobre el suelo de estos astros.

Actualmente la fotointerpretación, ofrece ventajas -- extraordinarias, especialmente, cuando se trata de investigar los recursos naturales, diseñar obras de ingeniería o planear el desarrollo de una región. Las ventajas y aplicaciones del método son enormes, porque no sólo permiten -- una superior calidad en los resultados y una fidelidad -- casi completa como fuente de información, sino que al reducir el tiempo y el costo de operación, reporta ahorros considerables, comparativamente con los métodos tradicionales.

Con los trabajos que la Dirección de Estudios del Territorio Nacional realiza, en el futuro próximo, podremos contar con un levantamiento preciso a escala adecuada de -- todo el país, de un inventario y de una evaluación de los recursos naturales existentes.

## CAPITULO II

### EXPLICACION BREVE DE LA CONSTRUCCION DE LAS CARTAS DE DETENAL.

#### II:1 METODOLOGIA.

Cada una de las líneas de producción, parte del vuelo fotográfico, donde se obtienen fotografías a varias escalas, dependiendo de la escala definitiva a la que se quiere obtener el mapa; las fotografías, una vez reveladas e impresas, constituyen el primer documento gráfico de - - - DETENAL, en escalas 1:70,000; 1:50,000; 1:25,000 y otras.

Empleando métodos fotogramétricos o de fotointerpretación, se obtienen de las fotografías aéreas los elementos que van a ser plasmados en las cartas DETENAL. Por ejemplo: por medio de la fotogrametría, se obtienen las coordenadas X, Y, Z, de diversos puntos del terreno, la restitución de cada par estereoscópico, las medidas de distancias, cotas y la configuración del terreno con curvas de nivel para las cartas topográficas, urbanas y fotomapas.

Por medio de la fotointerpretación, se obtienen los tipos de rocas y suelos así como las estructuras geológicas presentes en el caso de la carta geológica; las asociaciones especiales de vegetación, las zonas de cultivo, bosques y selvas en el caso de la carta de uso del suelo; los tipos de suelo, su textura, pendiente y fases físicas y químicas en el caso de la carta edafológica; la capacidad agrológica de los suelos, las zonas donde se requiere control de erosión y las proposiciones de obras de infraestructura en el caso de la carta de uso potencial.

#### II:2 TRABAJOS DE CAMPO.

Todas las actividades anteriormente descritas están apoyadas en trabajos de campo en los que se obtienen:

- 1.- Coordenadas y cotas mediante nivelaciones y poligonaciones y, en algunos casos, la reposición y ampliación de la red geodésica nacional.
- 2.- Los nombres de los accidentes geográficos, los nombres de las poblaciones, su número de habitantes y los servicios con que cuenta.

3.- La verificación de las unidades fotointerpretadas, para lo cual se estudian las rocas, los suelos, la vegetación y, en donde se requiere, se perforan pozos y se toman muestras que son analizadas en los laboratorios portátiles o en la ciudad de México, dándole a las investigaciones la garantía de la comprobación.

## II:3 OBJETIVOS DE LAS ACTIVIDADES DE LA DETENAL A TRAVES DE SU CARTOGRAFIA.

II:3:1 GEODESIA. Se refiere a las medidas precisas de la posición geográfica de ciertos puntos del territorio a nivel continental. La Dirección realiza levantamientos geodésicos, recupera la información geodésica existente, mantiene los monumentos geodésicos en condiciones adecuadas y coordina los trabajos que pudieran realizar otras instituciones del gobierno o las de enseñanza superior.

II:3:2 FOTOGRAFIA AEREA. Levantamiento de imágenes obtenidas con cámaras fotográficas u otros sensores remotos para la localización de recursos. DETENAL realiza las tomas fotográficas o de otros sensores remotos que requiera para sus estudios particulares. Está informada de los levantamientos que realizan otras dependencias, o por contratos con compañías particulares.

II:3:3 GRAVIMETRIA. Estudio de la variación de la atracción de la gravedad, debido a la presencia de diferentes masas de roca en el subsuelo. DETENAL tiene a su cargo los levantamientos gravimétricos generales. Está informada y coordina los que realizan otras instituciones públicas o privadas con objetivos de exploración geológica.

II:3:4 TOPOGRAFIA. Medidas del territorio nacional para conocer la planimetría y la altimetría, o sea, el relieve del país. La Dirección ajusta los levantamientos topográficos que se requieran para sus trabajos sistemáticos de fotogrametría y conoce los levantamientos de importancia que se realicen en el territorio nacional con el objeto de llevar un adecuado registro y estar en posibilidad de aprovechar y difundir los resultados.

II:3:5 GEOLOGIA. Estudio de las características de las rocas y de los suelos. Lleva a cabo las exploraciones sistemáticas que se requieren para formular el inventario de los recursos básicos y estar enterada, en lo que no sea confidencial, de los estudios que realicen con mayor detalle otros organismos. Promueve el adecuado uso del inventario en los sectores público y privado.

II:3:6 USO DEL SUELO. DETENAL, hace la investigación sobre el uso actual del suelo, determinando la cobertura vegetal y las actividades agropecuarias. Está informada de los estudios que realizan otras instituciones a escalas mayores, para aprovechar los resultados obtenidos y procurar la adecuada coordinación de los estudios.

II:3:7 EDAFOLOGIA. Clasificación de los suelos en el país. DETENAL, formula la clasificación del suelo a nivel general para su aplicación a la planeación y a los anteproyectos de desarrollo agropecuario. Está informada de otros estudios edafológicos que se realicen en el territorio nacional, para formular los documentos que permitan sistematizar estos estudios en todo el país.

II:3:8 USO POTENCIAL. Se refiere fundamentalmente a la capacidad agrológica del terreno y sus posibilidades de aprovechamiento para ciertos grupos de cultivo. DETENAL, está informada de estudios al respecto, con el fin de que esté en condiciones de promover su mejor aprovechamiento por sí o a través de otras instituciones gubernamentales o privadas.

II:3:9 SOCIOECONOMIA. Levantamientos cartográficos de las condiciones económicas y sociales y proposiciones concretas de acción por parte del sector público. Estos estudios a nivel nacional están ejecutados por DETENAL, en colaboración estrecha con otros organismos del gobierno que realizan este tipo de investigaciones. Mantiene actualizada la información a nivel nacional y la difunde en los medios apropiados.

II:3:10 RECURSOS TURISTICOS. Registro de los recursos culturales y recreativos, así como las facilidades para el viajero. La Dirección elabora las cartas turísticas del país en colaboración con las entidades turísticas.

II:3:11 LEVANTAMIENTOS URBANOS. Cartografía de las ciudades. DETENAL levanta la cartografía urbana del país con diferentes niveles de detalle y formas de presentación, de acuerdo con el número de habitantes, como base para elaborar los planes de desarrollo en la aplicación de la ley de asentamientos humanos. Está informada de los trabajos que al respecto realizan otras entidades de los gobiernos federal, estatal o municipal.

II:3:12 REGISTRO DE LA PROPIEDAD. DETENAL, efectúa los levantamientos básicos, tanto en el medio rural como en el urbano y colabora con materiales y asesoría con los estados y con la Secretaría de la Reforma Agraria.



## CAPITULO III

### DESCRIPCION DE LAS CARTAS TOPOGRAFICAS.

#### III:1 INTRODUCCION.

El conocimiento de la realidad física que se intenta lograr a través de la representación cartográfica, no podrá ser completo, si se circunscribe solamente a una escala que limita en cantidad y detalle la información a representar.

La objetividad y solidez de los análisis que se basen en un sistema cartográfico nacional, dependerán tanto de la capacidad del sistema para responder a las necesidades de información actualizada que se presenten en los niveles específicos más comunes: nacional, regional y local, como también de la estructuración del mismo, para que pueda proporcionar por medio de la integración de los distintos documentos que lo forman, una visión tan completa del medio físico, que reduzca a un mínimo la subjetividad en las decisiones que al mismo conciernen. En el presente capítulo se analizarán las características y componentes del sistema cartográfico nacional que DETENAL está conformando, describiéndose con mayor detalle lo referente a la carta topográfica 1:250,000.

#### III:2 ANTECEDENTES.

En 1968, al iniciarse los trabajos de la Dirección y decidirse que la escala 1:50,000 sería la base de sus estudios, no se perdió de vista el hecho que la representación cartográfica del territorio a una sola escala, no era en modo alguno suficiente para conformar el sistema cartográfico nacional, que debía ser y es su objetivo. La carta 1:50,000 fué seleccionada tanto por sus ventajas inherentes en cuanto a cantidad de información que contiene y factibilidad de realización en un lapso razonable, como por el hecho de que mediante un adecuado proceso cartográfico podría servir de base para la producción lateral de la carta 1:250,000.

A pesar del paso firme que la serie de carta topográfica 1:50,000 ha mantenido, que permite, cubrir cada mes 15,000 km<sup>2</sup> en promedio y que la información a ese nivel se produce en forma sistemática cada vez con mejor eficiencia, la necesidad de información a otros niveles se presentan debido a la demanda de los usuarios, siendo cada vez mayor la urgencia de contar con todos los elementos del sistema-

cartográfico, cuyos objetivos describiré a continuación.

### III:3 SISTEMA CARTOGRAFICO NACIONAL: S.C.N.

El sistema cartográfico nacional deberá ser capaz de proporcionar información integral de todo el territorio nacional con eficiencia máxima, esto es, que podamos captarla realidad con el menor número posible de documentos, sin dejar lagunas o eslabones mal conectados, de modo que, las conclusiones a que arribemos en base al sistema sean del todo seguras.

El sistema cartográfico nacional deberá a través del análisis de los documentos para una región dada, inducir en la mente de los usuarios, una visión del terreno tan completa, que prácticamente se sienta transportado a él; por lo tanto, deberá estar fuertemente estructurado para mostrar con objetividad la realidad del medio físico, expresando lo que realmente es, y elimine la subjetividad en los razonamientos relacionados con el medio físico.

La información contenida en el sistema, habrá de representar la realidad con un grado de actualidad aceptable, dentro de los límites que las posibilidades técnicas y económicas imponen.

El sistema cartográfico nacional deberá además ser conocido, y por medio de la impugnación crítica y análisis, modificarlo, si procede, de manera que pueda ser aceptado por la generalidad de posibles usuarios y constituya por derecho propio, base de comunicación entre ellos.

Debe ser elaborado en forma dinámica y por lo tanto, aprovechar al máximo los últimos adelantos técnicos, siempre y cuando representen ventajas reales en costo-tiempo.

### III:4 COMPONENTES DEL SISTEMA.

Los documentos cartográficos para formar un sistema con las características antes mencionadas, deben ser objeto de una selección muy cuidadosa, a fin de que su producción pueda ser eficiente y se cubran además las necesidades de información con el mínimo de documentos.

DETENAL ha establecido en principio, las escalas que se muestran en la figura 1, como constitutivas del sistema. Sin embargo, otras escalas intermedias como la 1:100,000 que puede derivarse con relativa facilidad de la carta 1:50,000 pueden ser requeridas y producidas aunque quizás no con un cubrimiento total del territorio nacional.

III:5 LAS LIMITACIONES ACTUALES Y PERSPECTIVAS FUTURAS DEL SISTEMA.

Los siguientes principios han sido comprobados a nivel mundial:

- a).- El desarrollo cartográfico precede al desarrollo económico.
- b).- Existe una correlación directa entre el grado de desarrollo de un país y el volumen de mapas que produce y utiliza.
- c).- Los recursos económicos empleados en la producción cartográfica no deben considerarse como un gasto, sino más bien como una inversión.

No obstante lo anterior, no siempre es totalmente comprendido el hecho de que la implementación y mantenimiento de un sistema cartográfico para un país tan extenso como el nuestro, es por necesidad un proceso que consume considerables cantidades de tiempo y recursos. A pesar del gran apoyo recibido en los últimos años y el avance considerable experimentado en la cartografía nacional, es innegable que aún nuestras carencias cartográficas son muy fuertes, y que requerirá un gran esfuerzo subsanarlas.

A efecto de tener un nivel de comparación en cuanto a la inversión en cartografía en diferentes países, se incluye la siguiente tabla:

INVERSION EN CARTOGRAFIA +

País	Pesos por habitante	Pesos por km <sup>2</sup>	Año.
CANADA	45	90	1968
EE. UU.	50	1000	1968
FRANCIA	37	3000	1968
INGLATERRA	35	7200	1968
MEXICO ++	2.5	75	1975

+ Incluye Geodesia.

++ Datos calculados por DETENAL.

Ante este panorama y dado que la mayor parte de nuestros recursos son empleados en el nivel 1:50,000, los proyectos a otras escalas no han avanzado con la misma celeridad, sin embargo, conscientes de la urgente necesidad de contar con un documento adecuado para la planificación a nivel regional como es, la carta topográfica 1:250,000, que presenta una imagen generalizada del terreno, DETENAL ha -

implementado un programa para su elaboración y actualización.

Es conveniente mencionar que del paralelo 24 hacia el norte, ya existe la carta topográfica 1:250,000 elaborada conjuntamente con el Departamento Cartográfico Militar de la Secretaría de la Defensa Nacional, el servicio cartográfico del Ejército de los EE.UU. y el Servicio Geodésico Interamericano.

Fueron cubiertas 59 hojas en distintas fechas, de 1957 a 1960. En base a esto, la labor de DETENAL está enfocada a dos tareas básicas.

- 1.- Completar la carta 1:250,000 para toda la República, o sea, elaborar las 67 hojas faltantes del paralelo 24 al sur y parte de la Península de Baja California.
- 2.- Mantener actualizadas el total de 126 hojas.

### III:6 INFORMACION CONTENIDA EN LA CARTA TOPOGRAFICA 1:250,000. - - -

Muestra los elementos del terreno clasificándolos en:

Elementos naturales.

- Relieve.- Está representado por curvas de nivel, cotas fotogramétricas e información geodésica, las curvas -- están compiladas con una equidistancia vertical de 50 m, - las ordinarias y 250 m las maestras. Esta información - - está impresa en color sepia.

- Hidrografía.- Muestra los ríos, canales, arroyos, - presas, lagos, líneas costeras, etc. y se imprime en color azul.

- Vegetación.- Se clasifican los bosques y zonas de - cultivo representándose en diferentes tonalidades de ver-- des.

- Otros rasgos superficiales.- Como son los elemen-- tos sedimentarios: dunas, arena, salinas, malpais, se con-- signan en color sepia y azul.

Elementos culturales.

- Vías de comunicación.- Como carreteras, autopistas, carreteras pavimentadas, terracerías, brechas, vías - - -

férreas, impresas en color negro y rojo.

- Areas urbanas.- Poblados, rancherías, etc.; imprimiéndose esta información en color amarillo.

- Otra información como límites estatales, límites de zonas de cultivo, representados en color negro.

### III:7 APLICACIONES.

Las principales aplicaciones de la carta topográfica-1:250,000 son:

- Base para cartografía temática específica.
- Anteproyectos de obras civiles a nivel nacional y regional.
- Planificación regional.
- Enseñanza de la investigación.
- Turismo y recreación.
- Administración gubernamental.



## SISTEMA CARTOGRAFICO NACIONAL.

NIVEL DE INFORMACION	ESCALAS	FORMATO DE HOJA	Nº de Hojas que Cubren la República	APLICACIONES
NACIONAL	1: 4 000 000	31° 00' x 18° 30'	1	Para la realización de estudios de gran visión, planeación a nivel nacional y base para cartas temáticas.
	1: 2 000 000	15° 30' x 18° 30'	2	
	1: 1 000 000	6° 00' x 8° 00'	8	
REGIONAL	1: 250 000	2° 00' x 1° 00'	126	Base para estudios socioeconómicos, planeación regional, exploración y como base para cartas temáticas.
	1: 50 000	20' x 15'	2 400	
LOCAL	1: 50 000	20' x 15'	2 400	Realización de proyectos y ante-proyectos, vías terrestres, desarrollo urbano, base de cartas temáticas catastro rural
	1: 10 000	4' x 3'	60 000	
URBANO	1: 10 000	4' x 3'	453 ciudades	En la elaboración de planes y programas de desarrollo urbano, planos directores, planos reguladores, etc.

FIG. 1

## CAPITULO IV

### DESCRIPCION DE LAS CARTAS TEMATICAS.

#### IV:1 CARTAS GEOLOGICAS.

IV:1:1 INTRODUCCION. Los factores analíticos claves en la identificación de las imágenes de las fotografías aéreas, bases fundamentales de las reglas de interpretación fotogeológica.

El primer grupo de factores analíticos claves está -- constituido por los "factores" derivados de características físicas de las fotografías mismas, tales como se observan en las copias de contacto positivas, de películas en blanco y negro como:

- 1.- Tono
- 2.- Textura

Un segundo grupo se halla compuesto por los "factores" derivados de características, no ya de las propias fotografías sino de los rasgos u objetos reales cuyas imágenes aparecen en ellas como:

- 3.- Forma
- 4.- Tamaño
- 5.- Sombra
- 6.- Tipo o modelos de configuración
- 7.- Relaciones con objetos o rasgos asociados.

El tercer grupo lo integran los "factores" derivados de características topográficas, según éstas se exhiben en el modelo tridimensional formado por la visión estereoscópica de los pares fotográficos aéreos como:

- 8.- Formas topográficas o relieve terrestre.
- 9.- Sitio o emplazamiento
- 10.- Posición o gradiente
- 11.- Discordancias
- 12.- Anomalías topográficas
- 13.- Ruptura de pendiente
- 14.- Alineaciones

Forman el cuarto grupo los "factores" derivados de -- las características de los rasgos fisiográficos y geomorfológicos de la superficie terrestre, reproducida por sus -- imágenes en la fotografía aérea, como son:

- 15.- Erosión
- 16.- Avenamiento o drenaje.
- 17.- Uso del suelo por el hombre.

#### IV:1:2 LAS DOCE REGLAS DE LA INTERPRETACION.

Primera Regla.- Del tono o del color fotográfico. El tono o color de una fotografía aérea se define como la "medida de la cantidad relativa de la luz reflejada, así como la longitud de onda en una fotografía". Esta cantidad y clase de luz dependen de varios factores:

- 1.- El ángulo de incidencia de los rayos luminosos.
- 2.- La capacidad de reflexión de la superficie.
- 3.- El tipo de película y clase de filtros usados.
- 4.- El tiempo de exposición a la luz solar y abertura del objetivo de la cámara.
- 5.- El color del suelo o del objeto fotografiado y
- 6.- El proceso seguido en el laboratorio para el revelado de la película y selección del papel más conveniente para la positiva.

Segunda Regla.- De la textura de la fotografía. Los rasgos de la superficie terrestre que, por su inmenso número y diminuto tamaño relativo, no pueden identificarse -- aisladamente en sus correspondientes imágenes fotográficas aéreas como ocurre en las arenas de un desierto o con las hierbas en una pradera, ofrecen en su conjunto una apariencia típica en cada caso que constituye lo que se denomina textura de la fotografía aérea por lo que pueden identificarse aquellos rasgos geológicos combinados, imposibles de individualizar, cuando tienen una textura particular y definida.

Tercera Regla.- De la forma y tamaño de los objetos o rasgos. Las imágenes con apariencia regular que muestran las fotografías aéreas verticales, corresponden a objetos que se deben a la actividad humana en su gran mayoría, mientras que las imágenes irregulares y desordenadas en apariencia, pertenecen, por el contrario a rasgos que -- como los geológicos son naturales. Por lo tanto, la forma horizontal de los objetos o rasgos, conjunta con su tamaño relativo, resolverá cualquier duda que pueda presentarse -- respecto a la identidad natural o artificial de los mismos.

Quarta Regla.- De las sombras. Las sombras aparecen normalmente en las fotografías aéreas al revelar y acen- -  
tuar el relieve de la superficie terrestre que las origi- -  
na, pone en evidencia, al contrastar los elementos geológi-  
cos susceptibles de causarlas, por lo que constituyen una-  
guía inmejorable en la localización de rasgos estructura-  
les y tectónicos.

Quinta Regla.- De las relaciones con rasgos y obje- -  
tos asociados. Cuando un rasgo geológico reproducido en -  
una fotografía aérea carezca de caracteres distintivos que  
permitan su identificación precisa, en el área de forma, -  
que por la identificación directa de estos se consiga la -  
identificación indirecta o interpretación de aquel.

Sexta Regla.- De las formas topográficas o relieve -  
terrestre. Las formas topográficas que cubren en su tota-  
lidad la superficie reproducida en las fotografías aéreas,  
se encuentran de tal modo condicionadas por la estructura-  
geológica, total o parcialmente que el estudio detenido de  
tales formas llevará al conocimiento de su naturaleza geo-  
lógica, de la cual son aquellas directo y natural producto,  
teniendo en cuenta en el análisis el factor climático.

Séptima Regla.- De la posición o gradiente. La posi-  
ción o postura de las rocas en la superficie terrestre de-  
nota su grado de consolidación o de cohesión de los elemen-  
tos que las componen, de forma que las menos consolidadas -  
o cristalizadas tendrán mayor gradiente y tenderán hacia -  
la verticalidad, de cuya propiedad se deriva la facultad -  
de poderlas identificar de un modo general, por la simple-  
observación estereoscópica de su posición topográfica fá-  
cilmente determinable de las fotografías aéreas.

Octava Regla.- De las discordancias. Las discordan-  
cias topográficas, entre las que se encuentran los cambios  
o rupturas de pendientes, originadas por la diversa natura-  
leza de los elementos que constituyen la superficie terres-  
tre, así como por los fenómenos de diversa naturaleza que-  
en ella tienen lugar, originan marcados contrastes cuyo --  
examen estereoscópico permite descubrir muchos fenómenos -  
geológicos en las fotografías aéreas, tanto estratigráfi-  
cos como estructurales y técnicos.

Novena Regla.- De las alineaciones. Las imágenes --  
que en las fotografías aéreas tienen una definida expre- -  
sión lineal de apariencia más o menos recta, aislada, o --  
agrupadas formando sistemas, corresponden a rasgos tectóni-  
cos estructurales y estratigráficos del área reproducida,-

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

**Décima Regla.- De la erosión.** Los agentes erosivos atacan a las rocas de un modo selectivo o diferencial -- según los materiales de que están constituidas, originando se formas de erosión características de sus diversos grupos y del estado de desarrollo del ciclo de erosión correspondiente, para cada tipo de clima, este fenómeno permite la identificación de las unidades litológicas más importantes mediante el estudio de las fotografías aéreas del particular modo con que responden a la acción erosiva.

**Undécima Regla.- Del avenamiento o drenaje.** Los diversos tipos de avenamiento o drenaje, al revelar la pendiente del terreno y la estructura geológica que lo controla, así como la técnica con expresión superficial y la desigual resistencia de las rocas, ponen de manifiesto al ser identificado el sistema a que el avenamiento pertenece, todos los elementos geológicos y geomorfológicos mencionados.

**Duodécima Regla.- Correlación planta-suelo-roca.** Los diferentes tipos de vegetación que cubren los rasgos terrestres superficiales, por depender de las rocas subyacentes, cuya descomposición da origen a los suelos que los soportan, permite el registro en las fotografías aéreas, de los contactos que delimitan tales rocas, así como la localización de la mayoría de los rasgos estructurales y técnicos reflejados en dicha superficie, por el análisis de sus grupos y rasgos vegetales respectivos, gracias a la correlación planta-suelo-roca, modificada por los factores climáticos y topográficos correspondientes.

#### IV:1:3 DESCRIPCION.

La carta geológica que elabora la Dirección de Estudios del Territorio Nacional tiene como objetivo la investigación y formulación del inventario de todos los recursos geológicos disponibles con que cuenta el país, para su mejor aprovechamiento.

Esta carta se ha elaborado mediante técnicas de interpretación de fotografías aéreas verticales, en color blanco y negro, a escala media 1:25,000, apoyadas en trabajos de campo y en datos obtenidos de las cartas de climas y topográficas, elaboradas previamente por DETENAL y completadas con información existente en diferentes instituciones-



públicas y privadas, la información así obtenida es transferida al mapa base a escala 1:50,000, pasando posteriormente al proceso de edición.

La información que contiene la carta se refiere a: -- clasificación de rocas y suelos, datos estructurales, forma, deformación o rompimiento en las rocas, como son anticlinales, sinclinales, el rumbo y echado en rocas sedimentarias, dirección del flujo en rocas ígneas, rumbo y de foliación, diques, fallas, fracturas, dolinas, así mismo datos de geología económica, como son: ubicación y evaluación de minas y catas, los minerales que de ellas se extraen, vetas, la utilización de las rocas y suelos como materiales para construcción, manantiales fríos o termales, posibilidades de obtención de agua subterránea, localización de pozos, norias y aeromotores.

Con objeto de hacer más comprensible la información contenida en la carta, a continuación se describe el sistema de clasificación:

Cada unidad litológica, lleva una clave o una combinación de ellas. En lo referente a las rocas ígneas extrusivas, se utilizan claves como "Igea" (roca ígnea extrusiva-ácida), "Igei" (roca ígnea extrusiva intermedia) o "Igeb"- (roca ígnea extrusiva básica); que implican un conjunto de cuerpos que no es posible determinar a la escala que se realiza el trabajo, como pueden ser brechas y tobos o indistintamente intercaladas con lavas. En el caso de las rocas ígneas intrusivas, se utilizan claves como "Igib" -- (roca ígnea intrusiva básica), "Igia" (roca ígnea intrusiva-ácida), "Igii" (Roca ígnea intrusiva intermedia", - - - cuando no es posible determinar las variaciones que presentan estos cuerpos intrusivos, a la escala de este trabajo. En rocas sedimentarias se utilizan claves sencillas o una combinación de ellas cuando se encuentra una alternancia o interestratificación de dichas unidades. En rocas metamórficas se utiliza una clave sencilla; de igual modo se usa una sola clave para clasificar los suelos, con respecto a su origen.

IV:1:3:1 Rocas ígneas.- Son rocas que han sido formadas por la consolidación de un magma flúido sobre o a una cierta profundidad bajo la superficie terrestre.

Rocas ígneas ácidas.- Son las que contienen sílice - en mayor proporción 66-80% en peso. Entre los principales componentes de estas rocas se encuentra el cuarzo, el feldespato potásico, las plagioclasas sódicas; y como minerales accesorios hornblenda, micas como biotita y muscovita- y algunos piroxenos.

Rocas ígneas intermedias.- Su contenido en sílice -- varía entre 52 y 66% en peso. Esencialmente forman estas rocas el feldespato potásico y las plagioclasas sódicas; - los ferromagnesianos como la biotita, la hornblenda y los piroxenos se encuentran secundariamente.

Rocas ígneas básicas.- Contienen sílice en menor cantidad que las anteriores, solo 45-52% en peso, con presencia permanente de plagioclasas cálcicas y piroxenos, olivino y lamprobolita accesoriamente.

Rocas ígneas intrusivas.- Son aquellas que se consolidaron bajo la superficie de la corteza terrestre, siendo característico de estas rocas el encontrarse atravesando a las rocas que las rodean y formando cristales visibles con sus minerales.

Rocas ígneas extrusivas.- Se solidificaron a partir de un magma sobre la superficie terrestre, tomando el nombre de lavas y también se han formado por la consolidación de fragmentos arrojados por los volcanes en erupciones explosivas. Ambas son de cristalización fina.

Granito "Gr".- Roca ígnea intrusiva de textura fanerítica o porfídica. Sus minerales esenciales son el cuarzo, los feldespatos alcalinos y las plagioclasas sódicas; - en menor proporción contiene biotita, muscovita, anfíboles y piroxenos.

Diorita "D".- Roca ígnea intrusiva de textura fanerítica. Se compone principalmente por las plagioclasas cálcicas, augita, olivino, e hiperstena, siendo el verde oscuro el color más común de esta roca.

Riolita "R".- Roca ígnea extrusiva de textura afanítica fluída con fenocristales de cuarzo, sanidino y en menor proporción plagioclasas sódicas y minerales ferromagnesianos.

Andesita "A".- Roca ígnea extrusiva de textura afanítica o porfídica. Compuesta principalmente por plagioclasas sódicas, biotita y hornblenda. Es una roca compacta, áspera al tacto, de grano fino y de colores grises en los que destacan manchas blancas de las plagioclasas.

Basalto "B".- Roca volcánica de textura afanítica avésicular. Sus principales componentes son las plagioclasas cálcicas, olivino y piroxenos.

Toba "T".- Roca ígnea extrusiva compuesta por materiales piroclásticos consolidados, cuyo diámetro es menor de 32 mm; y que fueron arrojados por los volcanes; es de aspecto poroso teniendo generalmente poco peso específico,

Brecha volcánica "Bv".- Roca constituida por fragmentos angulosos y bombas de tamaño mayor de 32 mm; provenientes de erupciones violentas, consolidados o soldados entre sí por material que procede de la erupción volcánica y que puede ser lapilli, ceniza o material vítreo.

Vítrea "V".- Roca volcánica que al solidificar rápidamente no alcanza a cristalizar y presenta una superficie lisa y aparentemente homogénea, transparente o translúcida, constituida fundamentalmente por sílice amorfo.

IV:1:3:2 Rocas Sedimentarias.- Son rocas que se han formado por el transporte, depósito y consolidación de materiales, producto de la actividad de los agentes de la erosión sobre las rocas preexistentes, por precipitación química o la combinación de ambas.

Caliza "cz".- Roca constituida esencialmente por carbonato de calcio, de precipitación química o bioquímica, generalmente formada por estratos. Es compacta, de granos finos y su matiz varía desde gris azulado, crema, rosado y gris claro, hasta negro.

Marga "ma".- Roca carbonatada arcillosa, con un contenido variable de carbonato de calcio y arcilla, lo que determina que puede llamarse lutita calcárea, marga o caliza arcillosa.

Lutita "lu".- Roca detrítica, formada por arcilla endurecida por compactación y cementación, posee estructura laminar.

Arenisca "ar".- Roca constituida por fragmentos de arena, unidos por un cementante que puede ser sílice, arcilla, carbonato de calcio, óxido de hierro y otros.

Conglomerado "cg".- Roca constituida por fragmentos grandes y angulosos bien cimentados y dispuestos en forma irregular.

Yeso "y".- Roca cuyo componente principal es el sulfato de calcio hidratado, el cual se presenta en forma cristalina, en capas o masas irregulares de color blanco.

Travertino "tr".- Es una caliza impura, depositada con arcilla, limo o arena, por aguas saturadas con carbona

to de calcio. Forma bancos irregulares, por lo general --  
bandeados.

Tilita "ti".-- Roca de material brechoide, constituido  
por escasos, pero grandes fragmentos angulosos de uno o --  
varios tipos de rocas, rodeados por un material arcilloso--  
y depositados por el hielo.

IV:1:3:3 Rocas Metamórficas.-- Son el resultado de rocas -  
que han sufrido cambios en el interior de la corteza te--  
rrestre a consecuencia de fuertes presiones, altas tempera--  
turas o procesos químicos.

Cuarcita "M".-- Roca compuesta esencialmente por cuar--  
zo recristalizado; es producto de metamorfismo de las are--  
niscas o rocas ígneas cuarzo feldespáticas.

Marmol "M".-- Roca formada principalmente por crista--  
les de calcita o dolomita, y es producto de la metamorfiza--  
ción de las calizas. Su color varía de acuerdo con las im--  
purezas que contiene la caliza y su tono va desde el blan--  
co purísimo hasta el negro.

Pizarra "P".-- Roca debida al metamorfismo regional -  
de sedimentos arcillosos. Es de grano fino y rica en mi--  
cas incoloras. Presenta laminación bien definida en hojas  
delgadas.

Esquisto "E".-- Roca muy foliada y alineada, en la --  
que el bandeamiento de los minerales ferromagnesianos que--  
la componen, es una de sus características, por lo que se--  
divide en láminas delgadas y desiguales.

Gneis "Gn".-- Roca de grano grueso con bandeamiento -  
irregular y discontinuo, en la que predominan cuarzo y fel--  
despato sobre micas. Los gneises son producto de un meta--  
morfismo de alto grado.

#### IV:1:3:4 Suelos.--

Residual "re".-- Son el producto final de la altera--  
ción química de las rocas por los agentes atmosféricos, --  
sin haber sufrido algún transporte.

Aluvial "al".-- Son depósitos resultantes de la ero--  
sión de las rocas, cuyas partículas y fragmentos han sido--  
transportados por los ríos. Los sedimentos que constitu--  
yen estos suelos van de gravas a arcillas y la angulosidad  
o redondeamiento depende de su transporte.

Lacustre "la".-- Suelos formados principalmente de ar

cilla, limo y arena fina. Generalmente presentan estratificación.

Piamonte "pi".- Son depósitos que se acumulan al pie de los cerros. Están constituidos por fragmentos cuyos tamaños varían desde grandes peñascos hasta arena y arcilla.

Palustre "pa".- Son suelos de pantano constituidos -- por arena fina, arcilla y limo; mezclados con abundantes -- residuos de materia orgánica, sin ningún orden de deposición y formando una masa heterogénea.

Litotal "li".- Son fundamentalmente suelos arenosos, -- con algo de grava o arcilla. Se acumula en fajas estrechas a lo largo de las costas. Normalmente poseen poco espesor, por lo que son propensos a desaparecer por erosión -- o a quedar cubiertos con otros sedimentos.

Eólico "eo".- Son suelos formados por el depósito de materiales tales como arena, y limos, los cuales son removidos y transportados por el viento.

Glacial "gl".- Son los depósitos originados por los glaciares y constituidos por fragmentos generalmente angulosos de todos tamaños, sin orden aparente de depósito.

#### IV:1:3:5 Estructuras.-

Rumbo.- Es la dirección de la línea de intersección -- o sea la traza, entre una superficie inclinada y un plano horizontal.

Echado.- Es el ángulo de inclinación de una superficie, medido con respecto a la línea horizontal.

Dirección de flujo de rocas ígneas.- Es la dirección del escurrimiento de las corrientes de lava.

Anticlinal.- Es un pliegue que tiene su concavidad -- hacia abajo.

Anticlinal recumbente.- Anticlinal en el cual las capas de ambos flancos o lados tienen su echado hacia el mismo lado.

Domo.- Es un plegamiento anticlinal en forma de cúpula, no tiene eje definido.

Sinclinal recumbente.- Sinclinal en el cual las capas de ambos flancos tienen echados hacia el mismo lado.

Falla.- Es un rompimiento en la corteza terrestre, -- acompañado por un desplazamiento, a lo largo del plano de fractura. Al bloque que queda sobre el plano de falla se le denomina bloque de techo y al de abajo bloque de piso.

Falla normal.- Es una falla en la cual el bloque de techo sube respecto al bloque de piso.

Fractura.- Rompimiento en el cual aparentemente no hay desplazamiento.

Dique.- Masa intrusiva, de forma tabular. Atraviesa perpendicularmente o diagonalmente a las rocas que lo rodean.

Veta.- Es un cuerpo constituido de uno o más minerales, que se encuentra relleno de una fractura o una cavidad de la corteza terrestre.

Volcán.- Es una abertura o grupo de aberturas próximas entre sí, a través de las cuales pasan materiales rocosos fundidos, vapor de agua y gases calientes; su forma -- típica es un cono, con un cráter de embudo en la cima.

Dolina.- Depresión en forma de cono que se localiza en zonas de rocas sedimentarias calcáreas. Es causada por el hundimiento o colapso del techo de una caverna de disolución formada por corrientes de aguas subterráneas.

Manantial frío.- Nacimiento de agua subterránea que aflora en la superficie con una temperatura inferior a la media del lugar.

Manantial termal.- Nacimiento de agua subterránea que aflora en la superficie con una temperatura superior a la media del lugar.

Mina.- Sitio donde se explota uno o más minerales. - La extracción puede ser mediante pozos, túneles o a cielo abierto.

Cata.- Excavación de exploración que se hace para buscar minerales.

Banco de material.- Lugar donde se explotan, generalmente a cielo abierto, materiales para la construcción.

Punto de verificación.- Sitio sobre el terreno en donde el geólogo verifica su fotointerpretación y obtiene información complementaria sobre las características y condiciones de las rocas, suelos o elementos económicos.



Contacto.- Línea continua que indica la separación de dos unidades litológicas distintas.

Contacto inferido.- Línea discontinua que nos indica la separación inferida o estimada de dos unidades litológicas.

#### IV:1:4 UTILIZACION.

IV:1:4:1 Método de trabajo.- La elaboración de la carta geológica se efectúa mediante técnicas de interpretación a partir de fotografías aéreas verticales en color o blanco y negro de escala media 1:25,000.

La información así obtenida, es transferida al mapa base a escala 1:50,000.

La carta geológica que elabora la Dirección de Estudios del Territorio Nacional, tiene como objetivos la investigación y formulación del inventario de todos los recursos geológicos disponibles con que cuenta el país para su mejor aprovechamiento.

El trabajo se efectúa por zonas, según la DETENAL ha considerado conveniente dividir al país, a su vez, cada zona está fraccionada en hojas de aproximadamente 1,000 km<sup>2</sup>; que constituyen las unidades de área en que se efectuará el trabajo.

Para la elaboración de la carta geológica se cuenta con los servicios de geólogos especialistas en fotointerpretación, adscritos a cada una de las secciones de que consta la oficina.

Así mismo existe dentro de la oficina de geología, la sección de edición que es la que se encarga de todo el proceso de cartografía que incluye: grabado, tipografía, prueba de color y revisión de positivos. Una vez terminada esta etapa, cada una de las cartas geológicas es enviada a impresión.

#### IV:1:5 MINERIA.

México es un país que por su geología es inminentemente minero, sin embargo, las minas que podían haberse descubierto fácilmente, ya han sido explotadas y plenamente agotadas. Pero esto no significa que haya dejado de ser un país con recursos minerales.

Con la información de la carta geológica, que consiste en el inventario de las minas activas o abandonadas, de

las catas en donde los gambusinos han hecho pequeñas excavaciones en la búsqueda de minerales y la descripción de las condiciones geológicas que las constituyen, es posible determinar aquellas áreas que son potencialmente ricas en minerales, de tal manera que otras entidades del sector público o compañías privadas, puedan llevar a cabo estudios o investigaciones en mayor detalle para localizar nuevos yacimientos, seguramente más importantes que los descubiertos a la fecha.

Las condiciones geológicas regionales y el inventario de las obras mineras que se conocen como resultado de -- estos estudios, permiten determinar minas en explotación o abandonadas, para estudiar por extrapolación las posibilidades en áreas adyacentes a otras nuevas hasta ahora desconocidas. Las cartas geológicas permitirán efectuar exploraciones de carácter geológico minero, que de no existir, difícilmente se hubiera podido realizar.

El impulso más importante recibido por la técnica de fotointerpretación, lo fué dado por la exploración petrolera. A través de la información proporcionada por la carta geológica, es posible colaborar en forma importante a la búsqueda de nuevas estructuras con posibilidad de contener hidrocarburos.

Agua..- Teniendo nuestro país una gran extensión de -- sértica o semidesértica, que abarca principalmente la parte central NE y NW de la República, la escasez de agua es uno de los grandes problemas que se han venido afrontando continuamente, ya que este líquido es un elemento fundamental para el desarrollo de las diversas actividades.

En lo referente al recurso agua, se hacen estudios -- sobre posibilidades de obtenerla en cada región, ya sea -- captando los escurrimientos superficiales o determinando -- las posibilidades de que exista agua subterránea en los diferentes tipos de acuíferos; las unidades litológicas que en ella aparecen, su extensión y distribución y los datos referentes a sus características físicas, como son: grado de fracturamiento, permeabilidad, estratificación y otras, nos permitirán señalar en una primera etapa cuales pueden ser las fronteras de los acuíferos que en ellas existen, -- así mismo las estructuras geológicas, como son: anticlinales, sinclinales, fallas, etc.; y la ubicación en la carta de todas las manifestaciones del agua subterránea, como -- son los manantiales y su naturaleza, bien sean fríos o termales, y de todos los pozos, norias y aeromotores extra-urbanos existentes en el área, nos proporciona un gran indicativo del potencial hidrológico de la zona, lo cual nos -- permitirá elaborar un mejor juicio respecto a las posibili

dades de obtención del agua subterránea.

Ciertas áreas quedan excluidas por el geólogo, indicando con certeza que no hay agua subterránea, en otras, - el estudio permite valuar con seguridad que sí existe agua subterránea. Se presenta un tercer caso, en el cual con - el nivel de investigación aplicado no es posible determi-- nar si existe agua subterránea, por lo que solo se indica que hay posibilidades.

Material para construcción.- Cada clase de rocas y - cada tipo de suelo, tienen una utilidad como material de - construcción. Se describe para cada unidad su posible - - aprovechamiento para obtener arena y grava; para usarse en mampostería; para acabados, en fachadas o pisos; como mate-- riales ornamentales, así como su posible utilización para-- la fabricación de cal y cemento, como material impermeable o de relleno. Los suelos constituidos por fragmentos grue-- sos, pueden utilizarse como agregados para concretos y los formados por partículas finas arcillosas para la construc-- ción de presas, bordos o canales. Se señala también cuál-- es el procedimiento de excavación que habría que hacer - - para extraer los materiales; explosivos cuando se puedan - hacer con un zapapico y una pala, o bien pala cuando los - materiales son de baja cohesión. Esta clasificación permu-- te traducir en cualquier momento y en cualquier lugar, los procedimientos en costos, con el objeto de elaborar ante-- presupuesto para la construcción de obras de ingeniería o-- bien para su aprovechamiento como materiales. Se propor-- ciona también el inventario de los bancos de materiales -- para construcción.

#### IV:2 CARTAS DEL USO DEL SUELO.

IV:2:1 INTRODUCCION. Muestra en colores cuál es el uso -- que se está haciendo del suelo en un momento dado permite-- determinar la importancia de los recursos agropecuarios y-- forestales que existen en la zona.

En el uso agrícola se indica si se trata de un culti-- vo de riego o de temporal, y si es permanente, semiperma-- nente o de ciclo anual. Los informes de campo proporcio-- nan datos acerca de los tipos de cultivos, producción, pla-- gas, transporte del producto, destino y valor.

En las áreas dedicadas a la ganadería se indican los-- pastos naturales, cultivados o inducidos, y en los infor-- mes de campo se proporciona su clasificación y su abundan-- cia, así como el tipo de ganado y la forma de explotación.

En el uso forestal se indican los bosques o las selvas. Las zonas boscosas se definen como de coníferas o latifoliadas y señalan las especies de árboles predominantes; los informes de campo contienen datos acerca del crecimiento del bosque, su altura y el número aproximado de árboles por hectárea. Las zonas de selva se definen como alta, mediana o baja, caducifolia, perennifolia, subcaducifolia o superennifolia y en los informes de campo se indican las características y las condiciones en que se encuentran.

La vegetación natural no arbórea se muestra como asociaciones especiales de vegetación. En los informes de campo se informa con detalle de los tipos de plantas y su abundancia relativa. Se indica también las áreas desprovistas de vegetación.

Para cada población se indica por medio de una clave cuales son los servicios de que dispone y el número de habitantes. Con estos datos es posible apreciar el nivel de bienestar social e indirectamente cultural.

Esta carta permite contemplar una panorámica de la situación económica y social de la zona que se pretende estudiar, y las diferentes unidades que contienen; al igual que todas las otras cartas de recursos, pueden medirse con una adecuada precisión en hectáreas u otra unidad.

#### IV:2:2 CLASIFICACION DEL USO DEL SUELO Y TIPOS DE VEGETACION.

Al efectuar la fotointerpretación deberá tenerse en cuenta los siguientes conceptos:

I.- Uso Agrícola.- Se clasificarán como agrícolas todas aquellas áreas que estén dedicadas a esta actividad en el momento en que las fotografías fueron tomadas.

La primera división que se hará es la separación de agricultura de temporal y de riego.

1.- Agricultura de temporal. Se debe entender como tal todas aquellas áreas cuyo período vegetativo del cultivo depende del agua de lluvia. Esta se clasificará en permanente y nómada.

a.- Agricultura de temporal permanente. Quedarán incluídas todas aquellas áreas agrícolas sujetas a una actividad permanente, es decir, el hombre año con año las cultiva y quizás temporalmente no se

cultiven por circunstancias especiales, pero volverá nuevamente a ellas.

- b.- Agricultura de temporal nómada. Se clasificarán así aquellas áreas que el hombre cultive por un plazo relativamente corto (1 - 5 años) y luego -- las abandona, bien sea por agotamiento del suelo -- como sucede en las zonas de clima cálido o bien -- porque el hombre no se ha establecido en forma de definitiva en esas áreas, cultivando superficies relativamente pequeñas que si no ha abandonado, se supone que las abandonará.

Otro caso que se presenta en las zonas de escasa precipitación, es donde debido a las condiciones tan poco favorables para la agricultura, también son abandonadas algunas áreas de superficie considerable.

En algunas zonas resulta como indicador más o menos claro, la pendiente en que se encuentran estas áreas, así como el suelo delgado, además de la huella de perturbación de la vegetación en diferentes etapas de desarrollo en -- fase secundaria.

2.- Agricultura de riego. Deberán clasificarse así, aquellas áreas que reciban varios riegos durante -- el ciclo vegetativo del cultivo, bien sea por gravedad o -- por bombeo.

#### Combinación de Conceptos.

- a.- En el caso de que el cultivo depende más bien del temporal pero que recibe algún riego, bien sea de punteo o bien durante el ciclo vegetativo por ser el agua un factor limitante, se deberá indicar -- mediante la clave, que se trata de un cultivo de temporal con riego.
- b.- Cuando en alguna zona existen dispersas áreas de riego y de temporal que no se puedan separar unas de otras, se deberá indicar mediante la clave la existencia de las dos en el orden de dominancia.

La condición para usar la combinación de claves, -- es que por lo menos exista dentro de uno, el 10 % del otro tipo de agricultura, además de que se encuentre muy fraccionada y dispersa, de lo contrario se deberán separar los 2 tipos.

En aquellas áreas con una red de canales bien definidos en las que actualmente no existe riego --

(riego suspendido), o bien en las que el riego -- cambia anual o periódicamente de lugar (riego - - eventual), se clasificarán de acuerdo a la actividad actual; ejemplo: Agricultura de temporal, añadiendo una clave adicional (R).

II.- Tipos de Cultivo.- Señalada el área de riego o de temporal, debe indicarse además el tipo de cultivo que sustenta.

Los cultivos se han clasificado en 3 categorías:

1.- Cultivos anuales. Aquellos cuyo período vegetativo termina en un año, ejemplo: maíz, frijol, cebada, trigo etc.

2.- Cultivos semipermanentes. Aquellos cuya duración en el terreno sea variable dependiendo de su costeabilidad pudiendo ser sustituidos por otros o por los mismos.

Estos cultivos se explotan más de un año y generalmente menos de diez (más o menos 5 años). Dentro de ellos se encuentra la alfalfa, caña de azúcar, piña, papaya, plátano, etc.

3.- Cultivo permanente. Se consideran como tales, -- aquellos cultivos cuya permanencia en el terreno es prolongada, generalmente mayor de diez años; dentro de ellos se encuentran los frutales leñosos como el manzano, durazno, naranjo, etc. Otros como el cocotero, nopales cultivados, magueyes cultivados, etc.

III.- Uso Pecuario.- Debido a que el elemento básico de trabajo en la elaboración de la carta es la fotografía aérea, solo se clasificarán como pecuarias aquellas áreas que fisonómicamente sustenten pastos como tipo vegetativo-esto, sin embargo, no significa que dentro de los matorrales, selvas, bosques, etc., no existan zonas pecuarias.

Se clasificarán en los grupos siguientes:

1.- Pastos naturales. Aquellos que se consideran - - como vegetación climax, producto de suelo clima.

2.- Pastos inducidos. Los que resultan como produc--tos de perturbación de la vegetación original.

Estos casos suceden frecuentemente cuando el hombre elimina la vegetación arbusiva o arbórea y en su lugar se establece una cubierta herbácea principalmente de gramíneas.



Algunas veces el hombre las induce intencionalmente y otras son el resultado del abandono de zonas que se han dedicado a la agricultura; también - - pueden ser producto de incendios.

Solo se deberán de clasificar así aquellas áreas - - en las que se tengan suficientes elementos de - - prueba de lo que está pasando.

- 3.- Pastos cultivados. Se consideran como tales, - - aquellos pastos que el hombre establece haciendo un verdadero cultivo, pero además se clasificarán, así, todos aquellos pastos que sean inducidos intencionalmente.

IV.- Uso Forestal.- Quedarán comprendidas bajo este concepto, todas aquellas áreas que estén cubiertas por bosques y selvas, debiendo entenderse por:

Selva.- Vegetación densa, con numerosas especies mezcladas y con muchos bejucos o con árboles dominantes espinosos. En términos generales, este concepto se utilizará para aquella vegetación arbórea de clima cálido conocido comúnmente como tropical.

Bosque.- Vegetación generalmente menos densa que la selva, con pocas especies dominantes, sin espinas, y generalmente con pocos bejucos o sin ellos. En términos generales, este concepto se utiliza para aquella vegetación -- arbórea de clima templado o frío. La vegetación dominante en las selvas y bosque está formada por árboles.

Arbol.- Planta leñosa ordinariamente con más de 4 metros de altura.

V.- Selva.- Se deberá especificar el tipo de que se trata de acuerdo con la altura de la vegetación y la duración de la hoja.

De acuerdo con la altura se clasificará en las siguientes categorías:

Selva baja, de 4 a 15 metros.

Selva media, de 15 a 30 metros.

Selva alta, de más de 30 metros.

De acuerdo con la duración de la hoja, se clasificará como: perennifolia, si no tira la hoja, y caducifolia, si la tira en alguna época del año, que coincide generalmente con la época más fuerte de sequía; subperennifolia cuando-

un 25% de las especies tiran la hoja; y subcaducifolia - - cuando un 25% de las especies se quedan con la hoja.

VI.- Bosque.- Este se clasificará de acuerdo con sus características, en las siguientes categorías:

- 1.- Bosque natural. Aquel que se desarrolla como - - producto del suelo y clima, no interviniendo en - su establecimiento la mano del hombre. La mayor - parte de los bosques del país, pertenecen a este grupo.
- 2.- Bosque artificial. Para su establecimiento interviene directamente el hombre, efectuando plantaciones generalmente en forma ordenada. En el - - país, existen relativamente pequeñas áreas cubiertas por este tipo de bosque.
- 3.- Bosque de galería. Se localiza a la orilla del río o de arroyos, con agua permanente o estacional, favorecidos precisamente por las condiciones de humedad local, y cuya fisonomía es totalmente diferente a la de la vegetación que los rodea; -- así tenemos de ejemplo, los bosques de galería, - de ahuehuete o sabino (*taxodium mucronatum*) de la zona norte del país, los de álamo y sauce (*populus spp* y *salix spp*) que crecen a la orilla de -- los ríos.

Una vez señalada la clase de bosque de que se trate, se indicará si se trata de coníferas o de latifoliadas, y posteriormente la asociación o asociaciones de géneros que los constituyen, por - - ejemplo: si el bosque es de conífera, podrá ser - de pino de oyamel, de enebro, etc.; si es de latifoliadas, podrá ser de encino, aile, etc.

VII.- Asociaciones especiales de vegetación.- Se incluye aquí a toda aquella vegetación natural que no ha - - sido considerada dentro de bosques, selvas o en uso pecuario; que aunque en un sentido estricto tal vez caiga en alguno de los usos mencionados, pero que debido a sus características especiales como se presentan, se les clasificará como tales, indicando generalmente el nombre de la misma, el tipo de vegetación de que se trate. Dentro de las principales asociaciones especiales de vegetación tenemos:

- 1.- Palmares. Asociación de palmas (no cultivadas) - que se encuentran en grupos dentro de la zona de selvas; pudiéndose encontrar entre las principa--

les las comúnmente llamadas: corozo, palma real - coquito de aceite, manacá, dentro de las de hoja-pinatifidas. Dentro de los de hoja en forma de - abanico tenemos el botán, el guano, el tasiste, - etc.

- 2.- Manglar. Vegetación uniforme con sistema radicular parcialmente aéreo (zancos) que crece en la orilla de lugares fangosos en los climas tropicales o bien en esteros o penilagunas costeras, estuarios de ríos. Las especies que lo forman son conocidos comúnmente con el nombre de mangles, -- encontrándose entre los siguientes: mangle rojo, - (rhizophora mangle), mangle blanco (laguncularia-nacomosa), mangle prieto (avicenia nítida), botoncillo (conocarnus erecta).
- 3.- Popal. Vegetación herbácea que se desarrolla en lugares pantanosos con agua permanente de alrededor de un metro de profundidad. Las plantas que lo forman viven enraizadas en el fondo, tienen -- grandes hojas largas y anchas que sobresalen del agua, crecen densamente de manera tal que el agua es poco visible.
- 4.- Sabanas. Praderas naturales constituidas por gramíneas sin árboles o con árboles esparcidos como el cirian (crescentia spp). el nanche (byrsonima-crassifolia) y el techicón (curatela americana), - que se encuentran dentro de la selva en los climas tropicales y cuyas características especiales de la vegetación que las forman se debe al tipo de suelo en que se encuentra, ya que es de drenaje deficiente y se vuelve fangoso en la época de lluvias y muy seco en la época de sequías.
- 5.- Cardonales. Agrupaciones de plantas crasas altas - (5 a 10 m) de las llamadas a veces candelabros, - órganos, cardonas, garambullos, sahuaros, viejitos, teteches, gigantes; que se encuentran en -- zonas subáridas o áridas, en zonas de temperaturas relativamente elevadas y casi siempre sobre - suelo somero y de difícil aprovechamiento.
- 6.- Izotales. Predominio de los llamados comúnmente en el sur, izotes (yucca spp) y en el norte, palmas (palma china, palma loca, palma samandoca). - Se presentan en climas áridos por lo común, sub--cálidos o subtemplados, sobre suelos profundos y someros.

- 7.- Nopaleras. Asociaciones de nopales (*Opuntia* spp) que se presentan en climas subtemplados-áridos de las mesas centrales o centro septentrionales de México. Se encuentran sobre suelos someros. También se incluyen las especies de *Opuntia* de tallos cilíndricos como las chollas, cardenches, que se encuentran en zonas de extrema aridez del norte y noroeste.
- 8.- Chaparrales. Agrupaciones densas de encinos-bajos (*Quercus* spp) menos de 4 m; acompañados generalmente de especies arbustivas de otros géneros como madroño (*Arctostaphylos* spp), manzanita (*Arbustus* sp), cotonaster, etc. Se encuentran en zonas de contacto de agrupaciones de climas áridos y templados no áridos, donde se encuentran pinares y encinares.
- 9.- Matorrales. Vegetación arbustiva (menos de 4 metros de altura) que se encuentra en zonas de clima árido, cálido y semiseco, a veces como resultado de perturbaciones en los diferentes tipos de selvas, principalmente en la baja caducifolia. Se distinguen los siguientes tipos de matorral: con espinas terminales, con espinas laterales y parvifolio; dentro de estos tipos se encuentran especies como las siguientes: huizache (*Acacia* spp), mezquite (*Prosopis* spp), gobernadora (*Iaria* spp). Algunas especies como el guayule (*Perthenium argentatum*), la candelilla (*Euphorbia antisiphilitica*) que son de importancia industrial.

La vegetación de matorral se clasificará de acuerdo a la presencia o ausencia de espina, en las siguientes categorías:

- a) Matorral espinoso
- b) Matorral inerme
- c) Matorral subinerme

Matorral espinoso. Se incluirá aquella vegetación arbustiva o subarbustiva (menos de 4 m) cuya composición botánica esté constituida en un 70% o más por elementos espinosos, bien sean espinas laterales, terminales o de ambas. Como ejemplo de estos matorrales se pueden citar aquellos constituidos por: huizaches, mezquites, grangeno, uña de gato, chaparro prieto, etc.

Matorral inerme. Queda comprendido como tal, aquel matorral cuya composición sea 70% o mayor de elementos no espinosos (inermes). Como ejemplo de estos matorrales se pueden citar aquellos constituidos por gobernadora, hojásén, etc.

Matorral subinerme. Se comprenderá aquí toda aquella vegetación formada por elementos espinosos e inermes y cuya proporción en la masa de uno y otro tipo sea mayor del 30% y menor del 70%.

10.- Crasi-rousi ifolios espinosos. Agrupaciones de plantas de hojas en roseta, carnosas y espinosas y de talla reducida como magueyes, lechuguillas y guapillas, así como sotoles y yucas de tallo muy-reducido (ya que las yucas de porte alto quedan incluidas dentro de los izotales).

11.- Mezquital. Quedará incluida aquí aquella vegetación del género *prosopis* spp (mezquites), cuya altura sea mayor de 4 m; también los huizaches (acaccia spp) mayores de 4 m quedan incluidos en este grupo.

12.- Encinar tropical. Se incluirá en este tipo aquellas masas de encino (*quercus* spp) que se desarrollan en zonas de clima cálido y que se encuentran ahí debido a condiciones especiales de suelo.

Se presenta este tipo de vegetación en las planicies de la vertiente del golfo de México. La especie más abundante parece ser el *cuercus oleoides*.

13.- Tular. Vegetación herbácea que se presenta en forma densa, enraizada en lugares más o menos pantanosos y cuyas hojas largas y angostas, o bien parte de los tallos, cuando el agua no alcanza a cubrir las, sobresalen de la superficie de ella.

La forman plantas conocidas con el nombre de tula (*typhana* sp), el tule rollizo (*scirpus californica*), (*cyperus giganteus*), etc.

14.- Vegetación halceita. Vegetación que se encuentra en lugares con fuerte concentración de sales, como lugares inundables de las cuencas cerradas de las zonas áridas y subáridas o bien en los lugares de clima cálido cercanos a las costas que se inundan temporalmente con agua salada, y a las orillas de las lagunas de agua salobre.

Es frecuente encontrar dentro de este tipo vegetativo, el llamado chamiso (*artiplex* sp), las saladillas, la jauja y otras plantas herbáceas o sub-arbustivas bajas de hojas pequeñas y carnosas.

Los pastos halófitos especiales como el zacate salado (*distichilis spicata*), el zacate tobozo (*hilaria* spp) y otros, son muy frecuentes.

- 15.- Vegetación de dunas costeras. Se incluirá aquí a la vegetación que va invadiendo las dunas más o menos fijas que se forman en las zonas costeras a lo largo de los litorales. La composición florística de esta vegetación es más o menos variable, tales como cactáceas (nopales), gramíneas (pastos), leguminosas, y algunas veces se establecen en forma artificial especies de casuarina con el fin de estabilizar dichas dunas.

Por lo general, las plantas que viven en esas condiciones, son tolerantes a las sales.

- 16.- Vegetación de desiertos arenosos áridos. Son generalmente pequeños manchones de vegetación, que se establecen sobre dunas más o menos fijas que se forman en las zonas desérticas del norte del país y cuya vegetación procede de las partes áridas contiguas.

Esta vegetación consiste en algunas gramíneas, -- mezquites, gobernadora, palmas, etc.

- 17.- Vegetación de páramos de altura. Este tipo de vegetación se encuentra arriba del límite altitudinal de la vegetación arbórea (más o menos entre 4,000 a 5,000 m.s.n.m.) y está constituido principalmente por plantas bajas y con frecuencia de aspecto cespitoso o arrosado, como la arenaria -- bryoides, draba popocatepetlensis, algunas gramíneas (pastos), etc. Las temperaturas diurnas y nocturnas en estos lugares son muy bajas.

- 18.- Vegetación de galería. Aquella vegetación arbustiva o arbórea, generalmente compuesta por una -- mezcla de varias especies, que se desarrolla a lo largo de los ríos o arroyos y que presentan una fisonomía diferente a la de la vegetación que la rodea, favorecida por las condiciones locales de humedad. Esta vegetación se presenta a veces en las zonas de climas áridos y a veces en los climas cálidos.



- 19.- Vegetación secundaria. Se refiere a la vegetación que se establece como consecuencia de la perturbación humana o de cualquier otro factor, que ha - - hecho desaparecer la vegetación primaria y original.
- 20.- Areas en proceso de desmonte. Se comprenderán - - como tales, todas aquellas áreas cuya vegetación está siendo eliminada con un fin determinado; tales es el caso de las superficies que se destinarán a la agricultura, a uso pecuario, etc.

VIII.- Areas erosionadas.- Comprende aquellas áreas - en que el agua o el viento han dejado huellas perceptibles, pudiendo ser por lo consiguiente hídrica o eólica y clasificada en ambos casos como: área desprovista de vegetación.

- 1.- Leve: si se presentan pequeños deslaves o pequeños canalillos.
- 2.- Moderada: si ya se aprecian canalillos notables - así como pequeñas cárcavas, pudiendo presentarse - además deslaves entre cárcavas y canalillos.
- 3.- Fuerte: si se aprecian cárcavas profundas, torren - teras, canalillos así como deslaves, pudiendo - - además presentarse la roca madre parcial o total - mente descubierta.

IX.- Eriales.- Se incluirá aquí todas aquellas áreas - que no posean vegetación por falta de suelo, por ejemplo, - en caso de que sea una zona rocosa, un arenal y en fin - - todas aquellas áreas que en las condiciones actuales no - posean vegetación.

X.- Dunas costeras.- Se clasificarán así áreas ocupa - das por montículos de arena que no tengan vegetación, acumu - lados por la acción del viento y que se encuentran en algu - nas zonas a lo largo de los litorales.

XI.- Desiertos arenosos.- Aquellas áreas que se en - cuentran en las zonas desérticas del norte del país, ocupa - das por dunas sin vegetación.

XII.- Salinas.- Depósitos artificiales de agua para - extraer sal.

XIII.- Escorias.- Desechos de las plantas de benefi - cio de minerales.

#### IV:3 CARTAS DE USO POTENCIAL.

IV:3:1 INTRODUCCION.- La carta de uso potencial muestra en colores, la capacidad de uso del terreno (es decir como -- podría utilizarse para un mejor rendimiento), las áreas -- que requieren un control de la erosión de los suelos, proposiciones de obras de infraestructura que son necesarias o convenientes en la región y las proposiciones de servicios que son indispensables para las poblaciones. La capacidad agrológica se divide en ocho clases, que van desde los suelos clase I, que representa a los mejores suelos: - grueso, plano, con suficiente agua, fértil, etc., hasta -- los suelos clase VIII, que son inútiles agrológicamente -- hablando.

Para la determinación de la clase a que pertenece un suelo, se hace uso de 6 factores limitantes que son: suelo, clima, topografía, erosión, exceso de agua, sodicidad o salinidad. Para cada uno de estos factores limitantes, - se han fijado parámetros que los hacen corresponder a una de las ocho clases, tomando siempre para la clasificación - el o los factores limitantes que hagan caer al suelo en la clase agrológica más alta, numéricamente hablando, que son los factores limitantes que más demeritan el suelo.

Para comprobar la validez de la fotointerpretación, - se hacen verificaciones directas en el campo, de los factores limitantes. Los puntos en donde se hicieron estas verificaciones, están marcados en la carta con una cruz encerrada en un círculo, y los datos tomados en estos puntos - de verificación están a disposición del público.

Las proposiciones de obras de infraestructura o de - servicios indicados, no significan que las obras vayan a - ser construídas; únicamente señalan posibilidades que las autoridades locales, del Estado o Federales pueden estudiar con detalle.

El uso de esta carta, facilita y hace más seguro el trabajo del proyectista de obras, y de aquel que hace producir la tierra. Las sugerencias que se indican son los - resultados del estudio de los datos que contienen las cartas de climas, topográficas y de recursos, así como los de los informes de campo que se elaboran al verificar sobre - el terreno, la investigación realizada a través de la foto interpretación.

IV:3:2 OBJETIVOS.- La oficina de uso potencial, utilizando las técnicas de la fotointerpretación en el gabinete y su verificación correspondiente en el campo, realiza los - trabajos siguientes:

- 1.- La clasificación de la capacidad del uso del suelo.
- 2.- Las proposiciones del control de erosión de los suelos del país.
- 3.- Las proposiciones de obras de infraestructura en -- las distintas regiones.
- 4.- Las proposiciones de servicios a las poblaciones.

La clasificación de capacidad de uso del suelo, tiene - por objeto fijar a cada porción o unidad agrológica del te--rreno, los usos específicos que estén de acuerdo con la pro--fundidad y las características físicas y químicas del suelo, con el clima que prevalece en cada región, así como las ca--racterísticas topográficas de erosión e inundación.

Para hacer esta clasificación, se ha adoptado el siste--ma propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos, del--Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, que clasi--fica el terreno o unidad agrológica en ocho clases, indican--do en cada clase, el uso más adecuado.

Para determinar la clase a que pertenece una porción de terreno o unidad agrológica, concurren uno o más de los cin--co factores limitantes siguientes: suelo, clima, topografía, erosión e inundación.

En el factor limitante suelo (s), se consideran: profun--didad, salinidad, retención de humedad y pedregosidad. Se -trabaja con la carta de clasificación de suelos y la informa--ción de campo y de laboratorio, que elabora la oficina de --edafología de la misma DETENAL.

En el factor limitante clima (c), se consideran: preci--pitación media anual, temperatura media anual, porcentaje de sequía relativa, existencia de riego por gravedad o bombeo, -existencia de humedad en las tierras, heladas, nevadas y ci--clones. Se hace uso de las cartas de climas y climogramas -elaboradas en el Instituto de Geografía de la Universidad Na--cional Autónoma de México.

En el factor limitante topografía (t), se considera: la pendiente del terreno, y si la pendiente es uniforme o irre--gular. Se hace uso de la altimetría representada gráficamen--te por curvas de nivel de la carta de restitución a escala -1:50,000, que produce el departamento de fotogrametría de la DETENAL.

En el factor limitante inundación (i), se considera la--frecuencia de las inundaciones y la permanencia del agua en--las tierras.

El control de erosión se propone atendiendo a la calidad de los suelos y a su empleo. Se trabaja con la carta de uso del suelo para conocer el valor de los cultivos que existen en la zona. Se indica un control de erosión inmediato y un control de erosión al futuro.

La clasificación de capacidad de uso, proporciona una base para la planeación del manejo de la tierra en una forma racional, permitiendo su mejor aprovechamiento, sin agotar el recurso suelo.

Las proposiciones de obras de infraestructura, se - - hacen atendiendo a la necesidad que existe de contar con - una serie de proyectos de obras de servicios públicos, que permitan el mejor aprovechamiento de los recursos. Estas - obras se proponen atendiendo la potencialidad de una zona - con objeto de promover su desarrollo económico y al número de habitantes beneficiados.

Las proposiciones de servicios a las poblaciones, se - hacen con objeto de dotar de un mínimo de bienestar y seguridad social a sus habitantes, para que pueda tener lugar - un desarrollo continuo en la zona. Estas proposiciones se hacen, atendiendo al número de habitantes favorecidos en - la población, a la potencialidad de la zona, y a la posibilidad de proporcionar el servicio de una manera sencilla y eficiente.

La elaboración de estas proposiciones, se hace con -- base en la carta de uso del suelo, elaborada en la DETENAL, que registra los servicios que tiene una población y el estado y funcionamiento de los mismos, y además proporciona la información sobre las obras de infraestructura existentes.

También es de gran utilidad en esta etapa, la carta - geológica elaborada por DETENAL, que indica los tipos de - roca, tipos de fallas, existencia de agua subterránea y -- demás datos necesarios para un estudio preliminar de éstas proposiciones.

Las proposiciones de obras de infraestructura en la - zona y de servicios a las poblaciones, serán estudiadas -- por la secretaría del estado o empresas descentralizadas - correspondientes, las cuales las jerarquizarán si las consideran adecuadas.

La realización de estos trabajos, se hace de acuerdo - con la siguiente metodología:

IV:3:3 METODOLOGIA.-.

- 1.- Recopilación y análisis de los datos existentes, - análisis de los mapas de climas, topográfico, geológico, de uso del suelo y edafológico, hechas en la DETENAL.
- 2.- Inspección preliminar de campo para establecer -- los criterios de fointerpretación.
- 3.- Interpretación de fotografías aéreas a escala - - 1:25,000.
- 4.- Verificación de campo para comprobar las clasificaciones que se han dado a cada unidad y la verificación de límites entre las diferentes unidades de suelo, establecidos por medio de la fointerpretación. Los datos que se toman en el campo en cada punto de verificación, y que son los necesarios para hacer una clasificación correcta, se -- anotan en las hojas impresas.
- 5.- Reinterpretación de las fotografías aéreas de - - acuerdo con los resultados obtenidos en la verificación de campo.
- 6.- Elaboración de las proposiciones de obras de infraestructura y servicios a las poblaciones.
- 7.- Vaciado de todos los datos anteriores a una carta planimétrica escala 1:50,000.
- 8.- Archivo en microfilm de la información de campo.

IV:3:4 CLASES DE TERRENO.

IV:3:4:1 Terrenos apropiados para el cultivo.

Clase I.- Terrenos muy buenos que pueden cultivarse - sin riesgos, con métodos ordinarios de cultivo. Son casi-planos, con suelos profundos, productivos, fáciles de trabajar y solo están sujetos a erosión ligera hídrica o eólica. Están bien drenados y no están sujetos a torrentes dañinos. Son apropiados para cultivo intensivo tal como - - producción de maíz y otras plantas cultivadas.

La clase I, puede ser reconocida bajo riego, pues - - bajo condiciones naturales, casi no tiene ningún valor para la producción de cosecha. Ordinariamente, cuando está - - bajo riego, tiene una pendiente menor del 1% y un suelo --

profundo de textura media, moderadamente permeable y con buena capacidad de retención de humedad. Algunas tierras de esta clase requieren aprovechamiento previo, como nivelación a un grado deseado, lavados para remover sales o la reducción de la capa freática estacional. Sin embargo, si las limitaciones son recurrentes y requiere de una atención periódica, el terreno está sujeto a continuas limitaciones en su uso, por lo cual no es de primera clase. Esta clase puede reconocerse en áreas drenadas artificialmente, en donde el suelo es de permeabilidad moderada a rápida. En ciertos terrenos que llenan los requisitos ordinarios para ser considerados de primera clase, algunas veces el drenaje es valioso como método práctico para obtener mayor producción o facilidad en las operaciones.

En algunos lugares de primera clase apropiada para cultivos, puede requerir el uso de fertilizantes y cal, cultivos de cobertera, abono verde, residuos de cosechas y rotaciones.

Clase II..- La segunda clase es tierra buena que puede ser cultivada con prácticas especiales fácilmente aplicables. Algunas de sus variaciones son: pendiente moderada, susceptibilidad moderada a la erosión, suelos de profundidad moderada solamente, torrentes ocasionales moderados y anegamientos moderados fácilmente corregibles. Estos son ejemplos, la lista no es completa. Cada una de estas limitaciones requiere atención en la parte que corresponde al operador del terreno.

Algunas veces la limitación restringe el número de cosechas o los métodos de manejo, o requiere de prácticas especiales tales como rotaciones, dispositivos para el control del agua y métodos de cultivo, para nombrar solo unos cuantos.

Generalmente su uso requiere de una combinación de prácticas mutuamente auxiliares. Por ejemplo, la clase II de terrenos, suavemente ondulados con suelos profundos sujetos a erosión moderada, necesita alguna de las prácticas siguientes: terracedo, cultivo en fajas, cultivo en contorno, rotaciones que incluyan pastos o leguminosas, áreas empastadas para el desagüe, plantas de cobertera o abonos verdes, adición de residuos, fertilizantes, estercoleduras y cal. La combinación exacta de medidas diferirán de un lugar a otro, dependiendo de las características del terreno, incluyendo el clima y el sistema de labores que desee seguir el agricultor.



Clase III.- La clase tres es tierra moderadamente -- buena, que puede usarse regularmente para cosechas en una buena rotación, con tratamiento intensivo. Algunas de las características de esta clase son: pendiente moderadamente inclinada, gran susceptibilidad a la erosión, torrentes moderados, permeabilidad del suelo lenta o muy lenta, humedad excesiva, poca distancia al lecho de roca, lecho duro o arcillo-compacto, suelos arenosos, muy arenoso o gravoso, con baja retención de humedad y poca fertilidad. Esta clase está más limitada en su uso debido a sus características naturales, que la clase II. Sus limitaciones en algunos terrenos restringen la selección de cosechas o la -- verificación de operaciones tales como la siembra y cultivos.

Una rotación de conservación del suelo incluye suficiente cubierta sobre el suelo para reducir pérdidas de él debidas a la erosión, minimizar las pérdidas de nutrientes debidas a la lixiviación, mantenimiento de una buena estructura del suelo para que absorba el agua rápidamente, aumento y mantenimiento en materia orgánica y abastecimiento de nitrógeno en el suelo así como promover grandes rendimientos de plantas cultivadas incluidas en la rotación.- En algunos terrenos de esta clase con pendientes moderadas, las rotaciones deberán ser más prolongadas que en los terrenos planos y deben incluir más años con gramíneas u otras plantas para beneficiar, con el fin de evitar la pérdida excesiva de suelo. En gran parte de los terrenos anegados y casi planos de esta clase, con suelo pesado y lentamente permeable, es necesario un sistema de drenaje junto con un plan de cultivos, que incluyan leguminosas de -- raíces profundas en la rotación.

Para mantener una buena estructura del suelo y prevenir su compactación, generalmente es necesario también -- abastecer con materia orgánica y tener cuidado en no trabajar el suelo cuando está húmedo o muy seco. El uso de esta clase, está limitado en algunas áreas bajo riego, debido a una capa freática muy cerca de la superficie, baja -- permeabilidad y peligro de acumulación de sales.

Las prácticas para controlar la erosión eólica son -- las mismas que se recomiendan para la clase II, es decir, -- cultivo en contorno, cultivo en fajas, adición de residuos, labores profundas y terraceado donde puede ser usado con efectividad.

Clase IV.- Esta clase de tierra es regularmente -- buena, manteniéndose mejor con vegetación perenne, aunque puede ser cultivada ocasionalmente o hasta cierto grado, --

si se maneja con gran cuidado, su uso en cultivos está restringido por rasgos naturales tales como pendiente, erosión, características desfavorables de suelo o clima adverso. Gran parte de esta clase en las regiones húmedas es apropiada para cultivo ocasional. Sobre ella el agricultor puede usar con seguridad una rotación larga, tal como una gramínea cada cinco o seis años, seguida por varios años de pastos. Parte de la tierra casi plana y con mal drenaje clasificada como de IV clase, no está sujeta a erosión, pero no es apropiada para cosechas intercultivadas debido al tiempo requerido para que el suelo se seque en la primavera y también por su baja productividad cuando se cultiva así. Con frecuencia, también está limitada la selección de cultivos. Parte de la clase IV es apropiada solamente para ciertas cosechas especializadas.

En regiones sub-húmedas, parte de la tierra clasificada como IV es de poco espesor o de profundidad moderada con pendiente moderada o fuerte, de poca fertilidad, extremadamente arenosa o a veces moderadamente salina. Las rotaciones a largo plazo incluyendo leguminosas y pastos, en algunos lugares son difíciles de seguir en un clima semi-árido. Los períodos para obtener pastos o leguminosas se presentan a intervalos irregulares, en donde quiera que se tenga un plantío de tal naturaleza, la tierra deberá permanecer con dichas plantas protectoras, por lo menos el tiempo suficiente para restaurar la estructura del suelo y la fertilidad.

Por otra parte, en algunas regiones semi-áridas, la mejor tierra está en la clase IV. Todos los cultivos están sujetos a severas limitaciones debido a la erosión eólica. Durante el período de cultivo, se necesitan sistemas especiales y aplicados en forma intensiva, con el fin de conservar la humedad y reducir la erosión.

La tierra semi-árida de la clase IV, con frecuencia produce grandes rendimientos de cosechas adaptables durante los años de precipitación superior al promedio, aunque durante los años normales o menores a dicho promedio, produce pocos rendimientos de cosechas adaptables durante los años de precipitación superior al promedio, aunque durante los años normales o menores a dicho promedio, produce pocos rendimientos. Durante los años malos, la tierra debe protegerse de los ventarrones.

Necesita tratamientos especiales para protegerla contra la erosión y para conservar la humedad, estos tratamientos deben aplicarse con mayor regularidad en los años secos. En ocasiones deben sembrarse plantas protectoras,-

primordialmente para fijar el suelo. La vegetación perenne es necesaria para proteger el suelo durante las sequías graves y para reconstruir su estructura y fertilidad.

La mayor parte de la clase IV en las regiones húmedas es apropiada para bosques. A menos que se necesite para -- pastoreo no es deseable, como regla, desmontar áreas cubiertas actualmente con árboles.

#### IV:3:4:2 Terrenos no apropiados para cultivo.

Clase V.- La clase V es de terrenos no apropiados -- para cultivo, aunque sí para vegetación perenne (pastoreo y explotación forestal) con pocas o sin limitaciones. Su cultivo no es posible debido a uno o más factores tales como -- exceso de humedad, pedregosidad o alguna otra limitación. -- Son terrenos casi planos y no están sujetos sino a erosión leve, sea eólica o hídrica. El uso para pastoreo o explotación forestal tales como el mantenimiento de una población ganadera dentro de los límites de su capacidad de pastoreo y el control de incendios, son siempre necesarios para obtener una producción satisfactoria. Los terrenos de V clase en los que se ha suprimido temporalmente la vegetación debido a su mal uso, puede requerir restricciones moderadas o -- severas en el pastoreo o explotación forestal durante cierto tiempo, con el fin de mejorar la vegetación, sin embargo, no se dañan fácilmente.

Esta clase se encuentra también en muchas de las áreas pantanosas que, con toda posibilidad no se pueden drenar.

Clase VI.- La clase VI es tierra sujeta a limitaciones moderadas bajo pastoreo o uso forestal. Es muy inclinada, sujeta a erosión, somera humedad, seca o de otra manera, no apropiada para cultivarse, aunque con un manejo cuidadoso si lo es para pastoreo o explotación forestal. Parte de la clase VI puede cultivarse lo suficiente como para establecer praderas; otra puede utilizarse sin riego para -- silvicultura.

Las restricciones comúnmente usadas en los pastizales de esta clase son principalmente, el ajuste del pastoreo -- hasta su capacidad, detención del pastoreo para permitir -- crecimiento del pasto en la primavera y la rotación del mismo, para lograr la recuperación suficiente del pasto hasta formar semilla. La construcción de cercos, localización -- cuidadosa de los agujeros, el uso de sal y formación de rebaños son algunas de las prácticas necesarias con el fin de -- usar estos terrenos en forma apropiada. Deberán controlarse las torrenteras, derivando el agua, haciendo plantacio--

nes, o con otras medidas adaptables. En algunos sitios son útiles los surcos en contorno, los bordos, la derivación o uso de esparcidores de agua, con el fin de almacenar en el suelo más agua de escorrentía, conteniéndola o derivándola.

Los terrenos de la clase VI son capaces de producir -- forraje o productos madereros, bajo restricciones moderadas. Si la vegetación ha sido suprimida debido a un mal manejo, probablemente se necesitan usar durante varios años -- severas restricciones para permitir que la vegetación se recupere. Un ejemplo de tales restricciones sería la exclusión del ganado de las áreas sobrepastoreadas hasta que sea restaurada la vegetación convenientemente.

Las praderas en las regiones húmedas de la VI clase, -- generalmente necesitan una fertilización liberal y un cuidadoso ajuste del pastoreo. Muchas de ellas necesitan encañados y resiembras.

Clase VII. -- Los terrenos de la clase VII están sujetos a severas limitaciones o riesgos, ya sea que se usen para -- pastoreo y explotación forestal, no son apropiados para cultivos. Es muy inclinada, erosionada, pedregosa, quebrada, -- somera, seca, pantanosa, o dicho de otro modo desfavorable -- aunque pueden ser usados para pastoreo si se maneja de manera adecuada.

Debido a estas características desfavorables en general son solo regulares o pobres para pastoreo y explotación forestal. La destrucción de cubierta vegetal en la clase -- VII quebrada y erosionable, conduce a un daño más rápido -- que en la clase VI, la cual tiene limitaciones similares -- pero no a un grado de extremo. Operaciones tales como surcos en contorno, bordos y esparcidores de agua, en su mayor parte no pueden usarse en los pastizales de esta clase, debido a las fuertes pendientes, suelos someros u otros factores desfavorables.

La mayor parte de los terrenos de esta clase en las regiones húmedas se recomiendan para bosques, más bien que -- para praderas. Generalmente las prácticas recomendadas -- para bosques comprenden la exclusión del ganado, prevención de incendios, selección de árboles para el corte y métodos cuidadosos en éste. La mayor parte de los terrenos con -- gran número de torrenceras en las áreas húmedas pertenecen a esta clase, las cuales deben reforestarse.

IV:3:4:3 Terrenos no apropiados para cultivos, pastoreo o -- bosques.

Clase VIII. -- Esta clase es de características tan des

favorables, que no es apropiada para cultivos, pastoreo o bosques. Es apropiada para la fauna, recreación o para usarse como protección de las cuencas. Incluye áreas tales como pantanos, desiertos, tierras inútiles, cárcavas profundas del tipo caverna, las montañas más altas y terrenos de fuerte pendiente, quebrados y pedregosos. Con frecuencia esta clase existe en áreas pequeñas tales como cunetas de los caminos o zonas aledañas a los canales, las cuales no se pueden mostrar en los mapas que se hacen para la planeación con propósitos de conservación. Es necesaria la protección en alguna de estas áreas.

#### IV:3:5 ESPECIFICACIONES BREVES DE LAS OCHO CLASES DE TERRENO.

##### IV:3:5:1 Capacidad agrológica.-

Clase I.- Sin limitaciones. Muy buen suelo que se puede cultivar con los métodos ordinarios de labranza. Se dispone de suficiente agua.

Son terrenos de pendiente muy suave (2% o menos) no propensos a la erosión sino en forma leve, sin considerar el tratamiento que se les imponga, fáciles de trabajar y con suelos profundos (mayor de 100 cm) y textura media o sea con buena retención de humedad.

Tienen buen drenaje natural o artificial y están de tal manera situados que no existe peligro de inundaciones.

NOTA: Si los suelos necesitarán de obras de nivelación para mejorar pendientes, lavados para bajar su contenido de sales, obras para mejorar sus drenajes, y si las obras realizadas necesitaran de mejoras constantes para no afectar su producción; estos suelos no pertenecen a la clase I, porque incluyen métodos de labranza fuera de los ordinarios.

Clase II.- Con limitaciones moderadas, suelo bueno que se trabaja con prácticas de labranza especiales pero sencillas. Se dispone de agua. Son áreas de pendiente suave (2 a 6%), expuestos a la erosión no muy acentuada por efecto del agua o del viento, mediana profundidad del suelo (de 50 a 100 cm) presentan salinidad o sodicidad baja, debido a inundaciones ocasionales o periódicas.

Las prácticas de conservación que se usan son: cultivos en contorno, cultivos en fajas, fajas amortiguadoras, barreras vivas y desvíos de agua.

Así mismo, quedarán en esta clase, los citados en la nota de la clase I y los suelos planos con drenaje defec-



tuoso.

Clase III.- Con limitaciones severas, suelos medianamente buenos muy susceptibles a la erosión, que necesitan métodos de labranza especiales para controlarla, se dispone de agua.

Son terrenos de mediana pendiente (de 6 a 12%) con gran susceptibilidad a la erosión severa, regular o poca profundidad del suelo (35 a 50 cm), presentan piedras grandes o numerosas en el substrato rocoso que se encuentra a poca profundidad, tienen poca retención de humedad, salinidad o sodicidad moderada, drenaje interno deficiente, limitación considerable por drenaje superficial y por inundación.

Aquí las prácticas como fajas en contorno se establecen con menos anchura y las barreras vivas se utilizan menos distantes; existen además algunas prácticas más complejas como las terrazas, bancales y construcción de desagües.

IV:3:5:2 Apropriadas para cultivos ocasionales o limitados.

Clase IV.- Con limitaciones muy severas para cultivos anuales. Adecuados para praticallyura o cultivos permanentes.

La pendiente es entre mediana y fuerte (del 12 al 20%), alta susceptibilidad a la erosión severa del viento y el agua con un suelo delgado o poco profundo (de 25 a 35 cm), condiciones físicas desfavorables para retención de humedad, muy poroso con drenaje interno deficiente, fuertes limitaciones por inundación, difíciles de drenar o regarlos, salinidad o sodicidad en cantidades considerables.

Esta clase IV es de transición entre las tierras adecuadas para cultivos limpios y las apropiadas para vegetación permanente.

IV:3:5:3 No apropiados para cultivos anuales. Adecuados para cultivos perennes o vegetación natural.

Clase V.- Suelos apropiados para praticallyura o silvicultura sin limitaciones.

Son terrenos de poca pendiente (menos de 2%), que están sujetos a fuertes inundaciones; terrenos con gran cantidad de piedras o poco espesor de suelo (de 15 a 25



cm). Pertenecen a esta clase las ciénegas difíciles de drenar pero que producen buenos pastizales.

Clase VI.- Suelos apropiados para praticallyura o silvicultura con limitaciones severas. Son terrenos con pendiente moderada (en ocasiones puede llegar a ser hasta del 35% en terrenos de buena retención de humedad), ofrecen -- muy escasa resistencia a la erosión por el agua suelo poco profundo (de 15 a 25 cm), excesiva pedregosidad, salinidad o sodicidad muy alta.

Clase VII.- Suelos apropiados para praticallyura o silvicultura con limitaciones severas. Son terrenos de pendiente fuerte (de 35% o más), con muy poca resistencia a la acción erosiva del agua, suelo muy escaso (8 a 15 cm), terrenos escarpados, quebrados, erosionados o susceptibles a seria erosión por el viento. Por ejemplo, las áreas planas de las zonas áridas quedan en este grupo.

IV:3:5:4 No adecuadas para usos agrícolas o silvícolas.

Clase VIII.- Inútiles agrológicamente. Por lo general tierras demasiado escabrosas, arenosas, húmedas o áridas, no apropiadas para cultivo, praticallyura o silvicultura, pero que pueden servir para captación de agua en sus cañadas y arroyos. Útiles para materiales de construcción.

Quedan incluidos los pantanos, los playones de arenas las zonas atravesadas por numerosas cárcavas profundas, -- las áreas muy escarpadas, abruptas, rocosas, los derrumbes que exigen protección especial, etc.

Aquí entra también la tierra árida que solo produce plantas en forma esparcida durante algunas semanas del año, la tierra montañosa que puede dar forraje pero donde el pastoreo causaría el escurrimiento y la erosión que la arruinaría. En esta clase caen también los flancos escarpados de los barrancos rocosos que solo sostienen unos -- cuantos arbustos o árboles dispersos.

IV:3:6 CARACTERISTICAS Y LIMITACIONES DE LOS SUELOS.

IV:3:6:1 Limitante suelo.- Se refiere a profundidad efectiva del suelo debido a:

- 1.- Capas duras, impermeables a las raíces, como: roca, horizonte petrocálcico, duripanes.
- 2.- Manto freático (horizontes grey permanentes).

3.- Horizontes concrecionarios o endurecido y cementados.

Clase	I	Espesor de suelo mayor de 100 cm.
Clase	II/s.	Mayor de 50 a 100 cm.
Clase	III/s.	Mayor de 35 a 50 cm.
Clase	IV/s.	Mayor de 25 a 35 cm.
Clase	V/s.	Mayor de 15 a 25 cm y pendiente menor de 2%.
Clase	VI/s.	Mayor de 15 a 25 cm y pendiente mayor de 2%.
Clase	VII/s.	Mayor de 8 a 15 cm.
Clase	VIII/s.	Mayor de 8 cm.

IV:3:6:2 Pedregosidad. Se demeritan independientemente de la profundidad.

Clase	I	Sin pedregosidad.
Clase	II/s.	No estorba las labores agrícolas.
Clase	III/s.	Estorba las labores agrícolas mecanizadas.
Clase	IV/s.	Estorba, pero no impide las labores agrícolas por tracción animal.
Clase	V/s.	Impide las labores agrícolas pero permite el crecimiento de pastizales, bosques, frutales, agaves, etc. (pendiente menor de 2%) según el clima.
Clase	VI/s.	Permite el crecimiento de pastizales, bosques, frutales, agaves (pendiente mayor de 2%) según el clima.
Clase	VII/s.	Severa pedregosidad, permite con severas limitaciones, el crecimiento de pastizales, bosques, agaves, según el clima.
Clase	VIII/s.	Pedregosidad excesiva, rocas y afloramientos rocosos con muy escasa vegetación silvestre.

IV:3:6:3 Limitante salinidad. Se consideran dos criterios para demeritar por este factor:

- a.- Concentración de sales de sodio, cuando se presentan desde la superficie.
- b.- Profundidad del perfil libre de sales considerando las sales o sodio como horizonte limitante (este horizonte puede ser lavado o mejorado, por lo que puede variar en cuanto a profundidad y concentración).

- Clase I Suelos sin problemas de sales considerando las sales de sodio (0-2 mmhos) y de 0-10 PSI.
- Clase II/a Ligeramente salinos (2-4 mmhos) y de 10-15 PSI, en todo el perfil o a partir de los 50 cm de la superficie.
- Clase III/a Suelos salinos, salino sódico o sódicos (4- 8 mmhos) y de 15-20 PSI en todo el perfil o a partir de los 35 cm de la superficie.
- Clase IV/a Moderadamente salinos, salino sódico o sódicos (8-16 mmhos) y de 20-30 PSI en todo el perfil o a partir de los 25 cm de la superficie.
- Clase V/a Fuertemente salinos, sódicos o ambos - (más de 16 mmhos) y más de 30 PSI en todo el perfil o a partir de los 15 cm superficiales siempre que haya presencia de vegetación o pastos salobres bien desarrollados (pendiente menor de 2%).
- Clase VI/a Fuertemente salinos, sódicos o ambos - (más de 16 mmhos) y más de 30 PSI en todo el perfil o a partir de los 15 cm superficiales siempre que haya presencia de vegetación o pastos salobres bien desarrollados (pendiente mayor de 2%).
- Clase VII/a Fuertemente salinos, sódicos o ambos - (más de 16 mmhos) y más de 30 PSI en todo el perfil o a partir de los 8 cm superficiales siempre que haya vegetación halófitas.
- Clase VIII Eriales debidos a exceso de sales o sodio en todo el perfil.

Nota: mmhos = milimhos.  
PSI = por ciento de sodio intercambiable.

IV:3:6:4 Limitante deficiencia de agua. Para climas secos.

- Clase I La precipitación es suficiente y bien-

distribuida. Más de 800 mm riego en cualquier época.

- Clase II/c. De 600 a 800 mm lluvia anual, (buen temporal), sequía relativa menor de 10%, riego de punteo y auxilio (medio-riego) se consideran en esta clase, tierras húmedas en bajíos de regiones de III/c.
- Clase III/c. De 50 a 600 mm de lluvia anual (temporal regular) sequía relativa de 10 a 15% se consideran en esta clase las tierras húmedas en bajíos de regiones de IV/c.
- Clase IV/c. De 400 a 500 mm de lluvia anual, sequía relativa mayor de 15% (temporales malos), se consideran en esta clase las tierras húmedas en bajíos de regiones de V/c. ó VI/c.
- Clase V/c. De 300 a 400 mm de lluvia anual y pendiente menor de 2%.
- Clase VI/c. De 300 a 400 mm de lluvia anual y pendiente mayor de 2%.
- Clase VII/c. De 100 a 300 mm de lluvia anual (no puede haber agricultura si no es de riego y la ganadería tampoco puede subsistir en estas condiciones de escasez de agua).
- Clase VIII/c. Menor de 100 mm de lluvia anual.

IV:3:6:5 Limitante Topografía.

- |       |        |                              |           |
|-------|--------|------------------------------|-----------|
| Clase | I      | 0-2 %                        |           |
| Clase | II/t   | Irregular mayor de 2 a 4 %.  | Uniforme- |
| Clase | III/t  | Irregular mayor de 4 a 8 %.  | Uniforme- |
| Clase | IV/t   | Irregular mayor de 8 a 20 %. | Uniforme- |
| Clase | V/t    | 0-2 %.                       |           |
| Clase | VI/t   | Mayor de 20 a 35 %.          |           |
| Clase | VII/t  | Mayor de 35 a 100 %.         |           |
| Clase | VIII/t | Mayor de 100 %.              |           |

Nota: Uniforme: una pendiente.  
Irregular: varias pendientes.

IV:3:6:6 Limitante inundación o exceso de agua.- Se deben considerar cinco criterios por lo menos para el análisis de este factor.

- 1.- La precipitación regional.
- 2.- La topografía de la zona.
- 3.- El tipo textural del suelo.
- 4.- El tiempo que dura la inundación.
- 5.- Los daños que causa.

Los tres primeros se pueden medir; el cuarto y el quinto son estimativos. Bajo esta norma se tiene la siguiente clasificación.

Clase	I	Sin inundación.
Clase	II/i	Inundaciones ocasionales por lluvias o por avenidas, tiempo un mes del año.
Clase	III/i	Inundaciones frecuentes por avenidas o por lluvias 2 meses al año.
Clase	IV/i	Inundaciones frecuentes que limitan en forma severa la agricultura tres meses al año.
Clase	V/i	Inundaciones frecuentes que impiden la agricultura y permiten muy buen crecimiento de pastos. (ciénegas).
Clase	VI/i	Inundaciones frecuentes que permiten el crecimiento de pastos.
Clase	VII/i	Inundaciones muy frecuentes que no permiten un buen crecimiento de pastos.
Clase	VIII/i	Terrenos inundados casi todo el año -- (no se incluyen los cuerpos de agua naturales o artificiales, lagunas, lagos y presas.

IV:3:6:7 Limitante erosión.- En base al avance del proceso erosivo del suelo, se determina en gabinete y campo el grado y tipos de erosión para considerarlos como suelos agrícolas o bien si se pueden dedicar a pastizales o bosques.

Clase	I	Nula o imperceptible.
Clase	II/e	Laminar leve (pérdidas de 0 a 25 % del horizonte A) y surco en formación a cualquier distancia de separación en la unidad erosionada.
Clase	III/e	Laminar moderada con pérdidas del horizonte A de más de 25 a 75 % o surco a cualquier distancia de separación en la unidad.

Clase	IV/e	Laminar fuerte con pérdidas del horizonte A de más de 75 a 100 %, surco profundo a menos de 30 m de separación en la unidad.
Clase	V/e	Nula o imperceptible, pendiente menor de 2 % (excepcionalmente en suelos lomosos; laminar severa con pérdidas del horizonte B de 0 a 50 % o cárcavas en formación a menos de 30 m o cárcavas media a más de 30 m de separación de la unidad.
Clase	VI/e	Laminar severa con pérdidas del horizonte B o de 0 a 50 % o cárcavas en formación a menos de 30 m o cárcavas media a más de 30 m de separación en la unidad delimitada.
Clase	VII/e	Laminar muy severa con pérdidas del horizonte B de más de 50 a 100 % y parte del horizonte G o cárcava media a menos de 30 m de separación o cárcava profunda a más de 30 m en la unidad delimitada.
Clase	VIII/e	Laminar absoluta, presencia de material parental y testigos o cárcavas profundas a menos de 30 m.
Nota:		Surco en formación profundidad de 0 a 8 cm. Surco medio, profundidad mayor de 8 a 15 cm. Surco profundo mayor de 15 a 30 cm. - Cárcava en formación profundidad de 30 a 50 cm. Cárcava media profundidad de 50 a 100 cm. Cárcava profunda mayor de 100 cm.

Las pérdidas de los horizontes del suelo se observarán en el campo considerándose, además, las observaciones de campo de perfiles edafológicos proporcionados por la oficina de edafología.

#### IV:3:7 PROPOSICION PARA EL CONTROL DE EROSION.

- 1.- En el trabajo de capacidad agrológica se indican las unidades que requieren control de erosión, es



decir, que además de darle un valor al terreno -- clasificándolo, se señalan las áreas que es necesario controlar de la erosión en forma inmediata o mediata.

- 2.- El control señalado se basa en el valor de los -- suelos, considerándo:
  - a.- Suelos aptos agrícolaemente que pueden tener -- otros usos combinados.
  - b.- Suelos restringidos a praderas o pastizales.
  - c.- Suelos restringidos a bosques o frutales.

A todos los suelos erosionados comprendidos en las -- clases II a IV por erosión, se les propone control inmedia-- to.

A todos los suelos erosionados comprendidos en las -- clases V, VI y VII se les propone control al futuro.

Los suelos comprendidos en las clases V y VI por cli-- ma se les propone control de erosión.

Los suelos clasificados por el factor topografía, com-- prendidos entre las clases II a VII podrán llevar control -- de erosión inmediato o al futuro aún cuando no aparezca la -- limitante erosión en la clasificación.

Todas las unidades clasificadas por el factor erosión -- deberá señalarse control, excepto las de las zonas muy ári-- das comprendidas en las clases VII y VIII.

#### IV:3:8 CORRELACION ENTRE EL PLANO TOPOGRAFICO Y EL PLANO -- DE USO POTENCIAL.

- 1.- Las unidades de capacidad agrológica correspon-- diente a la clase I y V, deberán estar comprendi-- das en el plano topográfico en las zonas con pen-- dientes menor de 2%. El plano original de uso po-- tencial deberá sobreponerse al topográfico y -- hacerse coincidir las zonas planas con las clases -- mencionadas.
- 2.- Las unidades de capacidad agrológica correspon-- dientes a las clases II/t, III/t, IV/t, VI/t, -- VII/t, deberán correlacionarse con el mapa topo-- gráfico según el grado de pendiente que se indica -- para cada clase en la limitante por topografía.
- 3.- Se deberá correlacionar el plano topográfico con-- las unidades agrológicas clasificadas como V y VI

para separarlas cuando el factor limitante sea -- suelo (s), salinidad o sodicidad (a), clima (c), - erosión (e), e inundación o exceso de agua (i).

IV:3:9 CORRELACION ENTRE EL PLANO GEOLOGICO Y EL PLANO DE USO POTENCIAL.

- 1.- El plano geológico servirá para indicar según la precipitación y topografía de la zona lo siguiente:
  - a.- Las posibilidades de encontrar suelo en una zona según el tipo de roca de acuerdo con la dureza de la misma.
  - b.- La pedregosidad que se encuentra asociada a basaltos, riolitas, rocas ígneas extrusivas ácidas o básicas, conglomerados y brechas.
  - c.- En las rocas denominadas tobas la medición -- del espesor del suelo constituye un problema -- porque no se sabe donde termina el espesor -- del suelo y donde principia el material parental. La localización de tobas, areniscas y lutitas, es importante en la susceptibilidad del suelo a la erosión.
  - d.- La localización de suelos aluviales que deben correlacionar con clases agrícolas cuando no se tienen problemas ni de sales ni de capas endurecidas.
  - e.- Las zonas señaladas como lacustres que deben correlacionar con clases de I a VIII debido a problemas de inundación o de salinidad y sodicidad.
  - f.- Las zonas palustres que correlacionan con clases de V, VI, VII, y VIII por el factor inundación.
  - g.- Las zonas de acumulación (dunas de más de 50-cm formadas por erosión eólica) se correlacionarán con las clases V/s, VII/s, y VIII en el mapa de uso potencial.

IV:3:10 CORRELACION ENTRE EL PLANO DE USO DEL SUELO Y EL PLANO DE USO POTENCIAL.

- 1.- Las unidades de uso del suelo señaladas como bosques de pinos o de latifoliadas, quedarán comprendidas en las clases V, VI, VII y VIII, según su topografía y pedregosidad.

En los casos excepcionales de suelos profundos se les demeritará según la profundidad de suelo, - -

siempre que no se trate de bosques que se encuentren en suelos del grupo de los andosoles.

- 2.- Las unidades señaladas como matorrales, pastos, nopaleras y asociaciones de vegetación de praderas se clasificarán según factores limitantes que intervengan de acuerdo al instructivo de uso potencial.
- 3.- Las unidades del mapa de uso del suelo señaladas con riego (ARA) serán delimitadas por uso potencial sin limitante "deficiencia de agua", y deberán coincidir en ambos mapas.
- 4.- Se consideran áreas de riego, todas aquellas que estén abiertas al cultivo y que tengan las instalaciones para el riego aún cuando los riegos sean solo de auxilio. Cuando el riego sea de auxilio se limitarán como de II/c.
- 5.- No se consideran terrenos con riego aquellos que estando dentro de un distrito de riego o en la periferia del mismo, han sido abandonados y presentan vegetación secundaria (presencia de matorral espinoso), o mezquite de más de 50 cm de altura.

#### IV:4 CARTAS EDAFOLOGICAS.

IV:4:1 INTRODUCCION.- En 1961 la FAO y la UNESCO iniciaron conjuntamente un proyecto para la preparación del mapa de suelos del mundo. Uno de los aspectos más importantes del proyecto fué y aún lo es, la correlación de las unidades de suelos que se usan en diversas partes del mundo con el fin de elaborar una terminología universal. Dicho proyecto asegura la validez geográfica de la leyenda en términos globales y permite, por lo tanto, una representación realista de la distribución de los diferentes suelos del mundo. Eventualmente esto contribuirá en forma efectiva a la posibilidad de transmitir los conocimientos de los suelos y la experiencia obtenida en ciertas áreas, a otras que tengan suelos similares y condiciones ambientales semejantes.

Las unidades de suelo que se tratan aquí son de acuerdo a los conocimientos actuales de la génesis, características y distribución de los principales suelos que cubren la superficie de la tierra; su importancia como recursos para la producción y la posibilidad de presentarlos en un mapa a escala pequeña.

¿Qué es la edafología? La edafología tiene por objeto clasificar los suelos considerando para ello sus características físicas, químicas y biológicas para poder llevar a cabo una buena planeación de desarrollo agropecuario y forestal.

#### IV:4:2 DEFINICIONES DE LOS HORIZONTES DEL SUELO.

Horizonte O.- Es un horizonte que forma la parte superficial del suelo, está constituido por materia orgánica fresca parcialmente descompuesta, acumulada principalmente bajo condiciones aeróbicas; tiene un contenido mínimo de materia orgánica de 30 % si la fracción mineral contiene más del 50 % de arcilla, o 20 % de materia orgánica si la fracción mineral no tiene arcilla. Para contenidos intermedios de arcilla, el contenido de materia orgánica es proporcional.

Horizonte A.- Es un horizonte formado o en formación o adyacente a la superficie, constituido por una acumulación de materia orgánica humificada, íntimamente asociado con la fracción mineral; tiene un contenido de materia orgánica menor del 30 % si la fracción mineral contiene más del 50 % de arcilla, o menos del 20 % de materia orgánica si la fracción mineral no tiene arcilla, el contenido de materia orgánica es proporcional.

Horizonte E.- Es un horizonte subyacente al horizonte O ó al A (si está presente); tiene contenido de materia orgánica o sesquióxidos o arcilla más bajos que el horizonte subyacente inmediato, usualmente reflejado por un color pálido y una acumulación relativa de cuarzo u otros minerales resistentes del tamaño de la arena o del limo.

Horizonte B.- Es un horizonte que se encuentra entre los horizontes A o E (si está presente) y el horizonte C, G o R (si están presentes), en el cual la estructura de la roca está destruida o apenas se aprecia; está caracterizado por una concentración de arcilla silícea (por iluvación o acumulación residual), por sesquióxidos (por iluvación o acumulación) o por materia orgánica, (por iluvación), solos o en combinación. El horizonte C puede mostrar acumulaciones de carbonato de calcio o magnesio, de yeso u otras sales más solubles.

Horizonte C.- Es un horizonte constituido por material no consolidado, el cual no muestra las propiedades diagnósticas de los otros horizontes representativos. (El horizonte C puede mostrar acumulaciones de carbonato de calcio o magnesio, de yeso u otras sales más solubles).

IV:4:3 DEFINICIONES DE LOS HORIZONTES DE DIAGNOSTICO.

\Horizonte A melánico.- El horizonte A melánico es una capa superficial que después de que los 18 cm superficiales han sido mezclados por el arado, tiene las siguientes propiedades:

- 1.- La estructura del suelo es lo suficientemente fuerte para que el horizonte no sea a la vez masivo y duro o muy duro cuando seco.
- 2.- Los suelos roturados y rastreados tienen intensidad de color menor de 3.5 cuando húmedos, un tono más oscuro de 3.5 cuando húmedo y 5.5 cuando secos; y cuando menos una unidad más oscuros que el horizonte C tanto en húmedo como en seco. Si solo se presenta la roca dura, la comparación deberá hacerse con el siguiente horizonte subyacente.
- 3.- La saturación de bases es mayor del 50 % (por el método del acetado de amonio).
- 4.- El contenido de materia orgánica es al menos del 1 % (0.58 % de carbón orgánico) a través de su espesor. Si el horizonte superficial oscuro es menor de 18 cm de espesor en un suelo virgen con un solum de menos de 45 cm, el contenido de materia orgánica debe ser suficiente para dar un promedio de 1 % en la capa arable que es de 18 cm de espesor. El límite superior del contenido de carbono orgánico del horizonte A melánico es el límite más bajo del horizonte A turboso.
- 5.- El espesor es mayor de 10 cm si descansa directamente sobre roca dura. Si el suelo contiene un horizonte B argilúvico, nátrico, espódico o cámbico, o un fragipan o duripan, el espesor del horizonte A debe ser mayor de un tercio del espesor del solum, donde éste es menor de 75 cm de espesor y debe ser mayor de 25 cm donde el solum es mayor de 75 cm de espesor.
- 6.- El horizonte A melánico tiene menos de 250 partes por millón de  $P_2O_5$  soluble en ácido cítrico, o abajo del horizonte A tienen contenidos de  $P_2O_5$  solubles en ácido cítrico que van en aumento. Esta restricción es usada para separar los suelos arados muy viejos que han adquirido, bajo el cultivo, las propiedades del horizonte A melánico. (Un horizonte A que reúne los requisitos del 1 al 5, -

pero que tiene un contenido más alto de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> soluble en ácido cítrico que el especificado aquí, se le denomina horizonte A antrópico.

Horizonte A sómbrico.- El horizonte A sómbrico es -- comparable al horizonte A melánico en su color, espesor y contenido de carbón orgánico. Incluye aquellos horizontes superficiales oscuros y densos que tienen una saturación de bases menor del 50 % (por el método del acetato de amonio) o son a la vez duros y masivos cuando están secos.

Horizonte A hístico.- Es un horizonte que está en o-cerca de la superficie saturada con agua durante algún - - período (a menos que esté drenada artificialmente) y que - contiene 30 % o más de materia orgánica (17.4 % de carbón- orgánico), si la fracción mineral tiene más del 50 % de ar- cilla o 20 % o más de materia orgánica (11.6 % de carbón - orgánico), si la fracción mineral no tiene arcilla. Para - texturas intermedias, el contenido de materia orgánica es- proporcional al contenido de arcilla. Si el horizonte A - tiene menos de 20 cm de espesor o ha sido arado, esto es - suficiente (después de que los 20 cm superficiales han - - sido mezclados) para que el contenido de materia orgánica- sea de 28 % (16.24 de carbón orgánico) y 14 % (8.12 % de - carbón orgánico), respectivamente. Cuando un horizonte A- hístico está enterrado, se diagnostica como tal si su lími- te superior se encuentra dentro de los primeros 50 cm de - la superficie.

Horizonte A pálido.- El horizonte A pálido es aquel- que es muy claro en color, muy bajo en carbón orgánico o - muy delgado para ser melánico, sómbrico o hístico.

Un horizonte A pálido débilmente desarrollado es muy- bajo en materia orgánica.

Los criterios usados para determinar la materia orgá- nica son: el peso promedio del contenido de materia orgáni- ca en los primeros 40 cm del suelo, es por lo menos de 1 % (0.58 de carbón orgánico). si el peso promedio de la rela- ción arena/arcilla para esta profundidad es de 1 ó menor - 0.28 % de materia orgánica (0.16 % de carbón orgánico), si la relación arena/arcilla, el contenido del carbón es in- termedio, o si los primeros 18 cm de suelo tienen tonos -- mixtos mayores de 4 unidades en húmedo y mayores de 6 en - seco o la intensidad del color (en húmedo o en seco) es ma- yor de 4.

Un horizonte A pálido bien desarrollado es moderada- mente bajo en materia orgánica.



El contenido de materia orgánica y los colores del horizonte son intermedios entre los límites establecidos anteriormente para el horizonte A pálido débilmente desarrollado y aquellos definidos para los horizontes A sómbricos o melánicos.

Horizonte B argilúvico.- Un horizonte B argilúvico es aquel que contiene arcilla iluvial laminada y reticulada. Este horizonte se forma bajo un horizonte eluvial, pero puede encontrarse en la superficie si el suelo ha sido parcialmente truncado por la erosión. Tiene las siguientes propiedades que pueden ser usadas para su identificación en el campo:

1.- Si existe un horizonte E, el horizonte B argilúvico contiene más arcilla total y más arcilla fina que el horizonte eluvial, sin contar las diferencias que puedan resultar de una discontinuidad litológica, de acuerdo con las siguientes especificaciones:

a.- Si cualquier parte del horizonte E tiene menos del 15 % de la arcilla total en la fracción de tierra fina (menor de 2 mm), el horizonte B debe contener al menos el 3 % más de arcilla (por ejemplo 13 % contra 10 %).

b.- Si el horizonte E tiene más del 15 % y menos del 40 % de arcilla total en la fracción de tierra fina, la relación de arcilla en el horizonte B con el horizonte E debe ser de 1.2 o mayor.

c.- Si el horizonte E tiene más del 40 % de arcilla total en la fracción de tierra fina, la relación de arcilla debe contener el 8 % más en el horizonte B (por ejemplo 50 % contra 42 %).

2.- Un horizonte B argilúvico debe ser al menos la décima parte del espesor de la suma de todos los horizontes que yacen arriba de él, o más de 15 cm de espesor si los horizontes E y B son de mayor espesor que 150 cm el incremento de arcilla requerido en el inciso 1 debe alcanzarse dentro de una distancia vertical de 30 cm o menor.

3.- En suelos con estructura granular simple o masiva, el horizonte B argilúvico debe contener arcillas orientadas que actúen como puentes entre los granos de arena y algunos poros.

4.- Si las unidades estructurales (peds) están presentes, el horizonte B argilúvico puede presentar alguna de las siguientes características:

- a.- Películas de arcilla en algunas superficies verticales y horizontales de los pedos y en los poros finos, o arcillas orientadas en 1 % o más de la sección transversal.
- b.- Si el horizonte B es arcilloso con arcilla caolínica y el horizonte superficial tiene más del 40 % de arcilla, se presentan algunas películas de arcilla, en los pedos y en los poros de la parte más baja de ese horizonte, el cual tiene estructura de bloques o prismática.
- c.- Si el horizonte B es arcilloso con arcilla del tipo 2:1, las películas de arcilla pueden estar ausentes, lo que indica que hay presión causada por la expansión del suelo; la presión puede en ocasiones producir "caras de presión o de deslizamiento" o límites ondulados en el horizonte -- iluvial, acompañado por arena o granos de limo del horizonte superior.

5.- Si un suelo presenta una discontinuidad litológica entre el horizonte E y el B argilúvico, o si solo una capa arada yace sobre el B argilúvico, el horizonte solo necesita mostrar películas de arcilla en alguna parte, ya sea en algunos poros finos, o si existen pedos, sobre algunas superficies horizontales y verticales de ellos. Las secciones delgadas deberán mostrar que alguna parte del horizonte tiene cerca del 1 % o más de cuerpos de arcilla orientada.

6.- El horizonte B argilúvico carece de las características que son de diagnóstico para el horizonte B nátrico.

Horizonte B nátrico.- El horizonte B nátrico es un horizonte que además de tener las propiedades de los índices del 1 a 5 mencionadas en la definición del horizonte B argilúvico, tiene:

1.- Estructura columnar o prismática (una estructura de bloques con lenguas de un horizonte E que se extiende dentro del horizonte B, se puede presentar también pero es poco común).

2.- Más del 15 % de saturación con sodio intercambiable en algún subhorizonte, o si un horizonte C subyacente tiene más del 15 % de saturación con sodio en alguna parte de él, el horizonte B nátrico puede tener mayor cantidad de (Na + Mg) intercambiable que (Ca + H) en algún subhorizonte.

**Horizonte B cámbico.-** Un horizonte B cámbico es un horizonte alterado que alcanza cuando menos 25 cm abajo de la superficie del suelo, carece de colores oscuros y de materia orgánica que son característicos de los horizontes A melánico, sómbrico o hístico, y tiene:

1.- Textura areno-francosa muy fina o más fina en la fracción de tierra fina (menor de 2 mm).

2.- Estructura de suelo en vez de estructura de roca.

3.- Algunos minerales intemperizables.

4.- Evidencia de alteración reflejada por intensidad de color más fuerte o matices más rojizos que los de los horizontes que yacen abajo o evidencias de remoción de carbonatos.

5.- Muy pocas evidencias de iluviación para satisfacer los requisitos de un horizonte B argilúvico o espódico.

6.- No hay cementación o endurecimiento y carece de una consistencia quebradiza cuando está húmedo.

**Horizonte B espódico.-** El horizonte B espódico está caracterizado por las siguientes propiedades:

1.- Si hay un horizonte eluvial fuertemente lavado -- (continuo o intermitente) de mayor espesor de 18 cm y se encuentra abajo de un horizonte A, el horizonte B espódico tiene:

a.- Suficiente material amorfo, de manera que:

$$\frac{\text{Porcentaje extractable de C+Fe+Al}}{\text{Porcentaje de Arcilla}} = 0.15$$

b.- Un espesor de 1 cm o mayor, ya sea como un horizonte continuo o como una suma de laminillas dentro de 100 cm.

c.- El contenido de (C+Fe+Al) extractable 1.0 % o los matices de color en húmedo son de 7.5 YR o más rojizos y los tonos en húmedo de 3 ó menor en alguna parte continua del horizonte o en cualquier otro subhorizonte, que tienen cuando menos 1 cm de espesor y los matices son tan rojos o más rojizos que el horizonte subyacente.

d.- No tiene películas de arcilla sobre las caras de los peds o en los poros.

2.- Si un horizonte A descansa sobre el horizonte B-espódico, este último reúne los requisitos enlistados bajo el inciso 1 y además tiene:

a.- Un contenido de agua a 15 bar menor de 20 %, o - si este es más alto, un pH (H<sub>2</sub>O) menor de 5.0, - pero al menos 0.5 más alto que el pH (KCl).

b.- Suficiente profundidad como para que el horizonte no sea destruido por el arado (18 cm) o con suficiente desarrollo para que aún después de -- ser alterado hasta los 18 cm contenga:

1.- Más de 3 % de materia orgánica (1.7% de carbón - orgánico).

2.- Tenga una relación de:

$$\frac{\text{Porciento extractable de C+Fe+Al}}{\text{Porciento de arcilla}} = 0.20$$

3.- Los fragmentos de capas amorfas puedan ser claramente identificados.

4.- El matiz sea más rojizo que 10 YR con un tono en húmedo de menos de 3, o la intensidad de color - sea de 3 ó mayor en los matices de 10 YR o más - rojizos.

Horizonte B óxico.- El horizonte B óxico en un horizonte que carece de las características mencionadas para el horizonte B nátrico o argilúvico y:

1.- Tiene por lo menos 30 cm de espesor.

2.- Tiene una fracción de tierra fina que retiene 10 meq. o menos de iones de amonio por 100 g de arcilla en una solución 1N de NH<sub>4</sub>Cl:

$$\frac{\text{Bases retenidas en meq x 100}}{\text{Porciento de arcilla}} = 10$$

o tiene menos de 10 meq de bases extractables con NH<sub>4</sub>OAc- y aluminio extractable con KCl 1N por 100 g de arcilla.

3.- Tiene una capacidad de intercambio catiónico aparente de 16 meq o menor de 100 g de arcilla, empleando como solución extractora el NH<sub>4</sub> OAc:

$$\frac{\text{ClC en meq} \times 100}{\text{Por ciento de arcilla}} = 16$$

- 4.- Solo tiene trazas de aluminosilicatos primarios, tales como feldespatos, micas, vidrio y minerales ferromagnesianos.
- 5.- En algunos subhorizontes solo tiene trazas de arcilla dispersable en agua.
- 6.- Tiene textura franco arenosa o más fina (en la fracción de tierra fina) y más del 15 % de arcilla.
- 7.- Generalmente tiene límites graduales o difusos entre sus subhorizontes.
- 8.- Tiene menos del 5 % de su volúmen que muestra estructura de roca.

Horizonte cálcico.- El horizonte cálcico incluye horizontes enriquecidos con carbonato secundario que tiene más de 15 cm de espesor, presentan un contenido de carbonato de calcio equivalente de más del 15 % y tiene cuando menos un 5 % más de carbonato de calcio equivalente que el horizonte C. Si el horizonte C no existe y el horizonte cálcico está endurecido, éste tiene más de 15 cm de espesor, tiene un contenido de carbonato de calcio equivalente de más del 15 % y contiene más del 5 %, por volúmen, de carbonatos secundarios identificables en concreciones o en formas pulverulentas suaves. Si un horizonte cálcico está endurecido y descansa sobre la roca dura, éste puede ser tan delgado como 3 cm, de tal manera que el producto del espesor en cm multiplicado por el porcentaje de carbonato de calcio equivalente sea de 200 ó mayor.

Horizonte gípsico.- El horizonte gípsico es un horizonte enriquecido de sulfato de calcio secundario, tiene más de 15 cm de espesor, presenta cuando menos 5 % de yeso que el horizonte C o que el estrato subyacente y en el cual el producto del espesor en cm y el porcentaje de yeso es de 150 ó mayor. Si el contenido de yeso es expresado en miliequivalentes por 100 g de suelo, el porcentaje de yeso puede ser calculado por el producto de los miliequivalentes de yeso por 100 g de suelo y el peso miliequivalente del yeso que es de 0.086.

Horizonte salino.- Un horizonte salino es un horizonte de 15 cm o más de espesor con un enriquecimiento secundario de sales más solubles en agua fría que el yeso.

Contiene al menos 2 % de sales y el producto del espesor - en cm y el producto de sales o porcentaje, por peso es de - 60 ó mayor. Si los datos de sales solubles son expresados en miliequivalentes por litro del extracto de saturación, - el porcentaje de sales, sobre la base de peso, puede ser - aproximadamente como sigue:

Cationes solubles en meq/l x 0.058 x % de H<sub>2</sub>O a saturación  
1,000

**Horizonte plíntico.-** El horizonte plíntico consiste de una fase continua rica en sesquióxidos, pobre en humus y la mezcla de arcilla con cuarzo y otros diluyentes está altamente intemperizada, lo cual comúnmente se manifiesta como motas rojas, generalmente en forma laminar, poligonal o reticular y en las cuales hay cambios irreversibles a -- capa endurecida o agregados irregulares, con los cambios -- periódicos de humedecimiento y secado. Si las texturas -- son más gruesas que la arena francosa muy fina, más de la mitad del volumen del horizonte muestra pequeños nódulos o motas rojas, suaves y separadas.

**Horizonte gléyico.-** El horizonte gléyico está caracterizado por la humedad excesiva que se presenta en los -- primeros 50 cm de la superficie y que se refleja por colores azulados (más azul que 10 Y) que cambia con la exposición al aire; o por moteos prominentes y colores dominantes de baja intensidad en húmedo en la matriz del suelo. - Los requerimientos de color varían con la textura, profundidad y clase del horizonte A; las indicaciones específicas para ser añadidas a las definiciones de los distintos gleysoles están bajo estudio.

#### IV:4:4 DEFINICIONES DE LAS UNIDADES DE SUELOS.

**IV:4:4:1 Introducción.-** Las unidades de suelos son todas aquellas que en base a la experiencia geográfica y cartográfica de suelos son consideradas como representativas de las regiones importantes de suelos del mundo y pueden ser representadas en un mapa a escala pequeña. Además de la información estipulada en las definiciones de las unidades de los suelos, se dan detalles adicionales, como son las -- clases de textura y pendiente, el uso de las fases como es la pedregosidad, la presencia de estratos endurecidos, la presencia de roca a poca profundidad, la salinidad y sodicidad.

En reconocimiento a la importancia de la temperatura y humedad como propiedades del suelo se ha observado que -- los suelos que tienen una morfología y composición química similar, pero que se presentan bajo diferentes condiciones climáticas, deben ser separadas por medio de la introduc--



ción de "variantes climáticas".

Ciertamente, la preparación de mapas de suelos a una escala regional o continental, ha mostrado que algunos de ellos, los cuales difieren respecto a los diferentes medios ambientes bajo los cuales se presentan, solo pueden ser identificados en base a las características de temperatura y humedad del suelo.

La presencia de suelos similares bajo diferentes condiciones climáticas puede resultar de:

1.- Débil desarrollo del suelo, el cual aún no refleja completamente la influencia del clima en la formación del mismo (por ejemplo, para los fluvisoles).

2.- La influencia dominante de uno o más factores de formación del suelo, además del clima (por ejemplo, la presencia en diferentes zonas climáticas de podzoles sobre arenas cuarzosas; de andosoles sobre materiales ricos en vidrio volcánico o de vertisoles sobre sedimentos ricos en montmorillonita).

3.- El efecto de los ciclos previos de intemperismo en la formación del suelo, da como resultado que estos suelos muestren señales de condiciones climáticas, las cuales no prevalecen por mucho tiempo (ejemplo: la presencia de los ferrasoles en condiciones subáridas o de iluvisoles crómicos en zonas templadas húmedas).

Las definiciones de las unidades de suelos que aparecen más adelante, no reflejan las diferencias en la temperatura y humedad del suelo, a menos que dichas diferencias también se encuentran indicadas por otras características del suelo que se puedan conservar en las muestras. Las características distintivas se pueden indicar como "variantes climáticas". Se observó que las "variantes climáticas" además de tener un significado ecológico, el cual en combinación con una indicación de la presencia de congelación permanente, abriría el camino para establecer a nivel regional, una relación entre los suelos y sus capacidades agrícolas y de esta manera aumentar la aplicabilidad de los mapas de suelos a pequeña escala.

#### IV:4:4:2 Definiciones.-

##### 1.- FLUVISOLES (J)

a.- Fluvisoles dísticos (Jd). Suelos que provienen de depósitos aluviales recientes, no tienen horizontes de

diagnóstico, excepto tal vez de un horizonte A pálido; - - tiene un pH (KCl) menor de 4.2 a través de los primeros -- 50 cm de suelo.

b.- Fluvisoles éútricos (Je). Suelos que provienen de depósitos aluviales recientes; no tienen horizontes de - - diagnóstico excepto tal vez un horizonte A pálido; tienen un pH (KCl) de 4.2 o mayor, por lo menos en una parte de - los primeros 50 cm de suelo.

## 2.- REGOSOLES (R)

a.- Regosoles dístricos (Rd). Suelos que provienen - de materiales inconsolidados, excepto los depósitos aluvia les recientes o de arenas ferralíticas, no tienen horizon tes de diagnóstico, excepto tal vez un horizonte A pálido; tienen un pH (KCl) menor de 4.2 a través de los primeros - 50 cm del suelo.

b.- Regosoles éútricos (Re). Suelos derivados de ma teriales no consolidados, excepto los depósitos aluviales recientes o de arenas ferralíticas; no tienen horizontes - de diagnóstico, excepto tal vez un horizonte A pálido; - - tienen un pH (KCl) de 4.2 ó mayor por lo menos en una par te de los primeros 50 cm de suelo.

## 3.- ARENOSOLES (Z).

Son suelos de textura más gruesa que la franco areno sa y con un contenido de arcilla de 15 % o menor no tienen horizontes de diagnóstico, excepto tal vez, un horizonte A pálido; muestran las características de un horizonte B - - óxico, excepto para los requerimientos de textura.

## 4.- GLEYSOLES (G).

a.- Gleysoles ócricos (Go). Suelos derivados de mate riales inconsolidados excepto los depósitos aluviales re- cientes, no tienen horizontes de diagnóstico, además de un horizonte gléyico y posiblemente un A pálido o un B cámbi- co.

b.- Gleysoles flúvicos (Gj). Suelos derivados de de pósitos aluviales recientes; que no tienen horizontes de - diagnóstico además de un horizonte gléyico y posiblemente un A pálido.

c.- Gleysoles húmicos (Gh). Suelos que no tienen - - horizontes de diagnóstico además de un horizonte gléyico, - un A melánico o sómbrico y posiblemente un B cámbico.

d.- Gleysoles cálcicos (Gk). Suelos que no tienen --

horizontes de diagnóstico además de un horizonte gléyico, un cálxico o un gípsico en los primeros 100 cm de suelo y posiblemente un horizonte A o un B cámbico; estos suelos frecuentemente son calcáreos a través de todo su perfil.

e.- Gleysoles salinos (Gs). Suelos que no tienen -- horizontes de diagnóstico además de un horizonte gléyico y uno salino en los primeros 125 cm de suelo y posiblemente un horizonte A, un B cámbico, un cálxico o un gípsico o tienen una conductividad eléctrica en el extracto de saturación a 25° C de 16 mmhos o mayor por centímetro, en algún subhorizonte dentro de los primeros 125 cm de suelo.

f.- Gleysoles tiónicos (Gd). Suelos que no tienen -- horizontes de diagnóstico además de un horizonte gléyico y posiblemente un horizonte A o un B cámbico; contienen una cantidad lo suficientemente alta de sulfuros o azufre elemental para provocar una acidificación del suelo sobre la oxidación a un pH (KCl) menor de 3.5 dentro de los primeros 100 cm de suelo.

g.- Gleysoles hísticos (Gm). Suelos que no tienen -- horizontes de diagnóstico además de un horizonte gléyico, un A hístico menor de 30 cm de espesor y posiblemente un B cámbico.

h.- Gleysoles plínticos (Gp). Suelos que no tienen -- horizontes de diagnósticos además de un horizonte gléyico y un plíntico dentro de los primeros 125 cm de suelo y posiblemente un horizonte A o un B cámbico.

#### 5.- RENDZINAS (Y).

Suelos que no tienen horizonte de diagnóstico, además de un horizonte A melánico y posiblemente un B cámbico; el horizonte A no debe ser mayor de 50 cm de espesor y debe contener o encontrarse inmediatamente arriba de un material calcáreo que tenga más del 40 % de carbonato de calcio equivalente; no debe presentarse un estrato de roca dentro de los primeros 25 cm del suelo.

#### 6.- RANKERS (Q).

Suelos que no tienen horizontes de diagnóstico además de un horizonte A sómbrico que se encuentre inmediatamente arriba de un material no calcáreo, no debe presentarse un estrato de roca dentro de los primeros 25 cm de suelo.

## 7.- ANDOSOLES (T).

a.- Andosoles háplicos (Tn). Suelos desarrollados a partir de material vítrico o que tienen una baja densidad aparente por lo menos en algún horizonte dentro de los -- primeros 50 cm de suelos, y presentan un complejo de intercambio que está dominado por material amorfo; posiblemente tienen un horizonte A y un B cámbico; su consistencia es untuosa o su textura es franco limosa o más fina, -- por lo menos en algún subhorizonte, dentro de los primeros 50 cm de suelo.

b.- Andosoles vítricos (Tv). Suelos desarrollados a partir de material vítrico o que tienen una baja densidad aparente por lo menos en algún horizonte dentro de los -- primeros 50 cm de suelo y un complejo de intercambio que está dominado por material amorfo; posiblemente tienen un horizonte A y un B cámbico; carecen de consistencia untuosa y tienen una textura más gruesa que la franco limosa -- en todos los subhorizontes dentro de los primeros 50 cm de suelo.

c.- Andosoles gléyicos (Tg). Suelos desarrollados a partir de material vítrico o que tienen una baja densidad aparente en algún horizonte dentro de los primeros 50 cm de suelo y un complejo de intercambio que está dominado -- por material amorfo; posiblemente tienen un horizonte A y un B cámbico; muestran rasgos distintivos que indican saturación con agua en algún período del año.

## 8.- VERTISOLES (V).

a.- Vertisoles pélicos (Vp). Suelos de textura pesada en los que se forman grietas profundas durante algún -- período en la mayor parte del tiempo (a menos que estén sujetos a riego); tienen una intensidad de color en húmedo de menos de 1.5 a través de los primeros 30 cm de suelo y presentan un microrelieve gilgai o, entre los 25 y -- 100 cm de profundidad, intersectan superficies de deslizamientos o de forma de cuña o agregados estructurales para lelepípedos.

b.- Vertisoles crómicos (Vc). Suelos de textura pesada que desarrollan grietas profundas en algún período -- en la mayor parte del tiempo (a menos que estén sujetos a riego); tienen una intensidad de color en húmedo de 1.5 o más en los primeros 30 cm de suelo y un micro-relieve -- gilgai o, entre los 25 y 100 cm de profundidad intersec--

tan superficies de deslizamiento o de forma de cuña o agregados estructurales paralelepípedos.

9.- ERMOSOLES (E).

a.- Ermosoles háplicos (En). Suelos, excepto aquellos que se desarrollan de depósitos aluviales recientes, que no tienen un horizonte A pálido o si lo tienen, está débilmente desarrollado y posiblemente presentan un horizonte B cámbico; tiene en algún subhorizonte, una conductividad eléctrica en el extracto de saturación a 25° C de 2 mmhos/cm o más (pero menos de 16) o muestran un aumento de saturación de Na más K con la profundidad dentro de los 125 cm de la superficie; carecen de un horizonte salino, así como de un horizonte cálcico y gípsico dentro de los primeros 100 cm de la superficie.

b.- Ermosoles lúvicos (El). Suelos que tienen un horizonte A pálido o que lo tienen débilmente desarrollado; el cual se endurece al secarse; y presentan un horizonte B argilúvico; tienen en algún subhorizonte una conductividad eléctrica en el extracto de saturación a 25° C de 2 mmhos/cm o más (pero menos de 16) o muestran un aumento de saturación de Na más K con la profundidad, dentro de los primeros 125 cm de la superficie; carecen de un horizonte salino, pero posiblemente tengan un horizonte cálcico o gípsico subyacente al horizonte B argilúvico.

c.- Ermosoles cálcicos (Ek). Suelos que no tienen un horizonte A pálido o que lo tienen débilmente desarrollado; presentan un horizonte cálcico dentro de los 100 cm de la superficie y posiblemente un horizonte B cámbico; tienen en algún subhorizonte, una conductividad eléctrica en el extracto de saturación a 25° C de 2 mmhos/cm o más (pero menos de 16), o muestran un aumento de saturación de Na más K con la profundidad, dentro de los primeros 125 cm de la superficie; carecen de un horizonte salino; estos suelos generalmente son calcáreos a través de su perfil.

d.- Ermosoles gípsicos (Es). Suelos que no tienen un horizonte A pálido o que lo tienen débilmente desarrollado; presentan un horizonte gípsico dentro de los 100 cm de la superficie y posiblemente un horizonte B cámbico; tienen en algún subhorizonte una conductividad eléctrica en el extracto de saturación a 25° C de 2 mmhos/cm o más (pero menos de 16) o muestran un aumento de saturación de Na más K con la profundidad, dentro de los primeros 125 cm de la superficie; carecen de un horizonte salino.

10.- XEROSCLES (X).

a.- Xerosoles háplicos (Xn). Suelos que tienen un horizonte A pálido bien desarrollado y posiblemente un horizonte B cámbico; tienen en algún subhorizonte una conductividad eléctrica en el extracto de saturación a 25° C de -- 2 mmhos/cm o más (pero menos de 16), o muestran un aumento de saturación de Na más K con la profundidad, dentro de -- los primeros 125 cm de la superficie; carecen de un horizonte salino, así como de un horizonte cálcico y gípsico -- dentro de los primeros 100 cm de la superficie.

b.- Xerosoles lúvicos (XI). Suelos que tienen un horizonte A pálido bien desarrollado el cual se endurece -- cuando se seca y presenta un horizonte B argilúvico; -- tienen en algún subhorizonte una conductividad eléctrica -- en el extracto de saturación a 25° C de 2 mmhos/cm o más -- (pero menos de 16), o muestran un aumento de saturación de Na más K con la profundidad, dentro de los primeros 125 cm de la superficie; carecen de un horizonte salino, pero -- quizá tengan un horizonte cálcico o gípsico subyacente al horizonte B argilúvico.

c.- Xerosoles cálcicos (Xk). Suelos que tienen un -- horizonte A pálido bien desarrollado, un horizonte cálcico dentro de los primeros 100 cm de la superficie y posible-- mente un horizonte B cámbico; tienen en algún subhorizonte una conductividad eléctrica en el extracto de saturación a 25° C de 2 mmhos/cm o más (pero menos de 16), o muestran -- un aumento de saturación de Na más K con la profundidad, -- dentro de los primeros 125 cm de la superficie; carecen de un horizonte salino.

11.- HALOSOLES (S).

a.- Solonetz ócrico (So). Suelos que tienen o no un horizonte A pálido y un B nátrico.

b.- Solonetz húmico (Sl). Suelos que tienen un horizonte A melánico o sómblico y un B nátrico.

c.- Solonetz gléyicos (Sg). Suelos que tienen un -- horizonte B cámbico, o un horizonte gléyico o muestran rasgos que indican saturación con agua en algún período del -- año.

d.- Solonchaks ócrico (Ss). Suelos que tienen o no -- un horizonte A pálido, posiblemente un B cámbico y un horizonte salino dentro de los primeros 125 cm de la superfi--



cie o una conductividad eléctrica en el extracto de saturación de 25° C de 16 mmhos/cm en algún subhorizonte dentro de los primeros 125 cm de profundidad, carecen de un horizonte B nátrico y no tienen rasgos takíricos.

e.- Solonchak húmico (Sh). Suelos que tienen un horizonte A melánico o sómbrico, posiblemente un B cámbico y un horizonte salino dentro de los primeros 125 cm de la superficie, o una conductividad eléctrica en el extracto de saturación a 25° C de 16 mmhos/cm en algún subhorizonte dentro de los primeros 125 cm de profundidad; carecen de un horizonte B nátrico y no contienen rasgos takíricos.

f.- Solonchak takírico (St). Suelos de textura pesada con un horizonte salino dentro de los primeros 125 cm de la superficie o una conductividad eléctrica en el extracto de saturación a 25° C de 16 mmhos/cm o más en algún subhorizonte dentro de los 75 cm de profundidad; están desalinizados en la superficie; cuando se secan se agrietan en elementos poligonales y forman una costra superficial laminar o masiva.

g.- Solod (Sw). Suelos que presentan un horizonte E (a menos que estén erosionados), un horizonte EB el cual tiene una estructura columnar y un horizonte B argilúvico con una saturación de bases de 35 % o más, al menos en su parte inferior.

## 12.- PLANOSOLES (W).

a.- Planosoles ócricos (Wo). Suelos que tienen o no un horizonte A pálido, un E álbico (a menos que estén erosionados) y un B argilúvico; muestran un cambio textural abrupto entre el horizonte E (o el A, si el horizonte E no se encuentra presente) y el horizonte B; tienen un horizonte gléyico o muestran rasgos relacionados con la humedad (motas o concreciones de fierro y manganeso).

b.- Planosoles húmicos (Wh). Suelos que tienen un horizonte A melánico o sómbrico, un E álbico (a menos que estén erosionados o cubiertos por materia orgánica) y un B argilúvico; muestran un cambio textural abrupto entre el horizonte E (o el A si el horizonte E no se encuentra presente) y el horizonte B tienen un horizonte gléyico o muestran rasgos que se asocian con la humedad (motas o concreciones de fierro y manganeso).

13.- CASTAÑOZEMS (K).

a.- Castañozems háplicos (Kn). Suelos con un horizonte A melánico con una intensidad de color en húmedo de más de 1.5 a una profundidad de 15 cm o más y posiblemente - - tienen un horizonte B cámbico; presentan un horizonte con concentraciones de caliza pulverulenta suave, o muestran con la profundidad un aumento en la saturación de Na más K dentro de los primeros 125 cm de la superficie o dentro de los 50 cm de la base del horizonte B (si se encuentra presente); carecen de un horizonte cálcico o gípsico dentro de los 100 cm de la superficie.

b.- Castañozems lúvicos (Kl). Suelos que tienen un horizonte A melánico con una intensidad de color en húmedo de 1.5 a una profundidad de 15 cm o más y tienen un horizonte B argilúvico; presentan un horizonte cálcico y gípsico dentro de los 100 cm de la superficie o un horizonte -- con concentraciones de caliza pulverulenta suave o muestran con la profundidad un aumento de saturación de Na más K dentro de los 125 cm de la superficie o dentro de los 50 cm de la base del horizonte B.

c.- Castañozems cálcicos (Kk). Suelos con un horizonte A melánico con una intensidad de color en húmedo de más de 1.5 a una profundidad de 15 cm o más; presentan un horizonte cálcico o gípsico dentro de los primeros 100 cm de la superficie y posiblemente un horizonte B cámbico; estos suelos son calcáreos hasta la superficie después que los 20 cm superficiales han sido mezclados.

14.- CHERNOZEMS (C).

a.- Chernozems háplicos (Cn). Suelos que tienen un horizonte A melánico con una intensidad de color en húmedo de 1.5 ó menor a una profundidad de 15 cm o más y posiblemente presentan un horizonte B cámbico; tienen un horizonte con concentración de caliza pulverulenta suave, o muestran un aumento con la profundidad en la saturación de Na más K dentro de los primeros 125 cm de la superficie o dentro de los 50 cm abajo de la base del horizonte B (si se encuentra presente); carecen de un horizonte cálcico y gípsico dentro de los primeros 100 cm de la superficie.

b.- Chernozems lúvicos (Cl). Suelos que tienen un -- horizonte A melánico con una intensidad de color de 1.5 ó menor a una profundidad de 15 cm o más y presentan un horizonte B argilúvico; tienen un horizonte cálcico o gípsico-

dentro de los primeros 100 cm de la superficie o un horizonte con concentraciones de caliza pulverulenta suave, o muestran un aumento con la profundidad en la saturación de Na más K, dentro de los primeros 125 cm de la superficie o dentro de los 50 cm subyacentes a la base del horizonte B.

c.- Chernozems cálcicos (Ck). Suelos que tienen un horizonte A melánico con una intensidad de color de 1.5 o menor a una profundidad de 15 cm o más; presentan un horizonte cálcico o gípsico dentro de los primeros 100 cm de la superficie y posiblemente un horizonte B cámbico; estos suelos son calcáreos hasta la superficie, después de los primeros 20 cm que han sido mezclados.

#### 15.- FAEOZEMS (H).

a.- Faeozems háplicos (Hn). Suelos que tienen un horizonte A melánico y posiblemente un horizonte B cámbico; no tienen un horizonte con concentraciones de caliza pulverulenta suave, y tampoco muestran un aumento con la profundidad en la saturación de Na más K dentro de los primeros 125 cm de la superficie o dentro de los 50 cm abajo de la base del horizonte B (si se encuentra presente); no presenta un horizonte cálcico o gípsico dentro de los primeros 100 cm de la superficie.

b.- Faeozems lúvicos (Hl). Suelos que tienen un horizonte A melánico y un B argilúvico; no tienen un horizonte con concentraciones de caliza pulverulenta suave -- tampoco muestran un aumento con la profundidad en la saturación de Na más K dentro de los primeros 125 cm de la superficie o dentro de los 50 cm abajo de la base del horizonte B; no presentan un horizonte cálcico o gípsico dentro de los primeros 100 cm de la superficie; la saturación de bases en el horizonte B, cuando menos en su parte inferior, es de 35 % o más.

c.- Faeozems gléyicos (Hg). Suelos que tienen un -- horizonte A melánico y un B argilúvico; no tienen un horizonte con concentraciones de caliza pulverulenta suave, y tampoco muestran un aumento con la profundidad en la saturación de Na más K dentro de los primeros 125 cm de la superficie o dentro de los 50 cm subyacentes a la base del horizonte B; no presentan un horizonte cálcico o gípsico dentro de los 100 cm de la superficie; tienen un horizonte gléyico o muestran rasgos que indican saturación con agua durante algún período del año; la saturación de ba--

ses en el horizonte B, al menos en su parte inferior es de 35 % o más.

16.- CAMBISOLES (B).

a.- Cambisoles ócricos (Bo). Suelos que tienen un horizonte A pálido y un B cámbico, el cual tiene una saturación de bases menor del 50 % en todos los subhorizontes.

b.- Cambisoles húmicos (Bh). Suelos que tienen un horizonte A sómbrico y un B cámbico, el cual tiene una saturación de bases menor del 50 % en todos los subhorizontes.

c.- Cambisoles éutricos (Be). Suelos que tienen un horizonte A sómbrico y un B cámbico, el cual tiene una saturación de bases del 50 % o mayor cuando menos en algún subhorizonte; carecen de carbonatos en el horizonte B los carbonatos pueden aparecer en el horizonte C y presentan un horizonte cálcico o gípsico dentro de los primeros 100 cm de la superficie.

d.- Cambisoles cálcicos (Bk). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico y posiblemente un B cámbico presentan carbonatos en el horizonte B (si se encuentra presente) o un horizonte cálcico o gípsico dentro de los primeros 100 cm de la superficie; estos suelos generalmente son calcáreos a través de todo el perfil.

e.- Cambisoles vérticos (Bv). Suelos de textura pesada, posiblemente con un horizonte B cámbico, los cuales durante algún período en la mayor parte del tiempo, desarrollan grietas a una profundidad de menos de 50 cm (a menos que estén bajo riesgo).

17 LUVISCOLES (L).

a.- Luvisoles brúnicos (Lb). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico (a menos que estén erosionados), el cual no se endurece cuando está seco y tiene un horizonte B argilúvico café, la mayor parte del cual tiene una CTC/100 g de arcilla de más de 24 meq y en donde la saturación de bases es de 35 % o mayor, al menos en la parte más baja del horizonte B; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

b.- Luvisoles crómicos (Lc). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico (a menos que estén erosionados), el cual se endurece cuando está seco y tiene un horizonte B argilúvico, café fuerte a rojo, la mayor parte del cual tiene una CTC/100 g de arcilla mayor de 24 meq y en -

donde la saturación de bases es de 35 % o mayor, al menos en la parte más baja del horizonte B; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

c.- Luvisoles férricos (Lf). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico (a menos que estén erosionados) y un B argilúvico café amarillento a café rojizo, la mayor parte del cual tiene un CIC/100 g de arcilla de 24-meq o menor y en donde la saturación de bases es de 35 % o mayor, al menos en la parte más baja del horizonte B; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

d.- Luvisoles ródicos (Lr). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico (a menos que estén erosionados); presentan un horizonte B argilúvico rojo a rojo oscuro que tiene un límite difuso, la mayor parte del cual tiene una CIC/100 g de arcilla de 24 meq o menor y en donde la saturación de bases es del 35 % o mayor, menos en la parte más baja del horizonte B; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

e.- Luvisoles álbicos (La). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico, un E álbico (a menos que esté erosionado) y un B argilúvico; el horizonte E álbico está intercalado en la parte superior del horizonte B; la saturación de bases en estos suelos es de 35 % o mayor, al menos en la parte más baja del horizonte B; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

f.- Luvisoles glósicos (Ll). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico, un E álbico (a menos que esté erosionado) y un B argilúvico; el horizonte E álbico penetra en forma de lengua dentro del horizonte B, el cual tiene un límite superior irregular o quebrado; la saturación de bases de estos suelos es del 35 % o mayor, al menos en la parte más baja del horizonte B, carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

g.- Luvisoles gléyicos (Lg). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico o un A hístico menor de 30-cm de espesor y un B argilúvico, en el cual la saturación de bases es del 35 % o mayor, al menos en la parte más baja del horizonte B; tienen un horizonte gléyico o muestran características que indican saturación con agua

durante algún período del año; carecen de la combinación de un horizonte E álbico con un cambio textural abrupto-entre los horizontes E y B; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

h.- Luvisoles plínticos (Lp). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico o un A hístico menor de 30 cm de espesor y un B argilúvico, el cual tiene una saturación de bases de 35 % o mayor, al menos en la parte -- más baja del horizonte B; tiene un horizonte plíntico -- dentro de los 125 cm de la superficie, y posiblemente un horizonte gléyico o muestren características que indi- - quen saturación con agua durante algún período del año.

#### 18.- ACRISOLES (A).

a.- Acrisoles hélvicos (Ay). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico (a menos que estén erosio- nados), un horizonte B argilúvico amarillo a rojo amari- llento, en el cual la saturación de bases es menor del - 35 %, al menos en la parte más baja del horizonte B; ca- recen de un horizonte plíntico dentro de los primeros -- 125 cm de la superficie.

b.- Acrisoles ródicos (Ar). Suelos que tienen un - horizonte A pálido o sómbrico (a menos que estén erosio- nados); presentan un horizonte B argilúvico rojo a rojo- oscuro con un límite difuso, en el cual la saturación de bases es menor de 35 %, al menos en la parte más baja -- del horizonte B; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

c.- Acrisoles húmicos (Ah). Suelos que tienen un - horizonte A sómbrico y un B argilúvico que contiene una- cantidad relativamente menor del 35 % en todos los sub-- horizontes.

d.- Acrisoles plínticos (Ap). Suelos que tienen un horizonte A pálido o sómbrico o un A hístico menor de 30 cm de espesor y un B argilúvico en el cual la saturación de bases es menor del 35 %, al menos en la parte más - - baja del horizonte B; tienen un horizonte plíntico den- - tro de los primeros 125 cm de la superficie y posiblemente un horizonte gléyico o muestren características que - indiquen saturación con agua en algún período del año.

e.- Acrisoles gléyicos (Ag). Suelos que tienen un- horizonte A pálido o sómbrico o un A hístico menor de 30 cm de espesor y un B argilúvico en el cual la saturación de bases es menor del 35 % al menos en la parte más baja



del horizonte B; tienen un horizonte gléyico o muestran características que indican saturación con agua en algún período del año; carecen de la combinación de un horizonte E álbico con un cambio textural abrupto entre los horizontes E y B; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

19.- PARAMOSOLES (U).

Definición bajo estudio.

20.- PODZOLES (P).

a.- Podzoles humo-férricos (Pn). Suelos que tienen un horizonte B espódico, el cual tiene al menos en algún subhorizonte una relación igual o menor a 6 entre el porcentaje de fierro libre (elemental) y el porcentaje de carbono; carecen de un subhorizonte con aluminio y materia orgánica dispersa y carecen del suficiente fierro libre para volverse más rojo con el fuego; carecen de un estrato delgado de fierro en o sobre el horizonte B espódico.

b.- Podzoles férricos (Pf). Suelos que tienen un horizonte B espódico, el cual en todos los subhorizontes -- tiene una relación entre el porcentaje de fierro libre -- (elemental) y el porcentaje de carbono mayor de 6; carecen de un estrato delgado de fierro en o sobre el horizonte B espódico.

c.- Podzoles húmicos (Ph). Suelos que tienen un horizonte B espódico con un subhorizonte que contiene aluminio y materia orgánica dispersa y que carecen del suficiente fierro libre para volverse más rojos con el fuego; carecen de un estrato delgado de fierro en o sobre el horizonte B espódico.

d.- Podzoles plácicos (Pi). Suelos que tienen un horizonte B espódico y un estrato delgado de fierro en o -- sobre el horizonte B espódico; estos suelos pueden mostrar características que indican saturación con agua durante algún período del año.

e.- Podzoles gléyicos (Pg). Suelos que tienen un horizonte espódico y un horizonte gléyico; o muestran -- características que indican saturación con agua durante -- algún período del año, pero carecen de un estrato delgado de fierro en o sobre el horizonte B espódico.

21.- FERRALSOLES (F).

a.- Ferralsoles h elvicos (Fy). Suelos que tienen un horizonte B  oxico amarillo a rojo amarillento en el cual la relación  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  es de 13   mayor y en el cual generalmente tiene una saturación de bases de menos de 35 %, al menos en algún subhorizonte; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

b.- Ferralsoles  cricos (Fo). Suelos que tienen un horizonte B  oxico amarillo a amarillo pálido en la mayor parte en donde la relación  $\text{SiO}_2/\text{Fe}_2\text{O}_3$  es de 13   mayor y que generalmente tienen una saturación de bases de menos del 35 %, al menos en algún subhorizonte; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

c.- Ferralsoles ródicos (Fr). Suelos que tienen un horizonte B  oxico rojo a rojo oscuro; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

d.- Ferralsoles húmicos (Fh). Suelos que tienen un horizonte B  oxico con un contenido relativamente alto de materia orgánica; carecen de un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

e.- Ferralsoles plínticos (Fp). Suelos que tienen un horizonte B  oxico o un horizonte plíntico dentro de los primeros 125 cm de la superficie; posiblemente muestren características que indiquen saturación con agua durante algún período.

22.- HISTOSOLES (M).

a.- Histosoles dístricos (Md). Suelos que tienen un horizonte A hístico, el cual tiene un espesor de 30 cm o mayor y tiene un pH (KCl) menor de 4.2 a través de los primeros 50 cm del suelo.

b.- Histosoles  tricos (Me). Suelos que tienen un horizonte A hístico, el cual tiene un espesor de 30 cm o mayor y tiene un pH (KCl) de 4.2   mayor al menos en una parte dentro de los primeros 50 cm del suelo.

23.- LITOSOLES (I).

Suelos que están limitados en profundidad por una roca dura, c ntinua y coherente dentro de los 25 cm de la superficie.

IV:4:5 DEFINICIONES DE LAS CLASES DE TEXTURA Y PENDIENTE.

La composición textural del suelo dominante en cada asociación de suelos y la topografía en que se presenta, serán indicadas respectivamente de acuerdo a la clase de textura y pendiente.

IV:4:5:1 Textura.- Las clases relacionadas a la composición textural están basadas en la proporción relativa de las partículas menores de 2 micras (arcilla), 2-50 micras (limo) y 50-2000 micras (arena).

1.- Textura gruesa: arenas, areno francosa y francoarenosa con menos del 18% de arcilla y más del 65 % de arena.

2.- Textura media: franco arenosa, franca, franco-arcillo limosa y arcillo limosa con menos del 35 % de arcilla y menos del 65 % de arena; la fracción de arena puede ser tan elevada como 82 %, si presenta un mínimo de 18 % de arcilla.

3.- Textura fina: arcilla, arcillo limosa, arcilloarenosa, franco arcillosa y franco arcillo limosa, como más del 35 % de arcilla.

Las clases de textura, como se definieron anteriormente, se aplican al suelo dominante de la asociación y se determinarán en base a la textura superficial (los primeros 30 cm) del suelo dominante, ya que el principal propósito de diferenciarlos es resaltar una propiedad del suelo que sea importante para el cultivo y para la retención del agua. Los cambios de textura en el suelo normalmente se reflejan por el desarrollo del perfil como se indica en las definiciones de las unidades de suelos (ejemplo: la presencia del horizonte B argilúvico o nátrico).- El fuerte contraste de texturas, que afecta seriamente el movimiento del agua y su retención, pueden ser indicadas más específicamente.

IV:4:5:2 Pendiente.- Las clases de pendiente se determinarán en base a las pendientes dentro del área delimitada por una asociación de suelos.

- a.- De plana a ligeramente ondulada; las pendientes dominantes varían de 0 a 8 %.
- b.- De ondulada a accidentada; las pendientes dominantes varían de 8 a 30 %.
- c.- Fuertemente disectada a montañosa; las pendientes dominantes son mayores del 30 %.

IV:4:6 DEFINICIONES DE FASES.- Además de la información - obtenida en las definiciones de las unidades de suelos, -- complementada con las texturas y pendientes, otras caracte -- rísticas de los suelos pueden ser indicadas mediante el -- uso de fases relacionadas con la pedregosidad, presencia - de capas endurecidas o roca dura a poca profundidad, sali -- nidad y sodicidad.

PEDREGOSIDAD. Una fase gravosa o pedregosa indicará -- las áreas donde la grava, las piedras o los cantos rodados se encuentran presentes en las capas superficiales o sobre la superficie; o la presencia de protuberancias rocosas -- que dificultan el uso de equipo mecánico para la agricultu -- ra. En pequeñas áreas la herramienta de mano y la maquina -- ria ligera se podrán usar si las otras características son especialmente favorables. Las áreas delimitadas por estas fases son o muy gravosas, muy pedregosas o con muchos can -- tos rodados o guijarros, dentro de la primera capa del sue -- lo; o tienen piedras esparcidas o protuberancias rocosas - sobre una parte considerable de la superficie. Los frag -- mentos con diámetro máximo de 7.5 cm se consideran como -- grava y los fragmentos más grandes se denominan piedras o -- cantos rodados.

PRESENCIA DE CAPAS ENDURECIDAS. Las fases friable -- (fragic), dúrica (duric), concrecionaria o petrocálcica - son usadas en donde los suelos dominantes tienen un fragi -- pan, duripan, horizonte concrecionario o petrocálcico den -- tro de los 100 cm de la superficie.

Las definiciones de estos horizontes se dan a conti -- nuación:

Fragipan. Un fragipan es un horizonte francoso que - se encuentra abajo de la superficie y con frecuencia subya -- cen al horizonte B. Tiene un contenido muy bajo en mate -- ria orgánica, su densidad aparente es alta en relación al -- solum superior, está aparentemente cementado cuando seco y tiene consistencia quebradiza moderada o débil (tendencia -- hacia un peds o terrón, el cual se rompe al instante de -- hacerle presión en vez de sufrir una lenta deformación). - Generalmente es moteado, de permeabilidad lenta o muy len -- ta y tiene pocas o muchas fracturas blanquizcas que forman polígonos.

Duripan. Un duripan es un horizonte que subyace al - horizonte superficial con las siguientes propiedades:

1.- La cementación es lo suficientemente fuerte, de -- tal manera que los fragmentos secos de algunos subhorizon -- tes no se desbaratan en el agua.

2.- Presenta capas de sílice insolubles en ácido, -- pero solubles en álcali concentrado o alternando ácido y álcali, las cuales se localizan en algunos poros o en algunas caras estructurales, o los nódulos duros constituyen más del 20 % del volúmen de algunos subhorizontes. .

3.- La cementación no se destruye al mojarse en ácido más de la mitad de cualquier capa laminar que se encuentre presente, o en algún subhorizonte continuo del horizonte. La cementación en dichas capas se destruye completamente con hidróxido de sodio concentrado, ya sea -- como tratamiento simple o alternándolo con ácido.

HORIZONTE CONCRECIONARIO. El horizonte concrecionario es una capa que consiste del 60 % o más, por volúmen, de concreciones de óxidos con otros fragmentos gruesos o de plintita endurecida o hematita con un espesor cuando -- menos de 25 cm, cuya parte superior se presenta dentro de los 100 cm de la superficie. (Para la definición de plintita).

HORIZONTE PETROCALCICO. El horizonte petrocálcico -- es un horizonte cálcico endurecido y continuo, cementado por carbonato de calcio y en partes con algo de magnesio. Puede encontrarse también sílice. El horizonte petrocálcico se encuentra cementado en forma continua, a tal punto que los fragmentos secos no se desbaraten en agua. -- Cuando este horizonte está seco, no penetra el azadón ni la barrena. Es masivo o laminar, extremadamente duro -- cuando seco y muy extremadamente firme cuando húmedo. -- Los poros no capilares están llenos y el horizonte petrocálcico es impenetrable para las raíces. La permeabilidad es de moderadamente lenta a muy lenta. Generalmente -- tiene un espesor mayor de 10 cm. Comúnmente, una capa -- laminar se encuentra presente, aunque no necesariamente. -- Si ésta existe los carbonatos constituyen la mitad o más del peso del horizonte laminar y su dureza es de 3 ó mayor escala de Mohs. La grava, arena y granos de limo han sido separados por la cristalización de carbonatos al menos en algunas partes del subhorizonte laminar.

PRESENCIA DE ROCA DURA. La fase lítica se usa cuando se presenta la roca dura continua y coherente dentro -- de los 50 cm de la superficie (pero a más de 25 cm, límite que se ha fijado para los litosoles).

SALINIDAD. La fase de salinidad se representará con la letra "s" agregada al símbolo de asociación. En la leyenda descriptiva, el grado de salinidad podrá ser expresado sobre la base de los siguientes valores de conducti-

vidad eléctrica (del extracto de saturación a 25° C, en mmhos/cm), medida al menos en alguna parte del suelo dentro de los primeros 125 cm de la superficie durante algún período del año:

- ls. Ligeramente salino; conductividad 4 a 8 mmhos.
- ms. Moderadamente salino; conductividad 9 a 15 mmhos.
- fs. Fuertemente salino; conductividad 16 mmhos o mayor.

Se considera que la salinidad en un suelo puede mostrar variaciones estacionales o puede variar como resultado de la práctica intermitente de riego. Es por esta razón que la salinidad se indica únicamente como una fase, la cual tiene como propósito principal el de señalar la salinización presente o potencial.

SODICIDAD. Una fase sódica, indicada con la letra "n" agregada al símbolo de la asociación, representará -- otros suelos además de los gleysoles sódicos o solonetz, los cuales tienen más del 15 % de saturación con sodio en alguna parte del suelo dentro de los primeros 125 cm de la superficie.

#### IV:5 CARTAS DE CLIMAS.

IV:5:1 INTRODUCCION. Como es sabido, la República Mexicana tiene un relieve complicado, lo cual unido a su localización en el área de transición entre las zonas templadas y tropicales, hace que el clima presente diferencias notables aún en distancias relativamente cortas.

Se creyó conveniente adoptar algún sistema de clasificación climática para representar estas diferencias y se buscó entre los más conocidos, uno que definiera mejor estas situaciones.

Tras de varios ensayos y pruebas, se decidió adoptar el de Köppen, pero por ser este un sistema general de clasificación concebido para definir las grandes áreas climáticas del mundo, al ser aplicado a México en su concepción original, resultaron muy extensas regiones dotadas de climas homogéneos. Sin embargo, dentro de estas áreas de clima aparentemente uniforme, hay diferencias climáticas notables que era importante señalar.

Las modificaciones y adaptaciones al sistema de Köppen se hicieron necesarias porque este sistema fué concebido fundamentalmente para definir las zonas climáticas del mundo que se extienden en latitud. Por consiguiente, los valores y cálculos en que se funda pueden no corres--



ponder exactamente a las condiciones de un país como México, en el que los cambios esenciales del clima no son debidos solamente a la latitud, sino en gran parte, a las grandes variaciones de la altitud, que crean condiciones muy especiales en los cambios y distribución de los elementos climáticos.

Entre las modificaciones más sobresalientes está la subdivisión de algunos de los tipos climáticos fundamentales de Köppen en subtipos, lo cual se hizo con el objeto de que hubiera correspondencia entre ellos y las condiciones reales del clima. Para lograr las indicadas subdivisiones, se utilizaron métodos de cálculo estadístico, empleándose series de valores formadas por cocientes que relacionan a los dos elementos más importantes del clima: temperatura y precipitación (P/T, relación conocida también como índice de Lang).

En algunos casos hubo necesidad de calcular e introducir nuevas fórmulas con objeto de delimitar ciertos tipos de clima que incluyen regímenes pluviométricos que Köppen no toma en consideración. Por otra parte, las características fundamentales de algunos de los tipos climáticos de Köppen son aplicables a México casi en su forma original, en cambio, las definiciones de otros aunque corresponden en cierto grado con ciertas condiciones climáticas del país, no pueden ser aplicadas a México en su forma original, sino que su aplicación tiene que hacerse de una manera un poco diferente de la primitiva. En efecto, algunos de estos climas como por ejemplo los templados y los fríos, se encuentran en las montañas de la parte central y sur del país, y precisamente por hallarse dentro de la zona tropical, tiene algunas características muy distintas de aquellas de los climas respectivos de las latitudes medias o boreales, que son las que trató Köppen de describir.

Las modificaciones y adaptaciones al sistema se hicieron sin apartarse de los lineamientos generales de la clasificación original, de manera que en la clasificación modificada se siguen empleando todos los símbolos y fórmulas de Köppen. Se incluyen, además, series de índices, anotaciones, fórmulas y símbolos nuevos que tratan de completar el mencionado sistema para lograr una descripción más detallada de las condiciones climáticas del país.

El resultado práctico de esta investigación fué encontrar una correlación aceptable entre los subtipos de clima postulados y la distribución de las condiciones climáticas, como se deduce de los datos meteorológicos y de la distri-

bución de diversas asociaciones vegetales. Así mismo ha servido de base para estudios climáticos detallados de pequeñas regiones del país realizados por E. García y por otros autores en su mayoría biólogos, agrónomos y geógrafos.

#### IV:5:2 DATOS EMPLEADOS EN LA CONSTRUCCION DE LA CARTA.

Temperaturas y precipitaciones mensuales y anuales de unas 2,000 estaciones meteorológicas con un mínimo de 10 años de observación dentro del lapso 1921-1960; las estaciones con menos de 10 años de observación se utilizaron solo como complementarias.

Los datos fueron tomados de los archivos del Servicio Meteorológico Nacional, de los de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, y de los de la Comisión Federal de Electricidad. Recopilados, analizados y procesados en el Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México.

#### IV:5:3 CONTENIDO DE LA CARTA.

Estaciones meteorológicas. Las estaciones meteorológicas se señalan en la carta por medio de un círculo con un número, del cual las dos primeras cifras que van desde 01 a 32 representan en clave, el Estado de la República al cual pertenece cada estación, empezando con el 01 Aguascalientes y terminando con el 32 Zacatecas. Las tres siguientes cifras, separadas de las anteriores con un guión, representan el número de cada estación. En seguida el número mencionado, se añade el dato de temperatura media anual en °C que se encierra en un paréntesis y el de precipitación total anual en mm.

Isotermas anuales. Son líneas que conectan puntos de igual temperatura media anual; en la carta aparecen como líneas rojas acotadas cuyo trazo se hizo cada 2° C. Algunas de estas líneas, como las de 22° C, 18° C, 12° C, 5° C y 2° C se consideran como límites entre las diversas zonas térmicas.

Isoyetas anuales. Están señaladas en el mapa por líneas azules acotadas en mm, que representan la lluvia total anual, se trazaron empleando los datos de precipitación promedio dentro del lapso considerado, que registraron las 2,000 estaciones meteorológicas.

Tipos de climas. Los diferentes tipos de climas que resultan al considerar las relaciones entre temperatura, -

precipitación, régimen de lluvias, etc.; están representados en la carta por una combinación de colores y de símbolos pequeños superpuestos a los primeros; la descripción se complementa con un conjunto de letras colocadas al lado de cada estación, así como en lugares visibles de las diversas zonas climáticas y cuyo significado se da en la parte posterior del mapa; la dirección del rayado en rojo de un mapa chico colocado a la derecha, representa el régimen de lluvia.

Los colores representan diferentes grados de humedad que resultan al considerar estadísticamente la relación entre la precipitación total anual en mm y la temperatura media anual expresado en °C; forman de hecho, un mapa de índices de aridez. El tono azul y el gris representan los climas húmedos; los tres verdes, tres grados de humedad en los climas subhúmedos; el café y el naranja dos grados de humedad en los climas semisecos o semiáridos y el amarillo a los climas secos o áridos.

Los símbolos pequeños superpuestos al color, separan a los climas, según su temperatura, en diversas zonas térmicas; así la unión color y símbolos nos dan los principales tipos y subtipos climáticos; las áreas de color pero sin símbolos son de clima cálido con características de humedad dadas por los colores; las que sobre el color llevan el símbolo, son de clima semicálido; las marcadas con puntitos tienen clima templado, las del clima semifrío se señalan con el símbolo y las de clima frío y muy frío aparecen en blanco. En todos los casos, los colores representan el grado de humedad de las áreas que lo cubren.

Régimen de lluvias. Los mapas pequeños que aparecen del lado derecho de cada hoja además de indicar la localización de la misma, tiene un rayado en rojo que representa el régimen pluviométrico dominante en el área que comprenden. Si el rayado está en sentido horizontal indica un régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno, es decir, que la temporada de lluvias no está bien definida y puede llover en cualquier época del año. Si el rayado está inclinado hacia la derecha, representa al régimen de lluvias de verano, lo que es común en la mayor parte del país; y si las rayas son verticales indican un régimen de lluvias de invierno.

#### IV:5:4 SIGNIFICADO DE LOS SIMBOLOS.

- A Grupo de clima cálido húmedo (temperatura media del mes más frío mayor de 18° C).

- C Grupo de climas templados húmedos (temperatura media del mes más frío entre  $-3$  y  $18^{\circ}$  C y la del mes más caliente mayor de  $6.5^{\circ}$  C).
- B Grupo de climas secos (los límites entre los secos y los húmedos se establecen por medio de fórmulas que relacionan la precipitación anual con la temperatura y con el régimen de lluvias).
- E Grupo de climas fríos (temperatura media del mes más caluroso mayor de  $6.5^{\circ}$  C).

Estos cuatro grupos climáticos están representados en México, mismos que se dividen en varios subgrupos, tipos y subtipos.

Grupo de climas cálidos A, temperatura media anual -- mayor de  $22^{\circ}$  C y la del mes más frío mayor de  $18^{\circ}$  C.

- Af Cálido-húmedo con lluvias todo el año, precipitación del mes más seco mayor de 60 mm, porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual mayor de 18.
- Af(m) Igual que el anterior, pero con un porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual menor de 18.
- Am(f) Cálido-húmedo con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2 precipitación del mes más seco mayor de 60 mm.
- Am Cálido-húmedo con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2, precipitación del mes más seco menor de 60 mm.
- Am(w) Cálido-húmedo con lluvias en verano, porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual.
- Aw Cálido subhúmedo con lluvias en verano, precipitación del mes más seco menor de 60 mm; porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la anual de acuerdo con su grado de humedad se divide en tres subtipos.
- Aw<sub>o</sub> El más seco de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano, con un cociente P/T en °C menor de 43.2.

- $Aw_1$  Intermedio en cuanto a grado de humedad entre el  $Aw_0$  y el  $Aw_2$ , con lluvias en verano, cociente  $P/T$  entre 43.2 y 55.3.
- $Aw_2$  El más húmedo de los cálidos subhúmedos con lluvias en verano, cociente  $P/T$  mayor de 55.3.

Nota: una ( $x'$ ) a continuación de la  $w$  indica un porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual mayor de 10.2; -  $Aw(x)$ ,  $Aw(x')$ ,  $Aw_2(x')$ ; una ( $w$ ) a continuación de la primera  $w$  indica un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 %- anual;  $Aw_0(w)$ ,  $Aw_1(w)$ ,  $Aw_2(w)$ .

Subgrupos de climas semi-cálidos AC, se divide en dos tipos y varios subtipos:

- A(C) Semicálido, el más fresco del grupo A, con temperatura media anual menor de 22° C y la del mes más frío mayor de 18° C.
- Se subdivide en los mismos subtipos climáticos que el grupo A:
- A(C) f, A(C)f(m), A(C)m(f), A (C) m, A(C) m(w), -  
A(C) $w_0$ , A(C) $w_1$ , A(C) $w_2$ , A(C) $w_0(x')$ , A(C) $w_1(x')$ , -  
A(C) $w_2(x')$ , A(C) $w_0(w)$ , A(C) $w_1(w)$ , A(C) $w_2(w)$ .
- (A)C Semicálido, el más cálido de los templados C, con temperatura media anual mayor de 18° C, y la del mes más frío menor de 18° C. Se subdivide en -- los mismos subtipos climáticos que el grupo C, - del cual se dan detalles más adelante.

Grupos de clima templado C, temperatura media del mes más frío entre -3 y 18° C, de acuerdo con su temperatura - se divide en tres subgrupos:

- |                  |                          |
|------------------|--------------------------|
| Semicálidos (A). | Enunciado anteriormente. |
| Templado C.      | Se enuncia más adelante. |
| Semifrío.        | Se enuncia más adelante. |

Subgrupos de climas templados C, temperatura media -- anual entre 12 y 18° C y la del mes más frío entre -3 y -- 18° C. Por su régimen de lluvias y su grado de humedad se divide en los siguientes tipos y subtipos:

- C(f) Templado húmedo con lluvias todo el año, porcentaje de lluvia invernal mayor de 18 de la anual, precipitación del mes más seco mayor de 40 mm.

- $C(fm)$  Igual que el anterior, pero con un porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual menor de 18.
- $C(m)$  Templado húmedo con lluvias en verano, precipitación del mes más seco menor de 40 mm, porcentaje de lluvia invernal mayor de 5.
- $C(m)(w)$  Igual que el anterior, pero con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual.
- $C(w)$  Templado subhúmedo con lluvias en verano, precipitación del mes más seco menor de 40 mm, porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la anual de acuerdo con su grado de humedad se divide en tres subtipos:
- $C(w_0)$  El más seco de los templados subhúmedos con lluvias en verano, con un cociente P/T menor de 43.2.
- $C(w_1)$  Intermedio en cuanto a humedad entre el  $C(w_0)$  y el  $C(w_2)$  con lluvias de verano, cociente P/T entre 43.2 y 55.0.
- $C(w_2)$  El más húmedo de los templados subhúmedos con lluvias en verano, cociente P/T mayor de 55.0.
- Nota: una  $(x')$  a continuación de la  $w$  indica un porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual mayor de 10.2; -  $C(w_0)(x')$ ,  $C(w_1)(x')$ ,  $C(w_2)(x')$ : una  $(w)$  a continuación la primera  $w$  indica un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual:  $C(w_0)(w)$ ,  $C(w_1)(w)$ ,  $C(w_2)(w)$ .
- $Cs$  Templado húmedo con régimen de lluvias de invierno, también se le conoce como clima mediterráneo, porcentaje de lluvia invernal con respecto a la anual mayor de 36.
- $Cs(x')$  Templado húmedo con régimen de lluvias de invierno, pero con un porcentaje de lluvia invernal menor de 36 de la anual.
- $C(x')$  Templado subhúmedo con lluvias todo el año; si su máximo de precipitación está en invierno, no llega a tres veces la del mes más seco, y si está en el verano no llega a 10 veces la del mes más seco.



Subgrupo de climas semifríos: con temperatura media anual entre 5 y 12° C y la del mes más frío entre -3 y 18° C, se divide en dos tipos:

C(b') Semifrío con verano fresco largo, temperatura del mes más caliente entre 6.5 y 22° C.

Cc Semifrío con verano fresco corto, temperatura del mes más caliente entre 6.5 y 22° C y menos de cuatro meses con temperatura mayor de 10° C.

En cuanto a régimen de lluvia se divide como los climas del grupo C. Otros símbolos empleados con los climas AC y C.

a Verano cálido, temperatura media del mes más caliente mayor de 22° C.

b Verano fresco largo, temperatura media del mes más caliente entre 6.5 y 22° C.

Grupos de climas secos B, se divide en dos tipos: BW y BS.

BW Muy seco y desértico, el límite con el clima BS se establece por medio de fórmulas.

BS Seco o estepario, se subdivide en dos subtipos de acuerdo con su grado de humedad (sólo en los climas con régimen de lluvias de verano).

BS<sub>0</sub> El más seco de los BS, con un cociente P/T menor de 22.9.

BS<sub>1</sub> El menos seco de los BS, con un cociente P/T mayor de 22.9.

Para indicar el régimen de lluvias se añaden los siguientes símbolos:

s Régimen de lluvias de invierno; por lo menos tres veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad fría del año que en el mes más seco, y un porcentaje de lluvia invernal mayor de 36 de la anual.

s(x') Régimen de lluvias de invierno, pero con un porcentaje de lluvia invernal menor de 36 de la anual.

x' Régimen de lluvias intermedio entre verano e invierno.

- w(x') Régimen de lluvias de verano, pero con un porcentaje de lluvia invernal mayor de 10.2 con respecto a la anual.
- w Régimen de lluvias de verano, por lo menos 10. veces mayor cantidad de lluvia en el mes más húmedo de la mitad caliente del año que en el más seco, un porcentaje de lluvia invernal entre 5 y 10.2 de la total anual.
- w(w) Igual que el anterior, pero con un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 de la anual.

Otros símbolos empleados con los climas B que se añaden después de los que indican el régimen de lluvias.

- (h') Muy cálido, temperatura media anual mayor de 22° C, la del mes más frío mayor de 18° C.
- (h')h Cálido, temperatura media anual mayor de 22° C, la del mes más frío menor de 18° C.
- h'(h) Semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18 y 22° C, la del mes más frío mayor de 18° C.
- h Semicálido con invierno fresco, temperatura media anual entre 18 y 22° C, y la del mes más frío menor de 18° C.
- k Templado con verano cálido, temperatura media anual entre 12 y 18° C, la del mes más frío entre -3 y 18° C y la del mes más caliente mayor de 18° C.
- k' Templado con verano fresco, temperatura media anual entre 12 y 18° C, la del mes más frío entre -3 y 18° C y la del más caliente menor de 18° C.
- (k') Semifrío, temperatura media anual entre 5 y 12° C, la del mes más frío entre -3 y 18° C y la del mes más caliente menor de 18° C.

Grupo de climas fríos E, temperatura media del mes más caliente menor de 6.5° C; se divide en tres tipos:

- ETC Frío con temperatura media anual entre -2 y 5° C, la del mes más frío mayor de 0° C y la del más caliente entre 0° y 6.5° C.

ET Frío con temperatura media anual entre  $-2$  y  $5^{\circ}$  C, la del mes más frío menor de  $0^{\circ}$  C y la del más caliente entre  $0$  y  $6.5^{\circ}$  C.

EF Muy frío, con temperatura media anual menor de  $-2^{\circ}$  C y la del más caliente menor de  $0^{\circ}$  C.

Generalmente estos símbolos se acompañan con la letra H para indicar que estos climas se encuentran solo a grandes altitudes. Es útil añadir las letras que designan régimen de lluvias.

Símbolos referentes a la oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, se emplean con todos los climas.

- i Isotermal, oscilación menor de  $5^{\circ}$  C.
- (i') Con poca oscilación, entre  $5^{\circ}$  y  $7^{\circ}$  C.
- (e) Extremoso, oscilación entre  $7^{\circ}$  y  $14^{\circ}$  C.
- (e') Muy extremoso, oscilación mayor de  $14^{\circ}$  C.

El símbolo g para indicar marcha de la temperatura tipo Ganges, se añade después de los símbolos anteriores si el mes más caliente del año es antes de junio.

Nota: Todas las letras e índices entre paréntesis -- son las modificaciones hechas al sistema original de Köppen.

Los siguientes símbolos se encuentran con igual o semejante importancia en varios climas principales (todos los datos se refieren a valores medios de varios años).

I.- Temperatura: a, b, c, d, k' se refieren a temperatura media mensual g(g', g'') a marcha anual de temperatura, i a su amplitud, h y k a temperatura media anual.

II.- Epoca seca: f y x' designan su falta, s(s', s''), w(w', w'') y x(x'') designan su ubicación anual (los últimos siete símbolos cuando se encuentran después de F, designan únicamente la estación de mayor sequía relativa).

III.- Humedad del aire: n(n', n'', n''').

#### IV:6 CARTAS HIDROLOGICAS.

IV:6:1 INTRODUCCION. El objetivo de determinar la extensión y de conocer las características de las cuencas hidro-lógicas, es básicamente para hacer un manejo racional del-

agua, elemento fundamental en nuestro desarrollo.

Las cuencas hidrológicas se dividen en superficiales y subterráneas. Las cuencas superficiales de captación son áreas limitadas por parteaguas que se miden a partir de un punto sobre el cauce de una vía fluvial, que puede ser su desembocadura al mar, a un lago o bien a partir de una depresión hacia donde escurre el agua de la lluvia.

Las cuencas subterráneas son en la realidad, volúmenes de formaciones rocosas y suelos en los que el flujo del agua subterránea tiende hacia un sitio determinado; estas cuencas están limitadas por barreras prácticamente impermeables que constituyen parteaguas subterráneos. -- Aún cuando en algunas ocasiones hay coincidencias entre las fronteras de las cuencas superficiales y las subterráneas, lo normal es que no correspondan exactamente.

Las cuencas hidrográficas o superficiales constituyen una manera de regionalización, adecuada para ciertos planes de aprovechamiento integral del agua para fines de desarrollo regional; no obstante a medida que se conoce mejor el territorio nacional, la planeación tiende a ser íntegra y la regionalización se basa en factores de carácter político y económico principalmente.

La descripción de la cadena sucesiva de actividades que se realizan para llegar a la cartografía y a la información hidrológica es como sigue:

Levantamientos aerofotográficos en vuelo alto, en blanco y negro para fines fotogramétricos. Las fotografías aéreas son un elemento valiosísimo para los estudios hidrológicos por la gran cantidad de información que se puede obtener de ellas.

Levantamiento geodésico aprovechando la red básica y complementándola para cubrir el espacio territorial. El posicionamiento de los vértices se hace por medio de levantamientos de poligonales y nivelaciones de precisión, y también con el empleo del geociver, instrumento que aprovecha el efecto doppler, para que por medio de satélites geodésicos se dé posición en latitud, longitud y altura sobre el nivel del mar, a los vértices que se requieren.

Aerotriangulación para propagar por medios fotogramétricos el apoyo topográfico.

IV:6:2 APOYO DE OTRAS CARTAS PARA LA ELABORACION DE LAS -  
CARTAS HIDROLOGICAS Y GEOHIDROLOGICAS.

Carta topográfica. Para el conocimiento de la hidrología superficial, la ubicación de las vías fluviales, de las lagunas, las presas y el relieve que definen los partaguas, son de importancia decisiva.

La carta topográfica permite, fundamentalmente, medir distancias entre dos puntos cualesquiera, medir superficies de las cuencas de captación o de los predios, medir desniveles para la construcción de canales o para bombeo y medir pendientes para la localización de obras hidráulicas o para el conocimiento de la capacidad de los vasos de almacenamiento.

Carta geológica. Por medio de estudios de campo, se describen sus características litológicas y sus condiciones estructurales, así como su permeabilidad que es tan importante para los estudios hidrológicos.

Carta de uso del suelo. Para los estudios de aprovechamiento del agua, resulta valioso conocer las superficies que hay bajo riego o temporal y los distintos tipos de vegetación natural.

El agua que usan los poblados, para usos domésticos e industriales, y las condiciones de almacenamiento y distribución, son datos útiles para planificar su mejor aprovechamiento.

Carta edafológica. Las características físicas y químicas de los suelos son esenciales en los proyectos de uso del agua.

Carta de uso potencial. Señala, los factores que limitan su aprovechamiento, estos factores son el suelo mismo, la topografía, la erosión, el clima, el exceso de agua, y la salinidad o sodicidad.

Carta de climas. La información de climas, específicamente en lo que se refiere a lluvia y temperatura, es indispensable para los estudios tanto de aguas superficiales como de las subterráneas.

IV:6:3 DESCRIPCION DE LA CARTA HIDROLOGICA O DE AGUA SUPERFICIALES.

Para las cartas hidrológicas se utiliza la base topográfica de escala 1:250,000. La carta hidrológica para -

aguas superficiales muestra en color, tres diferentes unidades cartográficas hidrogeomórficas, que son las siguientes:

"M" Unidad de montaña. Es aquella en la que la roca aflora predominantemente; la erosión fluvial intensa, el régimen de los arroyos es torrencial, con cauces profundos y cuyos acarreos son peñascos, gravas y guijarros; -- presenta extensos afloramientos de roca sedimentaria como caliza, lutita y arenisca, las cuales tienen una permeabilidad que varía de baja a media; además, se presentan suelos en capas discontinuas de espesor delgado.

"T" Unidad de lomerío. Esta unidad está constituida principalmente, por materiales granulares y rocas; los -- primeros están poco cementados, por lo que presentan una alta permeabilidad, y están representados por conglomerados y algunos abanicos aluviales; las rocas que constituyen la unidad son: lutita, arenisca, caliza, basalto, riolita, toba ácida y esquisto de permeabilidad que varía de baja a media. En esta unidad el escurrimiento es lento, -- lo que permite una mayor infiltración, principalmente, en los materiales granulares.

"P" Unidad de planicie. Constituida por planicies -- aluviales y lacustres, con suelos gruesos formados por limos, arcillas y arenas finas y que tienen en general cantidades variables de sal; el escurrimiento del agua es -- principalmente laminar, con escasos arroyos que se pierden frecuentemente por infiltración.

En esta carta de aguas superficiales, se señalan -- también los parteaguas que existen entre las subcuencas, -- se muestran las isoterms e isoyetas, así como la ubicación de las estaciones climatológicas e hidrométricas; se localizan en forma simbolizada todos los manantiales, bor dos, algibes, galerías filtrantes, pozos y canales. De -- cada uno de los puntos de verificación que se visitan, en donde hay obras o elementos hidráulicos importantes, se -- toma una muestra de agua a la que se hace un análisis quí mico para determinar los aniones y cationes que contiene -- el pH, la conductividad eléctrica, la temperatura ambiente y la del agua. Se indica también el uso actual del -- agua de que se dispone. Esta carta es de gran utilidad -- para promover un aprovechamiento apropiado de las aguas -- superficiales.



IV:6:3:1 Metodología empleada en la determinación de los - análisis químicos de muestras de agua.-

SODIO Y POTASIO. Se determinan por flamometría.

MAGNESIO. Método colorimétrico por la técnica del -- magnesio azul.

CALCIO. Método volumétrico por la técnica del verse-- nato.

pH. Método de lectura directa con potenciómetro.

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA. Medida de resistencia al pa-- so de la corriente con cel-- da Wheastone.

SULFATOS. Método volumétrico, técnica de precipita-- ción con acetona.

CARBONATOS Y BICARBONATOS. Método volumétrico, técni-- ca de ácido clorhídrico y fenoftaleína.

CLORUROS. Método volumétrico, técnica de cromato de-- potasio.

N.B. El total de sólidos disueltos, es calculado.

IV:6:3:2 Parámetros utilizados para determinar la calidad-- del agua para riego.

CONDUCTIVIDAD.

Agua de baja salinidad (C1). Puede usarse para riego en la mayor parte de los cultivos, en casi cualquier tipo-- de suelo con muy poca probabilidad de que se desarrolle -- salinidad. Se necesita algún lavado, pero éste se logra - en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

Agua de salinidad media (C2). Puede usarse siempre - y cuando haya un grado moderado de lavado. En casi todos-- los casos y sin necesidad de prácticas especiales de con-- trol de la salinidad, se pueden producir las plantas mode-- radamente tolerantes a las sales.

Agua altamente salina (C3). No puede usarse en sue-- los cuyo drenaje sea deficiente. Aún con drenaje adecuado

se puede necesitar prácticas especiales de control de la salinidad, debiendo, por lo tanto, seleccionar únicamente aquellas especies vegetales muy tolerantes a las sales.

Agua muy altamente salina (C4). No es apropiada para riego bajo condiciones ordinarias, pero puede usarse ocasionalmente en circunstancias muy especiales. Los suelos deben ser permeables, el drenaje adecuado, debiendo aplicarse un exceso de agua para lograr un buen lavado; en este caso, se deben seleccionar cultivos altamente tolerantes a sales.

### SODIO.

La clasificación de las aguas de riego con respecto a la RAS (relación de absorción de sodio), se basa primordialmente en el efecto que tiene el sodio intercambiable sobre la condición física del suelo. No obstante, las plantas sensibles a este elemento pueden sufrir daños a consecuencia de la acumulación del sodio que en sus tejidos cuando los valores del sodio intercambiable son más bajos que los necesarios para deteriorar la condición física del suelo.

Agua baja en sodio (S1). Pueden usarse para el riego en la mayoría de los suelos con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. No obstante, los cultivos sensibles, como algunos frutales y aguacates, pueden acumular cantidades perjudiciales de sodio.

Agua media en sodio (S2). En suelos de textura fina el sodio representa un peligro considerable, más aún si dichos suelos poseen una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, a menos que el suelo contenga yeso. Estas aguas solo pueden usarse en suelos de textura gruesa o en suelos orgánicos de buena permeabilidad.

Agua alta en sodio (S3). Puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayor parte de los suelos, por lo que estos necesitarán prácticas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Los suelos yesíferos pueden no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiables cuando se riega con este tipo de agua. Puede requerirse el uso de mejoradores químicos para sustituir al sodio intercambiable; sin embargo, tales mejoradores no serán económicos si se usan en aguas de muy alta salinidad.

Agua muy alta en sodio (S4). Es inadecuado para riego, excepto cuando su salinidad es baja o media y cuando la disolución del calcio o la aplicación de yeso u otros mejoradores, no hace antieconómico el empleo de esta clase de aguas.

Ocasionalmente, el agua de riego puede disolver un buen porcentaje de calcio en los suelos calcáreos, de tal manera que disminuye notablemente el peligro por sodio, condición que deberá tenerse en cuenta en el caso de usar aguas de las clases C1-S3 y C1-S4. Tratándose de suelos calcáreos de pH, alto o de suelos que no son calcáreos, el estado del sodio de las aguas C1-S3, C1-S4 y C2-S4 se puede modificar ventajosamente agregando yeso al agua. De igual manera, es conveniente aplicar yeso al suelo periódicamente cuando éste vaya a regarse con aguas C2-S3 y C3-S2.

#### IV:6:4 DESCRIPCION DE LAS CARTAS GEOHIDROLOGICAS O DE AGUAS SUBTERRANEAS.

Es una carta eminentemente geológica con una descripción lito estratigráfica de las formaciones y en las que se muestran las condiciones de permeabilidad de cada unidad.

Por medio de pantallas de cruces o de líneas, se indican las áreas en donde hay acuíferos con agua dulce, con agua salobre o con agua salada.

En la carta se muestra la dirección del flujo del agua subterránea indicando cuando es un flujo verificado o cuando es un flujo inferido. Con esto quedan determinadas las cuencas geohidrológicas que son de tanta importancia para el aprovechamiento del agua subterránea.

Siempre que sea posible debe utilizarse el agua subterránea en virtud de que generalmente es más económica y de mejor calidad que la superficial.

En los puntos de verificación se toman datos de las obras, como son: su ubicación, el diámetro de la tubería de succión y de descarga en el caso de pozos, o las dimensiones en el caso de norias; la profundidad total, el nivel estático del agua y las características del motor y de la bomba. Se toman las temperaturas ambiente y del agua, el gasto que aproximadamente se extrae, el uso que se da al agua, así como la medición a través de análisis, químicos del pH y las cantidades de calcio, magnesio, potasio,-

y sodio; sulfatos, bicarbonatos, carbonatos y cloro. También se mide la conductividad eléctrica.

Esta habrá de ser de utilidad para la localización, la explotación y el adecuado control de la extracción de las aguas del subsuelo.

La información contenida en las cartas hidrológicas, la contenida en las de la serie 1:50,000 y aún otra adicional que se tome para un proyecto determinado, deben ser utilizadas integralmente para obtener la máxima utilidad.

IV:6:4:1 Unidades geohidrológicas.- Las unidades geohidrológicas se han clasificado en seis tipos, los cuales se enumeran a continuación:

- 1.- Roca con agua.
- 2.- Roca con posibilidades.
- 3.- Roca sin agua.
- 4.- Material granular con agua.
- 5.- Material granular con posibilidades.
- 6.- Material granular sin agua.

Estas unidades fueron constituidas por la agrupación de uno o varios tipos de roca y suelo cuya característica en común, es que pueden o no funcionar como un acuífero.

ROCA CON AGUA. Esta unidad puede estar constituida por rocas calizas permeables tales como las que corresponden a la formación Doctor, que presentan cavernas y cavidades de disolución por donde fluye el agua debido a la recarga y presión hidrostática que exista.

Otras rocas que pueden presentar buenas características geohidrológicas para la explotación de sus aguas son las riolitas y basaltos cuando se encuentran muy fracturadas a regular profundidad, ya que por estas fracturas y cavidades fluirá el agua cuando exista buena recarga sobre ellas.

ROCAS CON POSIBILIDAD. Dentro de esta unidad se pueden considerar los conglomerados no compactos, las areniscas de grano grueso y algunas rocas sedimentarias que presentan cavidades o estratos permeables por donde fluya el agua debido a una buena recarga hidrológica.

ROCA SIN AGUA. Unidad constituida por caliza, lutita, arenisca, esquisto, basalto, riolita y toba ácida. Debido a sus características de porosidad y de baja per-

meabilidad, ocasiona que la explotación de agua no sea económica, ya que la cantidad de agua contenida en estas rocas es mínima; por lo que a esta unidad se le consideró como roca sin agua, a excepción de las calizas que constituyen las Formaciones Cupido y Aurora, que son factibles de contener acuíferos confinados.

MATERIAL GRANULAR CON AGUA. El material que compone a la unidad, está constituido por suelo y conglomerado, de los cuales el suelo está compuesto por material lacustre y aluvial, cuyos fragmentos varían de finos a gruesos; el conglomerado está mal cementado con fragmentos que varían de redondeados a subredondeados. Los acuíferos existentes en la unidad son de tipo libre hallándose, en algunos valles, barreras impermeables que provocan cambios en la dirección del flujo subterráneo.

En general, el flujo subterráneo tiene una dirección de norte a sur, aunque en valles, el flujo va dirigido hacia el centro del mismo.

MATERIAL GRANULAR CON POSIBILIDADES. Esta unidad está constituida por materiales granulares, cuyos fragmentos varían desde el tamaño de la arcilla hasta el de la grava. En la unidad no existen obras para el aprovechamiento del agua subterránea, y se consideró con posibilidades, debido a sus condiciones de permeabilidad y porosidad, además de presentar características adecuadas para su recarga.

MATERIAL GRANULAR SIN AGUA. Unidad constituida principalmente por partículas del tamaño de la grava (se localiza en los abanicos aluviales y pie de monte, en los flancos de los anticlinales), que se encuentran formando parte de la zona de recarga. Por sus características de pendiente y poco espesor, no es factible la acumulación de agua subterránea explotable, por lo que se le consideró como material granular sin agua. Además, formando parte de esta unidad geohidrológica, existen algunos pequeños valles constituidos por fragmentos de arena y arcillas.

IV:6:4:2 Metodología empleada en la determinación de los análisis químicos de muestras de agua.

La misma enunciada en el IV:6:3:1.

IV:6:4:3 Parámetros utilizados para determinar la calidad del agua para riego.

Los mismos enunciados en el IV:6:3:2

IV:6:4:4 Rangos de calidad del agua en función del total de sólidos disueltos.

Agua dulce: menos de 525 miligramos por litro.

Agua tolerable: entre 525 y 1,400 miligramos por litro.

Agua salada: más de 1,400 miligramos por litro.

El correcto empleo de agua del país, no deberá -- hacerse únicamente por economía, sino atendiendo a una -- imperiosa necesidad de tecnificar su aprovechamiento -- como una medida urgente para el crecimiento de nuestra -- vida en comunidades urbanas, para la consolidación de -- nuestra industria, para el abastecimiento agropecuario y para desarrollos piscícolas; estos últimos aspectos para poder dar alimento a nuestra creciente población.



CAPITULO V.

APLICACION DE LAS CARTAS PARA LA PLANEACION  
Y ANTEPROYECTO DE UNA PRESA DE ALMACENAMIENTO  
CON FINES DE RIEGO.

V:1 INFORMACION DE DETENAL EN LA PLANEACION, PROYECTO Y -  
CONSTRUCCION DE PRESAS Y BORDOS.

Se propondrá una metodología que nos permita utilizar la información disponible y que consiste principalmente en:

- Una confrontación entre los elementos necesarios para la planeación y el acervo de información que tiene DETENAL para satisfacer las necesidades de la planeación.
- Esta planeación se debe considerar para el desarrollo de una región, es decir como parte de un plan general.

Metodología. Para facilitar la explicación de la metodología se ha elaborado una tabla que contiene por una parte, las etapas necesarias para desarrollar un proyecto y por otra los elementos necesarios para desarrollar un proyecto y los elementos informativos con que cuenta la DETENAL.

Las etapas de proyecto se formularon de acuerdo a la metodología seguida en la S.A.R.H.

La información DETENAL se clasifica de tres maneras:

Información directa. Es aquella que se obtiene directamente de las cartas, es decir en donde hay una relación inmediata entre lo que se requiere y lo que proporciona DETENAL.

Información auxiliar directa. Consiste en información que se da en las cartas en forma parcial, es decir, requiere de operaciones adicionales para determinar un dato, por ejemplo, la superficie de la cuenca, de un vaso de una zona de riego, la superficie de las parcelas, etc. en este caso se puede recurrir también a las fotografías aéreas, es decir, a la fuente de información y mediante un cálculo simple podríamos obtener la información requerida.

Información inferida. Es aquella que requiere información adicional por ejemplo para determinar el coeficiente de escurrimiento para una cuenca tendríamos que utilizar la información que presentan las cartas de climas, la carta de topografía, la de geología y la de uso del suelo y por medio de los métodos establecidos por la S.A.R.H. - podríamos evaluar el coeficiente de escurrimiento para la cuenca.

Es necesario tomar en cuenta que en las cartas de -- DETENAL no aparece toda la información disponible en las fotografías, sin embargo, se puede utilizar las fotogra-- fías, para obtener datos complementarios que nos permitan hacer interpretaciones al detalle que se requieran de - - acuerdo al objetivo del proyecto.

Si observamos cada una de las cartas veremos que hay cierta información que se repite en varias de ellas por-- que son datos de apoyo de la carta base, por ejemplo, las poblaciones principales, las vías de comunicación, la - - hidrografía, etc.

Se cuenta con otra información muy importante en la carta de uso del suelo en donde aparecen algunos aspectos socioeconómicos como son poblaciones, número de habitan-- tes, servicios con que cuenta la comunidad, etc; pero ade-- más de esto, las fichas o cédulas de población nos propor-- ciona con mayor detalle, aspectos socioeconómicos de la - población, que comprenden la carta para poblados de 300 a 10,000 habitantes.

## V:2 ESTUDIOS PRELIMINARES.

V:2:1 VISITA DE INSPECCION. De los cuestionarios de visi-- ta de inspección formulados por la Dirección de Programas para detectar la factibilidad de un anteproyecto, DETENAL ha destacado los siguientes aspectos fundamentales: localización del sitio o sitios probables.

- a.- Topografía y geología superficial.
- b.- Datos climatológicos.
- c.- Tipo de aprovechamiento probable y dimensiones.
- d.- Datos sobre zonas de riego existentes y proba-- bles.
- e.- Bancos de materiales.
- f.- Tenencia de la tierra y familias a beneficiar.
- g.- Calidad de las tierras, cultivo y rendimientos.
- h.- Características generales de la corriente y el - cauce.

Estos datos se pueden obtener de la carta de climas, de la carta del uso del suelo, de la carta edafológica y en algunos casos se debe recurrir a la información adicional, haciendo la aclaración de que no siempre la información, se obtiene en forma directa sino que como ya se explicó en ocasiones, es información auxiliar o inferida.

V:2:2 SOCIOECONOMICO PRELIMINAR. Del cuestionario elaborado para este fin, se tienen los siguientes aspectos:

- a.- Datos generales de las poblaciones cercanas.
- b.- Aceptación de la obra.
- c.- Tenencia de la tierra y afectaciones.
- d.- Disponibilidad de mano de obra.
- e.- Mejoras al futuro con la obra.

Cada uno de estos aspectos se puede detectar de las cartas de topografía, del uso del suelo y de la información adicional ya mencionada, es necesario subrayar que en este renglón las fichas de población se refieren a datos generales y por tanto, estos aspectos tienen limitaciones que habrá que considerar de acuerdo con el nivel del anteproyecto.

Del análisis de los informes hasta aquí obtenidos podemos concluir si el sitio en estudio presenta características que nos permitan considerarlo como una posibilidad y en tal caso continuar con los estudios técnicos preliminares que se han dividido en topográficos, geológicos, --agrológicos e hidrológicos.

V: 2:3 ESTUDIOS TOPOGRAFICOS.

- a.- Forma y área de la cuenca.
- b.- Coeficiente de escurrimiento aproximado.
- c.- Vaso, configuración general.
- d.- Características de la corriente y el cauce.
- e.- Régimen de lluvia.
- f.- Boquilla, configuración general.
- g.- Zona probable de riego.
- h.- Caída hidráulica.

Algunos de estos datos se deducen de la carta de climas, por ejemplo, para determinar el coeficiente de escurrimiento utilizamos la localización de estaciones, las isoyetas medias anuales, las isotermas medias anuales; el área de la cuenca y la pendiente del terreno se obtiene de la carta topográfica; de la carta geológica conocemos el tipo de rocas que predominan en la región y de la carta de uso del suelo podemos conocer que tipo de vegeta-

ción cubre la zona en estudio; de la carta edafológica podemos conocer la textura de los suelos, las fases de desarrollo en que se encuentran, sus propiedades físico-químicas y a mayor abundamiento podemos utilizar la información adicional de las fotografías en blanco y negro y en color y de las gráficas de variabilidad de lluvia podemos efectuar comparaciones con otras cuencas, de esta forma estamos en posibilidades de estimar un coeficiente de escurrimiento para la cuenca en estudio, utilizando el método que se sigue en la S.A.R.H.

Para determinar la configuración del vaso, utilizamos la carta topográfica y la información adicional que consta de fotografías.

Algunas características de la corriente y el cauce se infieren de la carta del clima, otras se toman directamente de la carta topográfica o bien se infieren de la carta de geología, del uso del suelo, de la carta edafológica y de la información adicional.

La configuración de la boquilla es una información -- que se obtiene directamente de la carta topográfica y las características de la probable zona de riego se obtienen -- en forma directa o en forma auxiliar de las cartas topográficas, geológicas, de uso del suelo, edafológicas, de uso potencial y de la información adicional.

V : 2:4 ESTUDIOS GEOLOGICOS. Se dividen en las siguientes etapas:

- a.- Geología general de la boquilla.
- b.- Geología general del vaso.
- c.- Levantamiento de zonas de infiltración.
- d.- Factores que pueden deshechar el sitio.
- e.- Perfiles geológicos.

Respecto al inciso 'a' toda la información se obtiene en forma directa de la carta geológica, y de la carta edafológica se puede obtener información inferida, también se utilizará alguna información adicional; para el inciso 'b', toda la información es inferida de la carta edafológica y de la información adicional.

El levantamiento de zonas de infiltración se obtiene en forma auxiliar de las cartas topográficas, geológicas, edafológicas y de la información adicional. Respecto a -- los factores que pueden deshechar el sitio por geología, -

toda la información es auxiliar directa y se utilizan las cartas topográficas, geológicas, del uso del suelo, de uso potencial y la información adicional. Finalmente, es posible determinar los perfiles geológicos por medio de información inferida de la carta geológica y de las fotografías en blanco y negro y en color.

V:2:5 ESTUDIOS AGROLOGICOS. La información necesaria en este aspecto, ha sido dividida en los siguientes incisos:

- a.- Calidad, cantidad y situación de los suelos regables.
- b.- Climatología.
- c.- Tipo de agricultura.
- d.- Factores limitantes.
- e.- Condiciones especiales del proyecto.

Respecto a la cantidad y situación de los suelos regables estos pueden localizarse y estimarse utilizando la carta topográfica, puesto que anteriormente ya hemos podido estimar el volumen aprovechable y suponiendo una demanda anual de 7,500 m<sup>3</sup>/Ha; es posible determinar el área de riego, también en función del volumen estimado de azolves es posible conocer la cota de salida de la obra de toma, en estas condiciones podremos delinear en el plano topográfico la futura zona de riego.

Por lo que hace a la calidad de los suelos regables, ésta se puede determinar con información auxiliar directa utilizando la carta de uso del suelo en donde se aprecian las zonas que tienen agricultura de riego, agricultura de temporal, pastizales, bosques, zonas desprovistas de vegetación, zonas erosionadas, etc. La carta edafológica proporciona datos en forma indirecta sobre la clasificación y textura de los suelos. Utilizando la carta de uso potencial del suelo podremos conocer la capacidad agrícola de los suelos, los factores limitantes y las recomendaciones de control de erosión; finalmente se puede utilizar información adicional de las fotografías en blanco y negro y en color.

Respecto al inciso 'b' sobre climatología casi toda la información es directa de la carta de climas y también se utiliza la carta de uso potencial y las gráficas de variabilidad de la lluvia que son información adicional.

El tipo de agricultura se obtiene de la carta del uso del suelo y otros datos se infieren de la carta edafológica y de las fotografías ya mencionadas.

Los factores limitantes desde el punto de vista agrológico se conocen en la carta topográfica donde se señalan zonas sujetas a inundaciones, zonas pantanosas, etc., y también se utiliza la carta de uso potencial del suelo.

Para algunas condiciones especiales del proyecto, se requiere la carta de climas, la carta topográfica, la carta de uso del suelo, la edafológica, la del uso potencial y se utilizan también las fotografías.

V:2:6 ESTUDIOS HIDROLOGICOS. Se han destacado únicamente tres aspectos muy importantes en este capítulo de estudios preliminares:

- a.- Capacidad total probable de almacenamiento.
- b.- Avenida máxima probable.
- c.- Superficie probable de riego.

Respecto al primer inciso, es necesario utilizar la carta topográfica y con una estimación del área de la cuenca, del volumen escurrido, de la capacidad de azolves y de la capacidad útil podemos conocer la capacidad total del almacenamiento y delinear la curva del embalse normal así como también podremos determinar la longitud de la boquilla y su altura máxima.

Otro dato muy importante se refiere a la avenida máxima, probable para lo cual se debe utilizar la carta de climas ya que en esta se localizan estaciones climatológicas e hidrológicas así como también las isoyetas medias anuales y otros datos de climas, en este caso, toda la información será inferida y, para estimar la avenida máxima probable se utilizarán los métodos que para tal efecto -- tiene establecidos la S.A.R.H., también se utilizan en -- este inciso las cartas topográficas, geológicas de uso -- del suelo, edafológicas y las fotografías.

Respecto al inciso 'c' sobre la superficie probable de riego, una vez que se cuenta con el volumen aprovechable estimado, es posible determinar la superficie probable de riego considerando una demanda de  $7,500 \text{ m}^3/\text{Ha}$ ; -- estos datos se vacían en la carta topográfica y las características de la zona de riego se obtienen utilizando la -- carta de uso del suelo, edafológicas, de uso potencial -- del suelo y la información adicional de las fotografías.

V:3 CONSIDERACIONES FINALES.

Hasta aquí, se ha tratado la realización de estudios técnicos preliminares de acuerdo a la metodología propues



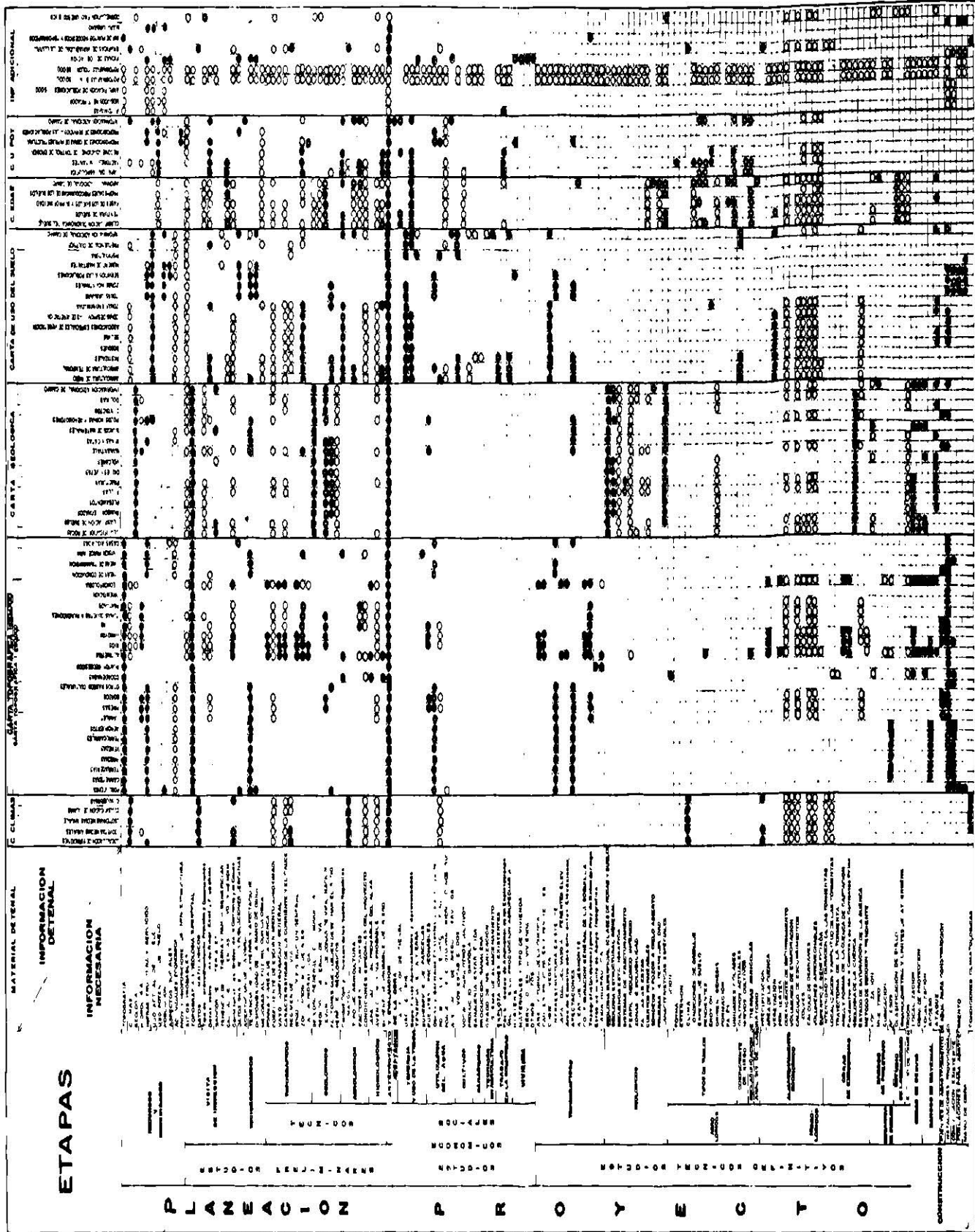
ta por la DETENAL.

A continuación se hacen algunas observaciones que se consideraron importantes:

- a.- Todo el trabajo es factible de realizarse exclusivamente en el gabinete.
- b.- Para estudiar la factibilidad de un almacenamiento es necesario utilizar simultáneamente las siete cartas que ha editado DETENAL en forma interrelacionada, no es suficiente hacer los estudios para un almacenamiento con las cartas topográficas y geológicas únicamente.
- c.- Es indispensable conocer a fondo toda la información que pueda proporcionar cada uno de los mapas de DETENAL así como su simbología. El contenido que se repite en algunas cartas trata de información básica.
- d.- Además de conocer las cartas el proyectista debe distinguir los tres tipos de información que se obtiene de las cartas: directa, auxiliar, e inferida.
- e.- Con el método explicado anteriormente es posible analizar la factibilidad de un aprovechamiento superficial hasta el nivel de anteproyecto y obtener los datos generales del mismo que nos permitirán hacer una estimación aproximada de su costo.
- f.- También se dispone de otra información que puede conseguirse para cada proyecto específico y que va desde datos socioeconómicos hasta datos geológicos por ejemplo, o bien, el análisis más detallado de las fotografías en blanco y negro o en color realizados por especialistas puede aportar información que no aparece en las cartas.
- g.- Para los aspectos de construcción que se señalan en la tabla anexa la información de DETENAL -- puede proporcionar datos sobre: disponibilidad -- en bancos de materiales y de mano de obra, prever los accesos secundarios a la zona del -- proyecto y algunas otras características.
- h.- también se pretende que la información de DETENAL sea útil hasta en la etapa de operación ya --

que proporciona información sobre las contingencias que se puedan presentar en el clima de la región y datos de las poblaciones en la zona de influencia del proyecto, tanto de aspectos físicos como de aspectos socioeconómicos.

# LA INFORMACION DETENAL EN LA PLANEACION DE UN PROYECTO DE CONSTRUCCION DE PRESAS Y BORDOS



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

- 1.- La cartografía y la información DETENAL, descripción para escuelas de nivel medio. Ing. Juan B. Puig de la Parra.
- 2.- Los maravillosos mapas del tesoro. Silvia Roche y Silvia Minues.
- 3.- Folleto de inducción DETENAL. Ing. Juan B. Puig de la Parra.
- 4.- La excursión peligrosa. Ing. Juan B. Puig de la Parra.
- 5.- La unidad de América.
- 6.- Instructivo para la mapoteca DETENAL. Guillermina - García Marco.
- 7.- Catálogo de información estadística y geográfica. Secretaría de Programación y Presupuesto.
- 8.- Hacia un mejor aprovechamiento de los recursos. Ing. Juan B. Puig de la Parra.
- 9.- Introducción de la información DETENAL para promover actividades productivas en el país.
- 10.- Seis años de trabajo.
- 11.- La aplicación de la información DETENAL para promover actividades productivas en el país.
- 12.- La importancia de los programas de DETENAL para la industria ganadera del país. Ing. Juan B. Puig de la Parra.
- 13.- La información DETENAL en la planeación del desarrollo del país. Ing. Juan B. Puig de la Parra.
- 14.- Cartas hidrológicas. Ing. Juan B. Puig de la Parra.
- 15.- Asistencia técnica de DETENAL en el desarrollo de la cartografía y áreas afines. Héctor Alonso Espinoza.
- 16.- La información DETENAL en el desarrollo del país. -- Ing. Juan B. Puig de la Parra.

- 17.- La aplicación del inventario de los recursos del país en los diferentes niveles de enseñanza. Ing. Héctor-Ramírez Ayala.
- 18.- La información DETENAL en el estudio y aprovechamiento de los recursos turísticos (varios autores).
- 19.- La información DETENAL en un banco de datos geográficos. Ing. Luis E. Miranda.
- 20.- Carta topográfica 1:250,000 elemento básico del sistema cartográfico nacional. Carlos Salman González.
- 21.- La carta geohidrológica, una necesidad para el desarrollo del país. Jorge Sánchez Cabrera.
- 22.- La proyección de la carta turística en la economía. - Héctor Gallardo Robles.
- 23.- Album de fichas de población del Estado de Jalisco.
- 24.- La trascendencia del material DETENAL en los trabajos de la S.A.R.H. Ing. Gerardo Cruikshank García.
- 25.- La DETENAL en las dependencias de la Secretaría de -- Patrimonio Nacional. Ing. Guillermo P. Salas.
- 26.- Uso de la carta climática de DETENAL (Estado de Veracruz) Margarita Soto E.
- 27.- Instructivo para la interpretación y uso de la carta de climas. Enriqueta García UNAM.
- 28.- Formulación del uso potencial del terreno en la serranía de la Primavera, Jalisco.
- 29.- Estudio de gran visión para la colonización de la zona de Ucum, Estado de Quintana Roo.
- 30.- El desarrollo de la triangulación aérea. Carlos Salman.
- 31.- El catastro rural en el municipio de Enrique Estrada, Zacatecas.
- 32.- La información DETENAL en la aplicación de la Ley General de los Asentamientos Humanos. Ing. Juan B. -- Puig de la Parra.

- 33.- Estudio para la ubicación del nuevo centro de población en la región "La Ventosa" Tepanatepec, Oaxaca.
- 34.- Manual para la aplicación del banco de datos de DETENAL.
- 35.- Anteproyecto para incorporar los conocimientos del material DETENAL al programa de geografía de enseñanza secundaria. Elvira Cataño Linares.
- 36.- Estudio de gran visión para la colonización del Valle de Edzna, Campeche. Departamento de Estudios Especiales.
- 37.- Estudio de gran visión del Estado de Tabasco. Departamento de Estudios Interdisciplinarios.
- 38.- Metodología para la planeación, localización y anteproyecto de pequeñas obras hidráulicas de almacenamiento basado en la información DETENAL. Ing. Fausto García Castañeda.
- 39.- Manual de materiales didácticos para la enseñanza de la geografía a nivel medio.
- 40.- Estudio de gran visión de la zona lacandona, Chiapas.
- 41.- La información DETENAL en la zonificación agropecuaria y forestal, con fines de un mejor aprovechamiento de los recursos naturales. Grupo coordinado. -- Ing. Jorge F. Vaca Hinojosa.
- 42.- La información DETENAL en obras de ingeniería civil. Ing. Jorge F. Vaca Hinojosa.
- 43.- La información DETENAL en la investigación y aprovechamiento de los recursos geológicos. Grupo coordinado. Ing. Alonso Espinoza.
- 44.- La información DETENAL en proyectos de localización industrial. (varios autores).
- 45.- La información DETENAL en la planeación, proyecto y construcción de presas y bordos. Ing. Rómulo Munguía Salazar.
- 46.- La información DETENAL en el auxilio de damnificados, evaluación de daños y planes de reconstrucción de zonas de desastre. Departamento de Estudios Interdisciplinarios.



- 47.- La información DETENAL en los estudios de población y como apoyo en el levantamiento de censos.(varios autores).
- 48.- La información DETENAL en el estudio de aprovechamiento de los recursos hidráulicos superficiales y subterráneos. Ing. Reyes Serna.
- 49.- Localización de nuevas plantas siderúrgicas. DETENAL.
- 50.- Bases para el desarrollo urbano de Aguascalientes.
- 51.- Descripción de la leyenda de la carta edafológica. - DETENAL.
- 52.- Precipitación y probabilidad de la lluvia en la República Mexicana y su evolución. (varios autores). En los Estados de: Campeche, Yucatán y Quintana Roo.
- 53.- San Luis Potosí, Zacatecas y Aguascalientes.
- 54.- Oaxaca.
- 55.- Guanajuato.
- 56.- Estado de México.
- 57.- Veracruz.
- 58.- Jalisco.
- 59.- Michoacán y Colima.
- 60.- Guerrero, Distrito Federal y Morelos.
- 61.- Coahuila y Nuevo León.
- 62.- Sinaloa y Nayarit.
- 63.- Sonora.
- 64.- Baja California Norte y Baja California Sur.
- 65.- Tlaxcala y Puebla.
- 66.- Durango.
- 67.- Querétaro e Hidalgo.
- 68.- Chihuahua.

- 69.- Tamaulipas.
- 70.- Chiapas y Tabasco.
- 71.- Huracanes en el Océano Pacífico y en Océano Atlántico  
Prof. César Luna Banza.
- 72.- Clasificación de suelos FAO-UNESCO. DETENAL.
- 73.- Manual para la aplicación de las cartas edafológicas-  
de DETENAL para fines de ingeniería civil.
- 74.- Interpretación de la tectónica mexicana en las imá-  
genes del satélite artificial "Landzat I". Felipe Gue-  
rra Peña. (Album de mapas).
- 75.- Nomenclator Estado de Aguascalientes. Departamento -  
de Cartografía.
- 76.- Geodesia, sistema de coordenadas.
- 77.- Geodesia, física aplicada.
- 78.- Geodesia, cálculo de posicionamiento.
- 79.- Instructivo para la elaboración de la carta de uso --  
del suelo.
- 80.- Carta de la zona económica exclusiva. Roberto Olvera  
López.
- 81.- El catastro rural y la división política, una necesi-  
dad de México. Ing. Alberto Villasana Lyon.
- 82.- La información DETENAL en la planeación del desarro-  
llo socioeconómico. (varios autores).
- 83.- Sistema de información geográfica para el país. Isra-  
el Heras Herrera.
- 84.- Problemas de la tenencia de la tierra en el medio ru-  
ral. Ing. Alberto Villasana Lyon.
- 85.- Bases para el reordenamiento territorial del Estado -  
de Aguascalientes. Departamento de Socioeconomía.
- 86.- Carta climática fisiográfica, visión de conjunto de -  
la ecología para su preservación. Humberto Quiñoz --  
Garza.

- 87.- Tecnología y materiales de DETENAL en el establecimiento del sistema de información en el desarrollo.
- 88.- Utilización de la información DETENAL en los estudios para vías terrestres. Ing. Gustavo del Río San Vicente.
- 89.- Bases para el reordenamiento territorial del Estado de Aguascalientes. (mapas).
- 90.- Bases para el reordenamiento territorial subregional, Ocotlán, Jalisco (publicaciones).
- 91.- México a través de los informes presidenciales (16 -- tomos en 24 libros) Secretaría de la Presidencia.
- 92.- Leyes, reglamentos, decretos y acuerdos del Gobierno Federal, Tomo VI (2 libros). Secretaría de la Presidencia.
- 93.- Manual para la organización pública paraestatal (Tomo I, II, III y IV). Secretaría de la Presidencia.
- 94.- Coordinación administrativa (sumario VI). Secretaría de la Presidencia.
- 95.- Archivos (sumario V). Secretaría de la Presidencia.
- 96.- Seguridad Social (Sumario II). Secretaría de la Presidencia.
- 97.- Bases jurídicas de la Reforma Administrativa Federal.
- 98.- Aportaciones al conocimiento de la Administración Federal (autores extranjeros).
- 99.- Censo de recursos humanos del Sector Público Federal. Administración descentralizada. Comisión de Recursos Humanos del Gobierno Federal.
- 100.- Censo de recursos humanos del Sector Público Federal. Administración Central (1975). Comisión de recursos humanos del gobierno federal.
- 101.- Las unidades de sistematización de datos en el Sector Público Federal. Guía para su organización y funcionamiento. Secretaría de la Presidencia.

- 102.- Boletín de estudios administrativos número 5.
- 103.- Contabilidad Gubernamental. Guía Técnica.
- 104.- Aportaciones al conocimiento de la Administración Federal. (autores nacionales).
- 105.- Directorio de la Administración Pública Centralizada 1977.
- 106.- Boletín de estudios administrativos número 7.
- 107.- Administración para el desarrollo regional agropecuario.
- 108.- Compendio de las ponencias de la V Convención de la-DETENAL "1er. Encuentro Nacional de Investigación de Recursos".
- 109.- Instructivo para el uso de las cartas topográficas - de DETENAL.
- 110.- Instructivo para el uso de las cartas geológicas de-DETENAL.
- 111.- Instructivo para el uso de las cartas de uso del suelo de DETENAL.
- 112.- Instructivo para el uso de las cartas de uso potencial de DETENAL.
- 113.- Definición de las unidades de suelos para el mapa de suelos del mundo, editado por la S.A.R.H.
- 114.- Método de clasificación de climas según Köppen y modificaciones por Enriqueta García.
- 115.- Pequeños almacenamientos. Editado por la S.A.R.H.
- 116.- Phillip Kissam. 1967 Topografía para ingenieros. -- Madrid. Ediciones del Castillo.
- 117.- Ing. David de la Torre Pedraza. Apuntes de la clase de sistema de riego y drenaje.
- 118.- Ing. Francisco Gonzalo Sánchez Luna. Apuntes de la clase de hidrometría.
- 119.- Ing. Gilberto Humara G. Apuntes de la clase de elementos de geología y de nociones de geohidrología.

120.- Ing. Luis Castañeda López. Apuntes de la clase de planeación.

121.- Miguel Montes de Oca. 1970, Topografía. México. - Representaciones y servicios de ingeniería, S.A.

N.B. Los títulos enunciados antes del número 113 son publicaciones hechas por la DETENAL.

# COPIADOS y REPRODUCCIONES

Av. V. Carranza No. 950-A

Teléfono 2-22-86

San Luis Potosí, S. L. P.



