



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
"ZARAGOZA"

EVALUACION DE LA APTITUD DE LAS TIERRAS
PARA FINES AGRICOLAS EN EL MUNICIPIO DE
PURISIMA DE BUSTOS, EDO. DE GUANAJUATO.

TESIS PROFESIONAL
Que para obtener el Título de
B I O L O G O
P R E S E N T A N :
Carlos H. Corral Zamora
Carlos Pérez Malvárez

MEXICO, D. F.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	RESUMEN.....	1
1	INTRODUCCION.....	3
1.1	Aspectos generales sobre la problemática de la agricultura en México.....	3
2	REVISION BIBLIOGRAFICA.....	14
2.1	La evaluación de las tierras.....	14
2.1.1	Generalidades.....	14
2.1.2	La evaluación de las tierras y la planificación del uso de las mismas.....	14
2.1.3	Clasificaciones de las tierras.....	16
2.1.3.1	Generalidades.....	16
2.1.3.2	Estructura de la clasificación de la capacidad de uso de las tierras de la USDA (1961).....	16
2.1.3.3	Estructura de la clasificación de aptitud de las tierras de la FAO (1976).....	19
3	ANTECEDENTES.....	23
3.1	Sistemas de evaluación de la tierra en México.....	23
4	DESCRIPCION GENERAL DEL AREA DE ESTUDIO...	26
4.1	Localización geográfica y política.....	26
4.2	Fisiografía.....	26
4.3	Geología.....	29
4.4	Hidrología.....	31

4.5	Vegetación.....	33
4.6	Clima.....	35
4.7	Suelos.....	37
5	OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	40
6	METODOLOGIA.....	41
6.1	Trabajo preliminar de gabinete.....	41
6.2	Muestreo en el campo.....	41
6.3	Trabajo de laboratorio.....	42
6.4	Trabajo final de gabinete.....	43
7	RESULTADOS: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	44
7.1	Descripción de clasificación de aptitud de las tierras.....	143
8	CONCLUSIONES.....	150
9	BIBLIOGRAFIA.....	153

R E S U M E N

El presente trabajo se realizó en el municipio de Purísima de Bustos, estado de Guanajuato; el área estudiada abarcó una superficie de 26,926 has. En el área predominan las rocas de origen ígneo y sedimentario del Terciario y Cuaternario, así como los aluviones del Cuaternario. El clima es semicálido: la vegetación natural que se encuentra fuertemente alterada por la actividad humana, es el bosque espinoso dominado principalmente por el mezquite (Prosopis laevigata), el huizache (Acacia sp.), el nopal (Opuntia sp.). las unidades de suelos localizadas en el área son los Vertisoles, Planosoles, Eozems y los Litosoles.

Con el propósito de caracterizar los suelos en su mayor parte agrícolas, se hicieron 51 perfiles; se obtuvieron 86 muestras a las cuales se les practicaron análisis físicos y químicos. Las clases texturales que predominan fueron de migajón, migajón limoso, migajón arcilloso y arcilla. En la mayor parte de los suelos estudiados se encontró que en todos los horizontes descritos estos eran impermeables. A su vez el pH en el horizonte superficial osciló de muy ligeramente ácido (6.5) hasta fuertemente alcalino (8.4); la materia orgánica, también, para el horizonte superficial varió de extremadamente pobre (0.41%) hasta rico (3.95%).

Para llevar a cabo la evaluación de la aptitud de las tierras con fines agrícolas, se utilizó el esquema general de la FAO (1976), tomando en cuenta la uniformidad de factores medio ambientales, tales como el clima, la geología, la geofoma y el suelo de la región. De lo anterior fue posible dividir los perfiles en cuatro grupos.

La clasificación de las tierras para evaluar su aptitud agrícola se llevó a cabo a través de la discusión de cuatro cualidades de

las mismas, que fueron: drenaje, humedad, erodibilidad y fertilidad potencial.

Para el área de estudio se encontró el orden A (apta), abarcando un 89.63% de la superficie del terreno y el orden N (No apta), con un 10.29%. Dentro del orden A (apta) se definieron la clase 2 (medianamente apta), la clase 3 (ligeramente apta) y la clase 4 (marginamente apta). No se encontró para el área de estudio la clase 1 (altamente apta). El orden N (no apta) se encontró representado por la clase 5 (no apta temporal o definitivamente).

También se elaboró un mapa de clasificación de la aptitud de las tierras en base a una escala 1:50 000 a partir de los datos de campo y laboratorio, mapas cartográficos y fotografías aéreas.

Por último, se propone la necesidad de llevar a cabo más trabajos de este tipo y con objetivos más específicos para cada región, municipio o localidad, con el fin de hacer un uso más racional y adecuado de las tierras y permitir así conservar los recursos naturales renovables del país, en este caso el recurso suelo, para las generaciones futuras de mexicanos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Aspectos generales sobre la problemática de la agricultura en México

Toda sociedad se reproduce y se desarrolla a partir de su metabolismo con la naturaleza. Los recursos naturales renovables (RNR), constituyen la base material del desarrollo de la sociedad mexicana, porque representan la fuente a partir de la cual se alimentan tanto los procesos de producción primarios (agrícolas, pecuarios, forestales y pesqueros) como los industriales, procesos por los cuales la nación produce y reproduce las condiciones de su existencia social (Toledo, 1983).

En México, los RNR, fueron considerados ya desde principios de siglo, elementos imprescindibles y esenciales del desarrollo nacional y, como consecuencia del proyecto de nación que el movimiento popular dejó plasmado en la Constitución de 1917, los RNR fueron considerados un bien patrimonial, al reconocerse el derecho de propiedad originario que la nación detenta sobre ellos y al establecerse el derecho que la misma tiene para regular su aprovechamiento. No obstante lo anterior, el país carece de una verdadera política que marque las pautas de una adecuada apropiación de estos recursos (Toledo, 1983).

La riqueza que encierran los recursos naturales del país pueden ser suficientes para satisfacer las necesidades de la población y aún producir excedentes para la exportación. Sin embargo, la irracionalidad ha imperado en la forma de explotación de los recursos, desde la conquista hasta nuestros días, lo que ha generado profundas desigualdades, tanto entre los diversos sectores de la producción, como en las diferentes regiones del país (Carabias, 1984).

El marco anterior es necesario para comprender lo que sucede en el campo mexicano. La crisis en el campo es un elemento constante en la historia de México. Aparentemente nos hemos acostumbrado a vivir con ella. También parecería que los campesinos se han habituado a tener sólo años malos y otros peores. Sin embargo, periódicamente las tensiones en el campo agudizan y dada la naturaleza agraria del país, se convierten en crisis nacionales (Warman, 1983).

Así, la llamada crisis agrícola se presenta desde 1965 y se manifiesta como un conjunto de problemas económicos y sociales. La importación de alimentos básicos en volúmenes importantes y crecientes, que ha continuado hasta la actualidad, se estableció desde principios de los setentas como un fenómeno normal. La implicación de ese hecho es obvia: el país ha perdido la capacidad de alimentar su población (Warman, 1983 b).

Según Barkin (1984), México padece tres crisis alimentarias. La primera viene de su aparente impotencia para producir alimentos suficientes respecto a la demanda que hay. La segunda surge de la imposibilidad para la mayoría de los mexicanos, de comprar el sustento necesario para satisfacer sus necesidades más elementales. La tercera se relaciona con el deterioro en los niveles de nutrición de los alimentos que el país produce hoy.

Algunos elementos que nos ayudan a esclarecer lo anterior son los siguientes: la consolidación de la propiedad privada, la orientación de la producción agrícola hacia cultivos de exportación y productos forrajeros, el uso de los instrumentos de política de fomento agrícola en función de esos propósitos definen un proyecto político neoliberal en las actividades agrícolas. La producción interna de granos tendrá una prioridad secundaria y se aprovecharía la potencialidad productiva de Estados Unidos, para cubrir los faltantes del consumo local (Cordera y Tello, 1983).

Lo expuesto se observa en la recomposición de los cultivos sembrados que contribuyen a una transformación profunda del agro mexicano. Puede verse con claridad en el desplazamiento de los cultivos básicos por los que se relacionan con la modernización. En la agricultura y con la expansión consecuente del complejo ganadero (el cual se tratará más adelante), muy concretamente a partir de 1965, puede detectarse un marcado crecimiento de productos forrajeros y años más tarde, es visible la misma tendencia con las oleaginosas. Hubo un aumento importante también en la superficie cultivada con frutas y legumbres. La consecuencia fue, la disminución relativa de los granos básicos en la producción nacional. De ocupar más de tres cuartas partes de la superficie total a principios de los años cuarentas, los cuatro cultivos básicos (arroz, frijol, maíz y trigo), disminuyeron de un modo tajante su participación: menos de la mitad en 1979. Esta tendencia se contrarrestó en parte con las acciones del Sistema Alimentario Mexicano (SAM). Pero esta pequeña alteración no duró mucho y el nuevo gobierno ratificó su compromiso de promover la sustitución de granos básicos por cultivos más rentables (Barkin, 1984).

Lo antes señalado, conduce a exponer que el proceso de generación de alimentos por una sociedad (la producción agrícola, pecuaria, forestal y pesquera), sólo puede ser vista de un modo completo y coherente atendiendo a los siguientes criterios: el primero de ellos sería el modo en que los hombres ya agrupados se articulan a su vez con la naturaleza a través del conocimiento y la tecnología y segundo, considerar las propiedades o características de los ecosistemas, unidades medio ambientales que operan como los medios naturales de esta producción; aunado a lo anterior, hay por lo menos tres supuestos que derivan de la teoría ecológica y que marcan las pautas que debe seguir una producción eficiente: primero, el reconocimiento de las unidades medio ambientales (expresadas en términos de geomorfología, vegetación, suelos, etcétera) que conforman el predio, la parcela o el espacio a apropiarse; lue-

go el reconocimiento de la vocación o el potencial productivo de cada una de las unidades distinguidas; y por último la maximización de la producción basada en los reconocimientos anteriores.

Toda producción que por algún motivo tienda a efectuarse por encima de la vocación productiva de los ecosistemas estará realizando un forzamiento ecológico. El costo es el descenso de la producción a corto o largo plazo (Toledo, 1981). Dada la particular combinación de la topografía con el clima, el país posee un limitado potencial agrícola representado por sólo un 15% del territorio nacional (30 millones de un total de 197 millones de hectáreas) con posibilidades ecológicas para llevar a cabo esta práctica. Hacia 1981, la superficie utilizada con fines agrícolas fue de 18 millones 173 mil hectáreas, de las cuales 5 millones 61 mil, un 27.8%, se realizó bajo agricultura de riego, mientras que el resto, un 72.2%, dependió de la lluvia para su realización (Toledo, 1983).

Para ejemplificar la expansión del complejo ganadero se exponen lo siguiente: de todas las prácticas productivas, la ganadería es la más rentable y la más extendida en el país, pero al mismo tiempo, la que con más fuerza destruye los RNR; con una tasa promedio de crecimiento anual de 2.9%, la ganadería ocupa ya 78 millones de hectáreas, de tal forma que entre 1950 y 1979, el número de cabezas de ganado pasó de 19 millones en 1950 a 33 millones en 1980. Si en 1960 sólo 186,648 hectáreas se dedicaban al cultivo forrajero para 1976 eran ya 1 millón 551 mil 496 hectáreas, en tanto que hacia 1980, alrededor de 3 millones de hectáreas con vocación agrícola se utilizaban como áreas ganaderas. Por su naturaleza, la ganadería que se practica en México es fundamentalmente de tipo extensivo, es decir, ocupa enormes extensiones de terreno con pastos naturales o inducidos (sólo un 5% posee pastos cultivados); esto permite explicar su alta rentabilidad, dado el bajo nivel de inversiones que requiere el mantenimiento de los potreros. En su acele-

rada expansión, la ganadería ha invadido espacios fundamentalmente forestales, como es el caso del trópico húmedo, o agrícolas (Toledo, 1983).

Un caso concreto lo tenemos en el estado de Chiapas. La ganadería en Chiapas, al concentrar la tierra y la riqueza dificulta la dotación campesina sin proporcionar apenas empleos, desforestar amplias extensiones de la selva y limitar la producción de granos básicos. Es precisamente sobre estas áreas selváticas, donde se ha expresado el mayor crecimiento de la ganadería, situándose Chiapas desde 1970, como el segundo estado del sureste en cuanto a cabezas de ganado, con una tasa de crecimiento del 6%. En 1976 Chiapas participaba con el 7% del total de las existencias ganaderas. Actualmente cuenta con aproximadamente 3 millones de cabezas de ganado vacuno. Alrededor del 45% de la superficie del estado (que es de 7.4 millones de hectáreas), está dedicado a la ganadería. Así mientras la superficie de maíz, desde 1960, ha experimentado mínimos incrementos, la superficie de pastos y las cabezas de ganado se han disparado, pasando la primera de 1.6 millones de hectáreas a unos 3.6 millones, y las cabezas de ganado, de 1.6 millones a más de 3 millones (Fernández, 1979).

Ahora bien, existe otra alternativa agrícola distinta a la ya expuesta, y que es la que pertenece al sector de nuestra sociedad que propone y apoya un proyecto político nacionalista acorde con los intereses de la nación y que consiste de acuerdo a Cordera y Tello (1983), en lograr la autosuficiencia alimentaria en el menor plazo posible (que de cualquier forma no será muy corto dadas las condiciones prevalecientes), el cual es inseparable de una intensa y vasta acción en materia de desarrollo rural, que tendría que instrumentarse de inmediato, justamente por las actuales condiciones de miseria y para establecer las bases que harán posible con el tiempo la autosuficiencia.

Para explicar en que consiste esta propuesta, se describe lo siguiente: nuestro país, con una población que pasó de 35 millones en 1960, a 70 millones en 1980, ha ido adquiriendo una mayor cantidad de granos importados para alimentar a su población (9% del total sectorial en 1965; 67% en 1975 y 80% en 1980), dada su incapacidad para generarlos a partir de sus propios ecosistemas (Toledo, 1981). Como laboratorio privilegiado de la llamada revolución verde, el modelo predominantemente en el desarrollo reciente de la agricultura de México, ha sido justamente el modelo especializado, el cual nacido bajo condiciones ecológicas diferentes a las de la mayor parte de las superficies potenciales agrícolas del país, ha resultado insuficiente para satisfacer la demanda de alimentos y otras materias primas requeridas por la nación. Tal modelo, poco eficiente desde el punto de vista ecológico, modifica las condiciones naturales con el objeto de implantar ecosistemas artificiales con base en una sola especie (monocultivos) y sobre superficies extensas de terreno, las cuales son mantenidas a través de grandes insumos energéticos y económicos (maquinaria, fertilizantes, pesticidas, etcétera). El desarrollo reciente de la agricultura mexicana ha estado basado en el impulso y el apoyo de aquellos productores y aquellas regiones capaces de desarrollar este tipo de modelo (Toledo, 1983).

Como ejemplo, la llamada "revolución verde", en el país sólo arraigó en una mínima porción de los productores campesinos: hacia 1976 sólo el 7.1% de la población productora realizaba sobre el 20% de la superficie de labor una producción que podría ser calificada de "moderna" y que sólo tuvo sentido en las regiones que contaban con las condiciones ecológicas propicias al modelo, el Bajío, las planicies del noreste, las tierras bajas de Sinaloa y Sonora (Toledo, 1981). De acuerdo a este mismo autor, la superación de este panorama puede seguir tres opciones principales, no necesariamente excluyentes. La primera consiste en lograr la re-

conversión de espacios que se fueron dedicando paulatinamente a la producción de productos agrícolas no alimenticios o de exportación y a la ganadería extensiva. Esto implica la recuperación de las mejores tierras de riego para producir los granos básicos y también recuperar las áreas que, dedicadas a la ganadería tienen una vocación agrícola y por lo tanto están mal utilizadas. La segunda opción, consiste en expandir la frontera agrícola, abriendo al cultivo áreas que siguen con vegetación natural a pesar de su demostrada vocación agrícola. La tercera opción consiste en alcanzar un incremento marcado dentro del sector rural mayoritario y que tradicionalmente ha producido los alimentos básicos para el país, esto es, en los productores temporaleros.

Para que una sociedad logre la autosuficiencia alimentaria, la producción debe alcanzar dos objetivos: obtener el máximo de producción con el mínimo de esfuerzo invertido (energético y/o económico), y lograr mantener esa producción maximizada a lo largo del tiempo. Ambas cosas dependen de la capacidad para reconocer y aprovechar las condiciones naturales, es decir, del modo en que se apropie a la naturaleza en la producción (Toledo, 1981).

Ahora bien, existen dos concepciones sobre el reto de la autosuficiencia alimentaria. La primera ve a la autosuficiencia como la capacidad del país para producir los alimentos que la población requiere, dando prioridad a las zonas agrícolas dominadas por el capital; la otra considera que la autosuficiencia supone y sólo así se puede alcanzar, el apoyo y revitalización del sector campesino temporalero (Toledo, 1981).

De esta manera lo que requiere y exige la producción de alimentos es un desciframiento tecnológico distinto para cada localidad, zona o región, atento a las diferentes formas de integración productiva; esto es, supone la combinación apropiada de cada práctica (agrícola, pecuaria, pesquera, hortícola, extractiva) dentro

del proceso de producción en vez de reducirse a la explotación de cereales y leguminosas (Toledo, 1981).

Así, de todo lo anteriormente descrito, es posible asumir que México, ha perdido su capacidad de autoalimentarse no a consecuencia del incremento acelerado de su población, ni de las formas de organización campesinas, sino de la expoliación que los campesinos y sus "medios naturales de producción" (los ecosistemas) han sufrido a lo largo de las últimas décadas. De modo que, es la aplicación reiterada del modelo productivo tecnológico capitalista, un modelo divorciado por completo de las particulares condiciones ecológicas del país, y divorciado también de los objetivos sociales de la nación, lo que ha provocado que el agro ya no pueda surtir los productos básicos de consumo y el creciente deterioro de sus recursos: la flora y la fauna, los suelos y el agua (Toledo, et al. 1981).

A los cambios en la estructura productiva del agro los han acompañado modificaciones similares en los demás sectores de la economía. La industrialización del país genera un portentoso aparato productivo, que ha proporcionado muchos de los artefactores de una sociedad moderna, pero que no ha contribuido a solucionar los problemas fundamentales de cualquier sociedad: ofrecer un empleo digno y productivo a todos sus miembros y asegurar un abasto mínimo de los bienes y servicios necesarios para la convivencia social (Barkin, 1984). La población requiere alimento y bebidas que le provean con los nutrientes necesarios para su desenvolvimiento normal y que además, le permitan cumplir con pautas culturales mínimas; equipo refrigerante para conservar los alimentos, utensilios, enseres y combustibles para cocinarlos y muebles y utensilios para consumirlos (Boltvinik, 1984).

De lo anterior, también cabe agregar de acuerdo a Boltvinik (1984), que la concentración del ingreso en México (donde el 10%

más rico de las familias recibió en 1977 cerca del 40% del ingreso, mientras que el 30% más pobre percibió sólo el 7%) supone la presencia simultánea del lujo de unos cuantos frente a la miseria de porciones importantes de la población.

Así, según Cordera y Tello (1984) México es un país marcado históricamente por la desigualdad. Desde los inicios de la formación nacional, la economía, la política y la cultura han sido una economía, una política y una cultura de la desigualdad. Ésta, junto con la vulnerabilidad y la dependencia externa, define la magna línea de fuerza que separa al país de un desarrollo nacional y social consistente y pleno. Los cambios que ha producido el desarrollo capitalista en los últimos cincuenta años, que pueden registrarse en prácticamente todas las esferas de la vida social, no se han traducido en un aminoramiento de la desigualdad económica.

Sin entrar en otros detalles del proceso de desarrollo mexicano -como la política monetaria y cambiaria que sistemáticamente favorecen a ciertos grupos minoritarios de la población, promuevan una desnacionalización del aparato productivo e incrementarán la fuga de capitales- se puede hablar de su impacto sobre la alimentación en la cual los efectos son dramáticos (Barkin, 1984).

Si se considera la dieta mínima calculada para México por el Instituto Nacional de Nutrición (que supone 80.9 g de proteínas y 2741 unidades de calorías diarias per capita), en 1975 cerca del 60% de la población no disponía siquiera de una dieta normativa mínima que impidiera su deterioro nutricional. En términos de disponibilidades de alimentos, esta dieta requiere 531.5 kg de alimentos per cápita al año, cuya composición es la siguiente: 31.2% de cereales, 4.2% de leguminosas y oleaginosas, 2% de raíces suculentas, 6.5% de verduras, 17.2% de frutas, 30% de productos animales y el restante 8.9% de otros alimentos. Desde esta perspectiva, en 1975 con una población de 60 millones de personas, existía un dé-

ficit de más de tres millones de toneladas de alimentos (Cordera y Tello, 1983). Pero hay más, las encuestas de los ochentas revelaron que más de 25 millones de mexicanos (de un total de 75) nunca consumen carne y que menos de 30 millones tienen acceso regular a la leche (Redclift, 1981; In Barkin, 1984). También, a pesar de esfuerzos realizados la población rural se encuentra todavía muy lejos de alcanzar un nivel de vida satisfactorio: la tasa de mortalidad infantil en el medio rural es casi 50% más alta que el promedio nacional; las principales causas de mortalidad en el campo son enfermedades infectocontagiosas, prevenibles y curables: uno de cada tres habitantes del ámbito rural padece déficit nutricional calificado como grave (PND, 1983).

Ahora, por muchos años los niveles nutricionales de la gran mayoría de la población incluyendo los campesinos, se mejoraron a raíz de los incrementos en la productividad y la producción. Con los cambios estructurales en la producción agrícola, a los que se sumó un creciente desempleo y los problemas de abastecimiento interno -causado a su vez por la disminución de la producción básica- el problema de la escasez de alimentos se volvió crisis a finales de los setentas. Las voluminosas importaciones de granos básicos dispararon los precios en los mercados no controlados, es decir, en las zonas rurales donde la mayoría de los productores son deficitarios en estos productos y en los barrios más pobres de las áreas urbanas (Barkin, 1984).

Otro elemento más a considerar es que los cambios en los patrones de consumo han causado, una merma sensible en la calidad de la dieta y una reducción en el consumo de satisfactores necesarios entre los grupos de población que si tienen los medios económicos suficientes para garantizar un consumo mínimo adecuado. Entre los grupos más pobres, los efectos de la difusión de los ali-

mentos chatarra han sido mucho más devastadores, actualmente estos grupos gastan así un mayor porcentaje de sus ingresos (Barkin, 1984).

De todo lo anterior puede concluirse que los cambios en la sociedad mexicana en los últimos decenios han provocado las crisis alimentarias que se mencionan. El agro ya no puede surtir los productos básicos de consumo masivo, porque se ha transformado en un emporio capitalista que margina a las mayorías campesinas. La sociedad no es capaz de ofrecer empleo o ingreso a vastos sectores de la población y en consecuencia están obligados a consumir menos de lo necesario para sostener una vida sana (Barkin, 1984).

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 La evaluación de las tierras.

2.1.1 Generalidades

El suelo es un recurso natural que forma parte del medio ambiente que nos rodea; se localiza en la superficie de la corteza terrestre, formado por capas u horizontes y es producto de la acción de fenómenos físicos, químicos y biológicos (Hernández, 1983).

La palabra "tierras" en este trabajo es un concepto más amplio que el de suelo y queda definida como sigue: "Una zona de la superficie del planeta cuyas características abarcan todos los atributos estables de la biósfera en donde se incluyen la atmósfera, el suelo y la geología subyacente, la topografía, la hidrología, población vegetal y animal y los resultados de la actividad humana pasada y presente, en la amplitud en que estos atributos ejercen una influencia significativa sobre los usos presentes y futuros de la tierra por parte del hombre" (Olson, 1974).

La evaluación de tierras se refiere a la evaluación de su rendimiento cuando se utilizan para fines concretos. Supone la ejecución e interpretación de reconocimientos básicos del clima, suelo, vegetación y otros aspectos de la tierra en función de los requisitos de otras formas posibles de uso; y debe tomar en cuenta ciertos aspectos económicos y sociales.

2.1.2 La evaluación de las tierras y la planificación del uso de las mismas

La necesidad de la planificación del empleo de tierras surge frecuentemente, a través de necesidades y presiones cambiantes en las que entran en juego usos competitivos de una misma tierra. La

función de la planificación del uso de las tierras es orientar las decisiones al respecto de tal manera que los recursos ambientales permitan el uso más beneficioso para el hombre, conservando al mismo tiempo tales recursos para el futuro. Esta planificación debe basarse en una comprensión tanto del medio ambiente natural como de las clases de uso de tierras previstas.

La evaluación de las tierras es un procedimiento asociado con la posibilidad de encontrar un uso más adecuado al recurso suelo. La evaluación del suelo involucra aspectos tan diversos como agricultura, ganadería, urbanización, industrialización, transporte, recreación, forestales y otros. La evaluación de las tierras define una serie de procesos para estimar su potencial para un solo uso o para varias alternativas de uso. La información empleada para tales fines proviene de tres principales fuentes: levantamiento del recurso natural, la tecnología del uso del recurso y el aspecto económico. Del variado tipo de levantamiento de recursos naturales (vegetación, geológico, suelo, etcétera) el de suelos es el más ampliamente utilizado en el desarrollo de la planeación de las tierras (Young, 1975).

Una de las principales finalidades de la evaluación de las tierras agrícolas está basada en la suposición de que la producción agrícola debería incrementarse, considerando las características del suelo y factores económicos que controlan los rendimientos por unidad de área. Además, la evaluación debe llevarse a cabo con respecto a las formas de producción que sean ecológica y económicamente posibles. La evaluación de las tierras une aspectos físicos, biológicos y técnicos, con el uso de las tierras y sus propósitos sociales y económicos (Beek y Bennema, 1972). Es por tanto necesario subrayar que la finalidad de este trabajo es sólo abarcar el medio físico.

2.1.3 Clasificaciones de las tierras

2.1.3.1 Generalidades

La clasificación de tierras es una evaluación y agrupación de tierras para un uso determinado (FAO, 1976).

Las clasificaciones de las tierras que actualmente se utilizan en diferentes partes del mundo tienen una gran variedad de sinónimos entre los cuales se encuentran los siguientes: uso de la tierra, evaluación de la tierra, capacidad de uso de la tierra, sistemas terrestres, etcétera; así como también lo concerniente a los estudios de suelos, interpretación de los estudios de suelos, capacidad de uso de los suelos, etcétera (Olson, 1974).

Además, existen varios criterios para la clasificación de las tierras: a) por sus características intrínsecas; b) por el uso actual; c) por la posibilidad de uso; d) tierras que, según el aprovechamiento que se les deba dar establecen categorías de acuerdo con el mejor uso probable que puedan tener en el futuro; e) tierras de acuerdo a la ejecución de planes o programas (Duarte de Barros, 1957). Estas clasificaciones quedan agrupadas en clases, categorías, o valores para un uso práctico inmediato o futuro. Cualquier tipo de clasificación de tierras incluye dos fases: a) un inventario de los recursos y b) análisis y categorización.

2.1.3.2 Estructura de la clasificación de la capacidad de uso de las tierras de la USDA (1961)

La clasificación de capacidad de uso de las tierras, fue creada por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los EUA para el problema del control de la erosión. El sistema tiene como objetivo agrupar unidades de suelos para su uso, manejo y conservación. El principal concepto utilizado para la clasificación es el de las limitaciones o sea las características que afectan en forma adversa el uso de la tierra.

En esta clasificación, los suelos arables se agrupan de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para mantener la producción de los cultivos comunes que no requieren acondicionamiento o tratamiento especial del lugar. Los suelos no arables (suelos inapropiados para mantener cultivos por largo tiempo) están agrupados de acuerdo a sus potencialidades y limitaciones para la producción de vegetación permanente y de acuerdo a sus riesgos de deterioro por mal manejo.

La clasificación por capacidad de uso incluye tres categorías principales de agrupamientos de suelos: 1) Clase de capacidad, 2) Subclase de capacidad y 3) Unidad de capacidad.

1) La clase de capacidad consiste en una agrupación de subclases o capacidad, que cuenta con el mismo grado relativo de limitaciones o peligros. Las clases se designan con números romanos; las limitaciones de uso de la tierra y la susceptibilidad a daños del medio ambiente van en aumento desde la clase I hasta la clase VIII.

A continuación se describen en forma sucinta las diferentes clases de capacidad:

- Clase I: Los suelos de esta clase presentan pocas limitaciones que restringen su uso.
- Clase II: Los suelos de esta clase presentan algunas limitaciones que reducen la selección de cultivos o requieren prácticas de conservación moderadas.
- Clase III: Los suelos de esta clase presentan severas limitaciones que reducen la selección de cultivos y/o requieren prácticas de conservación especiales.
- Clase IV: Los suelos de esta clase tienen muy severas limitaciones que disminuyen la selección de cultivos y/o requieren un manejo muy cuidadoso.

- Clase V: Los suelos de esta clase presentan poco o ningún peligro a la erosión, pero presentan otras limitaciones insuperables que restringen su uso principalmente para praderas o pastizales, bosques maderables o vida silvestre.
- Clase VI: Los suelos de esta clase presentan severas limitaciones que en general los hacen impropios para la agricultura limitándose su uso principalmente para praderas o pastizales, bosques maderables o vida silvestre.
- Clase VII: Los suelos de esta clase presentan limitaciones muy severas que los hacen inconvenientes para los cultivos y su uso se restringe principalmente para pastoreo, bosques maderables o vida silvestre.
- Clase VIII: Los suelos y geoformas de esta clase tienen limitaciones que impiden su uso para la producción de cultivos comerciales y se utilizan sólomente con fines de recreación, vida silvestre, captación de agua y propósitos estéticos.

2) La subclase de capacidad consiste en una agrupación de unidades de capacidad con el mismo tipo de limitaciones o peligros. Estos tipos se indican con letras minúsculas como subíndices y que en el sistema original son cuatro: peligro de erosión (e), exceso de agua (w), limitaciones del suelo en la zona radicular (s) y limitaciones climáticas (c).

3) La unidad de capacidad consiste en una agrupación de unidades de suelos con el mismo potencial, limitaciones y respuestas al manejo. Las unidades se indican con números arábigos, como por ejemplo, IIIe-1, IIIe-2. Todos los suelos dentro de una unidad de capacidad, pueden ser utilizados para cultivos similares, requieren prácticas de manejo y medidas de conservación parecidas y tienen un potencial de producción comparable.

2.1.3.3 Estructura de la clasificación de aptitud de las tierras de la FAO (1976).

Este sistema de clasificación consiste en una ordenación basada principalmente en el detrimento de la tierra, partiendo de aquella considerada como ideal, hasta aquellas que reflejan un cierto número de deficiencias físicas, que pueden ser corregidas o no, y que actúan solas o en combinación.

El sistema comprende cuatro categorías que funcionan en orden de incremento de detalle:

- I. Órdenes de aptitud de las tierras: reflejan las clases de aptitud.
- II. Clases de aptitud de las tierras: reflejan los grados de aptitud dentro de los órdenes.
- III. Subclases de aptitud de las tierras: reflejan las clases de limitación o las clases principales de medidas de mejoramiento necesarias dentro de las clases.
- IV. Unidades de aptitud de las tierras: reflejan diferencias de menor cuantía en la ordenación necesaria dentro de las subclases.

I. Órdenes de aptitud de las tierras.

Los órdenes de aptitud de las tierras indican si una tierra se ha evaluado como apta para el uso objeto de estudio. Existen dos órdenes representados: por los símbolos A y N:

Orden A (apta): tierra en que el uso sostenido de la clase objeto de estudio se espera que rinda beneficios que justifiquen los insumos sin riesgos inaceptables de peligros para los recursos de tierras.

Orden N (no apta): tierras que poseen cualidades que parecen impedir un uso sostenido de la clase objeto de estudio.

II. Clases de aptitud de las tierras

Las clases de aptitud de las tierras reflejan grados de adaptabilidad. Las clases se enumeran progresivamente mediante cifras arábicas en secuencia de grado descendente de aptitud dentro del orden. El número de clases reconocidas deberá mantenerse a un mínimo para satisfacer los objetivos interpretativos; cinco será probablemente el número más elevado que se utilice.

Se reconocen tres clases dentro del orden APTA:

Clase A_1 (altamente apta): tierras que no tienen limitaciones señaladas para la aplicación sostenida de un uso determinado.

Clase A_2 (moderadamente apta): tierras con limitaciones que en conjunto son moderadamente graves para la aplicación sostenida de un uso determinado.

Clase A_3 (marginalmente apta): tierras con limitaciones que en conjunto son graves para la aplicación sostenida de un uso determinado.

Dentro del orden NO APTA, existen normalmente dos clases:

Clase N_1 (no apta actualmente): tierras con limitaciones que pueden ser superadas con el tiempo, pero que no pueden corregirse con los conocimientos existentes a un costo actualmente aceptable.

Clase N_2 (no apta permanentemente): tierras con limitaciones que parecen ser tan graves que impiden toda posibilidad de un uso sostenido y satisfactorio de las tierras en un modo determinado.

III. Subclases de aptitud de las tierras

Las subclases de aptitud de las tierras reflejan clases de limitaciones, por ejemplo, carencia de humedad y peligros de ero-

sión. El número de subclases reconocido y las limitaciones elegidas para distinguirlas serán diferentes en clasificaciones para finalidades diversas. Las subclases se indican con letras minúsculas de significación nemotécnica, por ejemplo, A₂e. El número de subclases debe mantenerse a un mínimo, utilizándose el menor número posible de limitaciones en el símbolo para cualquier subclase.

IV. Unidades de aptitud de las tierras

Las unidades de aptitud de las tierras son subdivisiones de una subclase. Todas las unidades dentro de una subclase tienen el mismo grado de aptitud a nivel de clase y características análogas de limitación a nivel de subclase. Las unidades difieren entre sí en sus características de producción o en aspectos secundarios de sus exigencias de ordenación (con frecuencia definible como diferencias de detalle en sus limitaciones). Su reconocimiento permite una interpretación detallada a nivel de planificación de la explotación. Las unidades de aptitud se distinguen mediante cifras arábigas que siguen a un guión, por ejemplo, A₂e-1. No hay límite alguno para el número de unidades reconocidas dentro de una subclase.

Dentro de cada nivel, las deficiencias se cuantifican mediante el uso de varios criterios físicos escogidos que reflejan las principales influencias en el desarrollo de la agricultura.

3. ANTECEDENTES

3.1 Sistemas de evaluación de la tierra en México

Los estudios de suelos en México se iniciaron en 1926 al crearse la Comisión Nacional de Irrigación, que contenían una memoria técnica o varios mapas agrológicos. Pero en 1967 al crearse la Dirección de Agrología, se aumentaron las clasificaciones interpretativas, incluyéndose la de "Capacidad de uso de las tierras" en 8 clases (SARH, 1977), en donde se asienta que dicha clasificación se realiza con fines agrícolas, ganaderos, forestales, de vida silvestre, recarga de acuíferos, etcétera; basándose en los efectos combinados de las características intrínsecas de los suelos y del clima y sirve para determinar el uso adecuado del suelo, y sus riesgos a la degradación, las limitaciones de uso, capacidad productiva y manejo.

Desde entonces, la SARH ha venido aplicando para sus estudios agrológicos este sistema, derivado del empleado por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (Klingebiel y Montgomery, 1961), que contempla un amplio rango de posibilidades en la clasificación de tierras agrícolas.

Por otro lado, la carta de Uso Potencial que elaboró CETENAL (pero que todavía se sigue usando), desde su creación (1968) hasta el año de 1979, es un documento cartográfico que se distingue por su carácter interpretativo. Esto significa que la información que ella proporciona es una representación de las condiciones ambientales, en especial de las condiciones del suelo, expresadas en términos de clases y subclases, según el grado en que se manifiesten algunos factores considerados limitantes del uso agropecuario y forestal (Duch, 1981).

Para la elaboración de la carta de Uso Potencial se han utilizado dos sistemas de evaluación de tierras, que, en general, pre-

sentan enfoques más o menos similares, puesto que están basadas en el sistema estadounidense, mejor conocido como Land Capability Classification (Klingebiel y Montgomery, 1961). Ambos sistemas se caracterizan por clasificar a los terrenos en función del grado o magnitud con que los llamados factores limitantes restringen el establecimiento de las actividades agrícolas, pecuarias y forestales y/o de acuerdo a los riesgos de deterioro de las condiciones ambientales originales que ellos presentan. Así, en atención a otros criterios, los terrenos pueden ser agrupados dentro de 8 diferentes clases de capacidad de uso o capacidad agrológica.

En otras palabras, la evaluación de tierras que las instituciones gubernamentales, antes mencionadas, hacen del territorio nacional y difundidas a lo largo y ancho del país, están basadas en ordenar a los terrenos desde una clase que permite desarrollar la agricultura tecnificada sin ninguna restricción, hasta aquella que considera a las tierras inútiles para la utilización de este modelo agrícola, y no toma en cuenta (cómo debiera hacerlo), la amplia gama de sistemas de producción agrícola que se practica en México, ni la relación entre estos y las condiciones ambientales.

Por lo tanto, se hizo necesario el planteamiento de crear nuevas alternativas de evaluación de las tierras; siendo una de estas alternativas que se están dando, no sólo a nivel nacional, sino también a nivel mundial, es la planteada por la FAO (1976), en el "Esquema para la evaluación de tierras".

Con respecto a esta nueva alternativa de evaluación de las tierras a nivel nacional, en la actualidad, se conocen dos trabajos terminados que siguen este esquema.

Uno de ellos, que es el pilar para la creación de un nuevo sistema de clasificación de aptitud de las tierras que se adapta a las características y necesidades del país, así como a los dife-

rentes tipos de utilización de la tierra, es el realizado por Hernández (1983). Este es un sistema de clasificación particular más específico para objetivos bien definidos y concretos: clasificar las tierras por su aptitud. Entendiéndose por aptitud, la adaptabilidad de un tipo determinado de tierras para un uso definido (FAO, 1976). Esta clasificación para determinar la aptitud de las tierras se basa en características del medio ambiente, que en su conjunto, influyen para un fin propuesto, llámese agricultura, ganadería, silvicultura, etcétera. Sin embargo, este sistema va todavía más allá de lo previsto, puesto que tiene la cualidad de poder representar aquellas características del medio ambiente relacionadas con cada rango de aptitud de las tierras, que intervengan en la introducción de algún cultivo en específico y en una región determinada. En este estudio se trabajó particularmente, en la introducción del cultivo de la caña de azúcar en las regiones de Playa Vicente y San Juan Evangelista, en el sur del estado de Veracruz (Hernández, 1983).

Además, este sistema comparado con los otros, tiene ciertas ventajas, como son: a) la aptitud es evaluada por separado para cada uso de las tierras, b) hace uso de las cualidades de las tierras en lugar de las características limitantes individuales de las mismas y c) hace énfasis en aspectos humanos, tanto económicos como sociales. Por lo tanto, este sistema de clasificación de la aptitud de las tierras es una etapa más avanzada que la clasificación de la capacidad de uso de las tierras, que se emplea actualmente en el país.

El trabajo realizado por Sánchez (1984), al igual que otro que se está realizando paralelamente a este, ya forman parte de este nuevo sistema de clasificación de aptitud de las tierras. Estos trabajos tratan únicamente el medio físico, avocándose principalmente al aspecto agrícola, por ser el fiel reflejo de uno de los más grandes problemas existentes actualmente en el país.

Así tenemos que, las regiones trabajadas hasta ahora bajo este nuevo sistema son: Playa Vicente y San Juan Evangelista, en el estado de Veracruz (Hernández, 1983); una región del valle de Toluca que abarca los municipios de Xonacatlán, Hixquilucan, Toluca, Mexicaltcingo y Lerma, en el Estado de México (Sánchez, 1984); el municipio de Salamanca, en el estado de Guanajuato (Cram y Noguez, 1985); y este trabajo.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

4.1 Localización geográfica y política

El área de trabajo se encuentra situada en la zona oeste del estado de Guanajuato, sus coordenadas geográficas son: 20°47' a 21°02' de latitud norte y 101°52' a 102°05' de longitud oeste. Políticamente pertenece al municipio de Purísima de Bustos. La zona estudiada comprende las tres cuartas partes del municipio, y tiene una extensión aproximada de 269 km². Se encuentra limitado físicamente al norte por el municipio de León, al sur por el municipio de Manuel Doblado, al este por el municipio de San Francisco del Rincón y al oeste por el estado de Jalisco (ver figura 4.1).

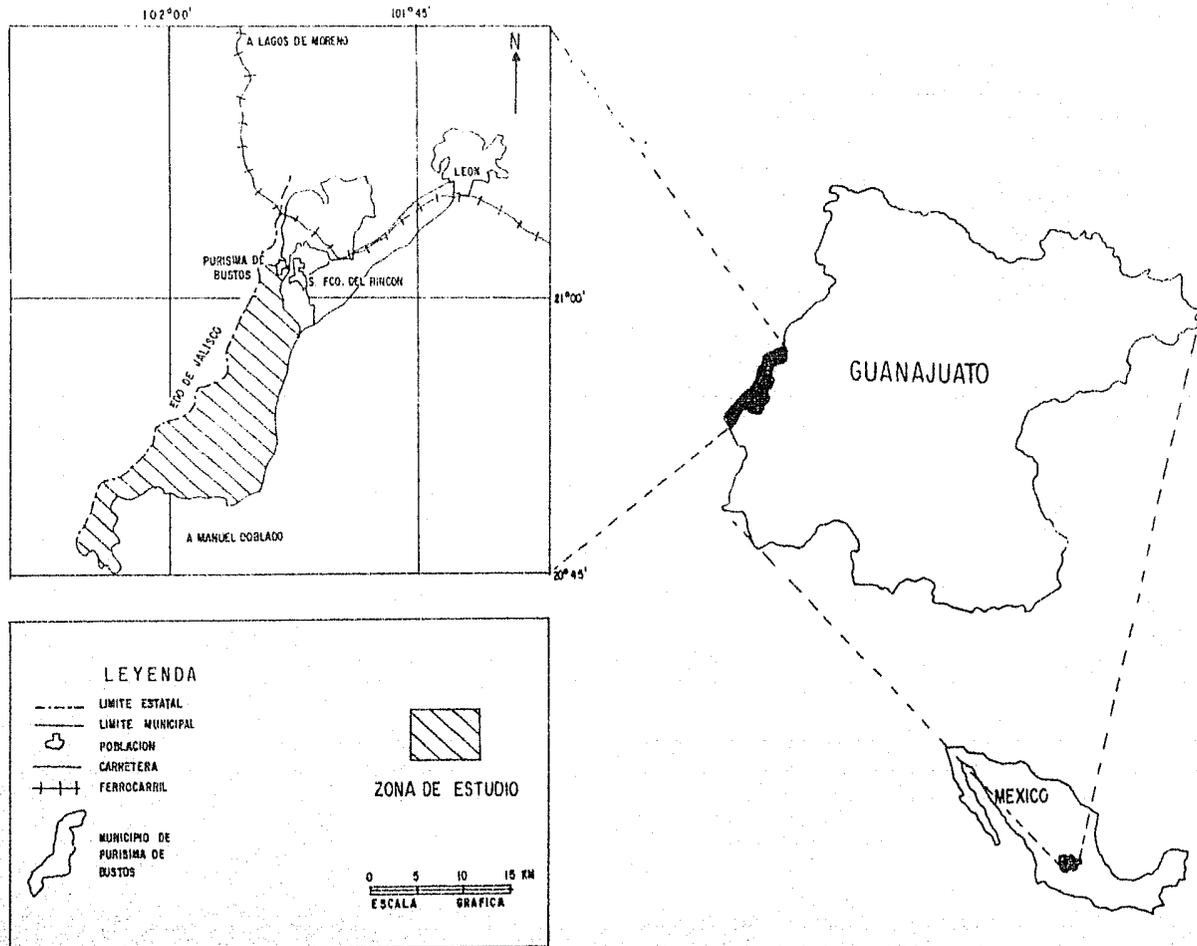
4.2 Fisiografía

La topografía del estado de Guanajuato no es sencilla ni uniforme: sierras, valles, lomeríos, mesetas y llanuras, formadas por rocas de origen volcánico, metamórfico, sedimentario y aluvial reciente conforman un paisaje accidentado y diverso (SIGE Gto., 1980).

En el estado se localizan tres provincias fisiográficas: hacia el norte, la Mesa Central y una pequeña porción de la Sierra Madre Oriental y, aproximadamente desde la zona media y ocupando toda la parte sur del estado, el Eje Neovolcánico.

El área de estudio se encuentra localizada en la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico. Esta provincia llega al Océano Pacífico y al Golfo de México; ocupando la mitad sur del estado de Guanajuato y parte de los estados de Jalisco, Michoacán, Querétaro, México, Hidalgo, Puebla, Veracruz; y todo el estado de Tlaxcala; colinda al norte con la Llanura Costera del Pacífico, la Sierra Madre Occidental, la Mesa Central, la Sierra Madre Oriental y la Llanura Costera del Golfo Sur; al sur con la Sierra Madre del Sur, la Depresión del Balsas, el Sistema Montañoso del norte de Oaxaca y

FIG. 41. LOCALIZACION DE LA ZONA DE ESTUDIO



la Llanura Costera Suroriental; al oeste con el Océano Pacífico y al este con el Golfo de México.

Cinco subprovincias fisiográficas del Eje Neovolcánico quedan representadas dentro del estado de Guanajuato y estas son: todo el Bajío Guanajuatense, parte de los Altos de Jalisco, las Sierras Volcánicas y Bajíos Michoacanos, los Llanos de Querétaro y por último las sierras y lagos del centro.

La zona de estudio se encuentra comprendida entre las subprovincias del Bajío Guanajuatense y los Altos de Jalisco. La subprovincia del Bajío Guanajuatense es una gran llanura interrumpida por algunas pequeñas sierras volcánicas, mesetas lávicas y lomeríos de diversos orígenes. A estas geoformas de la subprovincia se asocian otras más: llanura de aluviones profundos, llanura con tepetate a poca profundidad, sierras de laderas tendidas, sierras de cumbres escarpadas, mesetas con lomeríos, lomeríos asociados con mesetas y lomeríos aislados (SIGE, Gto., 1980).

La subprovincia los Altos de Jalisco comprende tierras altas, que penetran en el estado de Guanajuato por el oeste. Está constituida por una sierra de cumbres escarpadas que alcanza una altitud máxima de 2500 m y cuyas laderas tienen una disección madura y bajan abruptamente con delineación cóncava; un conjunto de mesetas lávicas con altitudes entre 1870 y 2340 m; varias mesetas escalonadas disectadas por cañadas con pendientes convexas, que forman el talud de la Gran Mesa de los Altos y, en la porción oriental de esta última, un pequeño grupo de lomeríos altos (SIGE, Gto., 1980).

Las geoformas que predominan en el municipio son las llanuras con tepetate a poca profundidad, donde se encuentran asociados suelos como los Planosoles y Vertisoles; llanuras de aluviones

profundos, con asociaciones de suelos del tipo Vertisol pélico con Faeozem háplico y mesetas lávicas con suelos del tipo Planosol.

4.3 Geología

En el estado de Guanajuato existen afloramientos de todos tipos de rocas; ígneas, sedimentarias y metamórficas; sus edades varían desde el Mesozoico hasta el Reciente. Las más antiguas en la entidad, corresponden a metamórficas del Triásico-Jurásico, sedimentarias del Cretácico y las que constituyen la mayoría de las rocas del estado, ígneas extrusivas del Cenozoico (Terciario y Cuaternario) (SIGE Gto., 1980), (ver figura 4.2).

La geología del área de estudio se encuentra influenciada directamente por la provincia Eje Neovolcánico que es una antigua sutura reabierto a fines del Cretácico que formó un sistema volcánico transversal a las Sierras Madre Oriental y Madre Occidental. La provincia se caracteriza por la presencia de una gran cantidad de aparatos volcánicos diversos (conos, calderas y coladas), que en su mayoría han conservado intacta su estructura original. Existen también gran cantidad de fracturas y fallas asociadas al vulcanismo Terciario y Cuaternario que han dado lugar a fosas largas y de alguna profundidad, y que han formado lagos como el de Yuriria (SIGE Gto., 1980).

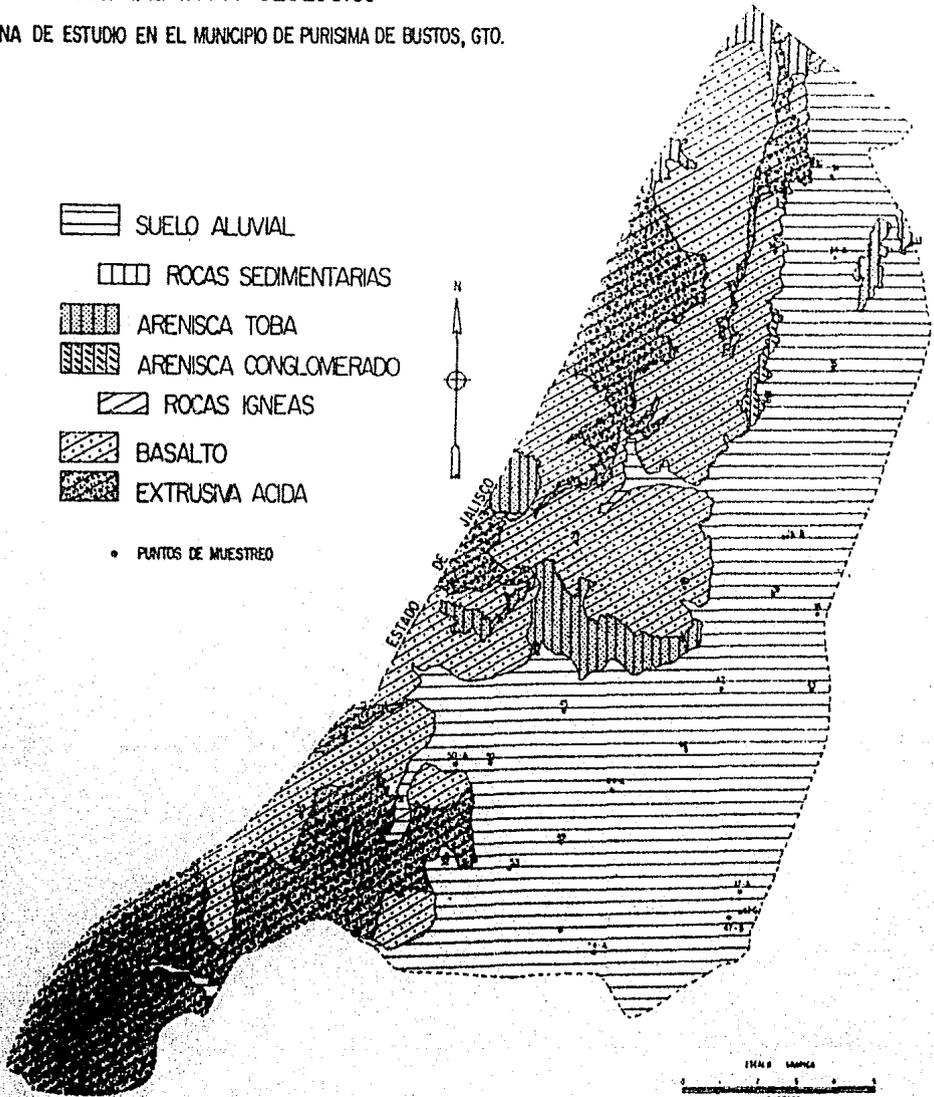
Durante todo el Terciario el vulcanismo fue activo, pero alcanzó su culminación en la última parte del Mioceno Medio, época en la cual la mayor parte de la provincia, quedó cubierta por gruesos depósitos de lava. Después de una época relativa de quietud, fue de nuevo cubierta de lavas durante el Plioceno Final, período de formación que todavía perdura. Las lavas del Terciario y del Cuaternario son los principales agentes a los que gran parte del estado de Guanajuato debe su actual configuración topográfica. Los mantos de lava están asociados con conos volcánicos, cuyas siluetas apenas han sido alteradas por la erosión (López, 1980).

FIG. 4.2. MAPA GEOLOGICO

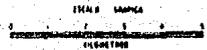
ZONA DE ESTUDIO EN EL MUNICIPIO DE PURISIMA DE BUSTOS, GTO.

-  SUELO ALUVIAL
-  ROCAS SEDIMENTARIAS
-  ARENISCA TOBA
-  ARENISCA CONGLOMERADO
-  ROCAS IGNEAS
-  BASALTO
-  EXTRUSIVA ACIDA

• PUNTOS DE MUESTREO



FUENTE: CARTA GEOLOGICA CETENAL, 1974.



Los tipos de rocas que predominan en la zona de estudio son de origen ígneo y sedimentario. Las rocas ígneas están representadas por la riolita y el basalto del Terciario y Cuaternario. Las rocas sedimentarias son areniscas y arenisca-conglomerado, pertenecientes al Terciario. Asimismo, se encuentran los aluviones que han llenado valles y llanuras, originando los suelos de esas áreas que provienen del Pleistoceno y Holoceno (López, 1970).

También la región muestra la existencia de depósitos lacustres en el subsuelo, lo que hace suponer que en el Bajío, bajo la cubierta aluvial reciente, se alojan espesores de sedimentos lacustres Terciarios. Estos sedimentos se encuentran claramente subyaciendo en general a las grandes extensiones de afloramientos de afididades volcánicas del Terciario Superior, tanto lavas como sus productos piroclásticos, que forman las principales serranías. Las rocas volcánicas del Terciario Superior tan ampliamente distribuidas son de diferentes composiciones siendo aparentemente las más antiguas de ellas y que sobreyacen directamente a los sedimentos lacustres Terciarios, las de composición andesítica y al final, grandes emisiones de composición basáltica de la parte superior del Terciario y probablemente principios del Cuaternario (SRH, 1975).

4.4 Hidrología

Con excepción de pequeñas extensiones pertenecientes a las zonas norte y noroeste del estado, toda la superficie está integrada por innumerables arroyos y algunos ríos de importancia, que se relacionan con el Océano Pacífico ya que esas corrientes, afluentes y subafluentes, desaguan en el caudaloso río Lerma que arroja sus aguas en el Lago de Chapala del estado de Jalisco; lago que da nacimiento al no menos importante Río de Santiago, que arrastra un inmenso caudal hasta el Océano Pacífico (Anónimo, CRM).

La superficie total de la entidad forma parte de las cuencas

de los ríos: Lerma con un 76%, Pánuco 18%, Santiago 5%, y el Lago de Cuitzeo 1% (SARH, 1980).

El estado queda comprendido en parte de las regiones hidrológicas: "Alto Río Pánuco" (núm. 26) en la zona norte, abarcando una superficie de 4,872 km² y "Lerma-Chapala-Santiago" (núm. 12), que abarca la mayor parte del estado con una superficie de 25,590 km². Esta última región es la más importante no sólo por representar el 83 por ciento de la superficie estatal, sino por incluir un 98% de su población y prácticamente el total de la industria existente. La principal corriente dentro del estado es la del río Lerma, que fluye de oriente a poniente en la región sur. La región 12 está dividida en cuencas, de las cuales 6 se incluyen dentro del estado. Una de ellas, siendo las subcuencas Río Turbio-Presa Palote y Río Turbio-Manuel Doblado, las que cruzan el municipio de Purísima de Bustos (SIGE Gto., 1980).

El Río Turbio que primeramente se llama Los Gómez, nace en la parte occidental del cerro de Cazonos, recoge las aguas de las vertientes de los Altos de Ibarra, cruza por la ciudad de León y descendiendo hacia el sur (Anónimo, CRM).

La superficie total de la subcuenca del Río Turbio es de 4,818 km², los municipios de León, San Francisco del Rincón, Purísima de Bustos, Manuel Doblado, Cuerámara, Abasolo y Pénjamo; los 1,571 kilómetros restantes pertenecen a diversos municipios del estado de Jalisco.

El Río Lerma recibe afluencias del río Turbio, que lleva un gran porcentaje de contaminación, proveniente del Río Los Gómez. Este río tiene el mayor índice de contaminación dentro del estado de Guanajuato y lleva los residuos de las industrias químicas y de tenerías de la ciudad de León; además, acarrea las aguas residuales de Abasolo, Pénjamo, San Francisco del Rincón y las de la propia ciudad de León (SIGE Gto., 1980).

En relación a las posibilidades de utilización de aguas subterráneas para la región hidrológica "Lerma-Chapala-Santiago" en el estado, se encuentra que, en la porción centro y formando parte del límite norte del Bajío entre las ciudades de Silao y León, afloran rocas metamórficas, sedimentarias marinas y rocas intrusivas, que por su porosidad y permeabilidad secundaria, presentan condiciones favorables para la formación de acuíferos subterráneos. Pero las condiciones de explotación que prevalecen en las diversas zonas son variadas, presentándose algunas como León, Celaya, Silao e Irapuato, en donde los acuíferos se encuentran sometidos a una sobreexplotación, que está minando gradualmente al almacenamiento subterráneo. En ese sentido la entidad presenta una situación difícil, debido a esta sobreexplotación de sus acuíferos y a la escasez de cubierta vegetal. Sin embargo, entre otros municipios del estado en su región oeste, el de Purísima de Bustos es una zona reservada para satisfacer demandas futuras de agua de ciudades importantes (SIGE Gto., 1980).

4.5 Vegetación

El tipo de vegetación que originalmente dominó en la zona fue la "selva baja espinosa perennifolia" de acuerdo a la clasificación de Miranda y Hernández X. (1963).

Flores et al (1971) clasifican a este tipo de vegetación como mezquital.

Rzedowski (1978) la incluye en la clasificación de bosque espinoso. Este tipo de vegetación incluye una serie heterogénea de comunidades vegetales, que tienen en común la característica de ser bosques bajos y cuyos componentes en gran proporción, son árboles espinosos. Se desarrollan a menudo en lugares con clima más seco que el correspondiente al bosque tropical caducifolio, pero a la vez, más húmedo que el propio de los matorrales xerófilos. Este ti-

po de comunidades vegetales presentan el problema de que no se encuentran bien delimitados, pues pasan en forma muy paulatina a otros tipos de vegetación, como el bosque tropical caducifolio, el matorral xerófilo y el pastizal. El bosque espinoso ocupa una gran extensión continua en la planicie costera noroccidental, desde Sonora hasta la parte meridional de Sinaloa y continúa a lo largo de la costa pacífica en forma de manchones aislados hasta la Depresión del Balsas y el Istmo de Tehuantepec. Del lado del Golfo de México ocupa amplias superficies de la planicie costera nororiental, incluyendo partes de San Luis Potosí y el extremo septentrional de Veracruz. En la altiplanicie se presenta en forma de una ancha faja de la región conocida como "Bajío" que ocupa una gran parte de Guanajuato, así mismo como áreas adyacentes de Michoacán y Querétaro. La superficie total que ocupa es de aproximadamente 5% de la superficie de la República.

Los límites altitudinales de esta formación vegetal en México, son desde los 0 a 2200 m, por lo que existe una gran variedad de climas, desde los calientes hasta los templados y desde los semihúmedos hasta los francamente secos. Así, las temperaturas medias anuales correspondientes son de 17 a 29°C y las oscilaciones estacionales de 4 a 18°C, medidas como diferencias entre las temperaturas medias de los meses más caliente y más frío del año. La precipitación media anual varía de 350 a 1200 mm, con 5 a 9 meses secos.

El bosque espinoso es un tipo de vegetación característico de terrenos planos o poco inclinados. El impacto de las actividades humanas sobre este tipo de vegetación ha sido de desigual importancia hasta hace unos 25 años, a partir de los cuales su destrucción se ha acelerado notablemente. Desde tiempos prehispánicos fueron desmontados muchos terrenos cubiertos por el mezquital y por algunos otros tipos de bosque espinoso, cuyos suelos eran buenos para la agricultura de temporal e inclusive de pequeño regadío. Este indudablemente fue y sigue siendo el caso del "Bajío" y de mu-

chos valles intermontanos situados al sur del Eje Volcánico Transversal, así como en el Occidente de México (Rzedowski, 1978).

La flora del bosque espinoso tiene un evidente matiz neotropical y existen igualmente muchos elementos comunes con la de los matorrales xerófilos, por lo que se acentúan las relaciones con linajes vegetales presentes en las partes secas de América tropical y subtropical. El papel que juegan las especies endémicas es con frecuencia notable y aumenta por regla general al avanzar hacia el norte. Este tipo de vegetación tiene comúnmente de 4 a 15 m de altura, y a menudo se observa como una formación densa a nivel de estrato arbóreo. La dominancia de la comunidad está dada a menudo por una o dos especies; con menor frecuencia son varias las que prevalecen por su biomasa en la comunidad (Rzedowski, 1978).

Los principales componentes de esta comunidad son: estrato superior, Prosopis laevigata (mezquite), Hipomoea sp (casahuate), Lemaireocereus sp (órgano), Opuntia sp (nopal), Acacia sp (huizache); estrato medio, Opuntia sp (nopal), Prosopis laevigata (mezquite), Acacia sp (huizache), Celtis pallida (granjeno), Mimosa sp (uña de gato), Forestiera sp (acibuche); estrato inferior, Bouteloua sp, Aristida sp, Hilaria sp, Cenchrus sp, Stipa sp (SIGE, Gto., 1980).

4.6 Clima*

El clima de la región de Purísima de Bustos, Gto. es semicálido, el más cálido de los templados, subhúmedo con lluvias en verano. Según el sistema de clasificación climática de Köppen modificado por García (1973) para la República Mexicana, el tipo de clima está representado por la fórmula (A)C(w₀)(w)a(e)g.

* Nota: Los datos provienen de la estación meteorológica Jalpa, Gto., con un promedio de 15 años de observaciones (1965-1979). Encontrándose ubicada a 20°53' latitud norte y 101°59' latitud oeste, con una altitud de 1840 msnm.

La temperatura media anual oscila entre 16.9 y 19.7°C (ver tabla 4.1). La diferencia entre la temperatura media mensual del mes más caliente y la del mes más frío es de 7.6°C, razón por la cual es considerado como un clima con poca oscilación térmica (García, 1973).

Las temperaturas máximas extremas (29.0-42.5°C) se registraron en el mes de abril, presentándose antes del primer máximo pluviométrico y antes del solsticio de verano. Las temperaturas mínimas extremas (-6 a 5°C) han sido reportadas en la estación de invierno.

TABLA 4.1 RESUMEN DE ALGUNOS DATOS CLIMÁTICOS REGISTRADOS POR LA ESTACIÓN DE JALPA, GTO.

	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)
Enero	13.63	7.35
Febrero	15.00	7.61
Marzo	17.91	7.37
Abril	19.70	11.06
Mayo	21.24	36.31
Junio	21.16	143.56
Julio	19.86	187.40
Agosto	19.67	183.16
Septiembre	19.41	119.30
Octubre	18.38	44.60
Noviembre	15.97	8.24
Diciembre	14.06	7.66

La precipitación máxima y mínima corresponde a 1043.3 y 315.1 mm, respectivamente, con un promedio de 763.8 mm al año. El período de lluvias abarca los meses de junio a septiembre, que expresado en porcentaje, corresponde a un 82.95% de la precipitación total. El 17.05% restante corresponde al período de secas que se presenta de octubre a mayo (ver figura 4.3).

Con respecto a las formas de precipitación, los datos encontrados fueron en relación a los días con heladas y granizo. Las heladas variaron de 6 a 49 al año. El granizo, que es poco común en la región se le ha registrado principalmente en la estación de verano, de 2 a 4 al año.

4.7 Suelos

De acuerdo con la clasificación de suelos de la FAO modificada por CETENAL (1970) las unidades de suelo presentes en el área, en orden de predominancia son:

Vertisoles, particularmente los pélicos con fases lítica profunda (lecho rocoso entre 50 y 100 cm de profundidad), lítica (lecho rocoso entre 10 y 50 cm de profundidad) y pedregosa (con fragmentos mayores de 7.5 cm en la superficie o cerca de ella que impiden el uso de maquinaria agrícola). Planosoles eutrícos con fases dúrica profunda (duripán entre 50 y 100 cm de profundidad) y dúrica (duripán a menos de 50 cm de profundidad). Faeozems háplicos con fase lítica, lítica profunda y pedregosa. Litosoles, que se encuentran presentes en pequeñas extensiones (ver figura 4.4).

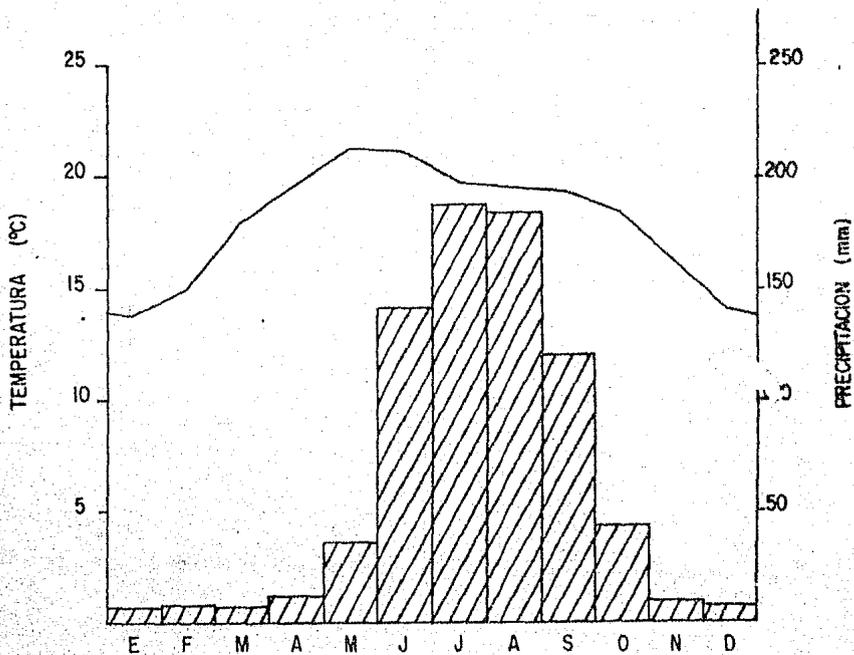


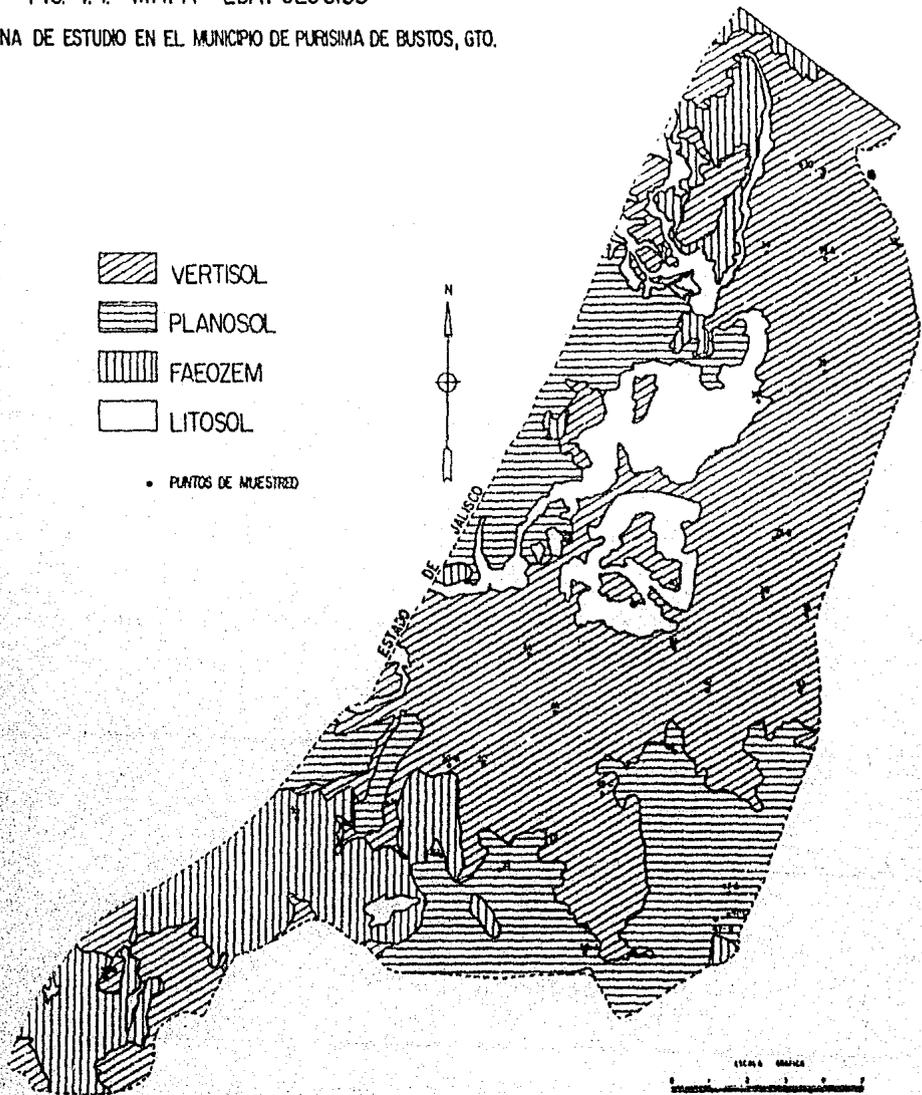
FIG. 43. DATOS CLIMATICOS REGISTRADOS EN LA ESTACION DE JALPA, GTO (PROMEDIO DE 15 AÑOS DE OBSERVACIONES).

FIG. 4.4. MAPA EDAFOLOGICO

ZONA DE ESTUDIO EN EL MUNICIPIO DE PURISIMA DE BUSTOS, GTO.

-  VERTISOL
-  PLANOSOL
-  FAEOZEM
-  LITOSOL

• PUNTOS DE MUESTREO



FUENTE: CARTA EDAFOLOGICA CETENAL, 1974.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general:

Llevar a cabo una evaluación de la aptitud de las tierras con fines agrícolas en el municipio de Purísima de Bustos, adecuando los principios básicos de la clasificación de la FAO (1976), a las características ambientales de la región.

Objetivos particulares:

- 5.1.1 Identificar y agrupar a aquellas tierras que presenten características del medio ambiente (clima, geología, geofoma y suelo) semejantes.
- 5.1.2 Llevar a cabo una caracterización física y química de los suelos.
- 5.1.3 Clasificar las tierras de acuerdo a su aptitud agrícola.
- 5.1.4 Elaboración de un mapa cartográfico de aptitud de las tierras para fines agrícolas en las 3/4 partes del municipio, a escala 1:50,000.

6. METODOLOGÍA

6.1 Trabajo preliminar de gabinete

Primero se realizó una revisión bibliográfica, así como una fotointerpretación de la zona de estudio. Esta fotointerpretación se llevó a cabo utilizando mapas y fotografías aéreas en blanco y negro a escala 1:50,000 tomadas por CETENAL en el año de 1971. Los mapas temáticos utilizados incluyen los siguientes aspectos: topografía, geología y edafología, editados por CETENAL a escala 1:50,000 en los años de 1973 y 1974. Con esta información se prosiguió a escoger teóricamente los sitios de muestreo que se consideraron más representativos de la zona. Esto se hizo basándose en la topografía, geología, drenaje, junto con distintos modelos de tonos grises, textura y forma que se observaron en las fotografías aéreas:

6.2 Muestreo en el campo

Después de tener localizados los puntos de muestreo en los mapas topográficos y en las fotografías aéreas, se procedió a realizar el recorrido de campo en el área de estudio para recolectar los suelos. Algunos puntos de muestreo fueron cambiados debido a que localmente se reconocieron sitios más convenientes. Este trabajo se hizo durante el mes de marzo, época de sequía en la región. Se debe reconocer que un muestreo más adecuado hubiera requerido de otra salida de campo, durante la época de lluvias, para así tener idea de las características del suelo bajo estas condiciones, pero esto no se pudo realizar, por los altos costos que ello significaba.

Para el muestreo, se llevaron a cabo 31 perfiles*de profundidad variable, dependiendo de las características del suelo, que fueron descritos y muestreadospor horizontes. Se recolectaron 86

*Nota: ver figuras 4.2, 4.4 y 7.1.

muestras, guardándose en bolsas de plástico y etiquetadas para trasladarlas al laboratorio para su análisis posterior. También fueron fotografiados algunos perfiles y paisajes del lugar.

6.3 Trabajo de laboratorio

Las muestras de suelo se pusieron a secar al aire en invernadero. Una vez secos, se molieron con mortero de madera, se pasaron por un tamiz de 2 mm de diámetro y se guardaron para hacerles las siguientes determinaciones físicas y químicas:

Análisis físicos:

1. Densidad aparente, por el método de la probeta (Am. Soc. for Test. and Mat., 1958).
2. Densidad real, determinada por el método de picnómetro (Am. Soc. for Test. and Mat., 1958).
3. Porosidad, relacionando los valores obtenidos de la densidad real y la densidad aparente del suelo (Vomosisl, 1966).
4. Textura, mediante el método de hidrómetro (Bouyoucos) modificado por Villegas et al (1978).
5. Permeabilidad, midiendo la cantidad de agua que pasa a través del suelo a determinado tiempo, según la fórmula de Warcy (Klute, 1965).
6. Capacidad de campo, utilizando platos de cerámica y una olla de presión, aplicándole al suelo una presión de 1/3 de bar (Gavande, 1976).
7. Coeficiente higroscópico, se determinó calculando la cantidad de agua que contiene el suelo, cuando se pone en equilibrio con una atmósfera que tiene 98% de humedad relativa a temperatura ambiente (Gavande, 1976).
8. Por ciento de agua aprovechable gravimétrica, por diferencia entre la capacidad de campo y el coeficiente higroscópico (Richards, 1954).

9. Por ciento de agua aprovechable volumétrica, mediante el por ciento de agua aprovechable gravimétrica y la densidad aparente del suelo (Richards, 1954).

Análisis químicos:

1. pH, se determinó utilizando el potenciómetro marca "Corning", usando una suspensión de suelo-agua en relación 1:2.5 (in Jackson, 1976).

2. Conductividad eléctrica, utilizando un puente de conductividad eléctrica marca "Philips" PR9501, en una suspensión de suelo-agua en relación 1:2.5, considerando que los suelos no tenían problemas de salinidad (Richards, 1954).

3. Materia orgánica, analizada por el método de Walckley y Black (1934).

4. Capacidad de intercambio catiónico total, por centrifugación, saturando el suelo con acetato de potasio 1 N a pH 7, lavando con alcohol etílico y saturando nuevamente, con acetato de amonio 1 N a pH 7, y determinando la capacidad de intercambio catiónico total por flamometría (Richards, 1954).

5. Fósforo asimilable, mediante el método de Olsen, por la técnica del ácido ascórbico (Watanabe et al., 1965).

6. Nitrógeno total, determinado por el método de Kjeldahl (in Jackson, 1976).

6.4 Trabajo final de gabinete

Disponiendo de todos los datos de campo y laboratorio, así como de la fotointerpretación de las fotos aéreas, se prosiguió a elaborar el informe y un mapa de aptitud de las tierras para fines agrícolas en la zona de estudio.

7. RESULTADOS: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La siguiente agrupación y discusión de los resultados, tiene como objetivo primordial darle un sentido más claro y ordenado.

Se eligieron para discutir principalmente cuatro cualidades importantes de las tierras desde el punto de vista de la aptitud de las tierras con fines agrícolas: drenaje, humedad, erodibilidad y fertilidad potencial.

Así por ejemplo, el drenaje está relacionado íntimamente con la aireación del suelo, intercambio de gases entre las atmósferas del aire y del suelo, para proveer de un ambiente favorable al crecimiento de las raíces y de la actividad microbiana. En el caso de la humedad, la presencia de agua suficiente en el suelo es vital para el crecimiento de las plantas, no sólo porque éstas la necesitan para llevar a cabo procesos fisiológicos sino también porque el agua contiene nutrientes en solución. La capacidad de humedad del suelo así para almacenar agua depende de su profundidad, textura, estructura y otras propiedades. La erodibilidad esta definida como la resistencia que presenta el suelo a la disgregación y el transporte del material que lo constituye. Aunque es sabido que la resistencia del suelo a la erosión depende (parcialmente) de la posición topográfica, pendiente y degradación por el hombre, las propiedades del suelo en sí, son también muy importantes. La erodibilidad varía con la textura del suelo, estabilidad de agregados, resistencia al corte, capacidad de infiltración, contenido de materia orgánica y características químicas del suelo. Para la fertilidad potencial, el grado de disminución de la misma depende de las características del suelo (contenido en humus, nitrógeno y otros elementos nutritivos, contenido de arcilla, pH, grado de agregación de las partículas, número y actividad de los microorganismos), de la secuencia o rotación de los cultivos (los monocultivos llevan a una degradación acelerada), de la intensidad

de explotación y de las prácticas de cultivo y control de la erosión utilizadas y desarrolladas.

A continuación se presentan las características físicas y químicas seleccionadas para llevar a cabo la discusión de cada una de las cualidades de las tierras antes mencionadas (ver tabla 7.1).

Cualidad	Características físicas y químicas
Drenaje	Geoforma, horizontes, textura, estructura, porosidad, permeabilidad.
Humedad	Geoforma, horizontes, profundidad efectiva, textura, estructura, permeabilidad, agua aprovechable.
Erodibilidad	Geoforma, textura, estructura, permeabilidad, materia orgánica.
Fertilidad potencial	Materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico total, nitrógeno y fósforo.

Tabla 7.1

Tomando en cuenta factores del medio ambiente (clima, geología, geoforma, suelo) semejantes, de un total de 31 perfiles realizados, estos se dividieron en cuatro grupos (ver tabla 7.2).

Grupo	Perfil*
I	26B, 28, 31, 33, 34A, 35, 38, 41, 42, 43, 44, 45, 49, 49A, 50 y 51
II	46, 47A, 47B, 47C, 52, 53, y 54A
III	36, 39, 50A y 56A
IV	30, 34, 40 y 55

Tabla 7.2

Posteriormente, se presentan algunos datos de campo, resultados de los análisis físicos y químicos, así como la discusión, correspondiente a dichos grupos.

La ausencia de resultados de agua aprovechable, nitrógeno y fósforo de la mayoría de los perfiles, se debe principalmente al alto costo que significa; por lo que se eligieron fundamentalmente para realizarles dichas propiedades, a los perfiles más representativos del lugar.

*Nota: Ver figuras 4.2, 4.4 y 7.1.

Grupo I Perfil: 26B

Localización: El Zacatal Pendiente: ± 2%

Uso del suelo: Cult. de trigo **Material parental: Aluvial

* Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle

** Suelo: Vertisol ***Estructura: Angular

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:

Profundidad (cm)

Arcilla (%)

Limo (%)

Arena (%)

Clase textural

Densidad ap. (g/cm³)

Densidad re. (g/cm³)

Porosidad (%)

Permeabilidad (cm/h)

Agua aprovechable (%)

pH (1:2.5)

C.E. (mmhos/cm²)

Materia orgánica (%)

CICT (meq/100 g)

Nitrógeno (%)

Fósforo (kg/ha)

	Ap	A ₁	A ₁₁	
Profundidad (cm)	0-40	40-80	80-130	
Arcilla (%)	47	37	56	
Limo (%)	44	48	36	
Arena (%)	9	15	8	
Clase textural	Arcillo li- moso	Migajón arcil- lo-limoso	Arcilla	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.12	1.02	1.05	
Densidad re. (g/cm ³)	2.53	2.52	2.45	
Porosidad (%)	55.49	59.52	57.14	
Permeabilidad (cm/h)	<0.36	<0.36	<0.36	
Agua aprovechable (%)	---	---	---	
pH (1:2.5)	7.9	8.4	8.5	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.32	0.55	0.82	
Materia orgánica (%)	1.68	1.37	0.75	
CICT (meq/100 g)	35.12	15.38	32.82	
Nitrógeno (%)	---	---	---	
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.4

Grupo I Perfil: 28

Localización: Rancho Nombre de Dios Pendiente: + 25

Uso del suelo: Cult. de trigo **Material parental: Aluvial

* Clima: (A)C(w_o)(w)a(c)g Geoforma: Valle

** Suelo: Vertisol ***Estructura: Angular

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:

Profundidad (cm)

Arcilla (%)

Limo (%)

Arena (%)

Clase textural

Densidad ap. (g/cm³)Densidad re. (g/cm³)

Porosidad (%)

Permeabilidad (cm/h)

Agua aprovechable (%)

pH (1:2.5)

C.E. (mmhos/cm²)

Materia orgánica (%)

CICT (meq/100 g)

Nitrógeno (%)

Fósforo (kg/ha)

Horizontes	Ap	A ₁		
Profundidad (cm)	0-35	35-70		
Arcilla (%)	47	46		
Limo (%)	40	38		
Arena (%)	13	16		
Clase textural	Arcilla	Arcilla		
Densidad ap. (g/cm ³)	1.06	1.19		
Densidad re. (g/cm ³)	2.48	2.47		
Porosidad (%)	57.25	51.82		
Permeabilidad (cm/h)	0.49	<0.36		
Agua aprovechable (%)	37.63	49.15		
pH (1:2.5)	8.4	8.0		
C.E. (mmhos/cm ²)	0.75	0.37		
Materia orgánica (%)	1.86	1.00		
CICT (meq/100 g)	24.61	28.97		
Nitrógeno (%)	---	---		
Fósforo (kg/ha)	---	---		

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.5

Grupo I

Perfil: 31Localización: La Reserva Pendiente: ± 2%Uso del suelo: Vegetación nat. **Material parental: Aluvial* Clima: (A)C(w_n)(w)a(e)g Geoforma: Valle** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:

Profundidad (cm)

Arcilla (%)

Limo (%)

Arena (%)

Clase textural

Densidad ap. (g/cm³)Densidad re. (g/cm³)

Porosidad (%)

Permeabilidad (cm/h)

Agua aprovechable (%)

pH (1:2.5)

C.E. (mmh₂O/cm²)

Materia orgánica (%)

CICT (meq/100 g)

Nitrógeno (%)

Fósforo (kg/ha)

	A ₁	A ₁₁	AC	C
Profundidad (cm)	0-22	22-57	57-80	80-110
Arcilla (%)	39	42	44	25
Limo (%)	46	43	40	57
Arena (%)	15	15	16	18
Clase textural	Migajón arcillo-limoso	Arcillo-limoso	Arcillo-limoso	Migajón limoso
Densidad ap. (g/cm ³)	1.14	0.94	0.92	1.02
Densidad re. (g/cm ³)	2.26	2.24	2.24	2.24
Porosidad (%)	49.55	58.03	58.92	44.65
Permeabilidad (cm/h)	<0.36	<0.36	<0.36	<0.36
Agua aprovechable (%)	43.90	48.22	50.79	---
pH (1:2.5)	8.3	9.2	9.1	8.8
C.E. (mmh ₂ O/cm ²)	0.45	1.3	1.1	0.87
Materia orgánica (%)	2.23	0.82	0.57	0.57
CICT (meq/100 g)	9.74	24.10	29.48	19.74
Nitrógeno (%)	0.1320	0.1108	---	---
Fósforo (kg/ha)	120.384	134.232	---	---

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo I Perfil: 33

Localización: El Bural Pendiente: ± 2%

Uso del suelo: Vegetación nat. **Material parental: Arenisca-T

* Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Vaile

** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:
 Profundidad (cm)
 Arcilla (%)
 Limo (%)
 Arena (%)
 Clase textural
 Densidad ap. (g/cm³)
 Densidad re. (g/cm³)
 Porosidad (%)
 Permeabilidad (cm/h)
 Agua aprovechable (%)
 pH (1:2.5)
 C.E. (mmhos/cm²)
 Materia orgánica (%)
 CICT (meq/100 g)
 Nitrógeno (%)
 Fósforo (kg/ha)

	A ₁	A ₁₁	AC
Profundidad (cm)	0-25	25-50	50-100
Arcilla (%)	36	23	16
Limo (%)	41	55	56
Arena (%)	23	22	28
Clase textural	Migajón arcilloso	Migajón limoso	Migajón limoso
Densidad ap. (g/cm ³)	1.01	0.94	0.95
Densidad re. (g/cm ³)	1.93	2.37	2.14
Porosidad (%)	47.66	60.33	55.60
Permeabilidad (cm/h)	1.07	<0.36	0.58
Agua aprovechable (%)	26.02	35.41	---
pH (1:2.5)	7.5	8.4	8.6
C.E. (mmhos/cm ²)	0.35	0.49	0.54
Materia orgánica (%)	0.75	0.69	0.14
CICT (meq/100 g)	13.58	17.69	14.10
Nitrógeno (%)	0.1056	0.0897	---
Fósforo (kg/ha)	90.90	108.28	---

- * Según carta climática de CETENAL (1970).
- ** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).
- *** Horizonte superficial del perfil.

Grupo I Perfil: 34A
 Localización: La Providencia Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Cult. de trigo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(c)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	A ₁	AC	C
Profundidad (cm)	0-30	30-80	80-100	100-140
Arcilla (%)	41	57	21	13
Limo (%)	48	30	58	55
Arena (%)	11	13	21	32
Clase textural	Arcillo-limoso	Arcilla	Migajón limoso	Migajón limoso
Densidad ap. (g/cm ³)	1.02	1.09	1.00	1.00
Densidad re. (g/cm ³)	2.33	2.59	2.48	2.33
Porosidad (%)	56.22	57.91	59.67	57.08
Permeabilidad (cm/h)	<0.36	<0.36	<0.36	<0.36
Agua aprovechable (%)	45.30	70.59	---	---
pH (1:2.5)	8.3	8.6	8.8	8.8
C.E. (mmhos/cm ²)	0.42	0.81	0.78	0.55
Materia orgánica (%)	1.31	0.69	0.45	0.14
CICT (meq/100 g)	11.02	11.79	8.97	6.66
Nitrógeno (%)	---	---	---	---
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	---

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.8

Grupo I Perfil: 35

Localización: La Descubridora Pendiente: ± 2%

Uso del suelo: Cult. de maíz **Material parental: Aluvial

* Clima: (A)C(w_p)(w)a(e)g Geoforma: Valle

** Suelo: Vertisol ***Estructura: Subangular

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	A ₁	A ₁₁	
Profundidad (cm)	0-26	26-65	65-100	
Arcilla (%)	32	34	32	
Limo (%)	38	38	42	
Arena (%)	30	28	26	
Clase textural	Migajón arcilloso	Migajón arcilloso	Migajón arcilloso	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.11	1.05	1.01	
Densidad re. (g/cm ³)	2.25	2.38	2.44	
Porosidad (%)	50.26	55.88	58.52	
Permeabilidad (cm/h)	<0.36	<0.36	<0.36	
Agua aprovechable (%)	41.20	39.55	---	
pH (1:2.5)	7.6	7.8	7.9	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.34	0.24	0.25	
Materia orgánica (%)	1.18	1.12	1.12	
CICT (meq/100 g)	21.53	21.02	19.48	
Nitrógeno (%)	0.0870	0.0739	---	
Fósforo (kg/ha)	159.3072	221.13	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo I Perfil: 38
 Localización: Granja San Jorge Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Cultivo de maíz y trigo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Vertisol ***Estructura: Subangular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:
 Profundidad (cm)
 Arcilla (%)
 Limo (%)
 Arena (%)
 Clase textural
 Densidad ap. (g/cm³)
 Densidad re. (g/cm³)
 Porosidad (%)
 Permeabilidad (cm/h)
 Agua aprovechable (%)
 pH (1:2.5)
 C.E. (mmhos/cm²)
 Materia orgánica (%)
 CICT (meq/100 g)
 Nitrógeno (%)
 Fósforo (kg/ha)

Ap	A ₁		
0-35	35-80		
63	57		
33	40		
4	3		
Arcilla	Arcilla		
1.08	1.09		
2.33	2.59		
53.64	57.91		
<0.36	<0.36		
---	---		
7.8	7.7		
0.29	0.42		
2.32	1.26		
32.82	41.02		
---	---		
---	---		

* Según carta climática de CETENAL (1970).
 ** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).
 *** Horizonte superficial del perfil.

Grupo I Perfil: 41
 Localización: El Carmen Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Cult. de trigo **Material parental: Arenisca-T
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:
 Profundidad (cm)
 Arcilla (%)
 Limo (%)
 Arena (%)
 Clase textural
 Densidad ap. (g/cm³)
 Densidad re. (g/cm³)
 Porosidad (%)
 Permeabilidad (cm/h)
 Agua aprovechable (%)
 pH (1:2.5)
 C.E. (mmhos/cm²)
 Materia orgánica (%)
 CICT (meq/100 g)
 Nitrógeno (%)
 Fósforo (kg/ha)

Ap	AC		
0-20	20-83		
24	34		
50	57		
26	19		
Migajón limoso	Migajón arcilloso-limoso		
1.02	1.15		
2.39	2.62		
57.32	56.10		
0.91	40.36		
---	---		
8.3	8.2		
0.50	0.29		
2.25	0.32		
30.00	30.50		
---	---		
---	---		

* Según carta climática de CETENAL (1970).
 ** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).
 *** Horizonte superficial del perfil.

Grupo I Perfil: 42
 Localización: Los Arcos Pendiente: † 2%
 Uso del suelo: Cultivo de maíz** y sorgo Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w_o)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	A ₁	A ₁₁	
Profundidad (cm)	0-53	53-67	67-96	
Arcilla (%)	33	35	19	
Limo (%)	44	45	58	
Arena (%)	23	20	23	
Clase textual	Migajón arcilloso	Migajón arcillo-limoso	Migajón limoso	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.02	1.00	1.00	
Densidad re. (g/cm ³)	2.42	2.31	2.47	
Porosidad (%)	57.85	56.70	59.51	
Permeabilidad (cm/h)	0.41	<0.36	4.31	
Agua aprovechable (%)	38.23	39.80	---	
pH (1:2.5)	7.7	8.3	8.3	
G.E. (mmhos/cm ²)	0.25	1.30	0.31	
Materia orgánica (%)	1.80	0.69	0.32	
CICT (meq/100 g)	20.25	18.97	16.92	
Nitrógeno (%)	---	---	---	
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.12

Grupo I Perfil: 43

Localización: Vallado de Funis Pendiente: † 2%

Uso del suelo: Incorporación al cultivo **Material parental: Aluvial

* Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle

** Suelo: Vertisol ***Estructura: Angular

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	A ₁	A ₁₁	C	
Profundidad (cm)	0-52	52-70	70-83	
Arcilla (%)	52	38	4	
Limo (%)	42	28	66	
Arena (%)	26	54	30	
Clase textural	Migajón arcilloso	Migajón arenoso	Migajón limoso	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.10	0.95	1.00	
Densidad re. (g/cm ³)	2.39	2.35	2.31	
Porosidad (%)	53.97	59.57	56.70	
Permeabilidad (cm/h)	< 0.36	0.99	< 0.36	
Agua aprovechable (%)	---	---	---	
pH (1:2.5)	7.9	8.1	8.2	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.22	0.29	0.35	
Materia orgánica (%)	0.90	0.37	0.14	
CICT (meq/100 g)	34.87	24.10	23.07	
Nitrógeno (%)	---	---	---	
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.13

Grupo I Perfil: 44

Localización: El Pedernal Pendiente: + 25

Uso del suelo: Incorporación al cultivo **Material parental: Aluvial

* Clima: (A)C(w_o)(w)a(e)g Geoforma: Valle

** Suelo: Vertisol ***Estructura: Angular

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	A ₁	A ₁₁	AC	C
Profundidad (cm)	0-30	30-95	95-125	125-180
Arcilla (%)	41	27	14	8
Limo (%)	42	48	60	50
Arena (%)	17	25	26	42
Clase textural	Arcillo-limoso	Migajón	Migajón limoso	Migajón limoso
Densidad ap. (g/cm ³)	1.11	1.05	1.09	1.07
Densidad re. (g/cm ³)	2.01	2.10	2.16	2.10
Porosidad (%)	47.14	50.00	49.53	49.04
Permeabilidad (cm/h)	0.66	< 0.36	0.58	4.47
Agua aprovechable (%)	48.86	33.58	---	---
pH (1:2.5)	7.5	7.8	8.2	7.9
C.E. (mmhos/cm ²)	0.20	0.37	0.38	0.69
Materia orgánica (%)	1.72	1.28	0.21	0.13
CICT (meq/100 g)	20.25	11.02	25.38	39.48
Nitrógeno (%)	0.1003	---	---	---
Fósforo (kg/ha)	131.868	---	---	---

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo 1 Perfil: 45
 Localización: El Pedernal Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Incorporación al cultivo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Vertisol ***Estructura: Prismática
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:

Profundidad (cm)
 Arcilla (%)
 Limo (%)
 Arena (%)
 Clase textural
 Densidad ap. (g/cm³)
 Densidad re. (g/cm³)
 Porosidad (%)
 Permeabilidad (cm/h)
 Agua aprovechable (%)
 pH (1:2.5)
 C.E. (mmhos/cm²)
 Materia orgánica (%)
 CICT (meq/100 g)
 Nitrógeno (%)
 Fósforo (kg/ha)

A ₁	A ₁₁	C	
0-15	15-50	50-70	
47	30	17	
40	47	54	
13	23	29	
Arcilla	Migajón arcilloso	Migajón limoso	
1.12	1.10	0.96	
2.45	2.45	2.42	
53.90	55.10	60.33	
<0.36	<0.36	<0.36	
---	---	---	
7.8	8.2	8.9	
1.20	0.37	1.40	
1.86	1.47	1.03	
23.58	36.66	17.17	
---	---	---	
---	---	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo I Perfil: 49
 Localización: Chancaca Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Cult. de sorgo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geforma: Valle
 ** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	A ₁	A ₁₁	
Profundidad (cm)	0-30	30-65	65-80	
Arcilla (%)	52	59	53	
Limo (%)	33	33	36	
Arena (%)	15	8	11	
Clase textural	Arcilla	Arcilla	Arcilla	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.05	1.09	1.11	
Densidad re. (g/cm ³)	2.29	2.34	2.39	
Porosidad (%)	54.14	53.34	53.55	
Permeabilidad (cm/h)	1.65	<0.36	<0.36	
Agua aprovechable (%)	41.65	46.73	---	
pH (1:2.5)	7.5	7.3	8.0	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.21	0.16	0.34	
Materia orgánica (%)	3.26	1.51	0.99	
CICT (meq/100 g)	22.82	21.02	34.35	
Nitrógeno (%)	---	---	---	
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo 1 Perfil: 49A
 Localización: Las Tablas Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Cult. de sorgo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Vertisol ***Estructura: Subangular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	A ₁	A ₁₁	AC
Profundidad (cm)	0-30	30-65	65-85	85-115
Arcilla (%)	55	54	31	3
Limo (%)	31	38	50	36
Arena (%)	14	8	19	61
Clase textual	Arcilla	Arcilla	Migajón arcillo-limoso	Migajón arenoso
Densidad ap. (g/cm ³)	1.15	1.02	1.02	1.01
Densidad re. (g/cm ³)	2.44	2.50	2.53	2.65
Porosidad (%)	52.86	59.20	59.68	54.50
Permeabilidad (cm/h)	< 0.36	< 0.36	< 0.36	2.65
Agua aprovechable (%)	---	---	---	---
pH (1:2.5)	7.1	7.9	8.2	8.0
C.E. (mmhos/cm ²)	0.28	0.35	0.38	0.32
Materia orgánica (%)	2.46	1.40	0.73	0.40
CICT (meq/100 g)	24.61	37.43	11.53	16.15
Nitrógeno (%)	---	---	---	---
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	---

* Según carta climática de CETENAL (1970).
 ** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).
 *** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.17

Grupo 1 Perfil: 50

Localización: La Alameda Pendiente: $\pm 2\%$

Uso del suelo: Vegetación nat. **Material parental: Aluvial

* Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle

** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular

Observaciones:

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	A ₁	A ₁₁	AC
Profundidad (cm)	0-27	27-67	67-110
Arcilla (%)	19	30	32
Limo (%)	44	39	41
Arena (%)	37	31	27
Clase textural	Migajón	Migajón arcilloso	Migajón arcilloso
Densidad ap. (g/cm ³)	1.06	1.15	1.13
Densidad re. (g/cm ³)	2.32	2.43	2.04
Porosidad (%)	54.31	52.67	44.60
Permeabilidad (cm/h)	1.16	<0.36	<0.36
Agua aprovechable (%)	---	---	---
pH (1:2.5)	7.4	7.6	7.4
C.E. (mmhos/cm ²)	0.17	0.10	0.12
Materia orgánica (%)	3.58	1.07	0.73
CICT (meq/100 g)	24.10	12.05	13.58
Nitrógeno (%)	---	---	---
Fósforo (kg/ha)	---	---	---

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo I Perfil: 51
 Localización: San Juan Pendiente: 2°
 Uso del suelo: Cult. de trigo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Vertisol ***Estructura: Subangular
 Observaciones:

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:

Profundidad (cm)

Arcilla (%)

Limo (%)

Arena (%)

Clase textural

Densidad ap. (g/cm³)

Densidad re. (g/cm³)

Porosidad (%)

Permeabilidad (cm/h)

Agua aprovechable (%)

pH (1:2.5)

C.E. (mmhos/cm²)

Materia orgánica (%)

CICT (meq/100 g)

Nitrógeno (%)

Fósforo (kg/ha)

Horizontes:	Ap	A ₁	A ₁₁	
Profundidad (cm)	0-30	30-65	65-80	
Arcilla (%)	20	32	19	
Limo (%)	46	42	55	
Arena (%)	34	26	26	
Clase textural	Migajón	Migajón arcilloso	Migajón limoso	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.16	1.07	1.05	
Densidad re. (g/cm ³)	2.24	2.39	2.12	
Porosidad (%)	48.21	55.23	50.47	
Permeabilidad (cm/h)	< 0.36	< 0.36	< 0.36	
Agua aprovechable (%)	39.30	33.05	---	
pH (1:2.5)	7.9	7.6	8.1	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.16	0.12	1.2	
Materia orgánica (%)	1.72	1.31	1.06	
CICT (meq/100 g)	12.82	12.82	25.38	
Nitrógeno (%)	0.1056	---	---	
Fósforo (kg/ha)	187.92	202.25	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

DRENAJE

Grupo: I

Geoforma: valle

Localmente, la geoforma es talvez el factor que más frecuentemente causa diferencias del suelo. También tiene que ver con el valor agrícola de la tierra, debido a que está relacionada, no solamente con condiciones internas y externas de drenaje, sino también con la facilidad para realizar operaciones de labranza (Millar, 1980).

Los perfiles de este grupo se encuentran en una geoforma de valle, con una pendiente muy ligera y con una máxima de 2%; por lo tanto, el escurrimiento sobre la superficie del terreno es casi nulo, de modo que, el agua drenará principalmente a través del perfil. Según Thompson (1980), los suelos en geoformas planas tienen a presentar dificultades de drenaje, tanto interno como externo. Además, debido a su posición topográfica situados en las partes bajas, los suelos con un drenaje pobre, reciben tanto materia orgánica como mineral de las laderas adyacentes (Millar, 1980).

Los porcentajes extremos de las particulares minerales a lo largo de los perfiles de este grupo, fueron de: 20 y 63% de arcilla, 31 y 50% de limo, 4 y 34% de arena, para el horizonte Ap; 19 y 59% de arcilla, 30 y 48% de limo, 3 y 37% de arena, para el horizonte A₁; 18 y 56% de arcilla, 28 y 58% de limo, 8 y 54 de arena, para el horizonte A₁₁; 3 y 44% de arcilla, 36 y 60% de limo, 16 y 61% de arena, para el horizonte AC; 8 y 25% de arcilla, 50 y 57% de limo, 18 y 42% de arena, para el horizonte C.

La clasificación textural que se presenta en el horizonte superficial de estos suelos es: arcilla, para los perfiles 28, 38, 45, 49 y 49A (con contenidos de 47, 63, 47, 52 y 55% de arcilla, respectivamente); migajón arcilloso, para los perfiles 33, 35, 42 y 43 (con contenidos de 36, 32, 33 y 32% de arcilla, respectiva-

mente); arcilla-limosa, para los perfiles 26B, 34A y 44 (con contenidos de 47, 41 y 41% de arcilla, respectivamente); migajón, para los perfiles 50 y 51 (con contenidos de 19 y 20% de arcilla, respectivamente); migajón arcillo-limoso, para el perfil 31 (con un 39% de arcilla); y por último, la textura de migajón limoso, para el perfil 41 (con un 24% de arcilla). Como se puede observar, 13 de los 16 perfiles existentes en este grupo, presentan un porcentaje elevado de arcilla (mayor al 30%), como para influir de manera importante y decisiva en las propiedades físicas y químicas del suelo.

Debido a que las partículas de arcilla tienen un área superficial más grande que las partículas de limo o arena, las partículas de arcilla retienen más agua y minerales que las de limo o arena (Kramer, 1974). Además, el laboreo de estos suelos arcillosos requerirá de mucho más fuerza que si se tratara de suelos francos o arenosos, a este hecho se debe el calificativo de "pesados" que se da a los suelos ricos en arcilla (Thompson, 1980). También, un elevado contenido de arcilla reducirá seriamente la penetración de aire, agua y raíces.

La estructura del suelo es de gran importancia, ya que ningún sistema de agricultura puede ser permanente si no se mantiene una adecuada estructura del suelo (Russell, 1968). El grado de estructura que existe en un suelo afecta a la cantidad y las dimensiones de los poros, y por lo tanto, afecta muchísimo al movimiento del agua y la aireación del suelo (Kramer, 1974).

La estructura que presentan estos suelos en el horizonte superficial, es de: granular, para los perfiles 31, 33, 34A, 41, 42, 49 y 50; subangular, para los perfiles 35, 38, 49A y 51; angular, para los perfiles 26B, 28, 43 y 44; y prismática, para el perfil 45. Como se podrá observar, la estructura que predomina en el horizonte superficial de estos perfiles es la granular. Esta estructura es característica de las tierras que se utilizan para el labo-

reo agrícola; además, es la ideal para los terrenos de cultivo, ya que facilita la aireación y el movimiento del agua, aunque los contenidos de arcilla sean elevados (Millar, 1980). También, un suelo pesado bien granulado, posee muchas de las cualidades favorables de un suelo arenoso, sin sus inconvenientes en lo que se refiere a la desecación (Gustafson, 1957).

El otro tipo de estructura que se presenta en el horizonte superficial, es la estructura en bloques (angular y subangular), que puede presentarse indistintamente en los horizontes A y B; aunque la estructura angular principalmente se encuentra en el horizonte B (Thompson, 1980). La existencia de la estructura en bloques en el horizonte Ap de estos suelos (como el 26B, 28, 35, 38, 49A y 51), quizás, se deba principalmente a que son terrenos cultivados continuamente por maquinaria agrícola pesada, lo que hace a estos suelos compactos y con este tipo de estructura.

La estructura prismática existente en el perfil 45, posiblemente se deba al alto contenido de arcilla; ya que es característica de muchos suelos pesados (Russell, 1968).

El espacio poroso tiene influencia en el movimiento, retención y almacenamiento del agua en los suelos. El espacio poroso es de vital importancia para el cultivo de las plantas, porque debe acomodar el agua y a los gases requeridos por la planta, así como a las raíces de las plantas, sin que ninguno de los tres desaloje a los otros (Burgess y Ayres, 1960).

Los valores extremos de los porcentajes de espacio poroso de los diferentes horizontes de los perfiles de este grupo, fueron de: 48.21 y 57.85% para el horizonte Ap; 47.14 y 54.31% para el horizonte A₁ (superficial); 51.82 y 59.52% para el horizonte A₁ (subyacente); 50.00 y 60.33% para el horizonte A₁₁; 44.60 y 59.67% para el horizonte AC; 44.65 y 60.33% para el horizonte C. Estos

resultados, principalmente los del horizonte superficial, son consecuencia primordial de la estructura que presentan estos suelos. Por ejemplo: el perfil 51 tiene el porcentaje de espacio poroso menor de todos los horizontes Ap, y que es de 48.21%, con una estructura subangular; el perfil 42 tiene el porcentaje de espacio poroso mayor de todos los horizontes Ap, y que es de 57.85%, con una estructura granular; al igual sucede con los porcentajes extremos de espacio poroso del horizonte A₁ superficial (ver tablas 7.13 y 7.17).

Debido a que, son suelos predominantemente arcillosos, estos tienen un gran número de poros pequeños, y por lo tanto, poseen la capacidad de retener grandes cantidades de agua; pero también habrá fuerzas que se opongan a la extracción de la humedad por las plantas (Withers, 1978).

La permeabilidad de los suelos depende en gran parte de las relaciones recíprocas entre las características de los suelos, como la textura, la estructura, estabilidad bajo el agua de los agregados y de la naturaleza de los iones intercambiables (Thorne, 1980).

La permeabilidad existente en el horizonte superficial es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para los perfiles 26B, 31, 34A, 35, 38, 43, 45, 49A y 51; de 0.49, 1.07, 0.91, 0.41, 0.66, 1.65 y de 1.16 cm/h (poco permeables), para los perfiles 28, 33, 41, 42, 44, 49 y 50, respectivamente; para el horizonte A₁ subyacente, es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para todos los perfiles que presentan este tipo de horizonte, y que son: el 26B, 28, 34A, 35, 38, 42, 45, 49, 49A y 51; en el horizonte A₁₁, es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para los perfiles 26B, 31, 33, 34A, 35, 44, 49, 49A, 50 y 51; de 0.99 cm/h (poco permeable), para el perfil 43; y de 4.31 cm/h (medio permeable), para el perfil 42.

La baja permeabilidad existente en estos perfiles a lo largo de los mismos, se debe principalmente a su textura; ya que presentan altos contenidos de arcilla que impiden el libre movimiento del agua, a través del perfil, al retenerla con la suficiente fuerza como para no dejarla drenar libremente. Aunado a esto, la estructura granular que presentan algunos perfiles de este grupo (como es el caso del perfil 31 y 34A) en el horizonte superficial, no es suficiente para permitir que la infiltración se realice con la rapidez conveniente, por lo tanto, estos suelos tendrán un drenaje lento (a través del perfil, debido a su geoforma de valle), ya que el agua los atravesará muy lentamente, pudiendo permanecer saturados de agua durante tiempos considerables (Thompson, 1980).

H U M E D A D

La geoforma ejerce su efecto principal sobre el desarrollo del suelo mediante su influencia en los movimientos del agua. La geoforma además, es un factor edáfico, principalmente porque afecta los factores climáticos tales como la temperatura y el régimen de humedad-aire en el suelo (Robinson, 1960).

La profundidad efectiva del suelo, es la profundidad de capas del suelo más favorables para el crecimiento de las raíces y para el almacenaje de humedad para las plantas (Stallings, 1981).

Como los perfiles de este grupo se encuentran ubicados en una geoforma de valle, con una pendiente que va de muy ligera a casi nula (con un 2% como máxima), la profundidad efectiva que desarrollan estos perfiles, es de: 130 cm para el perfil 26B; 125 cm para el perfil 44; 115 cm para el perfil 49A; 110 cm para el perfil 50; 100 cm para los perfiles 33, 34A y 35; 90 cm para el perfil 42; 83 cm para el perfil 41; 80 cm para los perfiles 31, 38, 49 y 51; 70 cm para los perfiles 28 y 43; y por último, 50 cm para el perfil 45. Según Stallings (1981), los perfiles 26B, 33, 34A, 35,

44, 49A y 50, se encuentran clasificados como profundos; los perfiles 28, 31, 38, 41, 42, 43, 49 y 51, como moderadamente profundos; y por último, el perfil 45 se encuentra clasificado como poco profundo. Por lo tanto, la profundidad efectiva que presentan estos perfiles (a excepción del perfil 45), les confiere la posibilidad de que las plantas que se encuentren en estos suelos, tengan una amplia zona para la ocupación de sus raíces, así como una mayor capacidad de los suelos, para almacenar agua y nutrientes (Thompson, 1980).

Como se dijo anteriormente, 13 de los 16 perfiles existentes en este grupo, presentan un porcentaje elevado de arcilla (mayor al 30%), lo que influye de manera muy importante y decisiva en las propiedades físicas y químicas de estos suelos.

Débito al alto contenido de arcilla, estos suelos se caracterizan por tener una buena capacidad de retención de agua contra la fuerza de gravedad, fundamentalmente porque presentan una gran superficie de contacto que puede recubrirse de agua (Thompson, 1980); es decir, tienen una elevada capacidad de retención de agua, aunque su aireación no sea eficiente. Por lo tanto, la penetración de las raíces se verá limitada por la compacidad y escasa aireación de estos suelos.

La estructura del suelo influye principalmente sobre las plantas de un modo indirecto. Junto con la granulación, es decisiva para las posibilidades de ocupación de las raíces (fijación, accesibilidad de agua y nutrientes), para las economías hídrica, calórica y del aire, así como para la actividad biológica (Braun Blanquet, 1979).

La estructura que presentan estos suelos en el horizonte superficial, es de: granular, para los perfiles 31, 33, 34A, 41, 42, 49 y 50; subangular, para los perfiles 35, 38, 49A y 51; angular,

para los perfiles 26B, 28, 43 y 44; y prismática, para el perfil 45. Como se puede observar, la estructura que predomina en estos perfiles, es la granular. Este tipo de estructura, cuando existe en los suelos arcillosos impermeables (como en este caso), es de gran importancia, debido a que presentan una buena porosidad, que permite que el suelo permanezca razonablemente bien aireado; forma espacios en los cuales viven y se desarrollan las raíces y raicillas de las plantas; permite el transporte al subsuelo de suelo superficial grumoso y fértil; y cuando el suelo se cultiva con un contenido de humedad adecuado, forma los planos débiles que permiten el desmenuzamiento de los terrones más grandes dando una superficie de laboreo de terrones finos (Russell, 1968). Además, en un suelo pesado bien granulado, el agua absorbida queda retenida por mucho tiempo, para ser utilizada por las plantas cultivadas (Gustafson, 1957).

La estructura en bloques (angular y subangular), puede presentarse indistintamente en los horizontes A y B; aunque la estructura angular principalmente se encuentra en el horizonte B de suelos de textura fina (Black, 1975). La existencia de la estructura en bloques en el horizonte Ap de los perfiles 26B, 28, 35, 38, 49A y 51, quizás se deba principalmente, a que son terrenos cultivados continuamente por maquinaria agrícola pesada, lo que hace a estos suelos compactos y con este tipo de estructura.

La estructura prismática existente en el perfil 45, posiblemente sea el resultado de la contracción durante la desecación de las arcillas muy dispersadas (Robinson, 1960).

La textura es uno de los principales factores que determinan la permeabilidad del suelo y su susceptibilidad al drenaje (Burgess y Ayres, 1960). Además, la permeabilidad del suelo varía inversamente a la textura de ese suelo; así tenemos que, cuanto más fina sea la textura, más lenta será la permeabilidad. Esto se debe a

que en un suelo con este tipo de textura, los pequeños espacios intersticiales oponen resistencia considerable a la velocidad de movimiento en masa del agua a través del suelo (Daubenmire, 1979).

La permeabilidad existente en el horizonte superficial es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para los perfiles 26B, 31, 34A, 35, 38, 43, 45, 49A y 51: de 0.49, 1.07, 0.91, 0.41, 0.66, 1.65 y de 1.16 cm/h (poco permeables), para los perfiles 28, 33, 41, 42, 44, 49 y 50 respectivamente; para el horizonte A_1 subyacente, es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para todos los perfiles que presentan este tipo de horizonte y que son el 26B, 28, 34A, 35, 38, 42, 45, 49, 49A y 51; en el horizonte A_{11} , es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para los perfiles 26B, 31, 33, 34A, 35, 44, 49, 49A, 50 y 51; de 0.99 cm/h (poco permeable), para el perfil 43; y de 4.31 cm/h (medio permeable), para el perfil 42.

La baja permeabilidad que presentan los diferentes horizontes (a lo largo del perfil) de los perfiles de este grupo, se debe principalmente a la textura, ya que presentan altos contenidos de partículas finas. Este alto contenido argílico, y la ausencia de poros grandes, permite a estos suelos absorber y retener tanta agua, que permanecen saturados durante días y semanas después del cese de las lluvias (Thompson, 1980). Esto hace, que estos suelos tengan una buena humedad, pero ésta será un factor hasta cierto punto limitante para el desarrollo de las plantas, ya que la penetración de sus raíces se verá afectada por la falta de oxígeno para la respiración de las mismas.

La capacidad de campo es el límite superior en el que toda el agua gravitacional se drena; o sea, es la cantidad máxima de agua disponible para las plantas. El límite inferior, en el que la humedad del suelo se retiene tan firmemente que la planta no puede obtenerla con suficiente rapidez para poder sobrevivir, es el porcentaje de marchitamiento permanente. La variación del agua aprovecha-

ble para las plantas en un suelo, queda comprendida dentro de estos límites (Thorne, 1980; Withers, 1978).

El porcentaje de agua aprovechable para algunos de los perfiles de este grupo, fue de: 86.78% para el perfil 28, a una profundidad de 70 cm; de 142.91% para el perfil 31, a una profundidad de 80 cm; de 61.43% para el perfil 33, a una profundidad de 50 cm; de 115.89% para el perfil 34A, a una profundidad de 65 cm; de 78.03% para el perfil 42, a una profundidad de 67 cm; de 82.44% para el perfil 44, a una profundidad de 95 cm; de 88.38% para el perfil 49, a una profundidad de 65 cm; y de 72.35% para el perfil 51, a una profundidad de 65 cm.

Como se puede observar en estos resultados, los porcentajes de agua aprovechable que presentan estos perfiles sobrepasan la profundidad de los mismos (excepto, únicamente el perfil 44, que tiene un 82.44% de agua aprovechable, a una profundidad de 95 cm). Esto se debe principalmente a la textura que presentan estos suelos, y que es predominantemente arcillosa; además, de que por lo general, la capacidad de retener agua aprovechable para las plantas aumenta al hacerse más fina su textura (Black, 1975; Thorne, 1980). Ahora bien, este alto contenido de agua aprovechable que presentan estos suelos, les confiere buenas posibilidades de obtención de agua asimilable para las raíces de las plantas, aunque su distribución se encuentre restringida debido a la textura fina que presentan estos suelos a lo largo del perfil.

ERODIBILIDAD

La geoforma influye directamente sobre todo en las condiciones de avenamiento y con ello sobre la meteorización, humificación y percolación. Sin embargo, influye también, en gran manera sobre la erosión mecánica y la acumulación de piedras (Braun Blanquet, 1979).

Ya que los perfiles de este grupo se encuentran ubicados en una geoforma de valle, con una pendiente que va, de muy ligera a casi nula (con un 2% como máximo); estos suelos generalmente, no se erosionarán (Storie, 1970). Además, debido a la escasa pendiente que presentan estos suelos, los productos de meteorización insolubles permanecerán en el lugar de su formación, ya que prácticamente no existe un flujo superficial y, por lo tanto, no habrá erosión por agua (Braun Blanquet, 1979); y esto a su vez, permitirá la formación de suelos más profundos y diferenciados con el transcurso del tiempo (Thompson, 1980).

La capacidad de retención de agua de los suelos juega un papel muy importante en la erosión de los mismos, ya que el agua absorbida por el suelo no escurre sobre la superficie y, por lo tanto, no produce erosión (Gustafson, 1957). La capacidad de absorción y retención de agua de un suelo está relacionada con las siguientes propiedades: textura, temperatura del suelo, estratificación y estructura. La velocidad y cantidad de absorción aumentan conforme la textura del suelo se torna más gruesa u ordinaria (Gavande, 1976).

La clasificación textural de los perfiles de este grupo, que presentan cierta uniformidad en cuanto al porcentaje de partículas minerales a lo largo del perfil, es el siguiente: arcilla, para los horizontes A_p y A_1 , de los perfiles 28, 38 y 49, y el horizonte A_{11} , del perfil 49; migajón arcillo-limoso, en el horizonte A_1 , arcilla-limosa, para los horizontes A_{11} y AC, y migajón limoso, para el horizonte C, del perfil 31; migajón arcilloso, para el horizonte A_1 , y migajón limoso, para los horizontes A_{11} y AC, del perfil 33; migajón arcilloso, para los horizontes A_p , A_1 y A_{11} , del perfil 35; migajón limoso, para el horizonte A_p , y migajón arcillo-limoso, para el horizonte AC, del perfil 41; migajón arcilloso, para el horizonte A_p , migajón arcillo-limoso, para el horizonte A_1 , y migajón limoso, para el horizonte A_{11} , del perfil 42; mi-

gajón, para el horizonte A_1 , y migajón arcilloso, para los horizontes A_{11} y AC, del perfil 50. Las clasificaciones texturales para los demás perfiles de este grupo no mencionados aquí a causa de las variaciones que presentan a lo largo del perfil, y los cuales son: el perfil 26B, 34A, 43, 44, 45 y 49A y el perfil 51, pueden verse en las tablas 7.5, 7.7, 7.12, 7.13, 7.14, 7.16 y 7.18, respectivamente.

Por lo tanto, los perfiles 28, 31, 33, 35, 38, 41, 42, 49 y 50, debido a la uniformidad textural que muestran tendrán una capacidad de adsorción y retención de agua, bastante aceptable, como para no tener problemas graves de desprendimiento y transporte de las partículas más finas; como pudiera ser el caso de los perfiles 26B, 34A, 43, 44, 45 49A y 51, a causa de la variación textural y de sus partículas minerales a lo largo del perfil, que presentan estos suelos. Además, las partículas en sustratos arcillosos suelen ser difíciles de desprender (Thompson, 1980).

Por otro lado, según Evans *in* Morgan (1984), los suelos con un contenido mayor del 30% de arcilla, son más resistentes a la erosión, y los perfiles 26B, 28, 31, 33, 34A, 35, 38, 42, 43, 44, 45, 49 y 49A, presentan esta característica en su horizonte superficial.

El ambiente de las plantas se ve afectado por la estructura, porque el sistema poroso influye en la capacidad de retención de agua, la ventilación, el drenaje y las propiedades de erosión del suelo (Withers, 1978).

En estos perfiles, los tipos de estructura que se presentan en el horizonte superficial, son: granulares, para los perfiles 31, 33, 34A, 41, 42, 49 y 50; subangulares, para los perfiles 35, 38, 49A y 51; angulares, para los perfiles 26B, 28, 43, y 44; y prismática, para el perfil 45.

La estructura granular, facilita la aireación y el movimiento del agua, aunque los contenidos de arcilla sean elevados (Millar, 1980), como es el caso de los perfiles mencionados anteriormente, con este tipo de estructura. Además, si se observan los resultados de permeabilidad que presentan dichos perfiles (en las tablas 7.5, 7.6, 7.7, 7.10, 7.11, 7.15 y 7.17), se verá que estos, a causa de su estructura, presentan cierta permeabilidad en el horizonte superficial.

La estructura en bloque (angular y subangular), es una estructura más bien compacta, la cual tenderá a producir condiciones de encharcamiento y a impedir en cierto modo, el drenaje vertical; y por lo tanto, la precipitación al no poder penetrar en el suelo, se convertirá en escorrentía capaz de provocar erosión (Thompson, 1980), especialmente si la pendiente es mayor a 2%.

Baver (1932) in Gavande, indicó que la capacidad de absorción de agua, la permeabilidad, la facilidad de dispersión, el tamaño de las partículas y el grado de agregación, eran propiedades físicas importantes para determinar la erosionabilidad de los suelos.

El comportamiento de la permeabilidad de estos suelos a lo largo de los mismos, se puede observar en las tablas 7.3 a la 7.18. Como se puede observar en las tablas antes mencionadas, los perfiles 26B, 31, 34A, 35, 38, 45, 49A y 51, son impermeables en todos los horizontes que presentan; los perfiles 28, 33, 41, 42, 44, 49 y 50, su permeabilidad se reduce al aumentar la profundidad de estos; el perfil 43, es impermeable en el horizonte superficial y poco permeable en el siguiente horizonte. En otras palabras, la capa superficial de estos perfiles quedará saturada rápidamente, obstruyendo la infiltración, por lo que, gran parte de las lluvias escurrirán sobre la superficie del suelo, arrastrando las partículas de éste y provocando erosión (Ayres, 1960; Gavande, 1976).

La materia orgánica tiene alta capacidad de intercambio y participa en las reacciones de intercambio tanto de aniones como de cationes, es un regulador coloidal que aglutina los suelos arenosos para formar agregados y afloja los suelos arcillosos macizos, para que ellos formen también agregados convenientes. Mejora por lo general, las características de la retención del agua y, al mismo tiempo, produce condiciones tales que mejoran tanto la infiltración como el drenaje (Gavande 1976).

El porcentaje de materia orgánica en el horizonte superficial de estos perfiles, fue de: 1.68% para el perfil 26B, 1.86% para el perfil 28, 2.23% para el perfil 31, 0.75% para el perfil 33, 1.31% para el perfil 34A, 1.18% para el perfil 35, 2.32% para el perfil 38, 2.25% para el perfil 41, 1.80% para el perfil 42, 0.90% para el perfil 43, 1.72% para el perfil 44, 1.86% para el perfil 45, 3.26% para el perfil 49, 2.46% para el perfil 49A, 3.58% para el perfil 50, y 1.72% para el perfil 51. Según Moreno (1970), con base en los valores de los porcentajes de materia orgánica que presentan, los perfiles 26B, 34A, 42, 44 y 51, están clasificados como medianamente pobres; los perfiles 33, 35 y 43, como pobres; los perfiles 28, 31, 38, 41 y 45, como medianos; el perfil 49A, como medianamente rico; y por último, los perfiles 49 y 50, se encuentran clasificados como ricos.

Tomando en cuenta la geoforma en que se encuentran estos suelos (de valle, con un máximo de 2% de pendiente), se puede decir que los perfiles 26B, 33, 34A, 35, 42, 43, 44 y 51, tienen unos porcentajes de materia orgánica bajos. Por lo que, esta deficiencia de materia orgánica se ve reflejada notoriamente en la impermeabilidad y en la estructura predominantemente en bloques de estos perfiles (excepto los perfiles 33 y 42 que son poco permeables y de estructura granular). Esto provocará que el espacio poroso de estos suelos se tapone rápidamente provocando el consecuente escurrimiento superficial y la posible erosión de los mismos (Gavande, 1976).

Por otro lado, los perfiles 28, 31, 38, 41, 45, 49, 49A y 50, tienen porcentajes aceptables de materia orgánica; lo que se refleja, al menos en los perfiles 31, 41, 49 y 50, como una estructura favorablemente granular y cierta permeabilidad presente en los mismos; ya que la materia orgánica en los suelos pesados, como en este caso, tiende a hacer que las partículas se mantengan unidas, formando granulos que tienen un tamaño muchas veces mayor que el d₃ las partículas indiviaules que lo forman. Por lo tanto, los espacios porosos serán lo bastante grandes para que la infiltración se lleve a cabo con la rapidez conveniente, aún siendo el suelo pesado (Gustafson, 1957). Además, los suelos con contenidos de materia orgánica son mucho más resistentes a la erosión que los suelos menos esponjosos y más deficientes en materia orgánica (Bennett, 1974).

Por último, los perfiles 26B, 28, 33, 34A, 35, 42, 43, 44, 45 y 51, por no sobrepasar el 2% de materia orgánica, se pueden considerar como más fácilmente erosionables (Evans *in* Morgan, 1984), que los perfiles 31, 38, 41, 49, 49A y 50, que si sobrepasan el 2% de materia orgánica en su horizonte superficial.

F E R T I L I D A D P O T E N C I A L

Las principales funciones de la materia orgánica consisten en proporcionar nutrición y microorganismos para la vida, además de mejorar y estabilizar la estructura del suelo (Withers, 1978).

El porcentaje de materia orgánica existente en el horizonte superficial de estos perfiles, fue de: 1.68% para el perfil 26B, 1.86% para el perfil 28, 2.23% para el perfil 31, 0.75% para el perfil 33, 1.31% para el perfil 34A, 1.18% para el perfil 35, 2.32% para el perfil 38, 2.25% para el perfil 41, 1.80% para el perfil 42, 0.90% para el perfil 43, 1.72% para el perfil 44, 1.86% para el perfil 45, 3.26% para el perfil 49, 2.46% para el perfil

49A , 3.58% para el perfil 50, 1.72% para el perfil 51. Según Moreno (1970), con base en los valores de materia orgánica que presentan los perfiles 33, 35 y 43 están clasificados como pobres en materia orgánica; los perfiles 26B, 34A, 42, 44 y 51 como medianamente pobres; los perfiles 28, 31, 38, 41 y 45 como medianos; el perfil 49A como medianamente rico; y por último, los perfiles 49 y 50 como ricos en materia orgánica.

Los demás valores de materia orgánica de los horizontes subyacentes de estos suelos, pueden verse en las tablas 7.3 a la 7.18. Como puede apreciarse, el contenido de material orgánica en estos suelos, disminuye en todos los perfiles, con la profundidad.

Debido al poco contenido de materia orgánica de los perfiles 26B, 33, 34A, 35, 42, 43, 44 y 51, se puede decir, en términos de fertilidad potencial, que son deficientes; y que estos suelos posiblemente necesiten realizárseles alguna práctica de fertilización, ya que, como la materia orgánica del suelo es un depósito de elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas, especialmente del carbón, del nitrógeno y, en menor grado, del fósforo, hierro, azufre y otros elementos (Thorne, 1980); y a causa de los bajos contenidos de materia orgánica de estos suelos, estos elementos se encontrarán en muy pequeñas cantidades.

En cuanto a los perfiles 28, 31, 38, 41, 45, 49, 49A y 50, se puede decir, con base en los valores de materia orgánica que presentan, y en términos de fertilidad potencial, que son aceptables. Por lo tanto, las plantas que se encuentren en estos suelos no tendrán (al menos a corto plazo) problemas en relación a la obtención de los nutrientes asimilables que requieren para su desarrollo; ya que éstos se encontrarán retenidos con suficiente fuerza tanto por las partículas de arcilla, como por la materia orgánica del suelo, para evitar que sean lixiviados (Millar, 1980).

La reacción o pH del suelo ejerce una influencia directa en la solubilidad de los diversos nutrimentos y en la facilidad con que los elementos nutritivos disueltos son absorbidos y utilizados por las plantas (Teuscher, 1976).

Estos perfiles se encuentran clasificados (de acuerdo a Moreno, 1970), según los valores de pH que presentan en el horizonte superficial, de la siguiente manera: neutro, con un valor de 7.1 el perfil 49A; muy ligeramente alcalino, con un valor de 7.3 el perfil 44,; como ligeramente alcalinos, con un valor de 7.4 el perfil 50, con un valor de 7.5 los perfiles 33 y 49, con un valor de 7.6 el perfil 35, y con un valor de 7.7 el perfil 42; como medianamente alcalinos, con un valor de 7.8 los perfiles 38 y 45, con un valor de 7.9 los perfiles 26B, 43 y 51, y con un valor de 8.3 los perfiles 31, 34A y 41; y como fuertemente alcalino, con un valor de 8.4 el perfil 28. Los valores de pH correspondientes a los demás horizontes que presentan estos perfiles, pueden observarse en las tablas 7.3 a la 7.18.

A causa de que los valores de pH de los perfiles 49A, 44, 50, 33 y 49, se encuentran comprendidos dentro del intervalo de pH de 6.0 a 7.5, que Thompson (1980), considera como el óptimo y en el cual, todos los nutrientes se muestran razonablemente accesibles para el buen desarrollo de las plantas; por lo tanto, estos perfiles no tendrán ningún problema relacionado con esta propiedad química, para que las plantas que se cultivan en estos suelos se desarrollen satisfactoriamente. No así, los perfiles 35, 42, 38, 45, 26B, 43, 51, 31, 43A y 41, ya que estos presentan cierta alcalinidad, y por lo tanto, la disponibilidad o solubilidad de algunos nutrimentos de utilidad para las plantas disminuye; tal es el caso, del hierro y el manganeso (Millar, 1980). Por último, el perfil 28 que tiene un valor de pH de 8.4, y que ya se considera fuertemente alcalino, tendrá bastantes dificultades en cuanto a la disponibilidad, no sólo de algunos micronutrientes tales como el hierro, el manganeso, el cobre y el zinc, sino también de macronutrientes

como el fósforo principalmente y ligeramente el potasio (Millar, 1980; Thompson, 1980).

La capacidad de intercambio catiónico de un suelo es un indicador muy importante de sus condiciones, al menos potenciales, de fertilidad (Thompson, 1980).

Los valores de capacidad de intercambio catiónico total del horizonte superficial de estos perfiles, se muestran a continuación (todos los valores están dados en meq/100 g de suelo): 35.12 para el perfil 26B, 24.61 para el perfil 28, 9.74 para el perfil 31, 13.58 para el perfil 33, 11.02 para el perfil 34A, 21.53 para el perfil 35, 32.82 para el perfil 38, 30.00 para el perfil 41, 20.25 para el perfil 42, 34.87 para el perfil 43, 20.25 para el perfil 44, 23.58 para el perfil 45, 22.82 para el perfil 49, 24.61 para el perfil 49A, 24.10 para el perfil 50, 12.82 para el perfil 51. Los demás valores de capacidad de intercambio catiónico total que presentan los horizontes subyacentes de estos perfiles, se muestran en las tablas 7.3 a la 7.18.

Los sitios de intercambio catiónico adsorben cationes tales como Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y de esta manera, el humus actúa de modo similar a la arcilla, al retener los nutrimentos asimilables contra la lixiviación y mantener los nutrimentos en una forma asimilable para las plantas superiores y microorganismos (Millar, 1980). Según Teuscher (1976), los suelos inorgánicos o minerales, raramente tienen una capacidad de intercambio catiónico mayor de 75 meq/100 g y usualmente tienen menos de 50 meq/100 g. Tomando en cuenta lo anterior, se puede decir que los perfiles 38, 41, 43, 26B, 49A, 45, 28, 49, 35, 50, 42 y 44, en ese orden, estarán bien provistos con la clase adecuada de coloides que pueden adsorber, e intercambiar los cationes requeridos en forma de elementos nutritivos; estos perfiles, por lo tanto, tendrán una mayor estabilidad, en lo que concierne a la fertilidad, que los perfiles 33, 51,

34A y 31, cuya capacidad de intercambio catiónico es baja; todo esto a causa de que los cationes adsorbidos por los perfiles (12 mencionados anteriormente) estarán menos expuestos a perderse por lavado (Teuscher, 1976).

La importancia del nitrógeno en el suelo, estriba principalmente, en ser un elemento esencial para el desarrollo de los vegetales dado que es un constituyente de todas las proteínas y, por consiguiente de todos los protoplasmas (Russell, 1968).

Los valores de los porcentajes de nitrógeno total de algunos de los horizontes, de algunos perfiles de este grupo, son los siguientes: de 0.1320 a 0.1108%, para los horizontes A_1 y A_{11} respectivamente, del perfil 31; de 0.0897 y de 0.1056%, para los horizontes A_1 y A_{11} respectivamente, del perfil 33; de 0.0870 y de 0.0739%, para los horizontes A_p y A_1 respectivamente, del perfil 35; de 0.1003%, para el horizonte A_1 del perfil 44; y de 0.1056%, para el horizonte A_p del perfil 51. Según Moreno (1970), de acuerdo a los valores de nitrógeno total que presentan los horizontes antes mencionados, de los respectivos perfiles, estos se encuentran clasificados de la siguiente manera: medianamente pobres, los horizontes, A_1 del perfil 33, A_p y A_1 del perfil 35; medianos, los horizontes, A_{11} del perfil 31, A_{11} del perfil 33, A_1 del perfil 44, y A_p del perfil 51; y por último, como medianamente rico, el horizonte A_1 del perfil 31.

Fassbender (1975), considera que en los suelos de áreas de clima templado así como en los suelos desérticos y semidesérticos, las cantidades de nitrógeno varían ampliamente entre 0.02 y 4%; y los resultados obtenidos para estos suelos, caen dentro de este rango. Aunque, este mismo autor considera también, que el contenido de nitrógeno total en los suelos, para la denominada capa arable, se encuentra comprendido entre 0.2 y 0.7% y los perfiles 35 y 51 (con horizontes A_p), presentan valores por debajo de 0.2%; por lo tanto, estos perfiles se pueden considerar como relativa-

mente bajos en contenidos de nitrógeno total. También, se puede apreciar perfectamente que existe una correlación entre los valores de materia orgánica y nitrógeno de estos suelos, ya que, el nitrógeno al igual que la materia orgánica, disminuyen al aumentar la profundidad del suelo; sin embargo, esto no es de extrañar, puesto que la materia orgánica es la principal reserva de nitrógeno (Millar, 1980).

Los resultados de fósforo asimilable que se obtuvieron de algunos horizontes, de algunos perfiles de este grupo, fueron los siguientes (todos los resultados están reportados en Kg/ha): 120.38 y 134.23, para los horizontes A_1 y A_{11} del perfil 31, respectivamente; 90.90 y 108.28, para los horizontes A_1 y A_{11} respectivamente, del perfil 33; 159.30 y 221.13, para los horizontes A_p y A_1 respectivamente, del perfil 35; 131.86, para el horizonte A_1 del perfil 44; 187.92 y 202.23, para los horizontes A_p y A_1 del perfil 51, respectivamente.

Como puede observarse en los resultados mencionados anteriormente, el fósforo asimilable de estos suelos tiende a disminuir con la profundidad, esto es explicable, a causa de la disminución de la materia orgánica y de los fosfatos orgánicos, puesto que el fósforo es un importante constituyente de la materia orgánica (Fassbender, 1975; Millar, 1980). Por otro lado, los contenidos de fósforo asimilable que presentan estos suelos, son bastante aceptables, aunque esto no quiere decir precisamente que, sea aprovechable por las plantas, ya que esto va a depender principalmente de la acidez o alcalinidad del suelo (Thompson, 1980).

Según Teuscher (1976), considera que la reacción del suelo más favorable para la asimilación del fosfato dicálcico, que es de los más fácilmente aprovechables, existe sólo entre pH de 6.0 y 7.8; por lo tanto, los horizontes A_1 de los perfiles 33, 35, 44 y 51, así como el horizonte A_p del perfil 35, por caer dentro de

de ese rango de pH, no tendrán problemas en cuanto a la obtenibilidad del fósforo por las plantas allí establecidas. No así, el horizonte A₁₁ del perfil 33 y todo el perfil 31, que a causa de los valores de pH que presentan (mayores a 8.0), tendrán problemas serios, ya que la solubilidad de los fosfatos será tan baja, que con frecuencia se presentan deficiencias (Thompson, 1980).

Grupo II Perfil: 46
 Localización: Potrero de Enmedio Pendiente: † 2%
 Uso del suelo: Cult. de sorgo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w_p)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Planosol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	AC	C	
Profundidad (cm)	0-35	35-80	80-110	
Arcilla (%)	47	58	56	
Limo (%)	43	40	32	
Arena (%)	10	2	12	
Clase textural	Arcillo- limoso	Arcilla	Arcilla	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.06	1.08	0.90	
Densidad re. (g/cm ³)	2.17	2.51	2.60	
Porosidad (%)	51.15	56.97	65.38	
Permeabilidad (cm/h)	< 0.36	< 0.36	< 0.36	
Agua aprovechable (%)	---	---	---	
pH (1:2.5)	7.8	8.1	8.8	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.59	1.10	1.45	
Materia orgánica (%)	2.48	1.77	0.96	
CICT (meq/100 g)	20.76	22.82	30.51	
Nitrógeno (%)	---	---	---	
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.20
 Grupo II Perfil: 47A
 Localización: El Toro Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Cult. de trigo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w_o)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Planosol ***Estructura: Granular
 Observaciones:

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	C/R		
Profundidad (cm)	0-20			
Arcilla (%)	17			
Limo (%)	50			
Arena (%)	33			
Clase textural	Migajón limoso			
Densidad ap. (g/cm ³)	1.03			
Densidad re. (g/cm ³)	2.35			
Porosidad (%)	56.17			
Permeabilidad (cm/h)	0.66			
Agua aprovechable (%)	41.56			
pH (1:2.5)	8.0			
C.E. (mmhos/cm ²)	0.96			
Materia orgánica (%)	2.41			
CICT (meq/100 g)	12.30			
Nitrógeno (%)	---			
Fósforo (kg/ha)	105.824			

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo II Perfil: 47B
 Localización: El Toro Pendiente: 1/2%
 Uso del suelo: Cult. de maíz **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Planosol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:
 Profundidad (cm)
 Arcilla (%)
 Limo (%)
 Arena (%)
 Clase textural
 Densidad ap. (g/cm³)
 Densidad re. (g/cm³)
 Porosidad (%)
 Permeabilidad (cm/h)
 Agua aprovechable (%)
 pH (1:2.5)
 C.E. (mmhos/cm²)
 Materia orgánica (%)
 CICT (meq/100 g)
 Nitrógeno (%)
 Fósforo (kg/ha)

Ap	A ₁₁		
0-35	35-50		
12	12		
46	40		
42	48		
Migajón	Migajón		
1.11	0.93		
2.21	2.38		
49.77	60.92		
< 0.36	< 0.36		
---	---		
8.3	9.0		
0.49	0.87		
1.25	0.20		
16.41	32.30		
0.1029	---		
209.790	---		

- * Según carta climática de CETENAL (1970).
- ** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).
- *** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.22

Grupo II Perfil: 47C
 Localización: El Toro Pendiente: $\pm 2\%$
 Uso del suelo: Cult. de trigo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Planosol ***Estructura: Granular
 Observaciones:

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	A ₁	A ₁₁	
Profundidad (cm)	0-55	55-70	70-110	
Arcilla (%)	22	22	20	
Limo (%)	48	46	36	
Arena (%)	30	32	44	
Clase textural	Migajón	Migajón	Migajón	
Densidad ap. (g/cm ³)	0.85	0.84	0.87	
Densidad re. (g/cm ³)	2.12	2.51	2.27	
Porosidad (%)	60.84	63.63	61.67	
Permeabilidad (cm/h)	2.65	1.43	0.82	
Agua aprovechable (%)	36.60	34.81	---	
pH (1:2.5)	8.1	8.4	8.7	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.47	0.51	0.55	
Materia orgánica (%)	2.69	1.54	1.08	
CICT (meq/100 g)	12.82	14.87	14.61	
Nitrógeno (%)	0.1689	0.1003	---	
Fósforo (kg/ha)	167.328	183.456	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo II Perfil: 52
 Localización: El Salitre Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Cultivo de fri-jol y maíz **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w_o)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Planosol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	A ₁	A ₁₁	AC
Profundidad (cm)	0-32	32-70	70-88	88-140
Arcilla (%)	23	16	9	8
Limo (%)	41	27	25	45
Arena (%)	36	57	66	47
Clase textual	Migajón	Migajón arenoso	Migajón arenoso	Migajón
Densidad ap. (g/cm ³)	1.11	1.06	1.12	1.10
Densidad re. (g/cm ³)	2.73	2.48	2.45	2.31
Porosidad (%)	59.34	57.25	54.28	52.38
Permeabilidad (cm/h)	<0.36	0.41	0.82	<0.36
Agua aprovechable (%)	31.83	29.02	---	---
pH (1:2.5)	7.6	7.6	7.7	7.4
C.E. (mmhos/cm ²)	0.68	0.53	0.80	0.10
Materia orgánica (%)	1.24	0.34	0.73	0.27
CICT (meq/100 g)	12.05	9.74	8.97	12.05
Nitrógeno (%)	---	---	---	---
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	---

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo II Perfil: 53
 Localización: Monte de Gpe. Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Incorporación al cultivo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Valle
 ** Suelo: Planosol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:
 Profundidad (cm)
 Arcilla (%)
 Limo (%)
 Arena (%)
 Clase textural
 Densidad ap. (g/cm³)
 Densidad re. (g/cm³)
 Porosidad (%)
 Permeabilidad (cm/h)
 Agua aprovechable (%)
 pH (1:2.5)
 C.E. (mmhos/cm²)
 Materia orgánica (%)
 CICT (meq/100 g)
 Nitrógeno (%)
 Fósforo (kg/ha)

	A ₁	A ₁₁	AC	
Profundidad (cm)	0-40	40-80	80-110	
Arcilla (%)	23	21	22	
Limo (%)	35	53	48	
Arena (%)	42	26	30	
Clase textural	Migajón	Migajón limoso	Migajón	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.07	1.03	1.07	
Densidad re. (g/cm ³)	1.99	2.07	2.43	
Porosidad (%)	46.23	50.24	55.96	
Permeabilidad (cm/h)	2.15	0.41	<0.36	
Agua aprovechable (%)	36.22	32.68	---	
pH (1:2.5)	6.6	7.1	7.3	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.36	0.29	0.10	
Materia orgánica (%)	2.27	1.07	0.76	
CICT (meq/100 g)	18.46	13.84	15.89	
Nitrógeno (%)	0.1400	0.0900	---	
Fósforo (kg/ha)	200.304	192.816	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo II Perfil: 54A
 Localización: Tres Picos Pendiente: ± 2%
 Uso del suelo: Incorporación al cultivo **Material parental: Aluvial
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geforma: Valle
 ** Suelo: Planosol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

	A ₁	A ₁₁	AC	
Horizontes:				
Profundidad (cm)	0-29	29-56	56-85	
Arcilla (%)	24	20	16	
Limo (%)	42	38	38	
Arena (%)	34	42	46	
Clase textural	Migajón	Migajón	Migajón	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.01	0.94	0.94	
Densidad re. (g/cm ³)	2.48	2.35	2.45	
Porosidad (%)	59.27	60.00	61.63	
Permeabilidad (cm/h)	1.82	3.31	1.54	
Agua aprovechable (%)	---	---	---	
pH (1:2.5)	8.1	8.0	8.0	
C.E. (mmhos/cm ²)	1.55	1.45	0.93	
Materia orgánica (%)	0.41	0.40	0.27	
CICT (meq/100 g)	23.33	24.87	22.05	
Nitrógeno (%)	---	---	---	
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	

- * Según carta climática de CETENAL (1970).
- ** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).
- *** Horizonte superficial del perfil.

D R E N A J E

Grupo: II

Geoforma: valle

Los suelos de los perfiles de este grupo se localizan en una geoforma de valle, con pendiente en general muy ligera de 0.5 a 2%, de acuerdo a Storie (1970). En una región suavemente llana, la rapidez con que el exceso de agua es eliminado es mucho menor que si el terreno está inclinado (Brady, 1977).

Los porcentajes extremos de las partículas minerales y la clasificación textural para los suelos de este grupo son: 12 y 47% de arcilla, 41 y 50% de limo, 10 y 42% de arena, para el horizonte Ap de los perfiles 46 (con textura arcillo-limosa), 47A (con textura de migajón limoso), 47B, 47C y 52 (todos estos con textura de migajón o franca); en el horizonte A₁, tenemos, 16 y 24% de arcilla, 27 y 46% de limo, 32 y 57% de arena, para el perfil 52 (con textura de migajón arenoso), y los perfiles 47C, 53, y 54A (con textura de migajón, los tres perfiles); en el horizonte A₁₁, 9 y 21% de arcilla, 25 y 53% de limo, 26 y 66% de arena, con texturas de migajón arenoso en el perfil 52, migajón limoso en el perfil 53, y franca en los perfiles 47B, 47C y 54A; en el horizonte AC, 8 y 58% de arcilla, 38 y 48% de limo, 2 y 47% de arena, con texturas de arcilla en el perfil 46, y en los perfiles 52, 53 y 54A con textura franca o de migajón; en el horizonte C, 56% de arcilla, 32% de limo y 12% de arena, con textura arcillosa, para el perfil 46. (Ver tablas 7.19 a 7.25)

El horizonte Ap se localiza en 5 perfiles, 4 de los cuales presentan una textura franca. El horizonte A₁, se encuentra en 4 perfiles, y todos ellos son de textura franca; el horizonte A₁₁, se encuentra en 5 perfiles, también con textura franca; en el horizonte AC, presente en 4 perfiles, 3 de ellos con textura franca.

Todo lo anterior, de un total de 7 perfiles existentes en este grupo. El perfil 46, es el único que presenta a lo largo del mismo una textura arcillosa.

Como se observa de estos datos, los suelos francos son los que predominan, estos poseen las mejores cualidades tanto de la arena como de la arcilla, sin las indeseables, como la extremada falta de trabazón y baja capacidad de retención para el agua de la primera, y sin la tenacidad, compacidad y lento movimiento del aire y del agua de la segunda. Muchos suelos de importancia agrícola son tipos francos (Brady, 1977).

En contraste, como en el caso del perfil 46, los suelos que contienen demasiada arcilla, presentan una elevada capacidad de retención de agua porque presentan una gran superficie que puede recubrirse con ella, pero su aireación no suele ser suficiente. El laboreo de los suelos arcillosos requiere de mucho más fuerza que si se tratara de suelos francos o arenosos, de ahí el calificativo de pesados que se da a los suelos ricos en arcilla (Thompson, 1980).

El tipo de estructura que predomina en estos suelos, es el siguiente: en el horizonte Ap la estructura es granular; para el horizonte A₁, también es granular, con excepción del perfil 47C que presenta un tipo de estructura masiva; el horizonte A₁₁, presenta dos tipos de estructura, masiva y subangular; por último, en el horizonte AC y C, la estructura es subangular, para los perfiles que presentan dichos horizontes.

Los tipos de estructura del suelo se clasifican en: sin estructura y con estructura; dentro de los sin estructura, se encuentra la masiva, y en los con estructura, la granular y la subangular.

La estructura granular es característica de muchos suelos superficiales, y es relativamente porosa (Millar, 1980). Una buena estructura granular facilita una adecuada aireación. Se trata de la estructura más deseable para el cultivo, debido a la amplitud de los espacios entre los agregados. Los gránulos pueden retener suficiente agua dejando que el aire circule entre ellos). (Thompson, 1980).

Este tipo de estructura granular está presente en el horizonte Ap y A₁, del perfil 52, en el horizonte Ap de los perfiles 46, 47A, 47B y 47C, en el horizonte A₁ de los perfiles 53 y 54A. Por lo tanto, la estructura granular está presente en los horizontes AP y A₁ de 6 perfiles, de un total de 7 de ellos. Con excepción del perfil 47C, que en el horizonte A₁ presenta un tipo de estructura masiva.

Las características más importantes de la estructura son la ordenación de las partículas en agregados y la estabilidad de los mismos para absorber agua (Thompson, 1980).

En el caso de la estructura masiva, las uniones del suelo son originalmente muy grandes, irregulares y sin los rasgos propios de una agregación (Brady, 1977); pero la estabilidad de los agregados es de máxima importancia en la formación y en la conservación de buenas relaciones estructurales en los suelos (Baver, 1973).

Este tipo de estructura masiva se encuentra en el horizonte A₁ y A₁₁ del perfil 47C, en el horizonte A₁₁ de los perfiles 52 y 53.

La estructura subangular está presente en el horizonte A₁₁ y AC del perfil 54A; en el horizonte AC y C del perfil 46; en el horizonte A₁₁ del perfil 47B; y en el horizonte AC de los perfiles

52 y 53. Este tipo de estructura subangular casi siempre está confinada al subsuelo (Brady, 1977).

Las unidades estructurales del subsuelo están principalmente sometidas a las tensiones y compresiones generales que toman asiento a medida que el subsuelo se deseca o se humedece, con el resultado de que las unidades estructurales y los espacios entre ellas tienen una duración considerable (Russell, 1968).

De lo anterior, se puede decir que la estructura del suelo no afecta directamente a las plantas, sino a través de factores como la aireación, compactación y relaciones de agua (Gavande, 1976).

Los valores extremos de porosidad y permeabilidad presentes en este grupo de suelos, son: el horizonte Ap tiene un espacio poroso que oscila entre 49.77 y 60.84%, con una permeabilidad de 2.65 cm/h (medio permeable) hasta menor a 0.36 cm/h (impermeable); el horizonte A₁, con un espacio poroso de 46.23 a 63.63%, y una permeabilidad de 0.41 cm/h (poco permeable) a 2.15 cm/h (medio permeable); en el horizonte A₁₁, con una porosidad de 50.24 a 61.67%, y una permeabilidad de 0.41 cm/h (poco permeable) a 3.31 cm/h (medio permeable); el horizonte AC, con 52.38 a 61.63% de espacio poroso, y una permeabilidad que oscila de 0.36 cm/h (impermeable) a 1.54 cm/h (poco permeable); el horizonte C, con 65.38% de espacio poroso y una permeabilidad menor a 0.36 cm/h (impermeable).

De este grupo de suelos, en el horizonte Ap, 3 son impermeables como en el caso del perfil 46, 47B y 52; los otros 2 son, poco permeables como el perfil 47A, y medio permeable como el perfil 47C. En el horizonte A₁, 2 perfiles son medio permeables como el 53 y 54A, y 2 son poco permeables como el caso del perfil 47C y 52. En el horizonte A₁₁, 1 perfil es impermeable, el perfil 47B, y 3 son poco permeables, el perfil 47C, 52 y 53; en el caso del per-

fil 54A para este horizonte resulta ser medio permeable. En el horizonte AC, 3 perfiles son impermeables, como el caso del perfil 46, 52 y 53, 1 perfil es poco permeable, el 54A; para el horizonte C del perfil 46, resulta ser impermeable.

El espacio de los poros es la porción ocupada por aire y agua. La cantidad de este espacio de los poros es la porción ocupada por aire y agua. La cantidad de este espacio viene determinada casi totalmente por la colocación de las partículas sólidas. Si se colocan estos en agregados porosos, como la estructura granular presente en el horizonte Ap y A₁ de algunos de estos perfiles, que además son de textura franca, el espacio de los poros será más elevado por unidad de volumen (Brady, 1977).

Lo anterior nos dice que, en el horizonte Ap debido a la textura franca y su estructura granular, se encuentran suelos poco y medio permeables que pueden favorecer un adecuado drenaje, como es el caso del perfil 47A y 47C. Pero también se encontró en otros perfiles con este horizonte, que 3 son impermeables; 1 de ellos, el perfil 46, es a causa de su textura arcillosa, la cual puede provocar que el agua lo atravesase muy lentamente y pueda permanecer saturado de agua durante bastante tiempo. También la penetración de raíces puede verse limitada por falta de oxígeno para la respiración de las mismas (Thompson, 1980).

En el caso de los otros 2 perfiles, el 47B y el 52, debido a que están localizados en terrenos de cultivo, las operaciones de laboreo durante largos períodos de tiempo tienen efectos degenerativos en los gránulos del suelo superficial, en especial las operaciones que requieren un equipo pesado tienden a deshacer los agregados del suelo (Brady, 1977), y es por eso que se puede explicar su impermeabilidad, al destruirse paulatinamente la estructura granular y los agregados del suelo.

Para el horizonte A_1 , se encuentra que la permeabilidad o la velocidad con que el agua puede atravesar el suelo es adecuada. En el caso del horizonte A_{11} y AC, la mayor profundidad a la que se encuentran, origina una mayor compactación entre las partículas del suelo y de aquí una menor permeabilidad en ellos. Para el horizonte C (perfil 46), la textura arcillosa explica su impermeabilidad.

De lo anterior, se puede decir que, los perfiles 47C, 53 y 54A por su textura franca, estructura granular (en el horizonte superficial), y favorable permeabilidad, resultan con un drenaje adecuado. Los perfiles 47B y 52 presentan problemas de drenaje, y el perfil 46 y 47A presentan aún mayores problemas de drenaje.

H U M E D A D

Los suelos de los perfiles de este grupo se localizan en una geoforma de valle, con una pendiente muy ligera de 0.5 a 2%, de acuerdo a Storie (1970), resultando así, suelos con una profundidad efectiva clasificada como muy superficial para el caso del perfil 47A (0-20 cm); suelos moderadamente profundos, como el caso de los perfiles 46 (0-80 cm), 47B (0-50 cm) y 54A (0-85 cm); y suelos profundos, como el perfil 47C (0-110 cm), el 52 (0-140 cm) y el perfil 53 (0-110 cm), de acuerdo a Stallings (1981).

La profundidad del suelo es muy importante porque de ella depende el volumen de agua que el suelo puede almacenar para las plantas; entre más profundo esté un suelo mayor será su capacidad para almacenarla (Storie, 1970). También esta capacidad va a depender de su textura y estructura (Thompson, 1980). El suelo no es para las plantas un sustrato de composición homogénea, sino que las condiciones son distintas de un horizonte a otro. Las plantas desarrollan la masa principal de sus raíces en los horizontes cuyas condiciones con respecto al suministro de agua, aire y nutrientes son óptimos (Braun Blanquet, 1979).

Los valores extremos de partículas minerales que presenta este grupo de suelos, es el siguiente: 12 y 47% de arcilla, 41 y 50% de limo, 10 y 42% de arena, para el horizonte Ap de los perfiles 46, 47A, 47B, 47C y 52; en el horizonte A₁, 16 y 24% de arcilla, 27 y 46% de limo, 32 y 57% de arena, para los perfiles 47C, 52, 53 y 54A.

Sobre el tipo de textura y clasificación textural de estos suelos, tenemos: la estructura granular está presente en el horizonte Ap y A₁ del perfil 52, con una textura franca; en el horizonte Ap de los perfiles 46, 47A, 47B y 47C, con una textura arcillo-limosa en el primero de ellos, y franca en los 3 siguientes; en el horizonte A₁, también está presente una estructura granular del suelo, en los perfiles 53 y 54A, con una textura franca.

De aquí se encontró que, la estructura granular está presente en los horizontes Ap y A₁, de 6 perfiles de un total de 7 (con excepción del horizonte A₁ del perfil 47C que presenta una estructura masiva).

Este tipo de suelos margosos o francos se consideran altamente favorables para el crecimiento de las plantas porque encierran más agua y cationes disponibles para la arena, y porque están mejor aireados y son más fáciles de trabajar que la arcilla (Kramer, 1974). También la mejor estructura para el desarrollo de las plantas, es la granular, ya que ésta permite el libre movimiento de aire y agua, esta estructura hace que los elementos nutritivos estén disponibles para el uso de las plantas, y retienen la humedad necesaria para producir buenos rendimientos (Stallings, 1981). La mayoría de los cultivos básicos se desarrollan bien en suelos francos o intermedios (Cultivos básicos, 1982).

Ahora bien, los valores extremos de las partículas minerales en los otros horizontes presentes, son: para el horizonte A₁₁ hay

9 y 21% de arcilla, 25 y 53% de limo, 26 y 66% de arena; en el horizonte AC, 8 y 58% de arcilla, 38 y 48% de limo, 2 y 47% de arena; en el horizonte C, 56% de arcilla, 32% de limo y 12% de arena.

El tipo de estructura y clase textural en estos horizontes, es: masiva, en el horizonte A_1 y A_{11} , del perfil 47C con textura franca; también esta estructura se presenta en el horizonte A_{11} de los perfiles 52 y 53, con texturas de migajón arenoso y migajón limoso, respectivamente. La estructura subangular está presente en el horizonte A_{11} y AC del perfil 54A con textura franca; en el horizonte AC de los perfiles 52 y 53 con textura franca; en el horizonte A_{11} del perfil 47B, también con textura franca; este tipo de estructura subangular, también está presente en los horizontes AC y C del perfil 46, con texturas arcillosas, en estos horizontes.

De lo anterior, se puede mencionar que la estructura masiva y subangular están presentes en el subsuelo de estos perfiles, a partir de los 29 cm de profundidad. También, en dicho subsuelo, predomina la textura franca (a excepción del perfil 46 que presenta una textura arcillosa). Esto indica que el tipo de estructura presente en el subsuelo se debe principalmente a uno de los factores que influyen en su formación y estabilidad, que en este caso es la materia orgánica (Brady, 1977).

Al considerar la estructura del suelo, debe entenderse por partículas, no sólo las que forman los separados mecánicos, sino también los agregados (Baver, 1973).

Las principales formas de estructura del suelo, son: no agregada y agregada (Braun Blanquet, 1979). En la primera, se encuentra la estructura masiva, y en la segunda, la granular y subangular.

En la estructura no agregada como la masiva, las partículas se presentan en disposición compacta. Los suelos arcillosos como

el perfil 46, forman en este estado una masa coherente. En el caso monoestructural masivo, las uniones del suelo son ordinariamente muy grandes, irregulares y sin los rasgos propios de una agregación (Brady, 1977).

Esto es importante mencionarlo porque la estabilidad de los agregados es de la máxima importancia en la formación y en la conservación de buenas relaciones estructurales en los suelos (Baver, 1973); ya que cuanto más alto sea el grado de agregación en el suelo, más favorable será la tierra para el crecimiento de la planta, puesto que la condición de agregado hace que el suelo sea permeable al agua y a las raicillas (Daubenmire, 1979).

Los valores extremos de porosidad y permeabilidad para este grupo de suelos, son los siguientes: en el horizonte Ap y A₁, hay 44.77 a 60.84% de espacio poroso para el primero, y un 46.23 a 63.23% en el segundo; con una permeabilidad de 2.65 cm/h (medio permeable) a menor a 0.36 cm/h (impermeable), en el horizonte Ap; y un 2.15 cm/h (medio permeable) a un 0.41 cm/h (poco permeable), en el horizonte A₁ (ver tablas 7.19 a 7.25).

La permeabilidad de los horizontes Ap y A₁, va de medio permeable a impermeable. Un caso, es el perfil 46, que a través de sus horizontes es impermeable debido a la textura arcillosa que presenta. Esto es importante, porque cuanto más fina es la división, más lenta será la velocidad de movimiento, ya que en el suelo con textura fina, los pequeños espacios intersticiales oponen resistencia al movimiento en masa del agua. Si bien los suelos con textura fina poseen gran ventaja para retener grandes cantidades de agua (debido a que existe una mayor cantidad de material coloidal acumulado, y por consiguiente puede retenerse mayor cantidad de agua por unidad de volumen), gran parte de ella se retiene en las capas superficiales, que son altamente vulnerables a la sequía, pero a su vez, no permite fácilmente su penetración y pue-

de perderse por escurrimiento, además de que retarda la penetración de las raíces, existiendo también una escasa ventilación. En suelos pesados como el perfil 46 (especialmente en aquellos donde la agregación es escasa como en el subsuelo de algunos de los horizontes de estos perfiles, el 47C, 52 y 53, con estructura masiva), la deficiencia del oxígeno y la toxicidad por el exceso de CO₂, se convierten en factores limitantes para el crecimiento de las plantas (Daubenmire, 1979).

De 7 perfiles involucrados en este grupo, 5 se realizaron en terrenos de cultivo. En ellos se encontró que van de impermeables a medio permeables, siendo 3 perfiles con su horizonte Ap, de textura franca, pero impermeables (el perfil 47B, el 52 y el 46). De aquí, hay que considerar que por ser la capa arada y cultivada, es el asiento de todos los trabajos y operaciones de la agricultura. Por la acción del laboreo puede modificarse su condición física. Un cultivo continuo puede producir una reducción de los macroporos, que son necesarios para el movimiento conveniente del aire. Las operaciones de laboreo durante largos periodos de tiempo tiene efecto degenerativo en los gránulos del suelo superficial; en especial, las operaciones que requieren un equipo pesado tienden a deshacer los agregados del suelo (Brady, 1977).

Para los horizontes A₁₁, AC y C, los valores extremos de porosidad y permeabilidad, son: en el horizonte A₁₁, de 50.24 y 61.67% de espacio poroso; en el horizonte AC, de 52.38 y 61.63%; en el horizonte C, de 65.38%. La permeabilidad es de 0.41 cm/h (poco permeable) a 3.31 cm/h (medio permeable), en el horizonte A₁₁; en el horizonte AC, de menos de 0.36 cm/h (impermeable) a 1.54 cm/h (poco permeable); por último, en el horizonte C, la permeabilidad es menor a 0.36 cm/h (impermeable).

La permeabilidad de los horizontes A₁₁, AC y C, va de medio permeable a impermeable. Poco permeable e impermeable en los per-

files 47B, 47C, 52 y 53. En el perfil 54A, el horizonte A_{11} es medio permeable y el horizonte AC es poco permeable. Para el horizonte C localizado en el perfil 46, la impermeabilidad se debe a la textura arcillosa que presenta.

En este caso los horizontes A_{11} , AC y C debido a que, se encuentran en el subsuelo, están sometidos a tensiones y compresiones que toman asiento a medida que el suelo se deseca o humedece (Russell, 1968); de aquí, que la permeabilidad en ellos sea más baja.

Los valores extremos de agua aprovechable para estos suelos, son: 31.83 y 41.56%, para el horizonte A_p de los perfiles 47A, 47C y 52; en el horizonte A_1 , de 29.02 a 36.22%, en los perfiles 47C, 52 y 53; y de 32.68%, para el horizonte A_{11} del perfil 53.

La cantidad de agua disponible entre la capacidad total del suelo como máximo (capacidad de campo), y el límite inferior del agua disponible para las plantas (punto de marchitez), representa el agua aprovechable (Clarke, 1980).

Esta cantidad de agua disponible en el substrato disminuye por evaporación directa desde el suelo e indirectamente por la transpiración de la vegetación (Clarke, 1980); de aquí, que la humedad del suelo debe ser conservada por encima del punto de marchitez, si las plantas han de crecer y desarrollarse normalmente, pero a su vez, no toda la humedad presente es asimilable o conveniente para un rápido desarrollo de la planta (Brady, 1977). En algunos casos la cantidad de agua no aprovechable puede ser incluso más elevada que la del agua que se aprovecha (Clarke, 1980).

En los suelos profundos, como el perfil 47C (0-110 cm), el 52 (0-140 cm), y el 53 (0-110 cm), se tendrán mayores capacidades de retención de humedad que los suelos delgados (Brady, 1977), como el caso del perfil 47A, que tiene una profundidad de 0-20 cm.

Los suelos moderadamente profundos como el perfil 46 (0-80 cm), el 47B (0-50 cm), y el 54A (0-85 cm), tendrán así una capacidad intermedia de retención de humedad, muy probablemente.

Así, la capacidad aprovechable del contenido de humedad de los suelos, determina en gran parte, su utilidad en la agricultura práctica. Esta capacidad es a menudo el resorte entre un clima adverso y la producción de buenas cosechas (Brady, 1977).

Las capas sólidas o estratos impermeables como las presentes en el perfil 46, 47B y 52, bajan drásticamente la tasa de movimiento de agua y restringen a veces el crecimiento de las raíces, reduciendo así el espesor del suelo húmedo (Brady, 1977).

Los suelos de textura fina, como el perfil 46, tienen altos porcentajes de marchitez permanente, por lo tanto, después de que se han secado requieren cantidades relativamente grandes de agua, si se quiere que la humedad llegue a las profundidades hasta donde las raíces hayan penetrado.

El perfil 46 podrá presentar problemas de humedad excesiva debido a su textura arcillosa; en el caso de los perfiles 47B y 52 con textura franca, y con su horizonte Ap impermeable, también podrán presentar problemas de humedad debido a la compactación a que están siendo sujetos. Para el perfil 47A, su poca profundidad hace que la retención de humedad también sea baja. En el caso de los perfiles 47C, 53 y 54A con texturas francas, estructura granular, en el horizonte superficial, y con una adecuada profundidad no se presentarán problemas de humedad excesiva y está podrá ser adecuada para el desarrollo de las plantas.

El contenido óptimo de humedad del suelo para las prácticas de labranza y otras prácticas agrícolas es importante, ya que pue-

de influir en el retraso de los trabajos agrícolas (Richards, 1954).

E R O D I B I L I D A D

Los suelos de los perfiles de este grupo se localizan en una geoforma de valle, con una pendiente muy ligera de 0.5 a 2%, de acuerdo a Storie (1970). Las características generales de estos suelos, por perfil y para el horizonte superficial y superyacente, son las siguientes: para el perfil 46, el suelo es clasificado como moderadamente profundo, de acuerdo a Stallings (1981), con textura arcillosa e impermeable a través de todo el perfil, con estructura granular y subangular, respectivamente y, medianamente rico en materia orgánica (2.48%) para el horizonte superficial, de acuerdo a la clasificación de Moreno (1970); el perfil 47A es clasificado como muy superficial, con textura franca, poco permeable, con estructura granular, y clasificado mediano en contenido de materia orgánica (2.4%) en el horizonte superficial; el perfil 47B es moderadamente profundo, con textura franca, impermeable, con estructura granular y subangular, y medianamente pobre en materia orgánica (1.25%) para el horizonte superficial; el perfil 47C es clasificado como profundo, con textura franca, medio y poco permeable a través de los horizontes referidos, con estructura granular y masiva respectivamente, y medianamente rico en materia orgánica (2.69%) para el horizonte superficial; el perfil 52 es profundo, con textura franca, impermeable y poco permeable, estructura granular, y medianamente pobre en materia orgánica (1.24%) para el horizonte superficial; el perfil 53 es profundo, con textura franca, medio y poco permeable, estructura granular y masiva respectivamente y, mediano en contenido de materia orgánica (2.27%) en el horizonte superficial; por último, el perfil 54A es moderadamente profundo, con textura franca, medio permeable, con estructura granular y subangular respectivamente, y clasificado como extremadamente pobre en materia orgánica (0.41%) para el horizonte superficial (ver tablas 7.19 a 7.25).

La erosión implica el arranque y transporte de las partículas del suelo (Thompson, 1980). Pero la erosión no es, en general

un problema de las tierras muy llanas (Baver, 1973). Lo anterior se menciona porque de acuerdo a Thompson (1980), la profundidad del suelo es inversamente proporcional a la tasa de erosión a largo plazo que ha actuado sobre él. Una erosión lenta permite la formación de un suelo profundo. También, al respecto, el relieve superficial tiene un efecto importante en la profundidad del suelo, que es mayor en las tierras bajas y zonas de relieve plano que en las altas (Wooding, 1960).

El más importante factor climático que influye en el escurrimiento, es la lluvia. El impacto de las gotas es el factor principal del desprendimiento del suelo en las pendientes menores (Baver, 1973). La erosión hídrica así, se reconoce como el principal agente del desplazamiento de las partículas del suelo (Thompson, 1980). El agua únicamente marcha sobre la superficie del terreno cuando la velocidad de caída de la lluvia excede a la de infiltración en el suelo, por ello, todo factor que reduce su permeabilidad, aumenta la probabilidad de deslizamiento del agua (Russell, 1968).

De esta forma, la capacidad de infiltración de un suelo viene influida por la estabilidad estructural, sobre todo en los horizontes superiores; además, la textura del suelo y la profundidad del mismo, influyen a su vez en la capacidad de infiltración (Brady, 1977). De este modo, la susceptibilidad de los suelos a la erosión depende de su textura, estructura y contenido de materia orgánica (Wooding, 1960).

La textura franca que presentan estos suelos en el horizonte superficial puede asegurar un óptimo crecimiento vegetal, y sin presentar dificultades de aireación (Thompson, 1980). Pero de los 7 perfiles de este grupo, 5 se realizaron en terrenos de cultivo y en ellos se encontró, que van de impermeables a medio permeables, siendo 3 de ellos con su horizonte Ap de textura franca e impermea-

bles. De aquí, hay que considerar que por ser la capa arada y cultivada el asiento de todos los trabajos y operaciones de la agricultura. Por la acción del laboreo puede modificarse su condición física, y durante largos períodos de tiempo tiene efectos degenerativos en los gránulos del suelo superficial (Brady, 1977).

Esto presenta inconvenientes, porque en suelos de baja permeabilidad, las lluvias fuertes pueden producir una saturación del suelo superficial.

Toda precipitación ulterior se transforma únicamente en corriente superficial, con la posibilidad de la erosión del suelo superficial (Wooding, 1960).

De las descripciones de campo se observa que los suelos de este grupo presentan un tipo de estructura granular en el horizonte superficial. Este tipo de estructura permite el libre movimiento de aire y agua (Stallings, 1981), pero como se menciona más arriba, puede verse afectada la formación y estabilidad de los mismos por la acción del laboreo.

También es importante considerar que la estructura granular de los suelos se logra conforme aumenta en ellos el contenido de materia orgánica (Gavande, 1976); pero estos suelos van de medianamente ricos, 2.69% de materia orgánica para el perfil 47C, a extremadamente pobres, 0.41% de materia orgánica en el caso del perfil 54A, en ambos casos, se hace referencia al horizonte superficial.

De lo anterior se observa que, de 7 perfiles hechos, para el horizonte superficial, 2 son medianamente ricos en materia orgánica (perfil 46 y 47C); 2 tienen contenidos medianos de materia orgánica (perfil 47A y 53); 2 son medianamente pobres en materia orgánica (perfil 47B y 52); y 1 perfil está clasificado como extre-

madamente pobre en contenido de materia orgánica (perfil 54A; por lo tanto, los suelos de este grupo en general, son bajos en contenido de materia orgánica, siendo ésta, el mayor agente en la producción de gránulos (Brady, 1977); a su vez, los suelos que presentan estructura granular, debido a la presencia de la materia orgánica, son bastante resistentes a la erosión (Gavande, 1976); de aquí que se pueda decir que, la estructura granular presente en estos suelos, no se encuentra del todo desarrollada y es inestable, favoreciéndose así, en parte, cierta erosión de estos suelos.

F E R T I L I D A D P O T E N C I A L

La materia orgánica es una parte esencial de los suelos productivos. Contribuye a mejorar las propiedades físicas convenientes del suelo y desempeña el papel de almacén de muchas sustancias nutritivas de la planta (Thorne, 1980).

Los valores de materia orgánica para el horizonte superficial de este grupo de suelos, es el siguiente: 2.48% para el perfil 46, 2.41% para el perfil 47A, 1.25% para el perfil 47B, 2.69% para el perfil 47C, 1.24% para el perfil 52, 2.27% para el perfil 53, y de 0.41% para el perfil 54A. Según Moreno (1970), con base en los valores de materia orgánica que presentan estos perfiles en el horizonte superficial, se encuentran clasificados como sigue: extremadamente pobre el perfil 54A; medianamente pobres los perfiles 47B y 52; medianos los perfiles 47A y 53; y medianamente ricos los perfiles 46 y 47C.

Como puede apreciarse en las tablas 7.19 a la 7.25, el contenido de materia orgánica en estos suelos disminuye conforme aumenta la profundidad (excepto en el perfil 52, que tiene un mayor contenido de materia orgánica en el horizonte A_{11} que en el A_1).

Los perfiles 54A, 47B y 52 a causa de los bajos porcentajes de materia orgánica que tienen, se puede decir que son deficientes en cuanto a fertilidad potencial se refiere; no así, los perfiles 47A, 53, 46 y 47C, que tienen valores de materia orgánica más o menos aceptables como para no presentar problemas de esta índole.

La reacción del suelo es la característica química más importante que determina muchas propiedades físicas y químicas del suelo. La adecuación del suelo como un medio para el desarrollo de las plantas y de microorganismos deseables depende que el suelo sea ácido, neutro o alcalino (Tamhane, 1979).

Los valores de pH que presentan estos suelos en su horizonte superficial, son los siguientes: 7.8 el perfil 46, 8.0 el perfil 47A, 8.3 el perfil 47B, 8.1 el perfil 47C, 7.6 el perfil 52, 6.6 el perfil 53 y 8.1 el perfil 54A. Según Moreno (1970), con base en los valores de pH que presentan, estos perfiles se encuentran clasificados como sigue: muy ligeramente ácido el perfil 53, ligeramente alcalino el perfil 52, y medianamente alcalinos los perfiles 46, 47A, 47B, 47C y 54A. Los demás valores de pH de los otros horizontes no mencionados aquí, se pueden ver en las tablas 7.19 a la 7.25.

Como el perfil 53 presenta valores de pH comprendidos en el intervalo de 6.5 a 7.5 a lo largo del mismo, y que Tamhane (1979), considera este rango, como el óptimo para el desarrollo satisfactorio de las plantas, ya que en este intervalo, son obtenibles la mayoría de los nutrimentos para las plantas. Por lo que respecta a los demás perfiles, estos tendrán problemas diversos, en cuanto a la obtenibilidad de los nutrientes por las plantas. Así tenemos que: los perfiles 47A, 52 y 54A, debido a que no son fuertemente alcalinos y a que presentan uniformidad de pH a lo largo del perfil, únicamente se verán afectados en cuanto a la obtención de algunos elementos menores, tales como el fierro y el manganeso, ya

que la solubilidad de estos elementos disminuye al ser el pH mayor de 7.5 (Teuscher, 1976). Por otro lado, los perfiles 46, 47B y 47C, por tener valores de pH bastante elevados en todos sus horizontes, y que van de un valor mínimo de 7.8 para el horizonte Ap del perfil 46 hasta un valor de 9.0 para el horizonte A₁₁ del perfil 47B. Por lo tanto, estos perfiles tendrán problemas muy serios tanto químicos como físicos. Los problemas químicos se originan por la reducida disponibilidad del fósforo, del potasio y de la mayoría de los micronutrientes. Los problemas físicos se originan de la dispersión de los coloides del suelo, ya que las partículas dispersas forman costras y bloquean los poros (Thompson, 1980).

La máxima cantidad de cationes que cualquier suelo puede retener en forma intercambiable, esto es, adsorbidos por los coloides, constituye su capacidad de intercambio o capacidad de intercambio de bases (Teuscher, 1976).

Los valores de capacidad de intercambio catiónico total del horizonte superficial de estos perfiles, se muestran a continuación (todos los valores están dados en meq/100 g de suelo): 20.76 para el perfil 46, 12.30 para el perfil 47A, 16.41 para el perfil 47B, 12.82 para el perfil 47C, 12.05 para el perfil 52, 18.46 para el perfil 53 y 23.33 para el perfil 54A.

En general, la capacidad de intercambio catiónico que presentan estos suelos en su horizonte superficial es relativamente baja, pero tomando en cuenta los valores de pH, el porcentaje de materia orgánica y el de arcilla que poseen, hará que los cationes intercambiables sean adsorbidos con la energía suficiente para retardar su lavado del suelo, e ir disociando poco a poco de la superficie de intercambio catiónico y ponerlos en solución, donde los cationes básicos serán fácilmente utilizados por las plantas (Millar, 1980).

Los valores de los porcentajes de nitrógeno total de algunos horizontes, de algunos perfiles de este grupo, son los siguientes: 0.1029% para el horizonte Ap del perfil 47B; 0.1689 y 0.1003% para los horizontes Ap y A₁ del perfil 47C, respectivamente: 0.14 y 0.09% para los horizontes A₁ y A₁₁ del perfil 53, respectivamente. Según Moreno (1970), de acuerdo a los valores de nitrógeno total que presentan los horizontes de los perfiles antes mencionados, estos se encuentran clasificados de la siguiente manera: medianamente pobre el horizonte A₁₁ del perfil 53; medianos los horizontes Ap del perfil 47B y A₁ del perfil 47C; y medianamente ricos los horizontes Ap del perfil 47C y 53.

Tanto en el perfil 47C como en el 53, se puede apreciar fácilmente una disminución del porcentaje de nitrógeno al aumentar la profundidad del perfil, pero esto es normal, puesto que Fassbender (1975), menciona que estudios realizados sobre la distribución de nitrógeno en el perfil del suelo indican que éste disminuye con la profundidad; y por lo tanto, las plantas que se desarrollan en estos suelos tendrán el abasto suficiente de este elemento, para utilizarlo inmediatamente, y los suelos no necesitarán de prácticas de fertilización a corto plazo.

Los resultados de fósforo asimilable que se obtuvieron de algunos horizontes, de algunos perfiles de este grupo de suelos, fueron los siguientes (todos los resultados están reportados en kg/ha): 103.82 para el horizonte Ap del perfil 47A; 209.79 para el horizonte Ap del perfil 47B; 167.32 y 183.45 para los horizontes Ap y A₁ del perfil 47C, respectivamente; 200.30 y 192.81 para los horizontes A₁ y A₁₁ del perfil 53, respectivamente.

Los contenidos de fósforo asimilable que tienen estos suelos, son al igual que los de nitrógeno, buenos; pero el problema principal que presentan estos suelos para asimilar el fósforo, es la alcalinidad elevada que poseen (excepto el perfil 53), siendo su pH

mínimo de 8.0 para el horizonte Ap del perfil 47A y máximo de 8.4 para el horizonte A₁ del perfil 47C. Por lo que, muy probablemente estos suelos tendrán problemas bastante serios, para que las plantas desarrolladas en estos suelos obtengan el fósforo necesario para su desenvolvimiento normal, ya que la solubilidad de los fosfatos será tan baja, que con frecuencia se presentan deficiencias (Thompson, 1980). Esto no le acontecerá al perfil 53, puesto que los valores de pH que posee, caen dentro del rango que según Teuscher (1976), es el más favorable para la asimiliación del fósforo por las plantas, y que es de 6.0 a 7.5.

Tabla 7.26

Grupo III Perfil: 36

Localización: Dolores Pendiente: 3 a 8%

Uso del suelo: Cult. de maíz **Material parental: Arenisca-conglomerado

* Clima: (A)C(w_o)(w)a(e)g Geoforma: Pedimento II

** Suelo: Faeozem ***Estructura: Granular

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	A ₁	AC	
Profundidad (cm)	0-50	50-115	115-140	
Arcilla (%)	37	39	37	
Limo (%)	30	38	24	
Arena (%)	33	23	39	
Clase textural	Migajón arcilloso	Migajón arcilloso	Migajón arcilloso	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.00	1.11	1.03	
Densidad re. (g/cm ³)	2.59	2.55	2.52	
Porosidad (%)	61.38	56.47	59.12	
Permeabilidad (cm/h)	1.16	< 0.36	< 0.36	
Agua aprovechable (%)	---	---	---	
pH (1:2.5)	7.9	8.0	8.2	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.14	0.26	0.29	
Materia orgánica (%)	2.06	1.49	0.39	
CICT (meq/100 g)	24.61	35.12	22.82	
Nitrógeno (%)	---	---	---	
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.27

Grupo III Perfil: _____ 39

Localización: Ojo de Agua Pendiente: 5 a 8%

Uso del suelo: Vegetación nat. **Material parental: Basalto

* Clima: (A)C(w_o)(w)a(e)g Geoforma: Pedimento II

** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	A ₁	A ₁₁	AC	
Profundidad (cm)	0-53	53-85	85-125	
Arcilla (%)	23	11	16	
Limo (%)	23	25	28	
Arena (%)	54	64	56	
Clase textural	Migajón arc. 116-arenoso	Migajón arenoso	Migajón arenoso	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.04	1.26	1.34	
Densidad re. (g/cm ³)	2.45	2.68	2.56	
Porosidad (%)	57.55	52.98	47.66	
Permeabilidad (cm/h)	1.32	2.81	1.99	
Agua aprovechable (%)	---	---	---	
pH (1:2.5)	7.8	8.1	8.1	
C.E. (mmhos/cm ²)	1.15	0.17	0.18	
Materia orgánica (%)	1.31	0.54	0.26	
CICT (meq/100 g)	16.41	15.64	14.35	
Nitrógeno (%)	---	---	---	
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.28

Grupo III Perfil: 50A

Localización: Gpe. de Jalpa Pendiente: 3 a 8%

Uso del suelo: Cultivo de maíz **Material parental: Basalto

* Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Pedimento II

** Suelo: Faeozem ***Estructura: Masiva

Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	A ₁	A ₁₁	
Profundidad (cm)	0-40	40-110	110-130	
Arcilla (%)	24	24	36	
Limo (%)	24	66	35	
Arena (%)	52	10	29	
Clase textural	Migajón arcillo-arenoso	Migajón limoso	Migajón arcilloso	
Densidad ap. (g/cm ³)	1.07	1.03	1.10	
Densidad re. (g/cm ³)	2.27	2.28	2.31	
Porosidad (%)	52.86	54.82	52.38	
Permeabilidad (cm/h)	1.99	<0.36	<0.36	
Agua aprovechable (%)	---	---	---	
pH (1:2.5)	7.1	7.7	7.9	
C.E. (mmhos/cm ²)	0.17	0.22	0.37	
Materia orgánica (%)	1.38	1.34	2.14	
CICT (meq/100 g)	7.94	22.30	17.94	
Nitrógeno (%)	---	---	---	
Fósforo (kg/ha)	---	---	---	

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo III Perfil: 56A
 Localización: Ejido la Trinidad Pendiente: 3 a 8%
 Uso del suelo: Vegetación nat. **Material parental: Igea
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Pedimento II
 ** Suelo: Faeozem ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:
 Profundidad (cm)
 Arcilla (%)
 Limo (%)
 Arena (%)
 Clase textural
 Densidad ap. (g/cm³)
 Densidad re. (g/cm³)
 Porosidad (%)
 Permeabilidad (cm/h)
 Agua aprovechable (%)
 pH (1:2.5)
 C.E. (mmhos/cm²)
 Materia orgánica (%)
 CICT (meq/100 g)
 Nitrógeno (%)
 Fósforo (kg/ha)

A ₁	A ₁₁		
0-15	15-67		
18	24		
34	45		
48	31		
Migajón	Migajón		
1.02	1.11		
2.06	2.07		
50.48	46.37		
5.30	<0.36		
---	---		
6.6	7.8		
0.20	0.13		
1.99	1.25		
17.17	33.33		
0.2000	---		
51.408	---		

* Según carta climática de CETENAL (1970).
 ** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).
 *** Horizonte superficial del perfil.

D R E N A J E

Grupo: III

Geoforma: pedimento II

La geoforma influye indirectamente en el desarrollo del suelo de varias maneras. Las variables reales son las relaciones de humedad y temperatura, el movimiento del suelo y el movimiento del agua tanto sobre el suelo como en su interior (Thompson, 1980). Así mismo, es de gran significación no sólo como modificadora de los efectos climáticos, sino que, es tal vez el factor que más frecuentemente causa diferencias del suelo a nivel local (Brady, 1977).

Los perfiles de este grupo se encuentran en una geoforma de pedimento, con pendiente ligera, que va de 3 a 8%; por lo tanto, parte del agua de lluvia resbalará por la superficie; el agua percolantetendrá a moverse lateralmente a través del perfil en vez de hacerlo en dirección perpendicular. Según Thompson (1980), los suelos en laderas se hallan, en general, bien drenados.

Los porcentajes extremos de las partículas minerales a lo largo de los perfiles de este grupo, fueron de: 24 y 37% de arcilla, 24 y 30% de limo, 33 y 52% de arena, para el horizonte Ap; 18 y 39% de arcilla, 23 y 66% de limo, 10 y 54% de arena, para el horizonte A₁; 11 y 36% de arcilla, 25 y 45% de limo, 29 y 64% de arena, para el horizonte A₁₁; 16 y 37% de arcilla, 24 y 28% de limo, 39 y 56% de arena, para el horizonte AC.

La clasificación textural que presentan estos perfiles en el horizonte superficial, es de: migajón arcilloso; con 37% de arcilla, y 33% de arena, para el perfil 36, migajón arcillo-arenoso, con 23 y 24% de arcilla, y 54 y 52% de arena, para los perfiles 39 y 50A, respectivamente; migajón, con 18% de arcilla, y 48% de arena, para el perfil 56A.

A la dominancia de una determinada partícula mineral, se debe la existencia de los distintos tipos de suelos francos o de migajón encontrados en este grupo.

Los suelos de estas clases de textura, contienen una mezcla de arcilla, limo y arena en tales proporciones que exhiben las propiedades de las tres fracciones de modo equilibrado. Además, estos suelos son muy deseables para la mayor parte de los usos, ya que tienen la arcilla suficiente para retener cantidades adecuadas de agua y nutrientes que aseguran un óptimo crecimiento vegetal, pero no tanta como para presentar dificultades de aireación o causar problemas de drenaje; contienen suficiente limo para formar gradualmente más arcilla (que reemplace la pérdida por cluviación y erosión) y para liberar nutrientes cuando se meteoriza (Thompson, 1980).

La estructura de los suelos es de gran importancia debido a que, por ejemplo: dos suelos con la misma textura pueden, sin embargo, presentar propiedades físicas claramente distintas a causa de la ordenación de las partículas individuales para formar agregados o unidades estructurales muy variables. Además, una estructura adecuada del suelo proporciona poros grandes entre los agregados, en número suficiente para que los movimientos del agua y aire no se vean nunca seriamente restringidos (Thompson, 1980).

La estructura de estos suelos en el horizonte superficial es predominantemente granular (a excepción del perfil 50A, que presenta una estructura masiva). Este tipo de estructura, es la mejor para el desarrollo de las plantas, ya que permite el libre movimiento del aire y agua; absorbe rápidamente las lluvias y el alimento de la planta del suelo es fácilmente utilizable por las raíces de las plantas (Stallings, 1981). La estructura en los horizontes inferiores, es principalmente del tipo subangular, esto es debido a que, los agregados en estos horizontes se hallan general-

mente más comprimidos unos contra otros a causa del peso del suelo superyacente (Thompson, 1980).

El espacio poroso influye en la capacidad de retención de agua, la ventilación, el drenaje y las propiedades de erosión del suelo. Se necesitan poros grandes para la ventilación y la facilidad de admisión del agua, poros de tamaño mediano para el desplazamiento del agua en el suelo y poros pequeños para el almacenamiento de la humedad (Withers, 1978).

Los valores extremos de los porcentajes de espacio poroso de los diferentes horizontes de los perfiles de este grupo, son de: 52.86 y 61.38% para el horizonte Ap; 50.48 y 57.55% para el horizonte A₁; 46.37 y 52.98% para el horizonte A₁₁; 47.66 y 59.12% para el horizonte AC. Como se puede observar, los valores de espacio poroso de los horizontes superficiales (el horizonte Ap, de los perfiles 36 y 50A, y el horizonte A₁ de los perfiles 39 y 56A), sobrepasan el 50% del volumen que debe ocupar el espacio poroso. Esto se debe principalmente a la estabilidad de la estructura (que es de tipo granular) y a la textura (los porcentajes de arena, limo y arcilla se encuentran en equilibrio), por lo que, el volumen de los poros estará compartido por macroporos (contienen aire) y por microporos (contienen agua) en proporciones similares; lo que provocará una buena aireación y un buen drenaje interno (Withers, 1978).

O'Neal in Burgess (1960), define la permeabilidad como la capacidad de un suelo para transmitir el agua y el aire. Está demostrado que cuanto más finos son los granos del suelo, mayor es la superficie total, y menores los poros, e inversamente, cuanto mayores son los granos del suelo, mayores serán los poros y menor su superficie total que resiste al flujo del agua y del aire.

La permeabilidad en el horizonte Ap es de 1.16 cm/h (poco permeable), para el perfil 36, y de 1.99 cm/h (medio permeable),

para el perfil 50A; en el horizonte A_1 es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para los perfiles 36 y 50A, de 1.32 cm/h (poco permeable), para el perfil 39, y de 5.30 cm/h (permeable), para el perfil 56A; en el horizonte A_{11} es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para los perfiles 50A y 56A, y de 2.81 cm/h (medio permeable), para el perfil 39; en el horizonte AC, la permeabilidad es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para el perfil 36, y de 1.99 cm/h (medio permeable), para el perfil 39. La buena permeabilidad existente en los horizontes superficiales y la disminución de ésta en los horizontes subyacentes, hará que el movimiento del agua en la superficie del suelo, sea rápido; pero tenderá a hacerse más lento al aumentar la profundidad, como es el caso de los perfiles 36, 50A y 56A. Para el perfil 39, el agua que penetre a través del suelo, drenará perfectamente en el interior del mismo.

H U M E D A D

La geoforma desempeña un papel indirecto en el desarrollo del suelo, afectando el abastecimiento de la humedad aprovechable para el crecimiento de las plantas. La geoforma, también, modifica el desarrollo del perfil de diferentes maneras: a) afectando la cantidad de precipitación absorbida y retenida en el suelo e influyendo por lo tanto, en las relaciones de humedad; b) afectando la velocidad de eliminación del suelo por erosión y c) determinando el movimiento de materiales en suspensión y en solución de un área a otra (Millar, 1980).

La profundidad efectiva del suelo es aquella en la que las raíces de la planta penetran fácilmente en busca de agua y elementos nutritivos para la planta (Stallings, 1981).

Tomando en cuenta que los perfiles de este grupo ocupan una posición ligeramente elevada sobre la tierra del valle, con una pendiente ligera (de 3 a 8%), la profundidad efectiva que desarro-

llan estos perfiles, es bastante buena; ya que el perfil 36 tiene una profundidad efectiva de 115 cm, el perfil 50A de 130 cm, el perfil 39 de 85 cm, y el perfil 56A tiene una profundidad efectiva de 67 cm. Según Stallings (1981), los dos primeros perfiles se encuentran clasificados como profundos, y los dos últimos, como moderadamente profundos. La profundidad efectiva existente en estos perfiles, posiblemente hará que estos no presenten problemas serios, en cuanto a la obtención de agua y elementos nutritivos por las raíces de las plantas presentes en estos suelos.

Los porcentajes extremos de las partículas minerales a lo largo de los perfiles de este grupo, fueron de: 24 y 37% de arcilla, 24 y 30% de limo, 33 y 52% de arena, para el horizonte Ap; 18 y 39% de arcilla, 23 y 66% de limo, 10 y 54% de arena, para el horizonte A₁; 11 y 36% de arcilla, 25 y 45% de limo, 29 y 64% de arena, para el horizonte A₁₁. (ver tablas 7.26 a 7.29)

La clasificación textural que presentan estos perfiles en el horizonte superficial, es de: migajón arcilloso, con 37% de arcilla, y 33% de arena, para el perfil 36; migajón arcillo-arenoso, con 23 y 24% de arcilla, y 54 y 52% de arena, para los perfiles 39 y 50A, respectivamente; migajón, con 18% de arcilla, y 48% de arena, para el perfil 56A.

Los suelos francos o de migajón, contienen cantidades más o menos iguales de arcilla, limo y arena, y por lo tanto tienen propiedades intermedias entre las de arcilla y las de arena. Tales suelos se consideran altamente favorables para el crecimiento de las plantas porque encierran más agua y cationes disponibles que la arena, porque están mejor aireados y son más fáciles de trabajar que la arcilla (Kramer, 1974). Además, debido al equilibrio existente entre las partículas de arcilla y arena a lo largo de los perfiles de este grupo, estos tendrán una capacidad de retención de agua bastante aceptable, como para no crear problemas de

exceso de humedad y sí tener retenida el agua aprovechable suficiente para el desarrollo adecuado de las plantas.

La estructura modifica la influencia de la textura respecto a las relaciones de humedad y aire, disponibilidad de nutrimentos para la planta, acción de microorganismos y desarrollo de la raíz (Millar, 1980). Además, un suelo con buena estructura, bien granulado y aireado, es un suelo que absorbe el agua fácilmente y tiene cantidades de espacio suficiente para almacenar agua para el uso de la planta (Thompson, 1980).

La estructura de estos suelos en el horizonte superficial es predominantemente granular (a excepción del perfil 50A, que presenta una estructura masiva). Este tipo de estructura, es la más adecuada para el cultivo debido a la amplitud de los espacios entre los agregados. Los granulos pueden retener suficiente agua dejando que el aire circule entre ellos, favoreciendo así, la permeabilidad y su relación con la escorrentía. La estructura en los horizontes inferiores es principalmente del tipo subangular, esto es debido, a que los agregados en estos horizontes se hallan generalmente más comprimidos unos contra otros, a causa del suelo superyacente (Thompson, 1980).

La permeabilidad determina la cantidad de agua o de aire que el suelo puede conducir. La cantidad del flujo saturado, es controlada por el tamaño y continuidad de estos espacios, y por lo tanto, por el tamaño, forma y porosidad de la estructura. El comportamiento del agua del suelo dentro de la estructura está influenciado por la distribución del tamaño de las partículas y la textura.

La permeabilidad en el horizonte Ap, es de: 1.16 cm/h (poco permeable), para el perfil 36, y de 1.99 cm/h (medio permeable), para el perfil 50A; en el horizonte A₁ es menor a 0.36 cm/h (imper-

meable), para los perfiles 36 y 50A, de 1.32 cm/h (poco permeable), para el perfil 39, y de 5.30 cm/h (permeable), para el perfil 56A; en el horizonte A_{11} es menor a 0.36 cm/h (impermeable), para los perfiles 50A y 56A, y de 2.81 cm/h (medio permeable), para el perfil 39.

La buena permeabilidad existente en los horizontes superficiales de estos perfiles, y la disminución de ésta en los horizontes subyacentes, hará que estos suelos tengan una capacidad de retención de agua limitada (Gustafson, 1957). Quizás, esto se deba principalmente a los porcentajes de las partículas minerales del suelo y al tipo de estructura presente a lo largo de los perfiles de este grupo. Por último, el comportamiento de la permeabilidad de los perfiles 36, 50A y 56A, les da una mayor capacidad de retención de agua aprovechable para las plantas, que el perfil 39.

ERODIBILIDAD

La pendiente, la vegetación, el suelo y el clima afectan la erosión y el desagüe. La pendiente del suelo y el largo del declive producen asimismo, efectos importantes sobre la erosión (Bennett, 1974).

Tomando en cuenta que los perfiles de este grupo ocupan una posición ligeramente elevada sobre la tierra del valle, con una pendiente ligera (de 3 a 8%), estos suelos tendrán un ligero peligro de erosión superficial (Storie, 1970). Además, debido a la poca inclinación y longitud de la pendiente que presentan estos suelos, el agua de lluvia correrá lenta y en pequeñas cantidades, lo que provocará igualmente, una erosión superficial lenta.

La capacidad de retención de agua de los suelos juega un papel muy importante en la erosión de los mismos, ya que el agua absorbida por el suelo no escurre sobre la superficie, y por lo tan-

to, no produce erosión (Gustafson, 1957). Por otro lado, la textura que presenta el perfil del suelo afecta en gran manera a la facilidad con que es absorbida el agua, pero no la determina enteramente y, por consiguiente, afecta análogamente a la cantidad de agua que queda disponible para correr por la superficie (Ayres, 1960).

La clasificación textural que presentan los perfiles de este grupo, es el siguiente: migajón arcilloso, para todos los horizontes del perfil 36; migajón arcillo-arenoso en el horizonte A_1 , y migajón arenoso en el horizonte A_{11} y AC del perfil 39; migajón arcillo-arenoso, migajón limoso y migajón arcilloso para los horizontes A_p , A_1 y A_{11} , respectivamente, del perfil 50A; y migajón para todos los horizontes del perfil 56A.

Como se puede observar en las tablas 7.26 a la 7.29, estos suelos contienen una mezcla de partículas minerales muy variable, lo que es muy bueno para evitar o combatir la erosión (Gustafson, 1957). Además, estos perfiles presentan una textura bastante uniforme a lo largo del perfil (excepto el perfil 50A). Esto les proporcionará el poseer una capacidad de retención de agua bastante buena, para que continúe la filtración después de haberse saturado el suelo (Ayres, 1960).

La estructura del suelo superficial es importante respecto a 1) la aireación, 2) la permeabilidad y su relación con la escorrentía, y 3) el grado de resistencia a la erosión (Thompson, 1980).

La estructura que presentan estos suelos en el horizonte superficial, como se ha mencionado anteriormente, es granular (excepto el perfil 50A, que presenta una estructura masiva). Esta estructura permite el libre movimiento del aire y agua, ya que absorbe rápidamente las lluvias y el alimento de la planta del suelo es fácilmente utilizable por las raíces de la planta (Stallings, 1981). Además, al penetrar en el suelo una gran proporción de agua de llu-

via, hay menos escurrimiento, y se aminora por lo tanto, el peligro de erosión (Gustafson, 1957).

La erosión puede ser parcialmente considerada como función de la cantidad y proporción de la escorrentía en relación con las características físicas y químicas inherentes al suelo. Las propiedades inherentes al suelo determina el grado de resistencia a la remoción que ofrece el suelo desnudo, y fijan hasta cierto punto el volumen y proporción de la escorrentía resultante de una lluvia dada. Otros factores que tienen influencia importante sobre el volumen y proporción de la escorrentía son: el grado y regularidad predominantes de las pendientes del terreno; permeabilidad o impermeabilidad del suelo y de los estratos geológicos subyacentes (Ayres, 1960).

La permeabilidad de los perfiles de este grupo, es la siguiente: de 1.16 cm/h (poco permeable), para el horizonte Ap, menor a 0.36 cm/h (impermeable), para los horizontes A₁ y AC del perfil 36; de 1.32 cm/h (poco permeable), para el horizonte A₁, de 2.81 y 1.99 cm/h (medio permeables), para los horizontes A₁₁ y AC, respectivamente, del perfil 39; de 1.99 cm/h (medio permeable), para el horizonte Ap, y menor a 0.36 cm/h (impermeable), para los horizontes A₁ y A₁₁, del perfil 50A; de 5.30 cm/h (permeable), para el horizonte A₁, y menor a 0.36 cm/h (impermeable), para el horizonte A₁₁ del perfil 56A.

Debido a que la permeabilidad en estos suelos disminuye al aumentar la profundidad del perfil (excepto el perfil 39), estas tierras estarán sujetas a cierta erosión por agua (Bennet, 1974); además, al reducirse ligeramente la velocidad de movimiento de agua a través del suelo, ésta tenderá a incrementar la cantidad de lluvia que se convertirá en escurrimiento superficial sobre la pendiente del terreno (Millar, 1980), produciendo consecuentemente erosión. Dada la buena permeabilidad existente en todos los ho-

rizontes del perfil 39, una gran proporción del agua de lluvia penetrará en el suelo, provocando un menor escurrimiento, y aminorando por lo tanto, la erosión (Gustafson, 1957).

La importancia de la materia orgánica se explica por la influencia que ésta tiene sobre muchas de las características del suelo. Entre las propiedades físicas y químicas del suelo, la materia orgánica influye sobre: 1) el color; 2) favoreciendo la formación de agregados; 3) reduciendo la plasticidad; 4) aumentando la capacidad de retención de agua; 5) aumentando bastante la capacidad de intercambio catiónico y aniónico; 6) favoreciendo (a través de los procesos de mineralización) la disponibilidad de N, P, y S; 7) la regulación del pH a través del aumento de su capacidad tampón; etcétera. (Fassbender, 1975).

El porcentaje de materia orgánica en el horizonte superficial de estos perfiles fue de: 2.06, 1.31, 1.38 y 1.99%, para los perfiles 36, 39, 50A y 56A, respectivamente. Según Moreno (1970), con base en los valores de los porcentajes de materia orgánica que presentan los perfiles 36 y 56A, están clasificados como medianos; los perfiles 39 y 50A, como medianamente pobres. Los valores de los porcentajes de materia orgánica de los horizontes subyacentes de estos perfiles, pueden observarse en las tablas 7.26 a la 7.29.

Como se puede apreciar en dichas tablas, el contenido de materia orgánica de estos suelos, disminuye, conforme se va avanzando a lo largo del perfil (excepto, en el caso del perfil 50A, que tiene un porcentaje de materia orgánica mayor en el horizonte A_{11} que en los horizontes A_p y A_1).

En general, se puede decir que la materia orgánica que presentan estos perfiles en el horizonte superficial es aceptable, tomando en cuenta que tienen un cierto declive, que aunque no es muy pronunciado, si es suficiente para provocar cierto grado de ero-

sión, con la consecuente pérdida de partículas finas del suelo y materia orgánica (Thompson, 1980). Por otro lado, estos porcentajes de materia orgánica parecen ser suficientes para promover una buena agregación, permeabilidad y estructura de los suelos (al menos para los perfiles 36, 39 y 56A).

F E R T I L I D A D P O T E N C I A L

La materia orgánica es importante para el mantenimiento de la buena estructura, la facilidad de trabajo y las actividades biológicas en el suelo. Tiene un lugar definido en el mantenimiento de la fertilidad del suelo, puesto que el nitrógeno proviene de la materia orgánica (Storie, 1970).

El porcentaje de materia orgánica existente en el horizonte superficial de estos perfiles fue de: 2.06% para el perfil 36; 1.31% para el perfil 39; 1.38% para el perfil 50A; y 1.99% para el perfil 56A. Según Moreno (1970), con base en los valores de materia orgánica que presentan los perfiles 39 y 50A se encuentran clasificados como medianamente pobres, y los perfiles 36 y 56A como medianos.

Los demás valores de materia orgánica de los horizontes subyacentes pueden observarse en las tablas 7.26 a la 7.29. El contenido de materia orgánica disminuye conforme se va avanzando a lo largo del perfil (excepto, en el caso del perfil 50A, que tiene un porcentaje de materia orgánica mayor en el horizonte A_{11} , que en los horizontes A_p y A_1); esta característica es normal, ya que la mayor densidad y abundancia de las raíces de las plantas en los suelos disminuye de igual manera. Aun así, se puede considerar en términos de fertilidad, que el contenido de materia orgánica en estos perfiles, es regular.

El efecto más universal del pH sobre el crecimiento de las plantas ocurre a nivel de la nutrición. El pH del suelo influye

en la tasa de liberación de nutrientes por meteorización, en la solubilidad de todos los materiales del suelo y en la cantidad de iones nutritivos almacenados en los sitios de intercambio catiónico (Thompson, 1980).

Estos perfiles se encuentran clasificados de acuerdo a Moreno (1970), según los valores de pH que presentan en el horizonte superficial, de la siguiente manera: como muy ligeramente ácido, con un valor de 6.6 el perfil 56A; como neutro, con un valor de 7.1 el perfil 50A; y como medianamente alcalinos, con valores de 7.8 y 7.9 los perfiles 39 y 36, respectivamente. Los valores de pH correspondientes a los demás horizontes que presentan estos perfiles, pueden observarse en las tablas 7.26 a la 7.29.

De acuerdo a Tamhane (1979), las plantas que se desarrollen en los suelos donde se encuentran los perfiles 50A y 56A; no tendrán problemas en cuanto a la obtención de los nutrimentos primarios (N, P, K), secundarios (Ca, Mg, S), y de los elementos menores (Fe, Mn, B, Cu, Cl y Zn), ya que, este autor considera que un pH de 6.5 a 7.5, es el orden de pH en el que son obtenibles la mayoría de los nutrimentos para el desarrollo satisfactorio de las plantas; estos perfiles se encuentran dentro de este intervalo de pH. Por otro lado, los perfiles 36 y 39, debido a que no son fuertemente alcalinos y que presentan uniformidad en el pH en todo el perfil, las plantas que se desarrollen en estos suelos, únicamente tendrán ciertas dificultades, en cuanto a la obtención de algunos elementos menores, tales como el Mn y el Fe, ya que la solubilidad de estos elementos disminuye al ser el pH mayor de 7.5 (Teuscher, 1976).

Junto con la fotosíntesis, las reacciones de intercambio iónico (en especial el intercambio de cationes) son las reacciones químicas más importantes en todo el dominio de la agricultura. De hecho, varios autores han demostrado que la capacidad del suelo

para intercambiar cationes es el mejor índice de la fertilidad del suelo (Tamhane, 1979).

Los valores de capacidad de intercambio catiónico total de los diferentes horizontes que presentan los perfiles de este grupo se muestran a continuación (todos los valores están dados en meq/100 g de suelo); 24.61 para el horizonte Ap, 35.12 el horizonte A_1 y 22.82 para el horizonte AC del perfil 36; 16.41 para el A_1 , 15.61 para el A_{11} y 14.35 para el AC del perfil 39; 7.94 para el Ap, 22.30 para el A_1 y 17.94 para el A_{11} del perfil 50A; 17.17 para el A_1 y 33.53 para el horizonte A_{11} del perfil 56A.

Tomando en cuenta que, el intercambio de cationes se lleva a cabo en las superficies de los cristales de la arcilla y de las partículas de humus; debido a que; estas superficies tienen una carga negativa neta y, por consiguiente, atraen iones positivos (cationes), que son retenidos en forma intercambiable y obtenible en diversas cantidades de los nutrimentos de las plantas tales como Ca, Mg, K, N, P y las mayoría de los micronutrientes (Tamhane, 1979). Por lo tanto, es conveniente que los suelos tengan una capacidad de intercambio de cationes alta y un pH arriba de la neutralidad, porque esto significará que tales suelos estarán bien dotados con la clase adecuada de coloides que pueden absorber, e intercambiar los cationes requeridos en forma de elementos nutritivos (Teuscher, 1976). Por lo que, estos perfiles (a excepción del perfil 36), a causa de la baja capacidad de intercambio de cationes que tienen (menor a los 20 meq/100 g. de suelo en casi todos los horizontes que presentan), tendrán una menor estabilidad en lo que concierne a la fertilidad, ya que los cationes absorbidos por estos suelos, estarán más expuestos a perderse por lavado, que si esta capacidad fuera mayor (Tamhane, 1979; Teuscher, 1976).

Las cantidades de nitrógeno presentes en los suelos están controladas especialmente por las condiciones climáticas y la vegeta-

ción; además, los mismos inciden en las condiciones locales de la topografía, material parental, las actividades del hombre y el tiempo que estos factores han actuado sobre el suelo (Fassbender, 1975).

El valor de nitrógeno total para el horizonte A_1 del perfil 56A es de 0.2006%; por lo que, se encuentra clasificado como rico, según Moreno (1970). Por lo tanto, este perfil se puede considerar como bastante aceptable, en cuanto a dicho contenido, tomando en cuenta la geoforma en que se encuentra (pedimiento, con 3 a 8% de pendiente), así como el valor de materia orgánica, que es de 1.99%; aunque, la cantidad de nitrógeno total en el suelo no es una guía segura para conocer la cantidad de nitrógeno asimilable por las plantas, sí es una medida de las reservas que puedan después utilizar las plantas (Thorne, 1980).

El resultado de fósforo asimilable que se obtuvo para el horizonte A_1 del perfil 56A, fue de 51.40 Kg/ha. Este valor es más o menor aceptable; además, al ver el valor de pH que presenta, y que es de 6.6, hará que el fósforo se encuentre disponible para las plantas; ya que, según Teuscher (1976), la reacción del suelo más favorable para la asimilación de fósforo por las plantas, es entre pH de 6.0 a 7.5, y el valor de pH de este suelo cae dentro de este rango.

Grupo IV Perfil: 30
 Localización: La Reserva Pendiente: 16 a 30%
 Uso del suelo: Cult. de maíz **Material parental: lgea
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Pedimento I
 ** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:

Profundidad (cm)

Arcilla (%)

Limo (%)

Arena (%)

Clase textural

Densidad ap. (g/cm³)

Densidad re. (g/cm³)

Porosidad (%)

Permeabilidad (cm/h)

Agua aprovechable (%)

pH (1:2.5)

C.E. (mmhos/cm²)

Materia orgánica (%)

CICT (meq/100 g)

Nitrógeno (%)

Fósforo (kg/ha)

Ap	C/R		
0-20			
36			
26			
38			
Migajón arcilloso			
0.91			
2.00			
54.50			
6.96			
21.02			
7.4			
0.21			
3.95			
9.74			

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.31

Grupo IV Perfil: 34

Localización: El Palenque Pendiente: 16 a 30%

Uso del suelo: Vegetación nat. **Material parental: Igea

* Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Pedimento I

** Suelo: Vertisol ***Estructura: Granular

Observaciones:

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	A ₁	C		
Profundidad (cm)	0-60	60-200		
Arcilla (%)	6	27		
Limo (%)	58	45		
Arena (%)	36	30		
Clase textural	Migajón limoso	Migajón		
Densidad ap. (g/cm ³)	0.95	1.14		
Densidad re. (g/cm ³)	2.27	2.53		
Porosidad (%)	58.14	54.94		
Permeabilidad (cm/h)	4.31	1.32		
Agua aprovechable (%)	---	---		
pH (1:2.5)	7.9	8.0		
C.E. (mmhos/cm ²)	0.81	0.54		
Materia orgánica (%)	5.21	0.57		
CICT (meq/100 g)	14.55	10.25		
Nitrógeno (%)	---	---		
Fósforo (kg/ha)	---	---		

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Tabla 7.32

Grupo IV Perfil: 40
 Localización: San Angel Pendiente: 16 a 30%
 Uso del suelo: Vegetación nat. **Material parental: Basalto
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Pedimento I
 ** Suelo: Litosol ***Estructura: Granular
 Observaciones: _____

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	A ₁	AC		
Profundidad (cm)	0-15	15-35		
Arcilla (%)	21	25		
Limo (%)	44	44		
Arena (%)	35	31		
Clase textural	Migajón	Migajón		
Densidad ap. (g/cm ³)	1.01	1.03		
Densidad re. (g/cm ³)	2.16	2.46		
Porosidad (%)	53.45	58.13		
Permeabilidad (cm/h)	1.07	0.99		
Agua aprovechable (%)	---	---		
pH (1:2.5)	7.8	7.7		
C.E. (mmhos/cm ²)	0.31	0.35		
Materia orgánica (%)	3.62	1.75		
CICT (meq/100 g)	33.84	36.41		
Nitrógeno (%)	---	---		
Fósforo (kg/ha)	---	---		

* Según carta climática de CETENAL (1970).

** Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).

*** Horizonte superficial del perfil.

Grupo IV Perfil: 55
 Localización: San Juanico Pendiente: 16 a 30%
 Uso del suelo: Cult. de maíz y Frijol **Material parental: Basalto
 * Clima: (A)C(w₀)(w)a(e)g Geoforma: Pedimento I
 ** Suelo: Faeozem ***Estructura: Granular
 Observaciones:

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS FÍSICOS Y QUÍMICOS

Horizontes:	Ap	B2t		
Profundidad (cm)	0-30	30-60		
Arcilla (%)	24	83		
Limo (%)	43	12		
Arena (%)	33	5		
Clase textural	Migajón	Arcilla		
Densidad ap. (g/cm ³)	0.93	0.97		
Densidad re. (g/cm ³)	2.19	2.41		
Porosidad (%)	57.53	59.75		
Permeabilidad (cm/h)	3.48	< 0.36		
Agua aprovechable (%)	---	---		
pH (1:2.5)	6.5	7.0		
C.E. (mmhos/cm ²)	0.23	0.24		
Materia orgánica (%)	3.65	1.77		
CICT (meq/100 g)	16.66	18.71		
Nitrógeno (%)	---	---		
Fósforo (kg/ha)	---	---		

* Según carta climática de CETENAL (1970).
 **, Según cartas Edafológica y Geológica de CETENAL (1974).
 *** Horizonte superficial del perfil.

D R E N A J E

Grupo: IV

Geoforma: Pedimento I

Los suelos de los perfiles de este grupo se encuentran localizados en una geoforma de terraza alta con pendiente de lomerío entre 16 y 30%, de acuerdo a Storie (1970). El grado de pendiente es importante para el movimiento del agua y su efecto sobre el suelo: éste tiende a ser arrastrado de las pendientes fuertes y depositado más abajo (Bennet, 1974). En las pendientes rápidas el suelo no es tan productivo como en las suaves (Brady, 1977).

Los porcentajes extremos de las partículas minerales para los suelos de este grupo son: 24 y 36% de arcilla, 26 y 43% de limo, 33 y 38% de arena, para el horizonte Ap; 6 y 21% de arcilla, 44 y 58% de limo, 35 y 36% de arena, para el horizonte A₁; 83% de arcilla, 12% de limo y 5% de arena, para el horizonte B_{2t} del perfil 55; 25% de arcilla, 44% de limo y 31% de arena, para el horizonte AC del perfil 40; 27% de arcilla, 43% de limo y 30% de arena, para el horizonte C del perfil 34. De aquí que los suelos pertenecientes a este grupo, se clasifiquen como suelos francos o de migajón en los horizontes Ap, A₁, AC y C. Estos suelos son una mezcla de partículas de arena, limo y arcilla que exhiben propiedades ligeras y pesadas desde el punto de vista de laboreo casi en iguales proporciones (Brady, 1977). Estos suelos tienen la arcilla suficiente para retener cantidades adecuadas de agua y nutrientes que aseguren un óptimo crecimiento vegetal, pero no tanta como para presentar dificultades de aireación (Thompson, 1980).

Muchos suelos presentan diferencias suficientes para incluir los horizontes en distintas clases texturales como es el caso del perfil 55 de este grupo. Estas variaciones de textura pueden ser muy importantes especialmente cuando el horizonte B_{2t} presenta un elevado contenido de arcilla que reduce la penetración de agua,

aire y raíces (Thompson, 1980). Esto se puede observar para el horizonte B_{2t} del citado perfil que presenta un contenido de arcilla de 85% y con un valor menor a 0.36 cm/h clasificado como impermeable.

El grado de estructura que existe en el suelo afecta a la cantidad y las dimensiones de los poros (Kramer, 1974), de esta forma las condiciones del suelo y sus características tales como el movimiento del agua, aireación y porosidad van a ser influenciadas por la estructura (Brady, 1977).

La estructura del suelo para el horizonte superficial en este grupo, es granular. Este tipo de estructura es la más deseable para el cultivo debido a la amplitud entre los espacios de los agregados, en la que los gránulos pueden retener suficiente agua dejando que el aire circule entre ellos. En este sentido la estructura superficial va a ser importante en relación a la permeabilidad y su escorrentía (Thompson, 1980).

En el horizonte B_{2t} que se localiza en el perfil 55, la estructura del suelo es prismática. Este tipo de estructura es muy frecuente encontrarla en el horizonte B de muchos suelos pesados (Russell, 1968). Como se dijo anteriormente, su alto contenido de arcilla provoca que el agua lo atraviese muy lentamente, lo cual hace que el horizonte A superyacente pueda permanecer saturado de agua durante bastante tiempo (Thompson, 1980).

En el horizonte C del perfil 34 se encontró que la estructura es subangular. Esto se debe a que los agregados en los horizontes interiores se hallan generalmente más comprimidos unos contra otros debido al peso del suelo superyacente (Thompson, 1980).

La conservación de una buena estructura es esencial para la infiltración del agua y el mantenimiento de las condiciones favo-

rables al crecimiento de las raíces en la masa del suelo (Kramer, 1974).

El espacio poroso está constituido por todo el volumen aparente no ocupado por los sólidos (Gavande, 1976). El volumen de los poros es compartido por el aire y el agua en proporciones que varían con las condiciones de humedad o sequedad del suelo. En general, los poros mayores contienen aire y los poros pequeños contienen agua y la permeabilidad del suelo depende del número, tamaño y cantidad de los poros (Thompson, 1980).

Los valores extremos de los porcentajes de espacio poroso y permeabilidad para los distintos horizontes de este grupo de suelos son: 54.50 y 57.53% de espacio poroso y una permeabilidad de 3.48 cm/h (medio permeable) a 6.96 cm/h (muy permeable), para el horizonte Ap de los perfiles 30 y 55; 53.45 y 58.14% de espacio poroso y una permeabilidad de 1.07 cm/h (poco permeable) a 4.31 cm/h (medio permeable), para el horizonte A₁ de los perfiles 34 y 40; en el horizonte B_{2t} del perfil 55 el espacio poroso es de 59.75% y con un valor de permeabilidad menor a 0.36 cm/h (impermeable); para el horizonte AC del perfil 40 el espacio poroso es de 58.13% y la permeabilidad de 0.99 cm/h (poco permeable); por último, en el horizonte C del perfil 34 el espacio poroso es de 54.94% y la permeabilidad de 1.32 cm/h (poco permeable) (ver tablas 7.30 a 7.33).

Si relacionamos la porosidad con la permeabilidad, estos datos nos dicen, que el volumen relativo de los sólidos es menor que el volumen ocupado por el aire y agua (Brady, 1977), y que la velocidad con que el agua puede atravesar el suelo, o sea su permeabilidad es adecuada para los horizontes A₁, AC y C de los perfiles 34 y 40, para el horizonte Ap del perfil 55 y rápida para el perfil 30 en el horizonte Ap que presenta; en el horizonte B_{2t} del perfil 55 la permeabilidad es inadecuada.

De lo anteriormente expuesto y en base a la textura, estructura, porosidad y permeabilidad de estos suelos, se puede decir que el drenaje es adecuado para el perfil 34 y 40; el perfil 30 va a presentar ciertos problemas de drenaje; y el perfil 55 va a ser el que mayores problemas de drenaje podrá presentar, porque la capa impermeable del subsuelo va a reducir la penetración de agua y a su vez perjudica a las raíces por la menor disponibilidad de O_2 , lo cual influye en el desarrollo de las plantas (Thompson, 1980).

H U M E D A D

Los suelos pertenecientes a este grupo se localizan en una geoforma de terraza alta con pendiente de lomerío entre 16 y 30% de acuerdo a Storie (1970), resultando así suelos con profundidad efectiva clasificada como poco profunda para el caso del perfil 30 (0-20 cm), y suelos moderadamente profundos para el caso de los perfiles 34 (0-60 cm), 40 (0-35 cm) y 55 (0-60 cm) de acuerdo a Stallings (1981) (ver tablas 7.30 a 7.33).

La profundidad del suelo es muy importante porque de ella depende el volumen de agua que el suelo puede almacenar para las plantas, porque entre más profundo este el suelo mayor será su capacidad para almacenar agua (Storie, 1970). También esta capacidad va a depender de su textura, estructura (Thompson, 1980), y de factores externos como el estado del tiempo y la vegetación (Braun Blanquet, 1979).

La clasificación textural para los perfiles de este grupo en los horizontes A_p , A_1 , A_C y C es franca, lo cual es considerado altamente favorable para el crecimiento de las plantas porque esta textura encierra más agua que la arena debido a que presentan un buen porcentaje de partículas finas como limos y arcillas. Estas últimas debido a su forma de láminas, tienen un área superficial

muchísimo más grande que esferas de volumen semejante. Su superficie externa permite que encierren más agua y minerales que los suelos arenosos (Kramer, 1974).

En el caso del perfil 55 existe un horizonte B_{2t} que presenta un elevado contenido de arcilla, el cual va a reducir la penetración de agua, aire y raíces (Thompson, 1980).

El tipo de estructura de estos suelos es granular en el horizonte superficial, y en el horizonte AC del perfil 40; subangular en el horizonte C del perfil 34, y prismática en el horizonte B_{2t} por su alto contenido de arcilla, en el perfil 55.

El grado de estructura que existe en un suelo afecta a la cantidad y las dimensiones de los poros, y por lo tanto, afecta al movimiento del agua y la aireación del suelo (Kramer, 1974).

Para los suelos que están presentando un tipo de estructura granular, resulta ser la mejor para el desarrollo de las plantas, ya que permite el libre movimiento de aire, para el agua, y a su vez retiene la humedad necesaria para producir buenos rendimientos (Stallings, 1981).

En el subsuelo de los perfiles de este grupo, se encuentra, una estructura subangular en el perfil 34, prismática en el perfil 55, y granular en el perfil 40. La Estructura subangular casi siempre está confinada al subsuelo, y su presencia tiene relación con el drenaje, aireación y penetración de las raíces (Brady, 1977). Para el caso de la estructura prismática, ésta se desarrolla generalmente en el horizonte B de muchos suelos pesados (Russell, 1968), esto es, con alto contenido de arcilla.

Los valores extremos de porosidad y permeabilidad son: 54.50 y 57.53% de espacio poroso y una permeabilidad de 3.48 cm/h (medio permeable) a 6.96 cm/h (muy permeable), para el horizonte A_p

de los perfiles 30 y 55; 53.45 y 58.14% de espacio poroso y una permeabilidad de 1.07 cm/h (poco permeable) a 4.31 cm/h (medio permeable), para el horizonte A_1 de los perfiles 34 y 40; en el horizonte B_{2t} del perfil 55 el espacio poroso es de 59.75% y una permeabilidad menor a 0.36 cm/h (impermeable); para el horizonte AC del perfil 40 el espacio poroso es de 58.15% y la permeabilidad de 0.99 cm/h (poco permeable); por último, en el horizonte C del perfil 34 el espacio poroso es de 54.94% y la permeabilidad de 1.32 cm/h (poco permeable). Estos datos nos dicen que la permeabilidad es adecuada en los horizontes A_p y A_1 de los perfiles 34, 40 y 55, pero rápida para el perfil 30 en el horizonte A_p . Para este grupo de suelos hay que tomar en cuenta las pendientes que presentan, puesto que en pendientes rápidas, el suelo no es tan profundo (Brady, 1977), y esto influye en su capacidad para almacenar agua.

En el caso del horizonte B_{2t} del perfil 55, el alto contenido de arcilla provoca que el agua lo atraviese muy lentamente, lo cual hace que el horizonte A superior pueda permanecer saturado de agua durante bastante tiempo, pero la planta sólo puede aprovechar el agua del suelo cuando tiene a su disposición suficiente cantidad de aire. Esto nos dice que la cantidad de agua y aire deben estar en un fuerte equilibrio, para obtener un alto rendimiento de los cultivos (Thompson, 1980).

En el caso del horizonte C del perfil 34 con estructura subangular y baja permeabilidad, se puede explicar, debido a que los horizontes inferiores se hallan generalmente más comprimidos unos contra otros debido al peso del suelo superyacente (Thompson, 1980).

De lo anterior, se puede decir que los perfiles 34 y 40 van a presentar una adecuada humedad, el perfil 30 va a presentar problemas de almacenamiento de agua, y el perfil 55 también tendrá

problemas, pero en su caso, de humedad excesiva por su horizonte B_{2t} con alto contenido de arcilla.

ERODIBILIDAD

Este grupo de suelos se localizan en una geoforma de terraza alta con pendiente de lomerío entre 16 y 30%, de acuerdo a Storie (1970). Esta geoforma favorece la erosión natural de los pisos superiores, que si es suficientemente intensa puede eliminar la posibilidad de un suelo profundo (Brady, 1977). Los perfiles de este grupo se clasifican así, de poco profundo (0-20 cm) el perfil 30, y moderadamente profundos los perfiles 34 (0-60 cm), 40 (0-35 cm) y 55 (0-60 cm).

De esta manera, en muchos suelos cuyo terreno está inclinado o es algo impermeable, una gran parte del agua que recibe por precipitación se pierde por desagüe o escorrentía (Brady, 1977). En este sentido el horizonte superficial de estos suelos se clasifica de poco permeable para el perfil 40, medio permeable para los perfiles 34 y 55, y muy permeable en el caso del perfil 30.

Bajo tales condiciones son importantes dos consideraciones:

1) la pérdida de agua que puede entrar en el suelo y quizá ser usada para las plantas y 2) la remoción del suelo que ocurre cuando el agua sale demasiado rápida. Este arranque y acarreo del suelo se llama erosión. Mientras la pérdida de la propia agua es deplorable, la erosión que la acompaña es aún más seria. El suelo superficial se destruye gradualmente (Brady, 1977).

Es importante considerar que la textura franca y el tipo de estructura granular presente en el horizonte superficial de este grupo de suelos, ya que estas dos características influyen también sobre la erosión; la capacidad de infiltración de un suelo viene influida por la estabilidad estructural, sobre todo en los horizontes superiores.

Además, la textura del suelo y la profundidad del mismo, influyen a su vez en la capacidad de infiltración (Brady, 1977).

La erosión causada por el agua se debe a la acción dispersiva y al poder de transporte, los cuales están determinados por el choque de las gotas de agua de lluvia que caen, por la cantidad y velocidad del escurrimiento, y por la resistencia del suelo a la dispersión y al movimiento (Baver, 1973).

Puede decirse que una estructura granular favorece la resistencia a la erosión (Wooding, 1960), como la presente en este grupo de suelos. Cuanto más granular y resistente es el suelo al aflojamiento y a la dispersión, y permiten la rápida percolación del agua en el perfil del suelo (Baver, 1973). Solamente cuando el suelo no puede regular el agua de lluvia por infiltración es cuando se acumula en la superficie suficiente cantidad de agua corriente para producir erosión (Russell, 1968).

De este modo, la susceptibilidad de los suelos a la erosión depende de su textura, estructura y también de su contenido de materia orgánica (Wooding, 1960).

De aquí que los suelos que presentan una estructura granular debida a la presencia de materia orgánica son bastante resistentes a la erosión (Gavande, 1976).

Los valores de materia orgánica para el horizonte superficial de este grupo de suelos, es el siguiente: 3.95% en el perfil 30, 3.21% en el perfil 34, 3.62% en el perfil 40 y 3.65% para el perfil 55, clasificados como ricos en materia orgánica de acuerdo a Moreno (1970). La estructura granular de los suelos se logra conforme aumenta en ellos el contenido de materia orgánica (Gavande, 1976) (ver tablas 7.30 a 7.33).

El valor promedio de porosidad en el horizonte superficial es de 55.90%. La absorción también aumenta conforme los suelos presentan una estructura más granular y porosa. Esto se debe, quizás, al porcentaje relativamente alto de espacios porosos grandes asociados con la granulación (Gavande 1976).

Se ha descrito la erosión del agua por ser uno de los fenómenos geológicos más comunes. Explica en gran parte el desarrollo de las llanuras, valles, pero esta es la erosión normal, la que opera lenta pero inexorablemente. Cuando la erosión excede de su tasa normal, resulta anormalmente destructiva, y se denomina erosión acelerada, y esta es la acción del agua que concierne en especial a la agricultura (Brady, 1977); de aquí, el porqué describir la acción del agua como principal agente erosivo para esta discusión acerca de problemas de erosión en este grupo de suelos.

De acuerdo a lo expuesto, este grupo de suelos presentará problemas de erosión, debido al tipo de geoforma en el cual se localizan, y con probabilidad mayor en el perfil 40, por ser poco permeable; y resultando ser menor, en este sentido, los perfiles 30, 34 y 55, respectivamente.

F E R T I L I D A D P O T E N C I A L

La materia orgánica sirve tanto como agente para extraer las sustancias nutritivas de los minerales del suelo, como fuente directa de alimentos, a través de los procesos de descomposición (Thorne, 1980).

Los valores de materia orgánica para este grupo de suelos, es el siguiente: Para el perfil 30, de 3.95% en el horizonte Ap; para el perfil 34, de 3.21% y de 0.57% en los horizontes A₁ y C, respectivamente; el perfil 40, de 3.62% y de 1.72% en los horizontes A₁ y AC, respectivamente; el perfil 55, de 3.65% y de 1.77%

en los horizontes Ap y B_{2t}, respectivamente. Según Moreno (1970), con base en los valores de materia orgánica que presentan estos perfiles en el horizonte superficial, se encuentran clasificados como ricos; el horizonte AC del perfil 40 y el horizonte B_{2t} del perfil 55, como medianamente pobres; y por último, el horizonte C del perfil 34, se encuentra clasificado como pobre. Como puede apreciarse, el contenido de materia orgánica en estos suelos, disminuye en todos los perfiles, con la profundidad.

En términos de fertilidad potencial, los valores de materia orgánica que presentan estos suelos en el horizonte superficial son bastante aceptables (todos sobrepasan el 3% de materia orgánica), tomando en cuenta que son suelos poco profundos y con un grado de inclinación bastante pronunciado (pendiente mayor a 16%); por lo tanto, muy probablemente estos suelos contendrán todos los nutrimentos necesarios para el crecimiento de las plantas (Millar, 1980).

La reacción o pH del suelo afecta de modo notable la asimilación de los nutrimentos y ejercen una poderosa influencia en la estructura del propio suelo (Teuscher, 1976).

Según Moreno (1970), estos suelos se encuentran clasificados, de acuerdo a los valores de pH que presentan, de la siguiente forma: muy ligeramente ácido, con un valor de 6.5, y neutro, con un valor de 7.0, los horizontes Ap y B_{2t} del perfil 55, respectivamente; ligeramente alcalinos, con un valor de 7.4, el horizonte Ap del perfil 30, y con un valor de 7.7, el horizonte AC del perfil 40; medianamente alcalinos, con un valor de 7.8; el horizonte A₁ del perfil 40, con un valor de 7.9 y de 8.0, los horizontes A₁ y C del perfil 34, respectivamente (ver tablas 7.30 a 7.33).

Debido a que estos suelos presentan valores de pH bastante uniformes a lo largo del perfil, estos no tendrán el problema de la precipitación e inprovechabilidad de los elementos nutritivos

que se pueda dar cuando se presentan cambios repentinos y drásticos en el valor del pH (Teuscher, 1976). Aunado a esto, los perfiles 30 y 55 tendrán todos los nutrientes razonablemente accesibles ya que sus valores de pH se encuentran dentro del rango que Thompson (1980), considera óptimo para la accesibilidad de los nutrientes, y que es de 6.0 a 7.5; no así, los perfiles 34 y 40, que por tener valores de pH que van de 7.7 a 8.0 en los horizontes que presentan, tendrán ciertos problemas en cuanto a la obtenibilidad y disponibilidad de algunos micronutrientes tales como el hierro y el manganeso, principalmente (Millar, 1980).

La adsorción de un catión por un núcleo o micela coloidal y la liberación subsecuente de uno o más iones retenidos por el núcleo, es denominada intercambio de cationes (Millar, 1980).

Los valores de capacidad de intercambio catiónico total para este grupo de suelos, son los siguientes (todos los valores están dados en meq/100 g de suelo): 9.74 para el horizonte Ap del perfil 30; 14.35 y 10.25 para los horizontes A₁ y C del perfil 34, respectivamente; 33.84 y 36.41 para los horizontes A₁ y AC del perfil 40, respectivamente; 16.66 y 18.71 para los horizontes Ap y B_{2t} del perfil 55, respectivamente.

De los cuatro perfiles existentes en este grupo de suelos, únicamente el perfil 40 posee una capacidad de intercambio catiónico total bastante buena, por lo que este perfil muy probablemente estará bien dotado con la clase adecuada de coloides que podrá adsorber e intercambiar los cationes requeridos en forma de elementos nutritivos (Teuscher, 1976); y por tanto, este perfil tendrá una mayor estabilidad en lo concerniente a la fertilidad, que los perfiles 30, 34 y 55, que presentan capacidades de intercambio catiónico bastante bajas en todos sus horizontes.

7.1 Descripción de la clasificación de aptitud de las tierras

Con base en la discusión anterior y las tablas de resultados de los perfiles descritos para la zona de estudio, se identificaron un cierto número de limitantes o características para las clases de tierras, que de alguna manera afectan la aptitud de las mismas para la producción agrícola. Para el área de estudio se consideraron las siguientes características o limitantes en la determinación de las subclases:

CARACTERÍSTICAS DE LAS SUBCLASES

Símbolo	Característica o limitante
T	Relieve
S ₁	Textura
S ₂	Profundidad efectiva
D	Drenaje del perfil
P	Pedregosidad
I	Riesgo de inundación
E	Riesgo de erosión
A	Salinidad/Sodicidad

Siguiendo la estructura general de la clasificación de la FAO (1976), se obtuvo la siguiente clasificación de aptitud de las tierras con fines agrícolas para el área de estudio:

ESTRUCTURA DE LA CLASIFICACION DE LA APTITUD DE LAS TIERRAS

Orden	Clase	Subclase	Descripción
A (Apta)	1 (altamente apta)	-----	Tierras que no tienen limitaciones señaladas para la aplicación sostenida de un uso agrícola
	2 (medianamente apta)	S ₁ S ₂ DS ₁ A DS ₁ AI DIS ₂ A	Tierras con limitaciones que en conjunto son moderadas para la aplicación sostenida de un uso agrícola.
	3 (ligeramente apta)	S ₁ S ₂ S ₂ P S ₁ AE TS ₂ P S ₁ S ₂ P TS ₁ S ₂ E TS ₂ PE	Tierras con limitaciones que en conjunto son serias para la aplicación sostenida de un uso agrícola.
	4 (marginalmente apta)	TS ₂ P TS ₂ PE	Tierras con limitaciones que en conjunto son muy serias o graves para la aplicación sostenida de un uso agrícola.
N (No apta)	5 (no apta temporal o definitivamente)	TS ₂ TS ₂ P TS ₂ PE	Tierras con limitaciones que en conjunto impiden toda posibilidad de un uso agrícola.

La siguiente tabla, es un resumen con base en la información antes mencionada, en la cual se describe la aptitud de las tierras y las cualidades de las mismas, perfil por perfil y grupo por grupo (ver también figura 7.1).

Tabla 7.34 Relación de la aptitud y cualidades de las tierras, grupo por grupo y perfil por perfil, para la zona de estudio.

Perfil	Drenaje	Humedad	Erodibilidad	Fert. Pot.	Aptitud
GRUPO 1					
26B	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ A
28	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ A
31	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ A
33	lento	buena	sin problemas	baja	2S ₁ S ₂
34A	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ A
35	muy lento	deficiente	sin problemas	media	2DS ₁ A
38	muy lento	deficiente	sin problemas	media	2DS ₁ A
41	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ A
42	lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ A
43	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ A
44	lento	deficiente	sin problemas	media	3TS ₁ S ₂ E
45	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ A
49	muy lento	deficiente	sin problemas	media	2DS ₁ A
49A	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ A
50	muy lento	deficiente	sin problemas	media	2DS ₁ A
51	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DS ₁ AI

GRUPO II

46	muy lento	deficiente	sin problemas	baja	2DIS ₂ A
47A	lento	deficiente	sin problemas	baja	2DIS ₂ A
47B	muy lento	buena	sin problemas	baja	2DIS ₂ A
47C	bueno	deficiente	sin problemas	baja	2DIS ₂ A
52	lento	deficiente	sin problemas	media	2DIS ₂ A
53	lento	deficiente	sin problemas	media	2DIS ₂ A
54A	lento	buena	sin problemas	baja	2DIS ₂ A

GRUPO III

36	lento	buena	ligera	baja	3TS ₁ S ₂ E
39	bueno	buena	ligera	baja	3S ₂ P
50A	lento	deficiente	ligera	baja	2DS ₂ A
56A	lento	deficiente	ligera	baja	4TS ₂ PE

GRUPO IV

30	excesivo	deficiente	moderada	media	3TS ₁ S ₂ E
34	excesivo	deficiente	moderada	baja	3TS ₂ PE
40	bueno	buena	ligera	media	3S ₁ S ₂ P
55	lento	deficiente	ligera	media	4TS ₂ PE

Del análisis resultante de este sistema de clasificación se definieron las siguientes áreas y porcentajes, para las clases y subclases existentes en la zona de estudio: (ver figura 7.1).

Clase	Subclase	Hectáreas	%
1			
Total clase 1			
2	S_1S_2	210.71	0.78
	DS_1A	8150.54	30.26
	DS_1A1	102.74	0.38
	DS_21A	3623.35	13.45
Total clase 2		12087.34	44.87
3	S_1S_2	110.43	0.41
	S_2P	3303.57	12.26
	S_1S_2P	398.35	1.47
	S_1AE	276.09	1.02
	TS_2P	614.01	2.28
	TS_2PE	813.73	3.02
	TS_1S_2E	2734.34	10.15
Total clase 3		8250.52	30.61
4	TS_2P	137.91	0.51
	TS_2PE	3674.72	13.64
Total clase 4		3812.63	14.15

Clase	Subclase	Hectáreas	%	148
5	TS ₂	1461.53	5.42	
	TS ₂ P	1078.81	4.00	
	TS ₂ PE	235.71	0.87	
Total clase 5		2776.08	10.29	
Total de superficie de las clases:		26926.57	99.92	

FIG. 7.1. MAPA DE APTITUD DE LA TIERRA
 ZONA DE ESTUDIO EN EL MUNICIPIO DE PURISIMA DE BUSTOS, GTO.

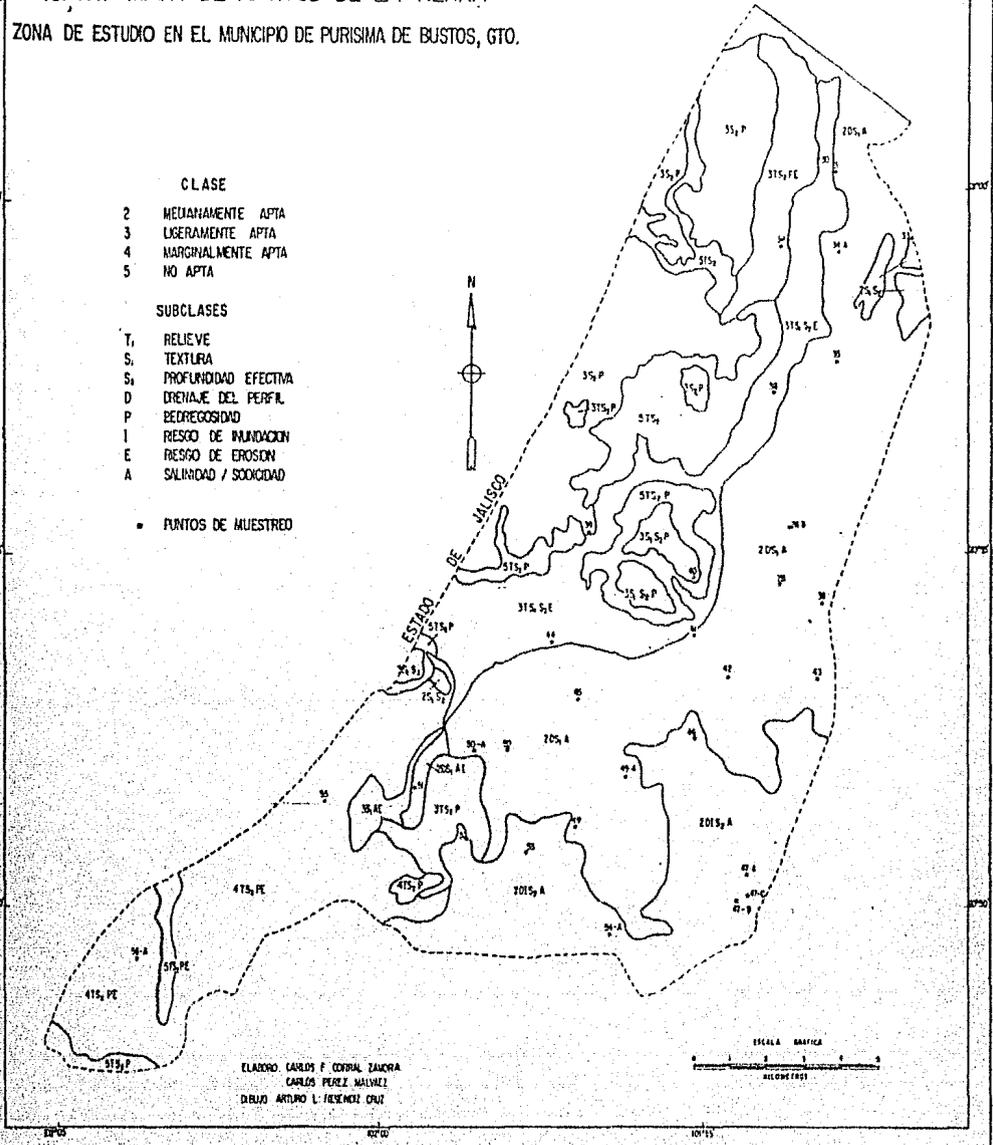
CLASE

- 2 MEDIANAMENTE APTA
- 3 LIGERAMENTE APTA
- 4 MARGINALMENTE APTA
- 5 NO APTA

SUBCLASES

- T, RELIEVE
- S, TEXTURA
- S₁, PROFUNDIDAD EFECTIVA
- D, DRENAJE DEL PERFIL
- P, FERTILIDAD
- I, RIESGO DE INUNDACION
- E, RIESGO DE EROSION
- A, SALINIDAD / SOBRIDAD

- PUNTOS DE MUESTREO



ELABORO CARLOS F. COBRAL ZAICRA
 CARLOS PEREZ MALAVEZ
 DISEÑO ARTURO L. FERNANDEZ CRUZ

ESCALA GRÁFICA
 0 1 2 3 4 5
 KILOMETROS

8. CONCLUSIONES

Se llevó a cabo un estudio acerca de la evaluación de la aptitud de las tierras con fines agrícolas, en el municipio de Purísima de Bustos, estado de Guanajuato, de acuerdo al esquema para la evaluación de las tierras, FAO (1976); obteniendo las siguientes conclusiones:

El medio ambiente externo (geología, geoforma, clima), la caracterización física y química de los suelos y la técnica de la fotointerpretación sirvieron de base para hacer una agrupación afín de los perfiles; resultando cuatro grupos, divididos con base en las características medio ambientales que presentaron. Todo esto sirvió como pauta para hacer la delimitación de zonas con aptitud agrícola. De las características de los suelos, cuatro cualidades de las tierras se consideraron importantes desde el punto de vista de la aptitud agrícola, para este trabajo, como son: drenaje, humedad, erodibilidad y fertilidad potencial; definiéndose las cualidades y la aptitud de estos grupos de la siguiente manera:

GRUPO I

Drenaje: muy lento
Humedad: deficiente
Erodibilidad: sin problemas
Fertilidad potencial: baja
Aptitud: medianamente apta

GRUPO II

Drenaje: lento
Humedad: deficiente
Erodibilidad: sin problemas
Fertilidad potencial: baja
Aptitud: medianamente apta

GRUPO III

Drenaje: lento
Humedad: buena
Erodibilidad: ligera
Fertilidad potencial: baja
Aptitud: ligeramente apta

GRUPO IV

Drenaje: excesivo
Humedad: deficiente
Erodibilidad: moderada
Fertilidad potencial: media
Aptitud: ligeramente apta

- La clase 2 considerada medianamente apta representa una superficie de 12087.34 hectáreas; la clase 3 considerada ligeramente apta abarca una superficie de 8250.52 hectáreas; la clase 4 considerada marginalmente apta ocupa una superficie de 3812.63 hectáreas; y por último, la clase 5 considerada no apta tiene una superficie de 2776.08 hectáreas. Estas superficies están representadas dentro de la zona de estudio.

- De esta manera, una sola clase la 2 (medianamente apta), está ocupando un porcentaje de superficie elevado (44.87%); mientras que, entre la clase 3 y 4 (ligeramente y marginalmente aptas, respectivamente), ocupan casi el mismo porcentaje de superficie (44.76%) que la clase 2. Por otro lado, la clase 5 (no apta) ocupa el menor porcentaje de superficie (10.29%), dentro de las clases existentes en el área de estudio.

- Por lo tanto, el orden apta está representando un 89.63% de la superficie total de la zona de estudio.

- Las tierras clasificadas dentro del orden apta, permiten el uso sostenido para la producción agrícola, de las cuales se espera rindan beneficios que justifiquen los gastos empleados en ellas. Las tres clases existentes en el orden apta para la zona de estudio tienen ciertas limitantes, las cuales al aumentar el número de la clase aumenta la severidad de las mismas, y como consecuencia de esto, los costos para corregir esas limitantes. De la misma manera, las tierras clasificadas dentro del orden no apta, no permiten el uso sostenido para la producción agrícola, a causa de que sus limitantes son tan graves que no pueden ser corregidas a un costo razonable actualmente.

- La clase 5 (no apta) involucra lo que en el método USDA-SARH equivale a las clases de la 5 a la 8. Desde un punto de vista práctico no tiene ningún sentido subdividir en gradientes lo que no es apto.

Por último, se hace necesario realizar más trabajos de este tipo para presentar otras opciones y llevar así a una mejor clasificación del uso de las tierras, empleando el esquema general de la FAO (1976) en cada región, municipio o localidad. También es conveniente llevar a cabo trabajos con objetivos más específicos como podría ser la clasificación de aptitud de las tierras para un cultivo en particular, en determinada región. A su vez es conveniente exponer lo siguiente: estos trabajos tienen a mediano y largo plazo el propósito de incidir en la necesidad de hacer un uso más racional y adecuado de las tierras con el fin de proponer una planeación adecuada y tratar de alcanzar en la mayor medida la autosuficiencia alimentaria, tan requerida por nuestro país y con todas las consideraciones del caso a través de otras opciones y que los beneficios de la misma abarquen a la mayor parte de los mexicanos, los de más escasos recursos. También como objetivo se tiene, la inquietud de generar un proceso de conciencia que permita usar y conservar racionalmente los recursos naturales renovables del país, en este caso el recurso suelo, para las generaciones futuras de mexicanos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- 1 American Society for Testing and Materials. 1958. Procedures for Testing Soils. Am. Soc. Testing Mater., Philadelphia.
- 2 Anónimo, Consejo de Recursos Minerales. Reseña geológica del estado de Guanajuato.
- 3 Ayres, Q.C. 1960. La erosión del suelo y su control. Ed. Omega. Barcelona, España, 441 pp.
- 4 Barkin, D. 1984. México: tres crisis alimentarias. Nexos, 7(77): 13-19.
- 5 Baver, L.D. et al. 1975. Física de suelos. Ed. UTEHA. Centro Regional de Ayuda Técnica (AID). México/Buenos Aires. 529 pp.
- 6 Beek, J.J. and Bennema, J. 1972. Land Evaluation for Agricultural Land Use Planning and Ecological Methodology. Dept. Soil Sci. and Geol., Agric. University Wageningen. 70 pp.
- 7 Bennett, H.H. 1974. Elementos de conservación del suelo. Ed. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 427 pp.
- 8 Black, C.A. 1975. Relaciones suelo-planta. Ed. Hemisferio Sur. Tomo I. Buenos Aires, Argentina. 444 pp.
- 9 Boltvinik, J. 1984. Satisfacción desigual de las necesidades esenciales en México. In: La desigualdad en México. Ed. Siglo XXI. México, D.F. p. 17-64.
- 10 Brady, N.C. y Buckman, H.O. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simon. Barcelona, España, 590 pp.
- 11 Braun-Blanquet, J. 1979. Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales. Ed. Blume, Madrid, España. 820 pp.
- 12 Burgess, R.H. y Ayres, Q.C. 1960. Drenajes agrícolas para ingenieros. Ed. Omega, Barcelona, España. 546 pp.
- 13 Carabias, J. 1984. Recursos naturales y desigualdades. In: La desigualdad en México. Ed. Siglo XXI. México, D.F. p. 89-111.

- 14 CETENAL (Comisión de Estudios del Territorio Nacional). 1970. Carta de climas. Secretaría de la Presidencia. México, D.F., escala 1:500,000 hoja Querétaro 14Q-III. Inst. de Geografía, UNAM.
- 15 CETENAL. 1973. Carta topográfica. Secretaría de la Presidencia. México, D.F., escala 1:50,000 hojas León F14-C41; San Roque de Torres F14-C51; Presa Nueva de Jalpa F13-D59.
- 16 CETENAL. 1974. Carta edafológica y geológica. Secretaría de la Presidencia. México, D.F., escala 1:50,000 hojas León F-14-C41; San Roque de Torres F14-C51; Presa Nueva de Jalpa F13-D59.
- 17 CETENAL. 1976. Modificaciones al sistema de clasificación, FAO-UNESCO: una opción ante el problema de clasificación de suelos para México. México, D.F.
- 18 Clarke, G.L. 1980. Elementos de ecología. Ed. Omega. Barcelona, España. 637 pp.
- 19 Cordera, R., y Tello, C. (coords.). 1984. La desigualdad en México. Ed. Siglo XXI. México, D.F. 334 pp.
- 20 Cordera, R., y Tello, C. 1983. México: La disputa por la nación. Perspectivas y opciones del desarrollo. Ed. Siglo XXI. México, D.F. 149 pp.
- 21 Cram, H.S. y Noguez, G. Ana Ma. 1985. Evaluación del suelo para determinar la aptitud de la tierra en el municipio de Salamanca, estado de Guanajuato. Tesis profesional. Facultad de Ciencias. UNAM. México, D.F. 99 pp.
- 22 Cultivos Básicos. 1982. Manuales para la educación agropecuaria. Ed. Trillas. México, D.F. 72 pp.
- 23 Daubenmire, R.F. 1979. Ecología vegetal: tratado de autoecología de plantas. Ed. LIMUSA. México, D.F. 496 pp.
- 24 De la Madrid, H.M. 1983. Plan Nacional de Desarrollo (1983-1988). Ed. SPP. México, D.F. 430 pp.

- 25 Duarte de Barros, W. 1957. Clasificación de capacidad de uso de las tierras. (Edición en español: SARH. Subdirección de Agrología. México, D.F. 1981, 10 pp).
- 26 Duch, G.J., et al. 1981. Sistema de evaluación de tierras para la determinación del uso potencial agropecuario y forestal en México. Revista de Geografía agrícola (análisis regional de la agricultura), 1: 21-46 pp. UACH. México.
- 27 FAO. 1976. Esquema para la evaluación de tierras. Boletín de suelos No. 32. FAO, Roma. 66 pp.
- 28 Fassbender, H.W. 1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Ed. Turrialba. Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA.
- 29 Fernández, O.L.M., et al. 1979. Ganadería, campesinado y producción de granos básicos: un estudio en Chiapas, In Análisis de los agroecosistemas de México, Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. p. 67-72.
- 30 Flores, M.G., et al. 1971. Memoria del mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana. SRH. México, D.F. 59 pp.
- 31 García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía, UNAM. 245 pp.
- 32 Gavande, S.A. 1976. Física de suelos: principios y aplicaciones. Ed. Limusa-Wiley. México, D.F. 351 pp.
- 33 Gustafson, A.F. 1957. Conservación del suelo. Ed. CECSA. México, D.F. 329 pp.
- 34 Hernández, S.G. 1983. Método paramétrico para evaluar la aptitud de las tierras; un caso: la caña de azúcar. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D.F. 180 pp.
- 35 Jackson, L.M. 1976. Análisis químico de suelos. Ed. Omega. Barcelona, España. 662 pp.

- 36 Klingebiel, A.A. and Montgomery, P.H. 1961. Land-Capability Classification. Agricultural Handbook 210. Soil Conservation Service. USDA. Washington, D.C. 21 pp.
- 37 Klute, A. 1965. Laboratory Measurement of Hydraulic Conductivity of Saturated Soil. In Black, C. editor. Methods on Soil Analysis. Madison. Wisc. American Society of Agronomy.
- 38 Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Ed. UTEHA. Centro Regional de Ayuda Técnica (AID). México/Buenos Aires.
- 39 López, R.E. 1970. Carta geológica del estado de Guanajuato. Escala 1:500,000. Instituto de Geología, UNAM.
- 40 López, R.E. 1980. Geología de México. Tomo III. UNAM. México, D.F.
- 41 Millar, C.E. et al. 1980. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. CECSA. México, D.F. 527 pp.
- 42 Miranda, F., y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Bol. Soc. Bot. Méx. 28: 29-179.
- 43 Moreno, D.R. 1970. Rangos de concentración normal para los elementos comúnmente encontrados en suelos y plantas. Inst. Nal. de Investigaciones Agrícolas. SARH. México, D.F.
- 44 Morgan, R.P.C., y Kirkby, M.J. 1984. Erosión de suelos. Ed. Limusa. México, D.F. 375 pp.
- 45 Olson, W.G. 1974. Land Classifications. Search Agriculture 4(7): 3-33. Cornell University, Ithaca, New York.
- 46 Richards, L.A. (editor). 1954. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. Manual de Agricultura. No. 60. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. (Edición en español. Ed. Limusa, México, D.F., 1983. 172 pp.).

- 47 Robinson, G.W. 1960. Los suelos: su origen, constitución y clasificación. Ed. Omega. Barcelona, España. 510 pp.
- 48 Russell, E.J. y E.W. Russell. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Ed. Aguilar, 4a. ed. Madrid, España. 801 pp.
- 49 Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.
- 50 Sánchez, P.S. 1984. Estudio de la aptitud de las tierras en una región del Valle de Toluca, Estado de México. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM. México, D.F. 98 pp.
- 51 Secretaría de Programación y Presupuesto. 1980. Síntesis Geográfica de Guanajuato. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México, D.F. 198 pp.
- 52 Secretaría de Recursos Hidráulicos. 1975. Estudio de la cuenca lacustre terciaria del Altiplano Mexicano. Dirección de geohidrología y de zonas áridas. Departamento de Geohidrología.
- 53 Stallings, J.H. 1981. El suelo, su uso y mejoramiento. Ed. CECSA, México, D.F. 480 pp.
- 54 Storie, R.E. 1970. Manual de evaluación de suelos. Ed. UTEHA. Centro Regional de Ayuda Técnica. México/Buenos Aires. 225 pp.
- 55 Tamhane, R.V. et al. 1979. Suelos: su química y fertilidad en zonas tropicales. Ed. Diana. México, D.F. 483 pp.
- 56 Teuscher, H. y R. Adler. 1976. El suelo y su fertilidad. Ed. CECSA. México, D.F. 510 pp.
- 57 Thompson, L.M. y Troeh, F.R. 1980. Los suelos y su fertilidad. Ed. Reverté. 4a. ed. Barcelona, España. 649 pp.

- 58 Thorne, D.W. y Peterson, H.B. 1980. Técnica del riego: fertilidad y explotación de los suelos. Ed. CECSA. México, D.F. 496 pp.
- 59 Toledo, V.M. et al. 1981. Crítica de la ecología política. *Nexos*, 4(47): 17-23.
- 60 Toledo, V.M. 1983. La cuestión ecológica; la nación entre el capitalismo y la naturaleza. In: *Ecología y recursos naturales*. Ediciones del comité central del PSUM. México, D.F. pp. 17-52.
- 61 U.S.A. Soil Conservation Service. 1977. Clasificación de capacidad de uso de la tierra. (Edición en español: SARH. Dirección de Agrología. México, D.F. 42 pp.).
- 62 Villegas M. et al. 1978. Método simplificado de análisis para la clasificación granulométrica de los minerales del suelo. *Instituto de Geología. UNAM.* 2(2):188-193.
- 63 Vomocil, J.A. 1966. Porosity Methods of Soil Analysis. *Agronomy Monograph*, No. 9 Part. I. Academ. Press. New York.
- 64 Walkley, A. and I.A. Black. 1934. An Examination of the Degthareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. *Soil Sci.* 37:29-38.
- 65 Warman, A. 1983. Los campesinos, hijos predilectos del régimen. Ed. *Nuestro Tiempo*. 11a. ed. México, D.F. 150 pp.
- 66 Warman, A. 1983b. La Nueva polémica agraria. *Invitación al pleito. Nexos*, 6(71):26-31.
- 67 Watanabe, F.S. and Olsen, S.R. 1965. Test of an Ascorbic Acid Method for Determining Phosphorus in Water and NaHCO_3 Extracts from Soil. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29:677-678.
- 68 Withers, B. y S. Vipond. 1978. El riego: diseño y práctica. Ed. Diana. México, D.F. 350 pp.

- 69 Wooding, G.R. 1960. Los suelos: su origen, constitución y clasificación. Introducción a la Edafología. Ed. Omega. Barcelona, España. 515 pp.
- 70 Young, A. 1975. Rural Land Evaluation. In: J.A. Dawson and J.C. Doornkamp, (eds.). Evaluating the Human Environment. Arnold, London. p. 5-33.