

16

245

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ZARAGOZA

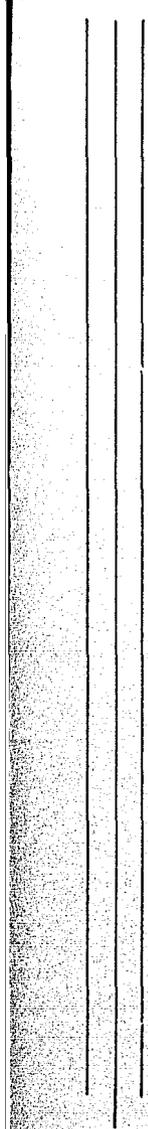
**CARACTERIZACION DE ALGUNOS
SUELOS CULTIVADOS CON
AGUACATE
Y SU ESTADO NUTRICIONAL,
EN LA ZONA DE NEPANTLA,
ESTADO DE MEXICO**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
BIOLOGO

PRESENTAN

AMALIA GARCIA ZAMORA
ANGELICA MORALES ALDAMA

MEXICO, D. F., 1986





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.

INDICE

1. RESUMEN 13
2. INTRODUCCION 15
3. OBJETIVOS 19
4. ESTUDIO BIBLIOGRAFICO SOBRE EL CULTIVO DEL AGUACATE 21
 - 4.1. Descripción botánica 21
 - 4.2. Razas o grupos ecológicos 24
 - 4.3. Condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo de aguacate 27
 - 4.4. Algunas condiciones que limitan el buen desarrollo del cultivo 29
 - 4.5. Cultivo 32
 - 4.6. Cuidados del cultivo 35
 - 4.7. Valor alimenticio, composición química y utilidad 44
5. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO 45
 - 5.1. Localización 45
 - 5.2. Factores externos formadores de suelo 45

- 6. METODOLOGIA 53**
 - 6.1. Análisis del suelo 53
 - 6.1.1. Muestreo 53
 - 6.1.2. Tratamiento de muestras 59
 - 6.1.3. Análisis de laboratorio 59
 - 6.2. Análisis foliar 61
 - 6.2.1. Muestreo 61
 - 6.2.2. Tratamiento de muestras 63
 - 6.2.3. Análisis de laboratorio 63
 - 6.3. Análisis de la calidad del agua de riego 64
 - 6.3.1. Muestreo 64
 - 6.3.2. Análisis de laboratorio para determinar la calidad del agua de riego 65

- 7. INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS 67**
 - 7.1. Descripción de un perfil típico de la zona 67
 - 7.2. Interpretación, discusión y resultados del análisis del suelo 71
 - 7.2.1. De los análisis físicos 71
 - 7.2.2. De los análisis químicos 77
 - 7.3. Interpretación, discusión y resultados del análisis foliar 99
 - 7.4. Interpretación, discusión y resultados del análisis del agua de riego 110

- 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 117**
 - 8.1. Conclusiones 117
 - 8.2. Recomendaciones 118

- 9. APENDICES 121**

- 10. BIBLIOGRAFIA 125**

1. RESUMEN

El estado de México, estaba considerado entre los estados con mayor producción aguacatera a nivel nacional y actualmente se ha abatido considerablemente debido al desconocimiento del manejo óptimo de los huertos para una mayor producción. El presente estudio se hizo para conocer el estado nutricional de los aguacateros de una zona en Nepantla de este estado, además de caracterizar los suelos y determinar la calidad agronómica del agua.

Los suelos de origen volcánico de esta zona quedaron clasificados como Andosoles Mólicos, con condiciones físicas buenas para este cultivo y sin problemas de salinidad. En cuanto al carácter químico del suelo en general fue bueno con algunas deficiencias de nitrógeno y fósforo principalmente, aunque también estos suelos son pobres en materia orgánica, pero con un programa de fertilización y abonado adecuados de acuerdo a lo reportado por la bibliografía, se pueden mejorar estas condiciones.

El estado nutricional de los árboles es medio con ligeras deficiencias de zinc, magnesio, cobre, calcio y potasio, que se pueden rectificar con un plan de fertilización.

En general la calidad del agua de riego es buena sin problemas de sales, cloruros y elementos tóxicos.

2. INTRODUCCION

El cultivo del aguacate ha adquirido en la actualidad importantes perspectivas de expansión debido a las posibilidades de venta que brindan los mercados extranjeros y a la creciente difusión de las propiedades alimenticias y de aprovechamiento industrial; ya que el aguacate contiene aceite, proteínas, hidratos de carbono, vitaminas y minerales que dan una posibilidad de aumento en el consumo de la dieta humana y en la industria para la producción de alimentos, también en la extracción de aceites y productos farmacéuticos (61).

Varios autores coinciden en el origen del árbol de aguacate. Se considera que su origen es Centroamericano (de México hasta Perú, con exclusión de las Antillas, donde fue introducido después) (29), en una zona tropical, de estación lluviosa estival (42).

Su zona de distribución es una de las más amplias en toda América: desde las grandes elevaciones sobre el nivel del mar, con inviernos relativamente fríos, hasta las regiones costeras de clima cálido, tanto húmedo como seco, pasando por elevaciones intermedias de varias condiciones climatológicas (13).

La altitud donde se encuentra llega a unos 1,900 msnm. La temperatura media anual oscila entre 24 y 26°C en zonas bajas y alrededor de 20°C a mayor altitud. Las precipitaciones anuales son de 1,800 a 2,000 mm en zonas bajas, de 1,000 a 1,500 mm en altitudes

superiores a los 1,000 msnm y de 800 a 1,000 mm en altitudes mayores (Altiplanicie Mexicana).

Las diferentes temperaturas y pluviosidad han dado lugar a tres razas de aguacate: mexicana, guatemalteca y antillana; sus condiciones de adaptación han permitido la difusión por varias partes del mundo (42).

Su dispersión es de gran importancia en zonas productoras de California y Florida (EUA) y en los estados de Michoacán, México y Morelos (Méx.) (13).

Algunas variedades de aguacate vegetan y fructifican en Argelia, el sur de España y de Francia, así como en el Mediterráneo.

En la India y en algunos países orientales se introdujo en el siglo XVIII pero aún no se ha generalizado el cultivo. En Madagascar ha prosperado, igual que en Polinesia, Australia, Tahití, Islas Madera, Islas Canarias e Israel.

En el cuadro I se citan en orden decreciente las producciones mundiales de aguacate.

CUADRO I. Producción mundial de aguacate en 1980*

<i>País</i>	<i>Toneladas</i>	<i>País</i>	<i>Toneladas</i>
México	461,000	Israel	31,000
Rep. Dominicana	138,000	Ecuador	30,000
Brasil	120,000	Filipinas	28,000
Estados Unidos	98,000	Zaire	25,000
Indonesia	76,000	Camerun	22,000
Perú	75,000	Oceanía	3,000
Haití	58,000	España	2,000
Venezuela	47,000		

* Según datos de colección FAO, estadística No. 36, Vol. 34, 1980. (26)

México es el mayor productor de aguacate en el mundo y su cultivo se extiende por todo el país en forma de huertos familiares y explotaciones comerciales (29). Actualmente la superficie nacional cosechada de esta especie frutícola es de 60,000 hectáreas, de las que se obtiene un rendimiento medio de 8 toneladas por hectárea; esto nos da un valor de la producción nacional anual de aproximadamente \$ 11,000,000,000.00 (16, 17, 30).

La exportación nacional de fruta fresca es de 765 toneladas/año y no hay exportación de este frutal en forma industrializada. Debido a que México es el principal productor de aguacate no hay importación de éste en forma de fruta fresca o industrializada (17, 33).

Los centros productores más importantes de nuestro país se encuentran en los siguientes estados: Michoacán, Oaxaca, Puebla, Veracruz, Jalisco, México, Chiapas, Sinaloa, Guanajuato y Yucatán, principalmente. Morelos, Tamaulipas, Querétaro y Nuevo León en menor escala actualmente (ver figura 1 y apéndice 1).

De acuerdo a las tablas del apéndice 1 vemos que el estado de México era uno de los principales productores de la República Mexicana y en el año de 1981 su producción bajó debido tal vez a que los productores no tienen información necesaria en cuanto a los requerimientos ecológicos de los distintos tipos y variedades de aguacate (altitud, clima, hábitos de crecimiento, suelos, etc.). A este respecto, y como ejemplo, en Nepantla, estado de México, existen huertos de aguacate que actualmente se encuentran en no muy buenas condiciones para un rendimiento máximo y que podrían mejorarse haciendo una investigación de los motivos y causas de esta mala producción, y es la razón a la cual enfocaremos nuestro trabajo.

Por lo tanto, a partir de estas condiciones y por el creciente aumento en el consumo de este fruto, es importante desarrollar trabajos de investigación y de difusión técnica para mantener y mejorar hasta donde sea posible, la producción de frutos de buena calidad para que México siga siendo el principal productor mundial y exportador a los mercados extranjeros.



Figura 1. Producción nacional de aguacate en 1975-1981.*

* Producción frutícola de aguacate CONAFRUT-SARH, 1975-1981.

3. OBJETIVOS

1. Caracterización agrícola de los suelos y aguas de riego de dos huertos de Nepantla, estado de México.
2. Caracterización del contenido de macro y micronutrientes en el suelo donde se cultiva el aguacate.
3. Cuantificar el nivel de los macro y micronutrientes en la planta para determinar, por comparación con la bibliografía, el estado nutricional de la planta.
4. Llegar a conclusiones tendientes a mejorar el estado nutricional de la planta, los rendimientos y la calidad del fruto.

4. ESTUDIO BIBLIOGRAFICO SOBRE EL CULTIVO DEL AGUACATE

4.1. Descripción botánica

Los aguacates cultivados pertenecen al género *Persea* y forman parte de la familia de las Lauráceas (29). Fue clasificada por Gaertner como *Persea gratissima* y como *Persea americana* por Miller (61).

Sin embargo, algunos genetistas y taxonomistas consideran a la especie *drymifolia* una cenoespecie o ecoespecie, o una variedad *drymifolia* de la misma especie *americana*, Miller. Según las teorías actualmente prevalencientes, el aguacatero cultivado se divide en dos especies:

Persea americana, Miller (*Persea gratissima*), comprende dos razas o grupos ecológicos: el guatemalteco y el antillano, con frutos de grandes dimensiones.

Persea drymifolia Schlecht y Cham, comprende el grupo ecológico o raza mexicana, con frutos pequeños y hojas con olor a anís.

Este árbol es originario de América Central y cuenta con más de 500 variedades (42), cuya clasificación botánica es:

Clase : Dicotiledóneas
Subclase : Diapétalas
Orden : Ranales
Suborden : Magnolíneas
Familia : Lauráceas
Género : *Persea*
Especie : *P.americana*, Miller; *P.drymifolia*, Schlecht y Cham.

Las características generales del género *Persea* y todas las variedades con que cuenta son:

Aspecto general: Especie perenne, con características leñosas y follaje siempre verde (61).

Aparato radical: Está constituido por una raíz columnar primaria que puede desarrollarse hasta 4 m de profundidad en suelos sueltos, de lo contrario es bastante superficial o poco profunda (8, 42); está ramificada en haces secundarios y terciarios horizontales. El ápice de las raíces está protegido por una caliptra, pero el cuerpo de las mismas está desprovisto de pelos radicales por lo que la absorción de las sustancias nutritivas se realiza por conducto de las células corticales (29). Esta estructura radicular está desarrollada conforme a su estructura aérea (12).

Tronco y ramas: Son árboles de tronco recto con hábitos de crecimiento erecto, o semiabierto y abierto (13). Su desarrollo en altura ordinario es de 5 a 7 m (29); pero los árboles procedentes de semilla pueden alcanzar o sobrepasar los 25 m de altura (12). La corteza es lisa de color verde claro o grisáceo (13), su madera es de color rojiza oscura y esponjosa, es de poco peso y muy quebradiza, tiende a acumularse en las extremidades de las ramas y se utiliza como combustible (29). Su esqueleto aéreo es amplio, con ramas erguidas e incertadas al tronco en ángulos de aproximadamente 60° (13), aunque pueden desarrollarse en forma horizontal o inclinada hacia el suelo debido a su propio peso (12), son de color verde claro cuando jóvenes y grisáceos cuando viejas (42); son abundantes, delgadas y frágiles. Las heladas y las quemaduras provocadas por el sol dañan sus tejidos (61).

Hojas: Son de carácter persistente, pero una vez cumplido su ciclo se caen (61) cada 13-15 meses según las variedades y el clima, pero siempre dan a las copas un aspecto verde y persistente (29). La forma de las hojas es muy variada, pueden ser ovaladas, lanceoladas, elípticas, oblongas con su nervadura pinnada (13), su dimensión también es variada de 5 a 30 cm de largo y de 4 a 10 cm de ancho (29); presentan un peciolo corto y están dispuestas en posición alterna, están desprovistas de estípulas (29). Sus ápices son agudos acuminados o simplemente redondeados, brillantes en el haz y reticuladas por ambas caras (12). Cuando jóvenes son enteras, pubescentes y de color rojo, rosa, púrpura o amarillo verdoso, al llegar a la madurez se tornan lisas, de color verde intenso y oscuro y de consistencia coriácea (3).

Flor: Son hermafroditas, actinomorfas con una estructura triverticilada: perianto o cáliz, androceo y gineceo (61). Es una flor pequeña, apétala sin sépalos o lóbulos periantios en número de 6 (12), por lo que no hay diferencia entre el cáliz y la corola (43). Son de color verde amarillento o blanquecino, con un diámetro aproximado de 1 a 1.5 cm, la inflorescencia es una panícula que puede ser axilar o terminal; cada panícula tiene aproximadamente 200 flores (61), cada flor está unida al eje de inflorescencia por medio de un pedúnculo (42). Consta de un perigonio con 2 verticilos trímeros. El androceo está compuesto por 12 estambres insertos por debajo del ovario o alrededor del mismo (61), cada estambre posee 3 o 4 verticilos; sólo 9 de estos estambres son funcionales, en la base de cada uno de los estambres aparecen a veces 2 glándulas nectaríferas de color anaranjado, así como 3 estaminoides o estambres rudimentarios (12). El ovario es súpero, monocarpelar, unilocular, monospermo (42), con un solo pistilo delgado, habitualmente velludo y un estigma simple (43) y un solo óvulo colgante de sutura ventral (42). Estas flores son dicogámicas protogínicas porque sus órganos sexuales nunca maduran simultáneamente, es decir la flor primero se comporta como femenina y luego cierra para abrir de nuevo 26 o 28 horas después y comportarse como masculino (flores del grupo A), y 14 horas después si son del grupo floral B (12).

Debido a esta discontinuidad dicogámica la polinización se logra por la fecundación cruzada entre variedades de diferentes grupos florales y por medio de la polinización entomófila y anemófila, aunque debido a las influencias de origen climático puede haber autofecundación (29). La floración es típicamente lateral.

Fruto: Es una drupa monocarpelar, monosperma y monoembrionaria, su forma es muy variada: redonda, esférica, ovalada, semicilíndrica, periforme, alargada o curvada (12), el pericarpio puede ser delgado, grueso o quebradizo y su color de varias tonalidades de verde, violáceo o negro rojizo (61). El mesocarpio es carnoso, de consistencia mantecillosa, de color amarillo cremoso o amarillo fuerte, frecuentemente verdoso cerca de la cáscara (43), de sabor agradable parecido al de las avellanas (42) y con un contenido oleico entre 3 y 30% (13). El peso del fruto es variado oscilando entre 50 gr hasta 2 kg, según el tipo ecológico (61). La baya contiene una sola semilla adherida al mesocarpio, y puede ser redonda, esférica o cónica y contiene un jugo lechoso (42), tiene 2 cotiledones de color blanco o blanco verdoso, lisos o de superficie arrugada (43) unidos por el plano longitudinal y encierran al embrión (29). La semilla está revestida por una cubierta formada por dos membranas, algunas veces fuertemente adheridas a los cotiledones y otras veces suelta (13).

4.2. Razas o grupos ecológicos

Wilson Popenoe (1920) clasificó a los aguacateros en 3 razas o grupos ecológicos en las cuales se reportan todas las variedades cultivadas del género *Persea* con sus especies *americana* Miller y *drymiifolia* Schlecht y Cham (29, 52).

Raza o grupo ecológico mexicano: Originaria del Valle de México, en regiones con alturas de 1,500–2,000 msnm (61) con una pluviosidad de 800–1,000 mm anuales (42). Los árboles son altos, de corteza delgada, con numerosas ramas delgadas y gran cantidad de lenticelas. Tienen tendencia a producir chupones desde la raíz. Las hojas son de color verde oscuro, lustrosas de 8–10 cm de largo, los

brotos son vellosos y de color verde pálido o plateado (61). Las hojas y los tallos tienen unas glándulas esenciales (glándulas lisígenas) cuyo olor es parecido al del anís (29). Las flores son pubescentes de color verde claro; su época de floración es de diciembre a abril, los frutos son pequeños de 30 a 80 mm de longitud con un peso menor de 250 gr (42), de forma periforme o alargada; la cáscara o epicarpio es delgada de 0.3 a 0.8 mm y de superficie exterior lisa; excepto en las variedades mejoradas (Zutano y Bacon), su color es verde brillante o casi negro (13). El mesocarpio está formado por una pulpa no fibrosa de color blanqueada verdosa y de buena consistencia, con un contenido oleoso de 12 a 27% y alrededor de 2% de proteína y con un marcado sabor a nuez. La semilla es grande, de cubiertas delgadas generalmente adheridas a los cotiledones lisos y apretados (61). Los frutos maduran aproximadamente entre 7 y 10 meses y tienen una vida media de postcosecha alrededor de 10 días después de separados del árbol. Su pedúnculo delgado y cilíndrico no tiene cambio de forma en su extensión y es aproximadamente de 2.5 cm de largo y 6 mm de ancho (29). Son las más resistentes al frío, las plantas jóvenes resisten de -3 a -4°C y las plantas adultas de -4 a -7°C , incluso pueden tolerar hasta -10°C si la duración de la helada es corta (61). Presenta incompatibilidad al injerto con las variedades de la raza antillana y algunas de la raza guatemalteca (29, 39). Vegetan bien en suelos profundos de buena textura, buen drenaje y disponibilidad de agua para riego, son susceptibles a los suelos calcáreos y a la salinidad; pH óptimo de 5.5 a 6.5. Los climas muy cálidos dificultan la maduración del fruto e inducen al aumento de las enfermedades criptogámicas (61). La época de recolección de los frutos es de junio a octubre (3). Ejemplos de variedades: *Puebla*, *Zutano*, *Topa-Topa* y *Atlixco*.

Raza o grupo ecológico guatemalteco: Árboles originarios de Guatemala que vegetan en regiones con alturas de 500 a 1,000 msnm (61) con una pluviosidad de 1,000 a 1,500 mm anuales (42). El árbol es de gran tamaño, ocasionalmente produce chupones. Son árboles con marcada tendencia a la alternancia, las hojas son largas y anchas de 15 a 18 cm, sin olor de ninguna clase y de color

verde intenso, los brotes son de color verde violáceo (61). Los frutos ovoides, ovalados o periformes presentan diferentes coloraciones: morado, verde oscuro y negro con diferentes intensidades (13), su epicarpio es de consistencia correosa, dura y hasta leñosa, su superficie es quebradiza y a veces granulada, su grosor oscila entre 2 y 12 mm (42). El peso de los frutos es de 125 gr a 2.5 kg y de tamaño variado, su pulpa es algo fibrosa con un contenido en aceite mediano de 8 a 20% (61). Y de proteínas entre 1.7 y 2%, su pulpa es de buen sabor (13). El hueso es de gran tamaño y suele llenar toda la cavidad que lo contiene; su superficie es lisa o ligeramente rugosa (42). Los frutos maduran entre los 9 y 12 meses después de la floración (13). Sus flores son poco pubescentes y florecen entre los meses de enero y mayo (42). La vida de postcosecha del fruto es muy larga, hasta 5 meses después de arrancado del árbol (61). Los pedúnculos son largos con forma troncocónica, su grosor aumenta desde su inserción en la rama hasta su unión con el fruto (3). Su resistencia al frío es media, las plantas jóvenes toleran de -2 a -4°C y las adultas de -3 a -5°C (61). La época de recolección se realiza en los meses de enero a septiembre (3). Algunos ejemplos de variedades son: *Hass*, *Dickinson*, *Wagner* o *California*.

Raza o grupo ecológico antillano: No hay pruebas concretas del origen de este aguacate; ecológicamente se sitúa en lugares bajos en regiones comprendidas entre el nivel del mar y alturas máximas de 500 msnm (61); con una pluviosidad de 800 a 2,000 mm anuales (42). En climas cálidos y de una alta humedad relativa. No produce chupones. Las hojas son de 20 cm de longitud o más, de color verde claro amarillento sin olor a anís. Los nuevos brotes tienen al principio una coloración rojiza, pasando luego al verde y al amarillo sin vellocidades (61). Los frutos son de forma ovalada, periforme y alargados, tempraneros, en general de gran tamaño, entre 8 y 25 cm de longitud y con un peso de 100 gr hasta 2.5 kg. El fruto posee un pericarpio coriáceo y liso, de 1.5 mm de espesor, de superficie brillante, tersa y correosa (42); el color es verde, tendiendo a oscurecerse, presentando además pecas pequeñas (61). La pulpa es abundante de color amarillento y de sabor dulce o a mantequilla;

el contenido en aceite es bajo entre 5 y 8% (29). El hueso es de gran tamaño y se suelta en la madurez, sus cubiertas se encuentran desprendidas y son fáciles de quitar, la superficie de los cotiledones de las semillas es áspera y rugosa (13). La cosecha se realiza entre los meses de mayo y septiembre y los frutos maduran entre los 6 y 9 meses después de la floración (3). El fruto separado del árbol madura en 4 y 5 días, su floración tiene lugar de enero a abril. Su pedúnculo es pequeño, cilíndrico o ligeramente cónico en toda su longitud, ensanchándose en el punto de unión con el fruto (3). Es la raza más sensible al frío; las plantas jóvenes toleran de -1 a -2°C y las adultas llegan a tolerar hasta -4°C ; resistente al calcio y a la salinidad ya que pueden vegetar en suelos con cierto contenido de cloruros (250–350 ppm). Es susceptible a las quemaduras del sol y a la *Cercospora*. Es resistente a la antracnosis (61). Ejemplos de variedades son: *Pollock*, *Baker*, *Butler*, *Simmonds*, *Thompson*, entre otros.

Híbridos mexicana por guatemalteca: Los híbridos resultantes de esta combinación más importantes, por su sabor y calidad en el mercado nacional e internacional son: *Fuerte*, *Ettinger*, *Rincón*, *Dorothea* y *Lula* (52).

4.3. Condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo de aguacate

El cultivo del aguacate se extiende desde los 32° latitud norte hasta 36° latitud sur. En esta zona quedan incluidas regiones tropicales, de clima húmedo, cuya temperatura mínima no es menor de 15°C y la temperatura más alta es moderada por la altura que sobrepasa los 2,000 msnm; regiones subtropicales de clima templado–húmedo o mediterráneo, en las que el cultivo se encuentra en zonas de fondos de valles, en donde la temperatura mínima no es menor de 5°C (29).

El aguacate es sensible a las bajas temperaturas, siendo las variedades de la raza mexicana las más resistentes. Las temperaturas altas (40 a 50°C) afectan la floración y fructificación, por lo que re-

quieren temperaturas medias de 20°C (13). La alternancia de días fríos con calurosos afectan la fructificación, por lo que el clima que le favorece es el semicálido templado con temperaturas invernales benignas y con primavera e invierno secos (13).

Los valores de humedad relativa del aire deben mantenerse dentro del 65 al 75% para evitar que se inhiba el desarrollo normal de la etapa vegetativa y la fructificación.

Es de gran importancia la relación entre la temperatura y la humedad en lo referente a la duración del ciclo de producción y maduración del fruto, resulta más corto con temperaturas y humedad elevadas; también los frutos resultan con dimensiones grandes y son pobres en contenido de aceites; cuando la temperatura y humedad relativas son bajas los frutos son más pequeños y ricos en aceites vegetales (29).

La altura sobre el nivel del mar es importante pues condiciona la temperatura del lugar.

El viento juega un papel importante de acuerdo a su frecuencia e intensidad, ya que las flores resultan perjudicadas por vientos fríos igual que los frutos que resultan dañados y a veces resultan desprendidos por los vientos cálidos (especialmente en estado juvenil). Los vientos impetuosos pueden provocar la fractura de ramas, dañando seriamente el árbol, esto es considerando la sensibilidad de la madera, al igual que una mayor transpiración (29).

Los suelos más aptos para el cultivo del aguacate son franco, franco-arenoso y arenoso (3), ya que tienen excelente permeabilidad para el aire y el agua, evitando así la asfixia de las raíces y el desarrollo de enfermedades criptogámicas (42); pero deben mantener un buen nivel de fertilidad y humedad porque los elementos nutritivos son lavados fácilmente y el suelo tendría un muy bajo nivel de fertilidad potencial (61). Es conveniente que el contenido de materia orgánica sea entre 2.5 y 5% para la buena estructura y porosidad del suelo.

Se ha estimado que este cultivo se ve limitado por una humedad excesiva, por lo que la capa freática debe estar por lo menos a 75 cm de profundidad. Para conservar la humedad del suelo la preci-

pitación anual debe ser por lo menos de 900 mm y si no debe sustituirse por riegos programados.

En cuanto a la salinidad los cloruros de sodio y magnesio causan daños que se manifiestan en quemaduras de puntas y bordes de hojas y defoliaciones intensas por lo que la concentración de sales solubles deben ser menores de 3 mmhos/cm² (61).

El pH adecuado es entre 6 y 7.5, reacción del suelo neutra o ligeramente ácido, posibilitando la buena absorción de nutrimentos. Un pH mayor (exceso de caliza) motiva la carencia de oligoelementos como hierro, zinc, manganeso, ocasionando clorosis; con un pH ácido comienzan los efectos tóxicos de aluminio (61).

Es conveniente también, que las plantas estén ubicadas en lugares con buena iluminación, que tengan una buena protección contra los vientos y que el terreno esté ligeramente accidentado u ondulado, para facilitar el drenaje y permita una buena aireación (42).

En cuanto a la calidad agrícola del agua, el agua de riego debe tener las siguientes características: Total de sólidos disueltos menor de 850 ppm, sodio menor de 3 meq/l, cloruros menor de 107 ppm y boro menor de 0.7 ppm (61).

4.4. *Algunas condiciones que limitan el buen desarrollo del cultivo*

En el aguacate, como en los demás frutales, existen factores que condicionan su crecimiento y desarrollo, por lo que para evitar pérdidas en la cosecha se hace necesario el conocimiento de éstos.

En el árbol de aguacate los factores que condicionan o limitan su desarrollo son: Cantidad de agua, humedad atmosférica, temperatura, cantidad de nutrimentos, luminosidad, características de la superficie foliar, pH, salinidad en el suelo y agua, vientos, plagas y enfermedades, tipo de suelo.

Agua: Este árbol es muy exigente en cuanto a la cantidad de agua que requiere, porque se debe tener en cuenta que si se tiene en exceso es sensible a la asfixia radicular favoreciendo el desarrollo

de enfermedades criptogámicas (3) y cuando existe deficiencia de agua se provoca en el aguacatero la reducción del tamaño del fruto y su caída, reflejándose en la pérdida de la cosecha (61). Las plantas jóvenes pierden considerablemente vigor y desarrollo cuando falta la suficiente humedad en el suelo, los mejores árboles en producción logran abundantes cosechas y mejores frutos si reciben periódica y adecuadamente la irrigación. Durante la maduración del fruto la disponibilidad de agua debe ser mayor, ya que durante este periodo el fruto contiene aproximadamente un 70% de agua e interviene en la circulación de los hidratos de carbono y minerales (61).

Humedad atmosférica: Es un factor limitante en el desarrollo del cultivo ya que a altas humedades inducen a la proliferación de las enfermedades en hojas, tallos y frutos. El cultivo del aguacate, requiere para su buen desarrollo, una humedad ambiental menor de 60% (61). Se obtiene una abundante cosecha y de buena calidad, cuando se logra un balance adecuado entre la humedad del suelo y la humedad relativa en el ambiente durante el periodo de floración, de tal modo que no se vea favorecida la población fungosa para evitar daños a la floración y a los frutos jóvenes.

Temperatura: Es susceptible a las temperaturas extremas, las temperaturas medias altas sin contrastes nocturnos inducen a un crecimiento rápido, sin embargo este cultivo se ve afectado por las temperaturas bajas (menores de 13°C), sobre todo, en los procesos de fructificación, floración y por problemas de fertilización y abortos florales (caída de bayas).

Nutrientos: El nitrógeno es de gran importancia ya que contribuye al cuajado y rápido desarrollo de los frutos y a la resistencia de los mismos para permanecer en el árbol. Una deficiencia o un exceso de este elemento afecta directamente la producción. Los niveles de nitrógeno en las hojas son buenos indicadores para la fertilización nitrogenada (en general una producción buena es de 100 kg de fruto por árbol) (61).

Luminosidad: Una pobre luminosidad afecta seriamente la actividad vital del árbol; al igual que una gran intensidad por lo que las

ramas de los árboles deben estar orientadas de tal manera que la luminosidad sea adecuada y con esto habrá mayor capacidad de sintetización reflejándose en la calidad del fruto (12). En cambio ramas demasiado sombreadas no producirán y sólo actuarán como parásitas, por lo que es necesario recurrir a las podas. Anteriormente mencionamos que la intensidad luminosa puede originar daños, ya que la corteza del árbol de aguacate es sensible a ésta, produciendo quemaduras características en ramas y frutos, por lo que no deben dejarse ramas principales expuestas al sol directo de mediodía (61).

Superficie foliar: La relación entre la cantidad de hojas y la cantidad de frutos es un factor también importante, ya que en las hojas es donde se sintetizan los hidratos de carbono de los que después se alimenta el fruto en la base del engrosamiento. En general puede establecerse una relación que es entre 30 y 50 hojas adultas por fruto, aunque es muy variable. De acuerdo con esta relación es preferible en algunos casos mantener el árbol en su crecimiento normal, sin recurrir a la poda (61).

pH: Un pH alcalino en el suelo motiva la aparición de numerosas carencias foliares en micronutrientes. Lógicamente el pH como factor limitante provoca una disminución en la producción (3).

Salinidad: El alto contenido de sales principalmente de cloruros de sodio y magnesio, causan daños. Los suelos salinos al igual que las aguas para riego con cantidades considerables de sales no son adecuadas para este cultivo. Existen fertilizantes a base de sales de los cuales debe evitarse su uso en este cultivo (3).

Viento: El viento aumenta la transpiración, provoca ruptura de ramas, caída de flores, hojas, frutos, que ocasionaría pérdidas en la producción. La erosión es aumentada por la acción del viento provocando daños en los cultivos (12).

Plagas y enfermedades: Las plagas y enfermedades pueden acabar con parte o todo el árbol, bajando considerablemente la producción (12).

Tipo de suelo: Los suelos salinos y con texturas arcillosas no son convenientes para este cultivo.

4.5. *Cultivo*

La propagación y multiplicación del aguacate se hace por medio de la reproducción sexual de las semillas o por medio de la reproducción asexual utilizando injertos, estacas y acodo aéreo (28). La forma natural de reproducción del aguacate es por semilla, pero las plantas nacidas por este medio no tienen las mismas características de la planta original (15, 42). Estas plantas heterocigóticas presentan muchas diferencias en cuanto a tamaño, resistencia al frío, a la salinidad y al calcio con respecto a la planta original (61). Esta forma de reproducción se utiliza para obtener portainjertos del aguacate que luego son injertados con las variedades comerciales que se deseen (23, 42).

En esta forma de reproducción, el primer paso es la selección de la semilla, éstas deben ser las más grandes, más vigorosas y mejor conformadas con el objeto de garantizar la germinación y crecimiento de las mismas (13), también deben provenir de frutos maduros y sanos, no recogidos del suelo y estar totalmente libres de plagas y enfermedades (61). Después se procede a sembrarlas en almácigos o bolsas de plástico con suelo tratado químicamente para eliminar hongos; bacterias, insectos, nemátodos y hierbas nocivas (13), teniendo especial cuidado de la calidad del agua de riego con respecto al pH, cloruros, calcio, carbonatos y bicarbonatos (15, 61). Se deben proteger las siembras de las insolaciones directas, los vientos fríos y malezas (29). Cuando hayan transcurrido de 6 a 10 meses de desarrollo completo, las plantas están listas para recibir el injerto (42).

El material vegetativo para la injertación debe proceder de árboles sanos, de alta productividad y de una variedad o tipo bien definido (13), este material es yemas y púas de ramas tiernas de árboles que tengan buen vigor, estén exentos de enfermedades y tengan

una buena producción cualitativa y cuantitativa (29). En general los injertos se agrupan en:

a) **Injertos de yema:** Estan constituidos por un trozo de corteza que lleva una o varias yemas, se utilizan para obtener nuevas plantas a partir de los patrones del vivero (42). Ejemplos: Injerto de escudete, injerto en doble T, injerto de chapa y de canutillo.

b) **Injertos de púa:** Son pequeñas ramas endurecidas con yemas abultadas y con un diámetro de 0.5 a 0.7 cm (61), se utilizan para restaurar o corregir ramas laterales de patrones o árboles tiernos (29) o para cambiar la variedad de un árbol viejo y desarrollado por la de una variedad fértil y de buena calidad (42). Ejemplos: Injerto de hendidura, lengüeta, inglés y aproximación.

En cuanto al estacado, se utilizan estacas de 25 cm de longitud, de unos 6 meses de edad, de madera semiendurecida, yemas vegetativas y un número mínimo de hojas; después son tratadas con auxinas del tipo indol para inducir a la diferenciación celular y al enraizamiento. Posteriormente se desarrollarán en plantas que después pueden ser injertadas con variedades comerciales (61).

En la plantación de un huerto de aguacate, se debe tomar en cuenta qué variedades comerciales se van a utilizar, y se recomienda plantar distintas variedades que tengan una producción escalonada y que sean variedades combinadas de los grupos florales A y B (61). Para realizar la plantación también hay que tomar en cuenta el relieve y la pendiente del lugar (42) para planificar la forma de riego, orientación del movimiento del agua y prevenir la erosión (61).

Para el trazo de la huerta se tiene que tomar en cuenta (13): El aprovechamiento integral del terreno, espaciamiento adecuado de los árboles y la facilidad para el tránsito de maquinaria.

Antes de proceder a la plantación debe hacerse una labor de despedregado, eliminar los desniveles que puedan ocasionar encharcamientos, drenar las sales (61), hacer una labor de roturación profunda para conseguir el mullido del terreno y facilitar la penetración del aire y el agua en el suelo (42); estas labores se hacen unos 3

o 4 meses antes de preparar los hoyos que contendrán las plantas. Se recomienda también el establecimiento de cortinas rompevientos que evitan el rameo y el deterioro de las bayas ocasionados por el viento, se evitan las rupturas de los árboles y la excesiva caída de flores y frutos (61). Para obtener la máxima eficiencia, la cortina debe estar formada por 3 especies vegetales diferentes: una de gran altura, otra de crecimiento intermedio y una última de hábito arbustivo (13).

Finalmente se procede a la plantación de los árboles generalmente cuando se encuentran en el momento vegetativo de crecimiento de la especie (61). Los hoyos se abren con una anticipación de 2 meses para que la tierra esté suficientemente meteorizada; si los suelos son fértiles y profundos no es necesario abrir hoyos grandes, pero si el suelo es pobre y superficial, resulta indispensable la apertura de hoyos amplios (3).

Al hacer la plantación debe procurarse que el árbol quede al mismo nivel que se encontraba (3), si son árboles injertados el injerto debe quedar 10 cm por encima del nivel del suelo y que la unión patrón-injerto esté orientada de tal forma que no quede expuesta al sol de mediodía (61). Los riegos deben efectuarse a intervalos frecuentes y proporcionar un tutor a las plantas para evitar rupturas por los vientos (3).

Otro tipo de plantación es el sistema de espalderas con el cual se racionaliza la producción de aguacate aumentando la cantidad de plantas por unidad de superficie y mediante podas especiales que guían las ramas y controlan la forma, tamaño, distribución y producción individual y general del huerto. En este método se utilizan árboles de menor tamaño que se consiguen a través de portainjertos enraizantes; pero este tipo de plantación requiere una intensa mano de obra y de muchas condiciones técnicas y económicas (61), por lo que su uso no es muy frecuente.

4.6. Cuidados del cultivo

Riego: Tiene como objetivo proporcionar el agua suficiente para las necesidades fisiológicas de la planta (13). El consumo de agua de riego requerido para el cultivo corresponde a la suma de la evaporación más drenaje del suelo y a la transpiración de las plantas y esto varía según la edad de las mismas, condiciones ambientales y tipo de suelo (21, 61). El riego proporcionado al cultivo está en función de las necesidades de cada raza, de la cantidad de lluvia caída en cada época del año y de la capacidad de retención de agua del suelo. Lo importante es que el suelo se mantenga siempre húmedo sin encharcamientos (42).

Existen varios métodos para determinar las demandas reales de agua, pero en cada caso se diseña un programa de riego según los índices de evapotranspiración mensuales o semanales, además de tomar en cuenta, las precipitaciones y su distribución durante el año (61).

El productor debe vigilar cuidadosamente el proporcionamiento de agua, en todas las etapas de la vida de su plantación, especialmente si el suelo no tiene completamente todas las características óptimas para el cultivo.

Los suelos arenosos y el subsuelo permeable requieren riegos frecuentes y relativamente abundantes, los suelos de textura pesada y el drenaje de tipo medio requiere aplicaciones más espaciadas y con mucho cuidado en relación con la cantidad de agua que se aplique en cada riego. Suelos francos que tienen las condiciones ideales para la irrigación y son adecuados para la especie, son preferibles los riegos frecuentes con cantidades reducidas de agua (13).

Los sistemas de riego son variables según la topografía del terreno; en regiones con pendientes más o menos fuertes el agricultor debe conducir el agua de tal modo que no se provoque la erosión del suelo. En terrenos planos o de pendiente suave, es posible establecer un trazo regular del sistema de riego sin que se presenten

problemas de erosión (13). Para cualquier sistema de riego que se utilice el agua debe de ser de buena calidad y baja en el contenido de sales.

Sistema de pocetas: Es un sistema tradicional de riego que requiere grandes volúmenes de agua y determinadas características del suelo, como son pendientes que si resultan grandes deben hacerse canales de riego y salidas de agua según las curvas de nivel y su orientación (61).

Riego por surco: Este sistema presenta la inconveniencia de que el humedecimiento no es uniforme; los surcos deben presentar poca longitud para evitar un poco lo anterior. La pendiente es un factor importante para que el agua corra por todo el surco. En este sistema de riego se pueden presentar serios problemas de carácter fitosanitario como ataques fungosos que pueden transmitirse de árboles enfermos a sanos por este medio (13).

En el caso de los riegos anteriores hay pérdidas por evapotranspiración por lo que la racionalización del agua resulta ineficiente, estos métodos se usan en regiones donde existe abundante agua. Los riegos oscilan entre 15 y 25 días de acuerdo al grado de evapotranspiración (61).

Riego por aspersión: Es un método más actual, que presenta ciertas ventajas: es efectivo tanto en terrenos planos como con grandes pendientes; se requiere mayor volumen de agua, reduciendo los intervalos; es efectivo en suelos poco profundos y densos en población de árboles. Las limitaciones que presenta este sistema de riego son que no se pueden aplicar grandes cantidades de agua en un sólo periodo; el viento influye en la distribución uniforme y aumenta la evapotranspiración (61).

Riego por goteo: Este sistema es apropiado para el cultivo de aguacate. Presenta varias ventajas que son: proporciona el requerimiento real de agua a la planta, reduce la pérdida por evapotranspiración, la distribución del agua es más homogénea, se pueden utilizar aguas salinas y efectuar lavados de los goteros cada 6 ó 12 meses, es propio para suelos de todo tipo en cuanto a textura y relieve sin problemas de erosión, se pueden aplicar los fertilizantes,

principalmente de nitrógeno en pequeñas dosis y evitar pérdidas por drenaje, el incremento de producción por este método es notorio en cantidad y calidad (61). Sus desventajas son: el alto costo inicial y algunos problemas técnicos como la obstrucción de goteros, esto se puede evitar dando un buen mantenimiento a este sistema.

Abonado y fertilización: El abonado consiste en facilitar a la planta los elementos nutritivos necesarios para su desarrollo (42). Antes de la implantación de la huerta el suelo debe tener un buen nivel de nutrimentos y materia orgánica es decir, debe tener un alto nivel de fertilidad. La materia orgánica es importante para mejorar la cualidad del suelo (drenaje, estructura, etc.) y por aporte de nutrimentos (61).

La fertilización tiene como objetivo elevar la producción en cantidad y calidad de acuerdo a criterios económicos. Para lograr este objetivo la fertilización debe basarse en la nutrición específica de la planta (42, 61), el conocimiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Para esto los análisis de suelo y foliares permiten predecir las dosis óptimas que se emplearán, el método de fertilización y la época de aplicación, aunque deben considerarse también las experiencias de la zona.

Los elementos que intervienen en mayor cantidad son el oxígeno en 44%, carbono en 42%; estos 2 elementos proceden del aire atmosférico; el hidrógeno en 7% y es tomado del agua del suelo (42). Los nutrimentos más importantes para el cultivo son nitrógeno, potasio, fósforo, calcio, magnesio, hierro y zinc; los cuales provienen del suelo de donde son tomados por la planta.

Generalmente la especie crece, se desarrolla y fructifica en México sin grandes problemas en cuanto a deficiencias por elementos mayores como nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio; pero sí a lo que se refiere a elementos menores como zinc, hierro y manganeso (13). El nitrógeno, se reparte en 2 o 3 aplicaciones durante el ciclo; un tercio junto con el fósforo y el potasio; otro tercio en la fase vegetativa; y por último luego del cuajado de las plantas adultas (61). Este elemento es el más usado e interviene en el desarrollo vegetativo, en la producción de frutos, pero no debe usarse en exceso ya

que puede causar daños en la raíz o inducir un gran crecimiento vegetativo y con esto perjudicar la fructificación (13). La planta aprovecha más cuando el suelo tiene un pH neutro o ligeramente ácido (18, 42).

El nitrógeno es muy móvil en el suelo, se necesita fertilizar todos los años de una forma bien distribuida y en los momentos de mayor demanda del cultivo. Con un porcentaje de 1.6 a 2 de nitrógeno a nivel foliar, las producciones pueden ser de 80 kg de frutos /árbol/año o más; este nivel se logra con una fertilización de 100 a 150 kg de nitrógeno por hectárea. La dosis varía según las condiciones del cultivo, las variedades, la edad de las plantas (61), el tipo de suelo, de la práctica de riego usada y el tipo de fertilizante comercial que se utilice (13). En forma genérica para los aguacates adultos de más de 8 años de edad las dosis de nitrógeno oscilan entre 400 y 1,000 gr/árbol/año. El riego por goteo reduce la dosis, porque evita las pérdidas de nitrógeno por percolación (61). Cuando se establecen otros cultivos en la huerta de aguacate, es necesario aumentar la dosis de nitrógeno para evitar competencia por éste (13).

Los fertilizantes nitrogenados más usados son: el sulfato de amonio que contiene de 20.5 a 21% de nitrógeno y se usa cuando el suelo es ácido; nitrato de amonio con un contenido de 33.5 a 34% de nitrógeno y presenta acción escalonada; nitrato de amonio cálcico con un contenido de 20.5 a 26% de nitrógeno y 10% de calcio; urea que a los 3 días de aplicada al suelo se transforma en amonio y contiene de 45 a 46% de nitrógeno y se utilizan cuando el suelo es pobre en cal (18, 61).

Debe tenerse cuidado al usar fertilizantes nitrogenados como el sulfato de amonio, urea y nitrato de amonio; porque pueden acidificar el suelo y compactarlo trayendo como consecuencia el problema de penetración de agua. Como medida preventiva se recomienda adicionar una parte de nitrógeno en forma orgánica (13).

Por el carácter superficial de las raíces de este árbol es necesario que estén presentes gran cantidad de nutrimentos de fácil absorción en las capas superficiales del suelo (13).

La fertilización con fósforo y potasio debe incluirse también para la formación y desarrollo del fruto (13), estos elementos son de difícil asimilación y presentan problemas en suelos ácidos o alcalinos. Se fijan rápidamente en los suelos depositándose superficialmente y no penetran a las raíces (42). Aunque el fósforo es poco requerido para el cultivo, cuando el nivel, en el análisis foliar, baja a menos de 0.05% existe la necesidad de fertilizar con una cantidad de 2 a 5 kg de superfosfato árbol/año (61). Este nutrimento se aplica junto con el potasio antes de la floración en unos surcos localizados a unos 30-35 cm de la plantación (para evitar daños a las raíces) y a unos 30 cm de profundidad y con esto se consigue que el abono llegue a la zona de absorción radicular (42).

Los fertilizantes se depositan relativamente lejos del tallo, tanto más lejos cuanto mayor edad tienen los árboles (13). El aguacate es exigente en cuanto a requerimientos en potasio, y el magnesio está relacionado con estos requerimientos en una proporción de 0.5 a 1 respectivamente (61).

En árboles adultos mayores de 8 años de edad, las necesidades de potasio y fósforo son de 900 a 1,400 g/árbol/año y de 900 a 1,100 g/árbol/año respectivamente. Los fertilizantes fosforados más usados son: superfosfato simple, superfosfato doble o enriquecido, superfosfato triple y superfosfato de cal. Los fertilizantes potásicos más comunes son nitrato de potasio, sulfato de potasio y cloruros de potasio (61).

Poda: La poda adoptada en cada lugar vendrá condicionada por la variedad, el vigor de los árboles y las condiciones específicas de clima y suelo. El aguacate es una especie que responde positivamente a la práctica de la poda, también se le puede permitir el desarrollo natural del árbol y únicamente realizar aclareos cuando hay sobrepoblación en el terreno para permitir la aireación y la entrada de luz. Cuando se realiza en el aguacate la poda, ésta debe realizarse racionalmente y tomando todas las precauciones debidas para evitar el rompimiento del equilibrio entre follaje y fructificación y así poder obtener buenos resultados (61).

Hay que recalcar que es necesario tomar precauciones en la

poda del árbol de aguacate; y son las siguientes:

- No deben de podarse ramas de frutos porque se induce al crecimiento de las hojas (61).

- Deben cortarse ramas laterales y no principales porque se induce a un crecimiento vegetativo en toda la planta (61).

- Los cortes deben hacerse cerca del tronco o ramas, para que allí se estimule el crecimiento vegetativo (13, 14).

- Suprimir la madera muerta para facilitar la cosecha, los tratamientos fitosanitarios requeridos y en general las labores al árbol (61).

- En árboles adultos la poda debe limitarse a eliminar ramas bajas que dificulten las labores, esta poda debe ser limitada para evitar que el árbol tienda a crecer en altura (42, 61).

- No debe podarse a finales de verano ni a comienzos de otoño, pues se induce a un crecimiento vegetativo en momentos de peligro de bajas temperaturas (61).

- Una vez podados los árboles, las heridas grandes deben cubrirse con cera o pasta; cuando el árbol queda muy desprotegido se blanquean troncos y ramas principales con lechadas de cal para proteger la corteza de las quemaduras por el sol (61).

En la poda se tienen las siguientes ventajas:

Puede mantenerse el tamaño requerido por la planta (61), se refuerza la vitalidad de yemas y ramas vecinas de donde se podó (42). Se puede conseguir mayor tamaño del fruto (42), corregir crecimientos raquíuticos (13, 14), prevenir daños por vientos fuertes (14) y regular, relativamente, la alternancia de producción (42).

Anillado: El anillado es una incisión en la parte exterior de una rama y a su alrededor, con un ancho entre 5 y 25 mm, según la necesidad técnica. La incisión interrumpe la circulación de los vasos floemáticos de las ramas que son los distribuidores de los hidratos de carbono sintetizados en las hojas. Al interrumpirse el paso de las sustancias elaboradas desde el follaje hacia las partes inferiores la circulación de los hidratos de carbono se hace por encima de la zona de incisión y produce una inducción de diferenciación de las yemas florales (61).

La práctica del anillado facilita la fructificación o aumenta el tamaño de los frutos. Esta práctica puede aplicarse tanto a plantas jóvenes como viejas, de crecimiento lento y que normalmente no dan fruto (42).

El aguacate es un árbol que presenta alternancia productiva; en este caso existe un año de buena cosecha seguido de 2 o 3 años de muy malos rendimientos. La producción de frutos está determinada por la cantidad de flores, por el porcentaje que llegan a desarrollarse después del raleo natural en el periodo de cuajado, por el porcentaje de frutos que caen por una competencia originada en el desarrollo de los mismos y naturalmente, por contingencias naturales.

El anillado no soluciona las bajas producciones, ya que existen otros factores que pueden provocarla como son:

- Variedades inadecuadas para la zona.
- Posibles problemas de polinizadores.
- Mala distribución, etc.

El anillado puede traer efectos negativos si no es aplicado en época correcta o si no se tienen en cuenta las características de la variedad (61).

Al igual que la poda deben tomarse precauciones como:

- No debe hacerse en árboles débiles o con follaje de color verde pálido debida a deficiencias de nutrimentos.

- Tampoco en árboles afectados por alguna enfermedad criptogámica o plagas (3).

Dado que en nuestro país la floración se presenta por lo general durante los meses de noviembre a marzo, según las variedades y tipos nativos, se considera que la época más adecuada para el anillado es unos meses antes de la iniciación de la floración o sea en los meses de julio a septiembre (13).

El anillado puede realizarse en dos terceras partes de la copa del árbol (una tercera parte en un año y la otra tercera parte el año siguiente). Las ramas con incisiones deben atarse o apuntalarse, para que no corran peligro de ruptura en esta zona (3).

Cuando la incisión se hace en invierno debe ser más estrecha

para que en la curación y cierre no influya la temperatura (3).

Aclareo de flores y frutos: Realizar el aclareo de flores y frutos ayuda a corregir problemas de alternancia productiva. Se eliminan flores y frutos para permitir una producción adecuada que no supere la capacidad de alimentación que puede dar la planta.

El aclareo de las flores se hace en plena floración, no antes, con el fin de conocer la capacidad de floración. El aclareo de frutos se hace cuando éstos tienen un tamaño de pocos centímetros. El raleo de flores y frutos se realiza mediante la aplicación de químicos específicos o el raleo natural de los frutos (61).

Control de malezas: Las malezas compiten por los nutrientes con los frutales, por lo que les ocasionan problemas, sobre todo en productividad.

En los cultivos de aguacate resulta difícil controlar las malas hierbas debido a que estos árboles tienen sistema radicular superficial y pueden sufrir daños.

Existen malezas perennes y anuales, algunas especies de perennes son difíciles de erradicar por su sistema de reproducción y sus órganos de reserva (raíz, rizomas, etc.).

Para combatir malezas anuales se usan herbicidas de postemergencia (que son de contacto, o sea, se moja la planta con solución de diaquat o paraquat) y de preemergencia que actúan por residuidad en el suelo atacando a las semillas y órganos de reproducción de la maleza, colocándose en la superficie del suelo limpio o mezclado, los más usados son simazina, terbutetano, trifluralina, monuron, diuron (61).

Control de plagas: En cultivos subtropicales y tropicales, como el aguacate, es común la infestación por cóccidos (cochinillas), áfidos (pulgones) y trips que atacan fundamentalmente a las hojas, frutos y brotes (63).

Es importante la sanidad en el cultivo y debe controlarse para evitar daños evidentes en todas las etapas de la vida de los árboles, y aún más en la madurez fisiológica de los frutos.

Las principales plagas que causan daños significativos en México son: barrenadores de hueso, periquito, chinche de encaje, aga-

lla, mosca verde, gusano confeti (63).

Las plagas son más variadas y abundantes según las regiones de cultivo, cultivos próximos, condiciones ambientales, etc.

Se puede disminuir la incidencia de las plagas en la producción, haciendo un adecuado control biológico alternado con un control químico (61).

El control biológico se basa en el equilibrio natural de las especies. El control químico origina la pérdida del equilibrio natural, y aplicaciones continuas inducen a una selección de resistencia por parte de las plagas, por lo que se tiene que aumentar cada año la dosis. Se recomienda controlar químicamente haciendo una rotación de los productos que se aplican. El control químico tiene resultados inmediatos y debe tenerse en cuenta el tipo de plagicida, el ciclo de vida de la plaga y la aplicación de la dosis correcta (61).

Control de enfermedades: Existen varios tipos de enfermedades:

— Criptogámicas: Podredumbre de la raíz o tristeza, marchitez, sarna o roña, antracnosis, pudrición texana, viruela, cáncer del tronco y rama, tizne o negrilla, oidio, pudrición del pedúnculo del fruto, podredumbre del fruto, etc.

— Virosas: Mancha del sol que ataca a árboles debilitados y produce en los frutos manchas amarillas o rojas.

— Fisiológicas: Depresiones, necrosis del fruto en su pedúnculo, zonas acorchadas en los tejidos, hojas mal formadas, protuberancias en la superficie del fruto, etc.

— Ambientales: Viento, altas temperaturas que producen serias irritaciones en la epidermis de los frutos y en los troncos; el viento generalmente ocasiona defoliación, dejando los frutos a la acción directa del sol.

De todas las anteriores los hongos que atacan a las raíces provocan las enfermedades más peligrosas en el aguacate, por lo que deben tomarse medidas preventivas con fungicidas, así como buscar variedades resistentes (24, 32, 61, 74).

4.7. *Valor alimenticio, composición química y utilidad*

El aguacate es un excelente alimento de fácil digestión, nutre ricamente todo el organismo, presenta carácter neutro, es recomendable para los niños y personas que carecen de dentadura, para los enfermos del hígado resulta un poco pesado y es conveniente que ellos se abstengan de consumirlo (56).

Es un fruto con alto valor energético, proporciona al organismo de 150 a 300 calorías por cada 100 g de pulpa que se consume (29); contiene elementos nutritivos como hidratos de carbono en una proporción aproximada de 5 a 6% (61, 71); se considera rico en proteínas (3), conteniendo de 1.5 a 2% (61); el contenido de grasa varía de 15 a 20% dependiendo de la variedad de que se trate (61); está considerado como rico en vitaminas A (antixerofáltica y antifecciosa) y B (antineurítica y antiberibérica), medianamente rico en vitaminas D (antirraquítica) y E (antiestéril), pobre en vitaminas K (antihemorrágica) y C (anticarbuco) (61). El contenido de agua también varía de 60 a 80% dependiendo de la variedad y edad del fruto (29).

En medicina, por su contenido en vitamina E, es considerado afrodisiaco y se usa como antidisentérico, para eliminar parásitos y restablecer el equilibrio de las funciones intestinales (29). Las hojas de aguacate se aprovechan para hacer infusiones en caso de molestias estomacales; también se usan como cataplasmas en la frente, para disminuir la jaqueca; el aceite que se extrae del fruto, se usa aplicado en las partes doloridas de los gotosos, para disminuir las molestias (56).

El fruto del aguacate es utilizado en la industria alimenticia para extraer aceite (29).

El aceite del aguacate y la pulpa se usan en cosmetología para preparar lociones y jabones para el tratamiento del cuero cabelludo, del pelo y la piel (29).

5. DESCRIPCION DE LA ZONA DE ESTUDIO

5.1. Localización

Nepantla se encuentra localizada al sureste del estado de México (Figura 2) a una latitud de $18^{\circ} 59.2'$, a una longitud de $98^{\circ} 50.3'$ y a una altitud de 2,080 msnm; se encuentra a 63 km de la ciudad de México por las carreteras 150 de cuota, 190 y la federal 115 México-D. F.-Cautla, Morelos (38,67). Antiguamente cruzaba por el poblado de Nepantla el ferrocarril "Ozumba, Cautla y Puente de Ixtla" (47).

La zona de estudio forma parte del municipio de Tepetlixpa, el cual ocupa una superficie aproximada de 54 km²; dentro de este municipio los estudios se realizaron, particularmente, en los alrededores de la localidad de Nepantla, también llamada de Sor Juana Inés de la Cruz que tiene una población de 2,000 habitantes (66, 67), cuenta con abastecimiento de agua potable, corriente eléctrica, señal televisiva, oficina de telégrafos, existe un centro de salud, una primaria y un cementerio municipal (67).

5.2. Factores externos formadores de suelo

Geología: La litología del estado de México está constituida por afloramientos de rocas metamórficas, sedimentarias o ígneas. Las

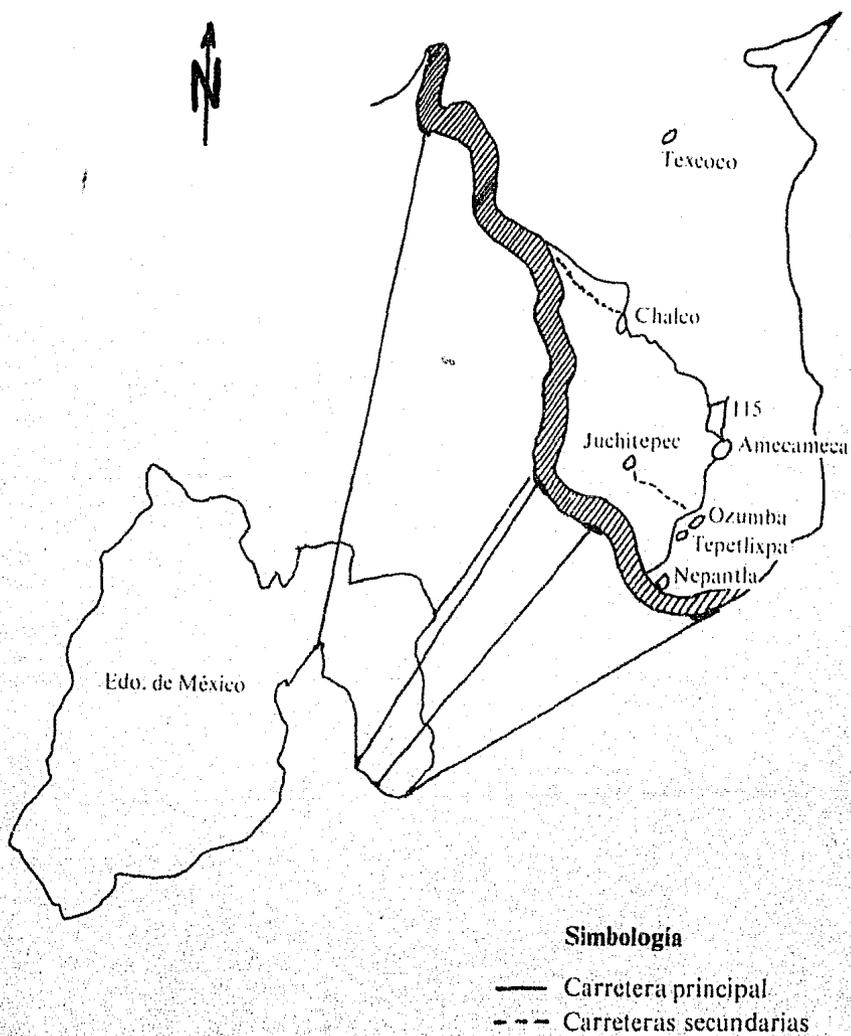


Figura 2. *Vías de comunicación y mapa de localización de Nepantla en el estado de México.*

rocas metamórficas son las de edad más antigua y datan del triásico y consisten en gneiss y esquistos (47).

Las rocas sedimentarias ocupan gran parte del territorio del estado y está representado por pizarras arcillosas, areniscas y calizas que pertenecen al precretácico y cretácico inferior (47).

Las rocas ígneas extrusivas (andesíticas, riolíticas y basálticas) del terciario yacen discordantemente sobre las rocas mesozoicas con algunos cuerpos intrusivos de tipo ácido (granitos y granodioritas) que están relacionadas con la mineralización de algunas zonas (45, 68). El periodo cuaternario está representado por rocas ígneas de composición basáltica que ocupan una mayor extensión de la zona agrícola de la localidad de Nepantla, así como depósitos piroclásticos (cenizas volcánicas) y depósitos lacustres y aluviales (68).

La zona de Nepantla pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico cuyas principales estructuras son los aparatos volcánicos entre los que sobresalen el Popocatepetl, el Iztaccihuatl y el Nevado de Toluca, formados por rocas andesíticas (cuadro 2) (46, 68).

Climatología: En el estado de México predomina el clima templado o mesotérmico que se concentra en los valles altos de la parte norte, centro y este de la entidad, particularmente en las inmediaciones del valle de México; las temperaturas medias anuales del sureste son mayores de 20°C y la precipitación media anual oscila entre 300 y 1,800 mm.

El clima que se registra en la estación de Nepantla es (A)C(w''₂)(w)ai (34), que corresponde a un clima semicálido. Es el más cálido de los templados C con temperatura media anual mayor de 18°C y la del mes más frío menor de 18°C; con 2 máximos de lluvias separados por 2 estaciones secas, una larga en la mitad fría del año y una corta en la mitad de la temporada lluviosa. Es el más húmedo de los templados con lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor de 5. La precipitación media anual es mayor de 800 mm y la temperatura media anual oscila entre 16 y 18°C. La máxima incidencia de lluvias se presenta en junio con un valor que

CUADRO II. Esquema generalizado de la litología de la provincia del Eje Neovolcánico.

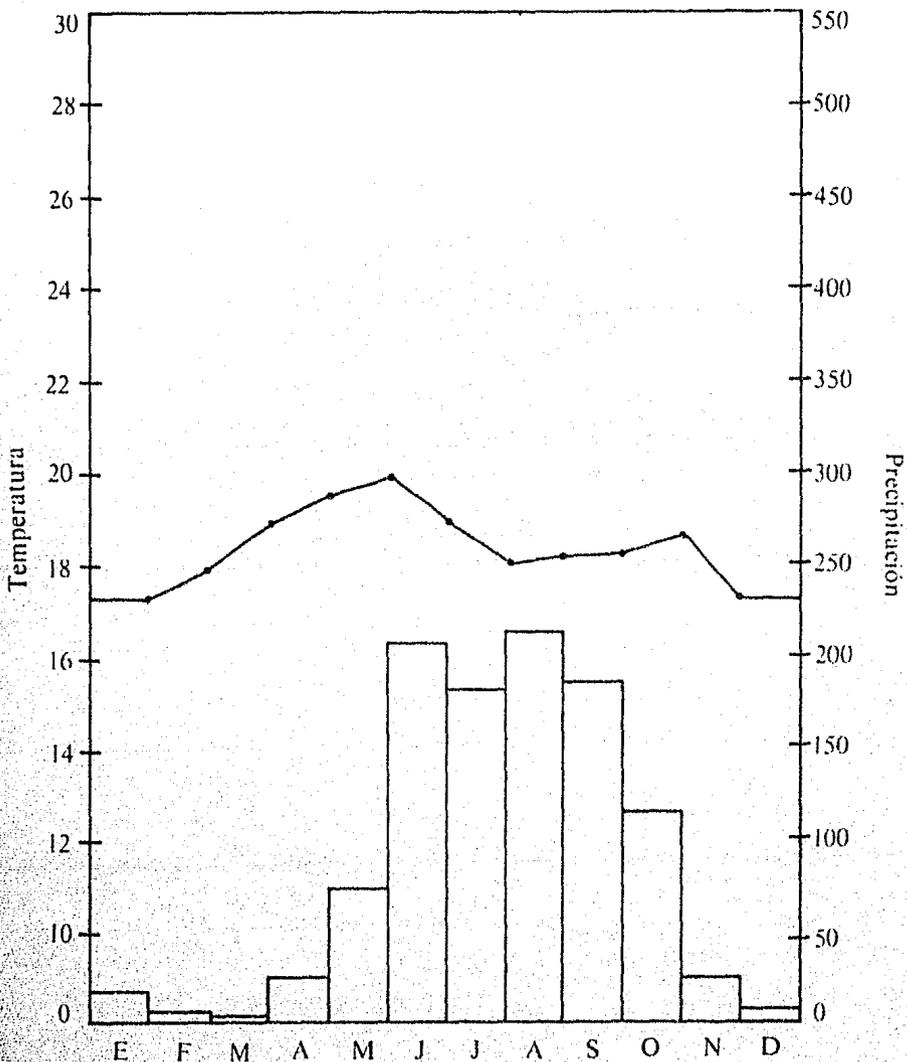
EJE NEOVOLCANICO*

<i>Edad</i>	<i>Periodo</i>	<i>Litología</i>	<i>Clave</i>	<i>Ubicación</i>	
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	Suelos: Aluvial	(S)	Acambay	
		Residual		Cuautilán	
		Lacustre		Toluca	
				Texcoco	
				Chalco	
	Terciario	Terciario	Rocas ígneas extrusivas: Basaltos	(Ige)	Aculco
			Tobas		Jilotepec
			Brecha volcánica		Atacomulco
					Otumba
					Tepoxtlán Tepetlixpa
		Rocas ígneas extrusivas: Basalto			
		Riolita	(Ige)	Este de	
		Andesita		Amecameca	
		Toba			
		Brecha volcánica			

* (68)

fluctúa entre 159 y 160 mm. La sequía se registra en los meses de febrero y diciembre con un valor menor de 10 mm. El mes más cálido es mayo, con una temperatura entre 19 y 20°C; el mes más frío es enero con una temperatura entre 16 y 18°C; oscilación isothermal menor de 5°C. En algunas ocasiones la agricultura está expuesta a heladas tempranas o tardías (34, 68) (Figura 3).

Hidrología: El estado de México queda comprendido en parte de las siguientes regiones hidrológicas: región hidrológica Lerma-



* Datos tomados de "Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen", 1964.

Figura 3. Gráfica de temperatura y precipitación anual en la estación Nepantla del estado de México.

Chapala-Santiago, región hidrológica del Alto Pánuco y región hidrológica del Río Balsas.

La región del Río Balsas a la que pertenece Nepantla se localiza entre los paralelos 17° 00' y 20° 00' de latitud norte y los meridianos 97° 27' y 103° 15' de longitud oeste; cuatro de sus cuencas quedan dentro del estado de México: río Atoyac, río Balsas-Zirándaro, río Grande de Amacuzac y río Cutzamala (68).

La cuenca del río Grande de Amacuzac es la que tiene importancia en Nepantla, estado de México, y tiene una superficie dentro del estado de 2,870 km². La corriente principal de esta cuenca es afluente derecho del río Balsas; se origina en las faldas del volcán Nevado de Toluca, corre por el valle de Almoloya de Alquisiras y las calizas de la sierra de Cacahuamilpa. El desarrollo total del río Amacuzac es de aproximadamente 240 km; tiene como subcuencas intermedias: río Cuautla, río Yautepec, río Apatlaco, río Coatlán y río Alto Amacuzac. Las cuencas del río Balsas presentan contaminación de primer orden y requieren control inmediato (68).

Suelo: La enorme extensión del área cubierta por la provincia del Eje Neovolcánico y la complejidad litológica de su conformación determinan que en ella se haya desarrollado una gran cantidad de tipos de suelo, asociados en agrupaciones diversas. En total la subprovincia a la que pertenece Nepantla tiene 24 tipos de suelo (68):

Cambisol húmico	Fluvisol dístrico	Gleysol húmico
Cambisol calcárico	Fluvisol eútrico	Solonchak mólico
Cambisol vértico	Rendzina	Solonchak gléyico
Cambisol dístrico	Planosol eútrico	Luvisol crómico
Regosol eútrico	Feozem calcárico	Feozem haplico
Regosol dístrico	Vertisol Calcárico	Cambisol eútrico
Regosol calcárico	Gleysol húmico	Andosol húmico
Litosol	Vertisol pélico	Andosol ócrico

El tipo de suelo más común en la zona de estudio es el Andosol Ocrico que se encuentra en una fase lítica profunda, que presenta

una capa de roca que limita la profundidad del suelo entre 0.5-1 m, con pendientes de 2-20% y una pedregosidad superficial de 5-35%. Se practica la agricultura de temporal (frijol, maíz, avena, calabaza, cebada, haba, garbanzo, chile) utilizando tracción animal continua, y ocasionalmente la agricultura mecanizada continua. Se utiliza sistemas de riego para el cultivo de acelga, ciruela, aguacate, centeno, chabacano, durazno, nogal, trigo y alfalfa (68).

Para elegir la zona de estudio se recorrió una superficie total de aproximadamente 50 km² (de los cuales aproximadamente el 15% son huertos bien establecidos), en esta zona se distinguen aproximadamente 12 km² de zona forestal (bosque de pino-encino, bosque de pino y bosque cultivado), 12 km² de zona prático-la, 15 km² de zona agrícola y 11 km² de zona mixta (agrícola, prático-la y forestal) (ver fotografía aérea).

En la zona la erosión es leve o moderada debido a que está formada por basaltos y aluviones. En las zonas prático-la y forestal existe una erosión hídrica severa de tipo laminar y en cárcavas debido principalmente a que son zonas de cenizas volcánicas fácilmente erosionables.

En el área de estudio la mayor concentración de huertos están en suelos derivados de basalto, estos suelos en aproximadamente un 70% presentan estratos de cenizas que han sepultado a los basaltos, con lo cual se presenta en esta zona un rejuvenecimiento de suelos.

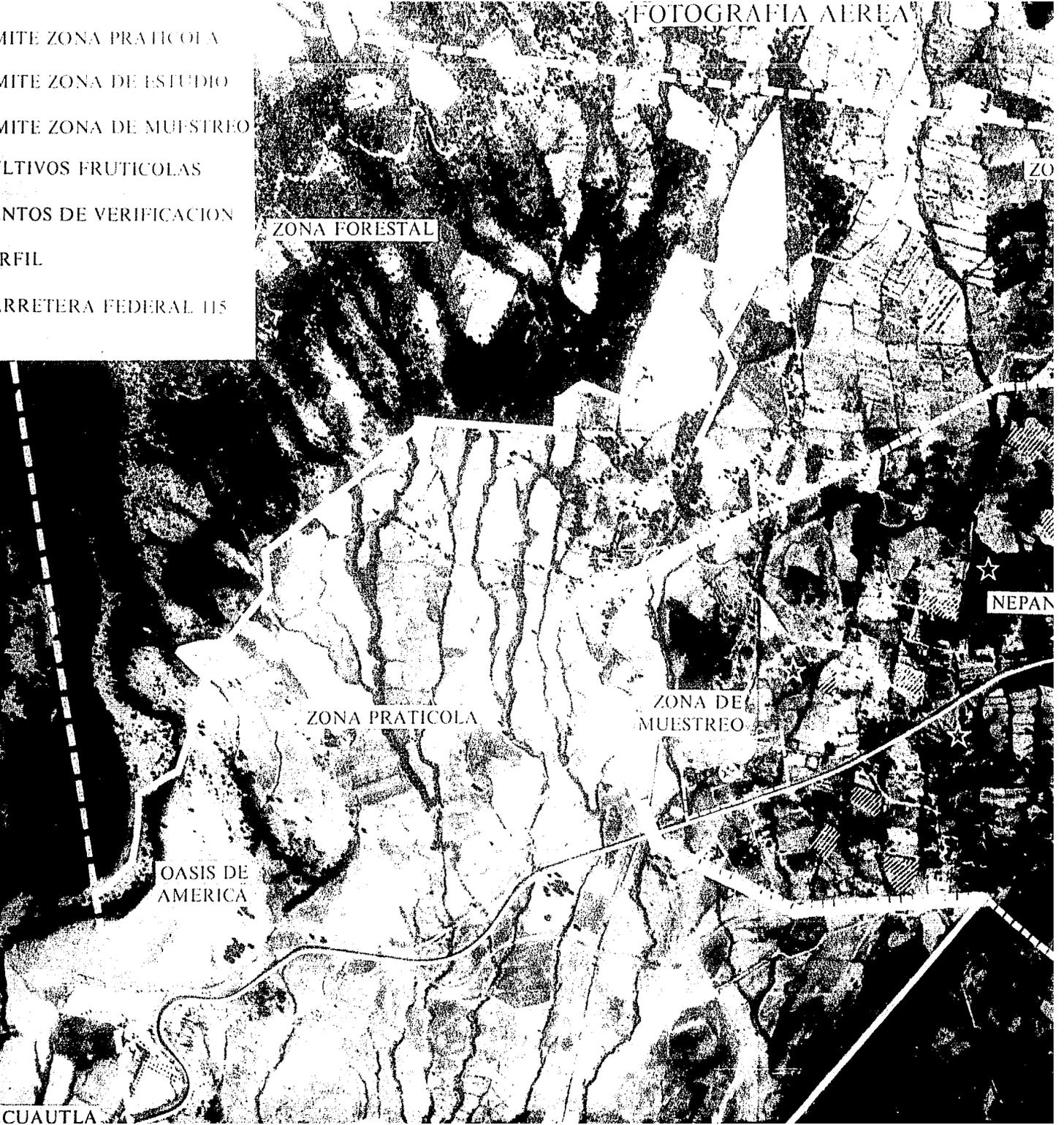
Biología: Debido a la diversidad de climas y suelos que se presentan en la subprovincia de los Lagos y Volcanes de Anáhuac la cual pertenece a la provincia del Eje Neovolcánico, existe una gran variedad de tipos de vegetación diferentes y también porque la vegetación de la zona se ha visto intensamente perturbada con subsecuentes cambios en la estructura y composición florística de las comunidades vegetales. En total se pueden distinguir en esta subprovincia 21 tipos de vegetación (68):

Selva baja caducifolia
Bosque de encino
Bosque de encino-pino
Bosque de pino-encino
Bosque de oyamel
Bosque mesófilo de montaña
Bosque de juniperus
Vegetación halófito
Matorral subtropical
Matorral crasicaule
Chaparral
Pastizales naturales
Pastizales inducidos cultiva-
dos
Pastizales halófitos
Tular
Bosque cultivado (zonas en
reforestación)
Matorral crasicaule
secundario de bosque de
encino
Matorral crasicaule
secundario de pino-oyamel
Matorral inerme secundario
en reforestación
Matorral crasicaule
secundario de oyamel-encino
Matorral crasicaule
secundario de encino-pino

Estos terrenos son aptos para el desarrollo de especies maderas con una aptitud baja para la explotación y técnicas de extracción (68).

LÍMITE ZONA PRÁCTICA
LÍMITE ZONA DE ESTUDIO
LÍMITE ZONA DE MUESTREO
CULTIVOS FRUTICOLAS
PUNTO DE VERIFICACION
PERFIL
CARRETERA FEDERAL 115

FOTOGRAFIA AEREA



ZONA FORESTAL

ZONA PRÁCTICA

ZONA DE MUESTREO

OASIS DE AMERICA

NEPAN

CUAUTLA

FOTOGRAFIA AEREA

ALDO DE MORTUOS
1971
FOLIO 2341

ZONA AGRICOLA

ZONA DE
MUESTREO

NEPANTLA

AREA DE ESTUDIO



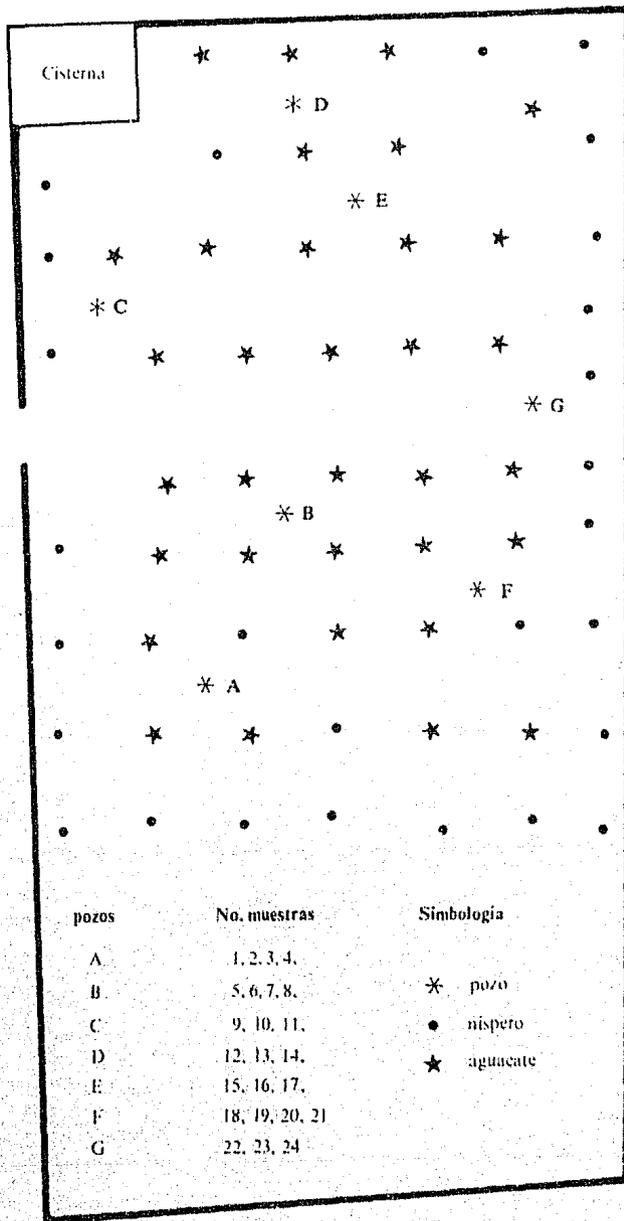
6. METODOLOGIA

6.1. *Análisis del suelo*

6.1.1. **Muestreo:** La finalidad del muestreo de suelos en las plantaciones de frutales es obtener un cuadro tan bueno como sea posible de las principales zonas en que las raíces absorben agua y elementos nutritivos, considerando, para llevarse a cabo, la pendiente del terreno, textura y profundidad del suelo, así como la profundidad de las raíces del cultivo.

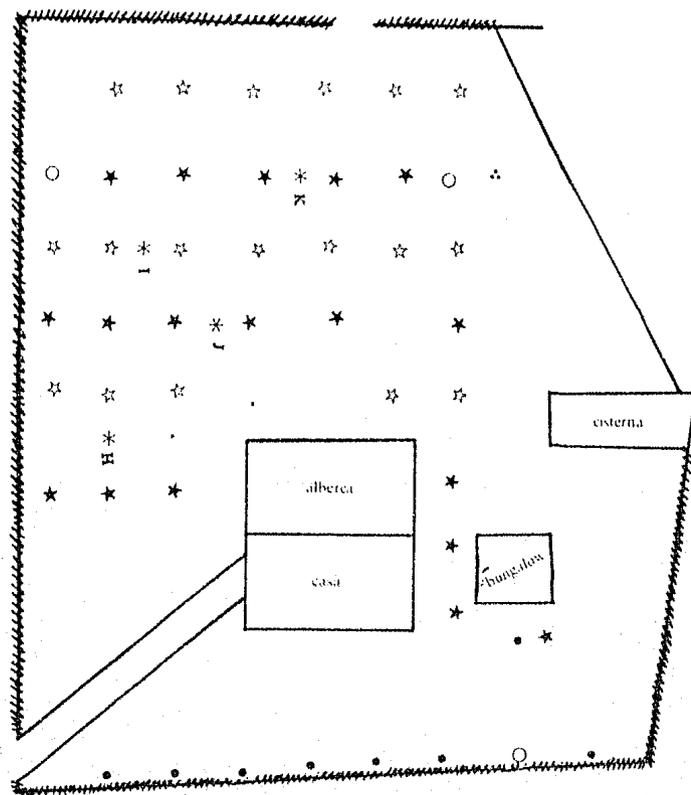
De los 50 km² que comprende aproximadamente la zona de recorrido, sólo se muestrearon 2 huertos que tienen una superficie total de aproximadamente 1 ha que se encuentra en la localidad de Nepantla que corresponden a la zona de cenizas volcánicas. Estos huertos son propiedad privada y se localizan en el kilómetro 79.5 de la carretera federal México-Cuautla (ver fotografía aérea).

En los huertos se hicieron 14 pozos con una profundidad de 90 cm cada uno, de los que resultaron 46 muestras que fueron tomadas en las profundidades de: 0-30, 30-60 y 60-90 cm. En algunos pozos estas profundidades variaron de acuerdo al aspecto físico que presentaba el suelo (color, textura, humedad) por lo que variaron las medidas a las que se tomó la muestra. La distribución de los pozos en los huertos se muestran en las figuras 4, 5 y 6.



Carretera Federal 115

Figura 4. Distribución de pozos y árboles muestreados del terreno número 1.



pozo	No. muestras	Simbología
H	26, 27, 28	* pozos
I	29, 30, 31,	● nispero
J	32, 33, 34,	★ aguacate
K	35, 36, 37,	○ limón
		☆ durazno
		⊙ guayaba
		✱ injerto de aguacate

Figura 5. Distribución de pozos y árboles muestreados del terreno número 2.

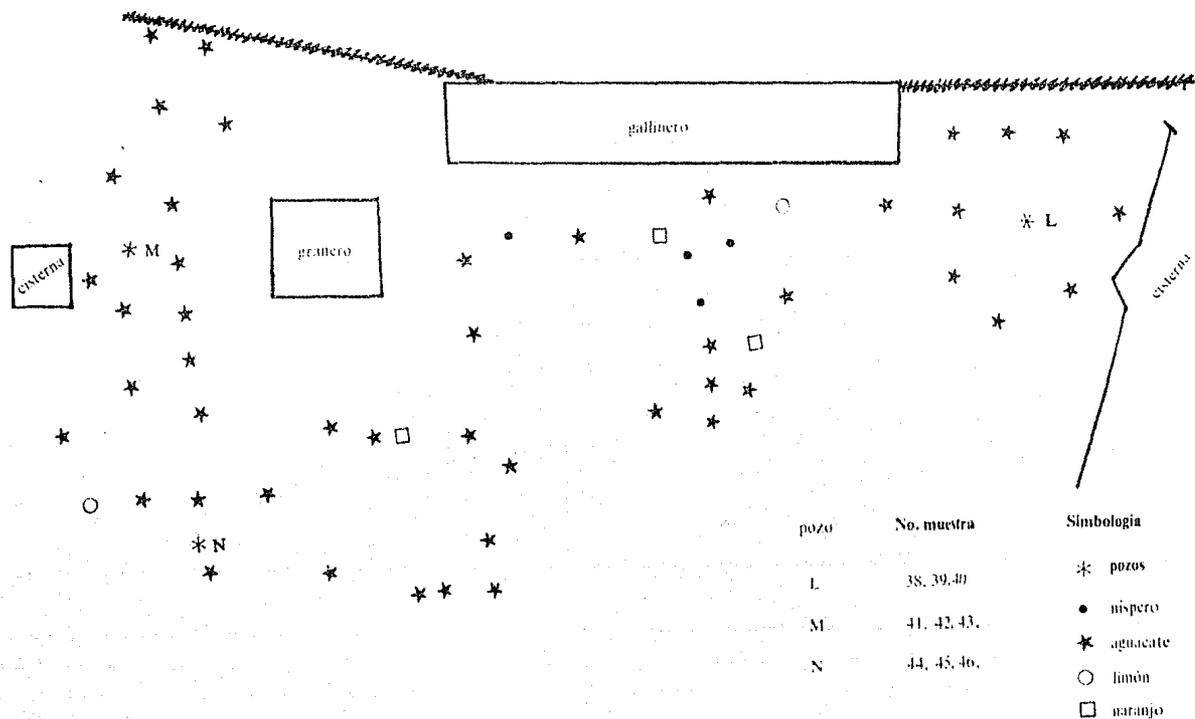


Figura 6. Distribución de pozos y árboles muestreados del terreno número 3.

Se hicieron los muestreos lo más uniformemente posible, utilizando una barrena marcada con las medidas indicadas anteriormente (ver fotografía 1).



Fotografía 1. *Barrena utilizada para tomar las muestras de suelo.*

6.1.2. Tratamiento de muestras: Una vez estando las muestras en el laboratorio se pusieron a secar al aire y después se pasaron por una malla de 2 mm para separar las gravas del suelo. Después se guardaron en bolsas de plástico etiquetadas y cerradas para hacer las determinaciones químicas y físicas correspondientes.

6.1.3. Análisis de laboratorio:

Determinaciones físicas:

Determinación	Método
Color en seco y húmedo	Tablas Munsell (1975) (53).
Textura	Método de Bouyoucos modificado por Villegas et al. (1978) (7, 76).
Densidad aparente	Método de la probeta (Palmer-Troeh, 1979) (5).
Densidad real	Método del picnómetro (AM, Soc. For-Test and Mat., 1959) (36).
Porosidad	Relación calculada por la densidad aparente y densidad real (Vomosis, 1965) (25).
Permeabilidad	Movimiento del agua en el suelo (Reeve, 1965) (58).
Conductividad eléctrica	Extracto de pasta de saturación en el puente de conductividad Phillips PR 9601 (Richards, 1954) (59).
Coefficiente higroscópico	Porcentaje de la cantidad de agua que contienen 100 g de suelo secado a 110°C, durante 24 hrs. (Gavande, 1973) (36).
Capacidad de campo	Ollas de presión (Richards, 1956) (36).
Agua aprovechable en peso	Diferencia entre capacidad de campo y humedad higroscópica (Richards, 1954) (60).
Agua aprovechable en volumen	Relación de la cantidad de agua que tiene el volumen total del suelo y la densidad aparente (Richards, 1954) (59).

Tirante Relación densidad aparente, agua aprovechable en volúmen y espesor del suelo (USDA, 1962) (72).

Determinaciones químicas:

pH Relación 1:2.5 (suelo-agua) usando el potenciómetro Corning, T 20°C (Peech, 1965) (37).

Materia orgánica Método de Walkley y Black (1935) (5).
C.I.C.T. Método de saturación con acetato de amonio, por percolación y destilación del NH_4^+ por Kjeldahl (Peech, 1947)(44).

Calcio y Magnesio intercambiables Método del versenato, utilizando el extracto de acetato de amonio 1 N, pH 7 obtenido para C.I.C.T. (Peech, 1947) (44).

Sodio y Potasio intercambiables Flamometría, utilizando el extracto de acetato de amonio 1 N, pH 7 obtenido para C.I.C.T. (Flamómetro Corning 400 Flame Photometer, Pratt, 1965) (44).

Alofano Semicuantitativo con NaF (Fieldes y Perrot, 1966) (37).

Nitrógeno total Método del Kjeldahl (Bremner, 1960) (44).
Fósforo asimilable Extracto Bray PI (Bray, 1945). Azul de molibdeno (37, 44).

Capacidad de fijación de fósforo Método de Fitts y Waugh (1966) (37).

Elementos menores Fe, Cu, Mn, Zn Extracción con mezcla ácida y por absorción atómica (Espectrofotómetro de absorción atómica, Perkin Elmer 372) (1, 77).

Carbonatos Neutralización con HCl, titulación del exceso con NaOH valorado (Richards, 1954) (20, 59).

6.2. *Análisis foliar*

6.2.1. **Muestreo:** Tiene como finalidad obtener una guía para las prácticas de administración y empleo de fertilizantes, determinar y remediar deficiencias incipientes.

El muestreo foliar se hizo tomando hojas de los árboles que formaban el cuadrante que rodea al sitio de muestreo del suelo (ver figuras 4, 5 y 6); seleccionando hojas del ciclo de primavera de 7 a 8 meses de edad, sanas, de los extremos cargados de frutos y de tamaño promedio para representar las condiciones que prevalecen en las hojas de esta edad (ver fotografía 3).



Fotografía 3. *Los círculos indican las zonas de donde fueron colectadas las hojas en los árboles.*

En total se cortaron 100 hojas por árbol y se hicieron muestras compuestas de cada cuadrante, resultando 14 muestras compuestas correspondientes a los 14 pozos muestreados de suelo. Cada muestra se guardó en bolsas de papel etiquetadas y cerradas para su traslado al laboratorio (ver fotografía 4).



Fotografía 4. *Muestras compuestas de hojas correspondientes a los pozos muestreados de suelo.*

6.2.2. Tratamiento de muestras: En el laboratorio las hojas se lavaron varias veces con agua de la llave para eliminar polvo y partículas sólidas adheridas a ellas. Posteriormente se lavaron con una solución 1:3 de ácido clorhídrico: agua; y luego se enjuagaron varias veces con agua destilada. Después se escurrieron bien y se guardaron en bolsas de papel para secarlas en la estufa (Gallenkamp Size Two Oven BS) a 60°C durante 24 hrs.

Estando secas las hojas se molieron en un molino Thomas Wiley Model 4, y se pusieron en frascos para meterlas nuevamente a la estufa a 60°C durante 24 hrs. Finalmente se cerraron perfectamente los frascos etiquetados para evitar hidratación de la muestra y realizar los análisis químicos correspondientes.

6.2.3. Análisis de laboratorio:

Determinación	Método
Nitrógeno	Método Kjeldahl (Bremner, 1960) (44).
Fósforo	Extracción vía húmeda con mezcla triácida (HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , HClO ₄) y determinación colorimétrica con azul de molibdeno (Jackson, 1964) (44).
Calcio y Magnesio	Método del versenato, utilizando el extracto ácido de la digestión por vía húmeda (Peech, 1947).
Potasio y sodio solubles	Extracción vía húmeda con mezcla triácida y determinación por flamometría (Flamómetro Corning 400 Flame Photometer, Pratt, 1965).
Elementos menores (Fe, Cu, Mn, Zn)	Absorción atómica, extracto de la digestión por vía húmeda con mezcla triácida (HNO ₃ , H ₂ SO ₄ , HClO ₄). Espectrofotómetro, de absorción atómica, Perkin Elmer 372 (Jackson, 1964) (44, 57).

Boro	Acenización seca, determinación colorimétrica con curcumina (Jackson, 1964) (44).
Azufre total	Acenización seca, método del sulfato de bario (Chapman, 1981) (20).
Cloruros	Acenización seca, extracción con agua caliente y titulación con nitrato de plata (Chapman, 1981) (20).
Molibdeno	Colorimétricamente extrayendo con alcohol isoamílico y tetracloruro de carbono (Reisenauer, 1965) (40, 41, 65).

6.3. *Análisis de la calidad del agua de riego*

6.3.1. **Muestreo:** La finalidad del análisis de agua de riego es detectar niveles tóxicos de sales y algunos elementos como el boro que puedan dañar el cultivo y con esto abatir la producción.

Se tomaron muestras de agua de 4 depósitos que alimentan a los 2 huertos estudiados.

Con la finalidad de tomar las muestras lo más homogéneamente posible se utilizaron bombas para remover y reciclar el agua de dichos depósitos; estas bombas funcionaron durante 1 hr y se tomaron muestras de cada depósito cada 10 min, durante ese lapso de tiempo. Se hicieron muestras compuestas de cada estanque, se embasaron y etiquetaron aproximadamente 4 l de cada depósito.

En el laboratorio se conservaron en el refrigerador para su posterior análisis.

6.3.2. Análisis de laboratorio para determinar la calidad del agua de riego

Determinación	Método
Calcio y Magnesio	Método del versenato (20). Flamometría,
Sodio y potasio	Flamometro Corning 400 Flame Photometer (20).
Carbonatos y bicarbonatos	Titulación con ácido sulfúrico (20).
Cloruros	Titulación con nitrato de plata (20).
Sulfatos	Gravimetría (Precipitación de sulfato de bario) (20).
pH	Potenciómetro Corning, T 20°C (37).
Conductividad eléctrica	Puente de conductividad Phillips PR 9501 (59).
Boro	Colorimétricamente utilizando curcumina (44).
Nitratos	Colorimétricamente utilizando brucina (54).

7. INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS

7.1. Descripción de un perfil Tipico de la zona

El perfil estudiado presenta varias características que lo sitúan en el antiguo orden Inseptisoles (actualmente se propone el orden Andosoles), tales como un origen a partir de materiales piroclásticos de origen basáltico, contenidos moderados de alofano y poco desarrollo en sus horizontes de diagnóstico. Este perfil presenta un horizonte A que cumple con los requisitos para Mólico y un horizonte B poco desarrollado, aunque cumple con los requisitos para Cábico. La clasificación asignada a este suelo corresponde a un Mollic Umbrandept (de acuerdo a la séptima aproximación) (73) y a un Andosol Mólico de acuerdo con F. A. O. 1980 (27). Ver Tabla de resultados de un perfil típico de la zona.

Descripción de sus horizontes

Horizonte A de 0-35 cm: Horizonte de color 10YR 5/4 pardo amarillento en seco y de color 10YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro en humedo; de textura migajón arenoso, estructura en bloques subangulares de tamaño fino y medio bien desarrollados, no duro ni masivo, con poros finos y medios en cantidad que varía de moderada a alta. Rico en materia orgánica (49), presenta satura-

TABLA DE RESULTADOS DE UN PÉRFIL TÍPICO DE LA ZONA

<i>No. de muestra</i>	47	48	49	50	51	52	53
Profundidad (cm)	0-17	17-35	35-74	74-120	120-142	142-167	167-215
Color en seco	10YR5/4	10YR5/4	10YR6/4	10YR6/4	10YR6/3	10YR6/3	10YR5/
Color en húmedo	10YR3/2	10YR3/3	10YR4/3	10YR4/3	10YR4/3	10YR3/3	10YR3/
Densidad aparente (g/cm ³)	0.94	0.94	0.93	0.91	0.93	0.92	0.78
Densidad real (g/cm ³)	2.17	2.11	2.2	2.23	2.32	2.24	2.19
Espacio poroso (%)	56.68	55.5	57.73	59.2	59.91	58.93	64.4
Arena (%)	61.5	64.0	56.0	59.95	75.0	65.5	70.0
Limo (%)	25.0	24.5	32.5	31.05	20.5	27.5	25.5
Arcilla (%)	13.5	11.5	11.5	9.0	4.5	7.0	4.5
Clase textural	M. aren.						
p H (1:2.5)	6.7	6.7	7.0	7.3	7.2	7.0	7.3
Conduct. eléc. (extrac. sat.) (mmhos/cm ³)	0.04	0.04	0.02	0.025	0.035	0.01	0.04
C.I.C.T.(meq/100g)	14.95	18.34	19.1	18.78	17.27	19.2	25.1
Calcio (meq/100g)	8.67	6.63	6.2	5.61	7.14	4.59	8.67
Magnesio (meq/100g)	4.08	3.06	4.59	6.63	5.1	4.59	9.18
Sodio (meq/100g)	0.63	0.57	0.87	1.33	1.37	1.09	1.63
Potasio (meq/100g)	0.74	1.22	1.03	1.15	0.96	0.51	0.86
P.S.B.	94.44	62.6	66.02	78.39	84.39	56.15	81.07
M.O. (%)	2.19	1.35	0.58	0.45	0.38	0.32	0.19
Carbonatos (%)	0.46	0.57	0.50	0.52	0.69	0.73	0.82

ción de bases mayor del 90% con drenaje interno eficiente, con densidad aparente típica para suelos volcánicos. Raíces finas abundantes, espesor promedio en la zona de 25 a 50 cm. Sin reacción al HCl.

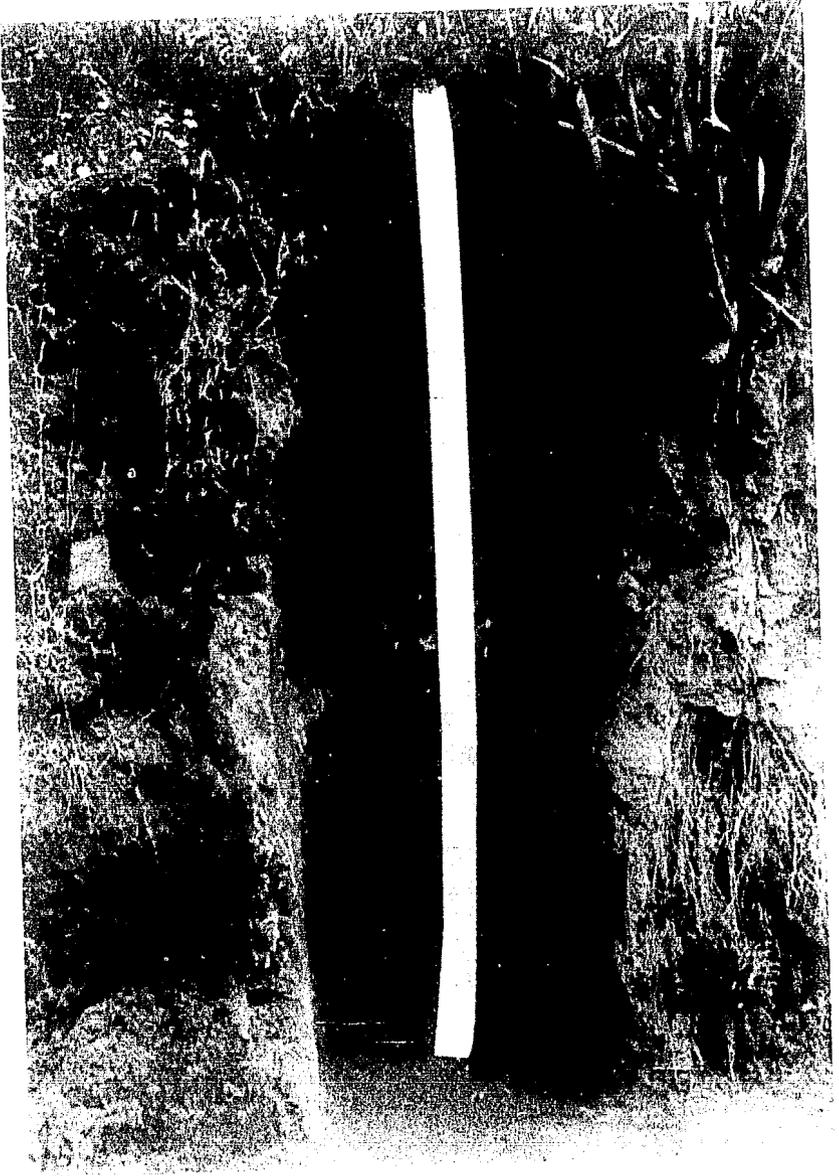
Horizontes B de 35 a 120 cm: Horizonte de color 10YR 6/4 pardo amarillento claro que varía a pardo claro (10YR 6/3) en seco y de color 10YR 4/3 pardo en húmedo; de textura migajón arenoso que tiende a incrementar su contenido de materiales gruesos con la profundidad. Estructura en bloques angulares y subangulares finos, medios y ocasionalmente gruesos, ligeramente duros en seco y friables en húmedo, no adhesivo, ni plástico; con poros medios y finos moderados. Pobre en materia orgánica (49) con una marcada disminución en el porcentaje de saturación de bases aunque mayor al 50%, con drenaje interno eficiente. Presencia de gravas y gravilla muy alteradas, de origen basáltico. Raíces finas y medias escasas. Sin reacción al HCl.

Horizonte B_c de 120-215 cm: Horizonte de color 10YR 6/3 pardo claro muy oscuro que varía a pardo (10YR 5/3) en seco y de color 10YR 4/3 pardo que varía a pardo grisáceo (10YR 3/3) en húmedo; estos colores presentan tonos y brillos más oscuros que el horizonte que le subyace (C), pero más claros que el que le sobreyace; de textura migajón arenoso la cual incrementa sus contenidos de arena con la profundidad. Estructura en bloques subangular de tamaño fino y medio con desarrollo que varía de débil a moderado; blando en seco y muy friable en húmedo, no adhesivo, ni plástico, muy poroso. Muy pobre en materia orgánica (49), con drenaje interno que varía de rápido a muy rápido. Presencia de gravas y gravillas. Sin reacción al HCl. Ver fotografía 5.

Riesgos Naturales

Los principales riesgos que este suelo en la zona presenta para su manejo agrícola son:

a) Alta susceptibilidad a la erosión hídrica; cuyo riesgo se evalúa en más de 50 tons/ha/año. Actualmente la erosión aunque existe es baja, dado la densidad de cobertura que la vegetación aporta al suelo (31).



Fotografía 5. Perfil característico de un Andisol Mólico.

b) Degradación química; básicamente representada por pérdida de cationes intercambiables dadas las características de drenaje interno y grado de pendiente que estos suelos presentan.

c) Degradación física; representada principalmente por la pérdida de estructura y densidad aparente ocasionada por las prácticas de labranza de cultivo y en algunos casos compactación por pastoreo y sobrepastoreo (31, 73).

d) Degradación biológica; representada principalmente por la constante de mineralización que sufren varios de estos suelos originalmente forestales al ser introducidos al uso agrícola (31).

e) Mal manejo de suelos y manejo deficiente en varios de los cultivos y huertos observados en la zona.

f) Plagas y enfermedades. Mal uso de pesticidas.

7.2. Interpretación, discusión y resultados del análisis del suelo

7.2.1. Análisis físicos

a). Color en seco y en húmedo, pH, conductividad eléctrica

Los colores del suelo se midieron por comparación con la carta de colores de Munsell (53), obteniendo colores clasificados dentro de amarillos-rojizos (10YR) (75) con un brillo de 5/4, 6/4, 5/3 y 6/3 para el suelo en seco y de 3/3, 4/4, 3/2, 3/4 y 4/3 para el suelo en húmedo (ver tabla 1).

En estos suelos el pH relación 1:2.5 tuvo valores entre 6.4 y 7.4 quedando clasificados como ligeramente ácidos y ligeramente alcalinos (11, 48, 75) (ver tabla 1). Este pH es óptimo para la mayoría de los cultivos, incluyendo el aguacate.

La conductividad eléctrica (C. E.) en el extracto de saturación tuvo valores inferiores de 0.33 mmhos/cm²; con estos valores (tabla 1) inferimos que no existen problemas de salinidad en estos suelos. Esta baja conductividad se debe también a que la clase textural (migajón arenoso) con alto contenido de arenas finas permite que estos suelos tengan una buena permeabilidad y las sales no se acumulen y se lixivien.

TERRENO No. 1

TABLA No. 1

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Color en seco</i>	<i>Color en húmedo</i>	<i>pH (1:2.5)</i>	<i>Conduc. Eléc. (Extrac. Sat.) (mmhos/cm²)</i>
1	0 - 18	10YR 5/4	10YR 3/3	7.0	0.04
2	18 - 30	10YR 5/4	10YR 3/3	6.9	0.04
3	30 - 60	10YR 6/4	10YR 4/4	6.8	0.04
4	60 - 90	10YR 5/3	10YR 3/3	7.3	0.03
5	0 - 15	10YR 5/3	10YR 3/2	6.7	0.05
6	15 - 30	10YR 6/3	10YR 4/4	7.1	0.04
7	30 - 60	10YR 6/4	10YR 4/4	7.0	0.03
8	60 - 90	10YR 6/3	10YR 3/3	7.0	0.04
9	0 - 30	10YR 5/3	10YR 3/3	6.9	0.03
10	30 - 60	10YR 6/3	10YR 3/3	6.8	0.03
11	60 - 90	10YR 6/4	10YR 3/3	6.9	0.02
12	0 - 30	10YR 6/3	10YR 3/2	6.7	0.03
13	30 - 60	10YR 6/4	10YR 3/3	6.8	0.03
14	60 - 90	10YR 6/3	10YR 3/4	7.1	0.03
15	0 - 30	10YR 6/4	10YR 4/3	7.4	0.03
16	30 - 60	10YR 6/4	10YR 4/4	7.2	0.03
17	60 - 90	10YR 6/4	10YR 4/4	7.0	0.03
18	0 - 21	10YR 6/3	10YR 3/3	7.2	0.03
19	21 - 30	10YR 6/4	10YR 4/4	7.4	0.03
20	30 - 60	10YR 6/4	10YR 4/3	7.4	0.03
21	60 - 90	10YR 6/4	10YR 4/3	7.2	0.04
22	0 - 30	10YR 6/3	10YR 3/3	7.2	0.03
23	30 - 60	10YR 6/4	10YR 4/3	6.9	0.06
24	60 - 79	10YR 6/4	10YR 4/3	7.0	0.03
25	79 - 90	10YR 6/3	10YR 4/3	7.2	0.06

TERRENO No. 2
TABLA No. 1

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Color en seco</i>	<i>Color en húmedo</i>	<i>p H (1:2.5)</i>	<i>Conduct. Eléc. (Extrac. Sat.) (mmhos/cm²)</i>
26	0 - 30	10YR 6/3	10YR 4/3	6.7	0.05
27	30 - 60	10YR 6/3	10YR 4/3	6.8	0.03
28	60 - 90	10YR 6/4	10YR 4/4	6.8	0.03
29	0 - 30	10YR 6/3	10YR 3/3	6.4	0.04
30	30 - 60	10YR 6/4	10YR 4/3	7.2	0.03
31	60 - 90	10YR 6/3	10YR 4/3	6.7	0.05
32	0 - 30	10YR 6/3	10YR 4/3	6.7	0.05
33	30 - 60	10YR 6/3	10YR 4/3	6.8	0.04
34	60 - 90	10YR 6/4	10YR 4/3	6.7	0.03
35	0 - 30	10YR 6/3	10YR 3/3	6.6	0.05
36	30 - 60	10YR 6/3	10YR 4/3	6.8	0.04
37	60 - 90	10YR 6/3	10YR 3/3	6.8	0.04

TERRENO No. 3
TABLA No. 1

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Color en seco</i>	<i>Color en húmedo</i>	<i>p H (1:2.5)</i>	<i>Conduct. Eléc. (Extrac. Sat.) (mmhos/cm²)</i>
38	0 - 30	10YR 6/3	10YR 3/3	6.9	0.05
39	30 - 60	10YR 6/3	10YR 3/3	7.1	0.05
40	60 - 90	10YR 6/3	10YR 3/3	7.1	0.05
41	0 - 30	10YR 5/3	10YR 3/3	6.9	0.08
42	30 - 60	10YR 5/3	10YR 3/3	6.9	0.07
43	60 - 90	10YR 5/3	10YR 3/3	6.7	0.09
44	0 - 30	10YR 6/3	10YR 4/4	6.6	0.33
45	30 - 60	10YR 6/3	10YR 4/4	6.8	0.12
46	60 - 90	10YR 6/4	10YR 4/4	6.6	0.26

b). Densidad aparente, densidad real, espacio poroso y permeabilidad

El bajo contenido de materia orgánica en nuestros suelos no presenta gran influencia en las densidades aparentes; sino más bien el porcentaje de arenas que es mayor de 50, y probablemente son las que determinan que las densidades no vayan aumentando con la profundidad del suelo. En la tabla 2 y 3 vemos que existe una relación entre el aumento y disminución de arenas y la densidad aparente.

Para el terreno 1 las densidades aparentes van de 0.76 a 1.06 g/cm³; en el terreno 2 de 0.83 a 0.89 g/cm³ y en el terreno 3 de 0.62 a 1.06 g/cm³. Los valores obtenidos menores de 0.85 g/cm³ probablemente se deban a la presencia de material amorfo que comúnmente está relacionado con problemas de fertilización fosfórica (75).

La densidad real generalmente aumenta con la profundidad en el perfil del suelo (ver tabla 2) y tuvo valores para estos terrenos de 1.95 a 2.64 g/cm³.

Los suelos en estudio presentan un espacio poroso de 50 a 70%. Estos suelos presentan más del 50% de arenas en su contenido total de partículas y se esperaría que el espacio poroso fuera menor del 50%; pero probablemente este espacio poroso mayor se debe a que sus arenas son muy finas y provoca que haya gran cantidad de microporos, aumentando con esto el porcentaje de espacio poroso. Esto beneficia a los cultivos porque existe un movimiento rápido de aire y agua, particularmente, el cultivo de aguacate requiere de buen drenaje y aireación para evitar enfermedades criptogámicas.

Las pruebas de permeabilidad nos permiten comprobar que los suelos de los tres sitios muestreados van de permeables a muy permeables. Esto concuerda con los datos de densidad aparente, densidad real, espacio poroso y textura que se muestran en la tabla 2 y 3, ya que en todos los casos encontramos que son suelos con buen drenaje.

TERRENO No. 1

TABLA No. 2

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Dens. Ap. (g/cm³)</i>	<i>Dens. R (g/cm³)</i>	<i>E. Poroso (%)</i>	<i>Permeabilidad</i>
1	0 - 18	0.98	1.95	49.74	Muy Permeable
2	18 - 30	0.90	2.08	56.73	Muy Permeable
3	30 - 60	0.85	2.15	60.47	Muy Permeable
4	60 - 90	0.91	2.22	59.00	Muy Permeable
5	0 - 15	0.98	2.64	62.88	Muy Permeable
6	15 - 30	0.84	2.16	61.11	Permeable
7	30 - 60	0.83	2.21	62.44	Muy Permeable
8	60 - 90	0.88	2.25	60.88	Muy Permeable
9	0 - 30	0.90	2.46	63.41	Muy Permeable
10	30 - 60	0.80	2.08	56.73	Permeable
11	60 - 90	0.85	2.49	65.86	Muy Permeable
12	0 - 30	0.91	2.55	64.31	Muy Permeable
13	30 - 60	0.76	2.15	64.65	Permeable
14	60 - 90	0.84	2.13	60.56	Permeable
15	0 - 30	0.91	2.19	58.45	Muy Permeable
16	30 - 60	0.83	2.16	61.57	Muy Permeable
17	60 - 90	0.87	2.48	64.92	Muy Permeable
18	0 - 21	1.06	2.42	56.19	Muy Permeable
19	21 - 30	0.88	2.30	61.74	Muy Permeable
20	30 - 60	0.87	2.32	62.50	Muy Permeable
21	60 - 90	0.87	2.34	62.82	Muy Permeable
22	0 - 30	0.93	2.17	57.14	Permeable
23	30 - 60	0.89	2.26	60.62	Muy Permeable
24	60 - 79	0.89	2.18	59.17	Permeable
25	79 - 90	0.90	2.20	59.09	Muy Permeable

TERRENO No. 2

TABLA No. 2

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Dens. Ap. (g/cm³)</i>	<i>Dens. R. (g/cm³)</i>	<i>E. Poroso (%)</i>	<i>Permeabilidad</i>
26	0 - 30	0.89	2.26	60.62	Muy Permeable
27	30 - 60	0.86	2.09	58.85	Muy Permeable
28	60 - 90	0.83	2.24	62.95	Muy Permeable
29	0 - 30	0.88	2.15	59.07	Muy Permeable
30	30 - 60	0.86	2.24	61.61	Muy Permeable
31	60 - 90	0.89	2.24	60.27	Muy Permeable
32	0 - 30	0.87	2.29	62.00	Muy Permeable
33	30 - 60	0.87	2.24	61.16	Muy Permeable
34	60 - 90	0.88	2.22	60.36	Muy Permeable
35	0 - 30	0.87	2.18	60.09	Muy Permeable
36	30 - 60	0.84	2.10	60.00	Muy Permeable
37	60 - 90	0.89	2.28	60.96	Muy Permeable

TERRENO No. 3

TABLA No. 2

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Dens. Ap. (g/cm³)</i>	<i>Dens. R. (g/cm³)</i>	<i>E. Poroso (%)</i>	<i>Permeabilidad</i>
38	0 - 30	0.84	2.22	62.16	Permeable
39	30 - 60	0.78	2.10	62.86	Muy Permeable
40	60 - 90	0.74	2.14	65.42	Permeable
41	0 - 30	0.98	2.28	57.02	Muy Permeable
42	30 - 60	1.06	2.29	53.71	Muy Permeable
43	60 - 90	0.87	2.26	61.50	Muy Permeable
44	0 - 30	0.77	2.03	62.07	Muy Permeable
45	30 - 60	0.72	2.04	64.71	Muy Permeable
46	60 - 90	0.62	2.04	69.61	Muy Permeable

c). Textura

La clase textural de estos suelos fue migajón arenoso (triángulo de texturas) (75) porque el material del suelo contiene menos del 20% de arcillas, el porcentaje de limos es dos veces el porcentaje de arcillas aproximadamente y el contenido de arenas es de 52% o más. Como se puede ver en la tabla 3 en donde se dan los porcentajes de arenas, limos y arcillas para cada terreno.

7.2.2. Análisis químicos

a). Capacidad de intercambio catiónico total, porcentaje de saturación de bases

Como puede verse en la tabla 4 la capacidad de intercambio catiónico (CICT) varía entre los horizontes del suelo de acuerdo al contenido de materia orgánica y arcillas (28). En las capas superficiales de los perfiles analizados de estos terrenos la CICT se debe más al contenido de materia orgánica, porque, en todos los casos presentó un valor mayor en dichos horizontes y en las capas más profundas este valor decreció. Sin embargo el contenido de arcillas fue mayor en las zonas más profundas del perfil y esto ocasionó que la CICT tuviera valores similares o más altos que los de las capas superficiales y no vaya disminuyendo con la profundidad del perfil como sucede en la mayoría de los suelos.

En los pozos C, D, E, H, I, L y N (ver tabla 4) podemos decir que hubo una acumulación de arcillas de mayor poder de intercambio en los horizontes de 30-90 cm, por lo que resultaron capacidades de intercambio mayores que en el horizonte superficial (0-30 cm) del suelo (28).

En la tabla 5 podemos observar que el calcio predomina dentro de los cationes cambiables contribuyendo entre el 44 y 62% de la suma de estos cationes; el magnesio contribuye del 13 al 35%, el potasio con un 5 a 10% y el sodio de 7 a 13%. Estos valores relativamente altos de cationes cambiables, especialmente de calcio y mag-

TERRENO No. 1

TABLA No. 3

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Arenas (%)</i>	<i>Limos (%)</i>	<i>Arcillas (%)</i>	<i>Clase Textural</i>
1	0 - 18	63.5	26.5	10.0	Migajón Arenoso
2	18 - 30	61.5	27.5	11.0	Migajón Arenoso
3	30 - 60	65.0	24.0	11.0	Migajón Arenoso
4	60 - 90	61.5	28.5	10.0	Migajón Arenoso
5	0 - 15	70.0	22.5	7.5	Migajón Arenoso
6	15 - 30	51.5	33.0	15.5	Migajón Arenoso
7	30 - 60	56.5	32.5	11.0	Migajón Arenoso
8	60 - 90	61.5	27.5	11.0	Migajón Arenoso
9	0 - 30	63.5	25.5	11.0	Migajón Arenoso
10	30 - 60	53.5	33.0	13.5	Migajón Arenoso
11	60 - 90	61.5	29.0	9.5	Migajón Arenoso
12	0 - 30	60.0	27.0	13.0	Migajón Arenoso
13	30 - 60	51.5	37.0	11.5	Migajón Arenoso
14	60 - 90	50.5	36.5	13.0	Migajón Arenoso
15	0 - 30	60.0	27.0	13.0	Migajón Arenoso
16	30 - 60	55.5	33.0	11.5	Migajón Arenoso
17	60 - 90	60.0	27.0	13.0	Migajón Arenoso
18	0 - 21	66.0	23.0	11.0	Migajón Arenoso
19	21 - 30	60.0	25.0	15.0	Migajón Arenoso
20	30 - 60	66.0	25.0	9.0	Migajón Arenoso
21	60 - 90	70.0	23.0	7.0	Migajón Arenoso
22	0 - 30	51.5	38.5	11.0	Migajón Arenoso
23	30 - 60	60.0	33.0	7.0	Migajón Arenoso
24	60 - 79	51.5	37.5	11.0	Migajón Arenoso
25	79 - 90	64.0	27.5	8.5	Migajón Arenoso

TERRENO No. 2

TABLA No. 3

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Arenas (%)</i>	<i>Limos (%)</i>	<i>Arcillas (%)</i>	<i>Clase Textural</i>
26	0 - 30	60.0	31.5	8.5	Migajón Arenoso
27	30 - 60	60.0	29.0	11.0	Migajón Arenoso
28	60 - 90	60.0	29.0	11.0	Migajón Arenoso
29	0 - 30	60.0	29.0	11.0	Migajón Arenoso
30	30 - 60	60.0	31.5	8.5	Migajón Arenoso
31	60 - 90	61.5	30.5	8.0	Migajón Arenoso
32	0 - 30	64.0	27.5	8.5	Migajón Arenoso
33	30 - 60	61.5	30.0	8.5	Migajón Arenoso
34	60 - 90	64.0	27.5	8.5	Migajón Arenoso
35	0 - 30	60.0	29.0	11.0	Migajón Arenoso
36	30 - 60	64.0	27.5	8.5	Migajón Arenoso
37	60 - 90	70.5	21.0	8.5	Migajón Arenoso

TERRENO No. 3

TABLA No. 3

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Arenas (%)</i>	<i>Limos (%)</i>	<i>Arcillas (%)</i>	<i>Clase Textural</i>
38	0 - 30	54.0	35.0	11.0	Migajón Arenoso
39	30 - 60	60.0	39.0	11.0	Migajón Arenoso
40	60 - 90	54.0	39.0	7.0	Migajón Arenoso
41	0 - 30	65.5	23.5	11.0	Migajón Arenoso
42	30 - 60	77.0	14.5	8.5	Migajón Arenoso
43	60 - 90	67.0	24.0	9.0	Migajón Arenoso
44	0 - 30	63.5	28.0	8.5	Migajón Arenoso
45	30 - 60	62.5	29.0	8.5	Migajón Arenoso
46	60 - 90	63.5	28.5	7.0	Migajón Arenoso

nesio, se deben a los materiales piroclásticos y cenizas volcánicas originarias, ricos en estos elementos (28). El contenido de sodio en estos suelos es bajo por lo que no presentan peligro de sodicidad.

En cuanto al porcentaje de saturación de bases (PSB) este valor varió alrededor de 85% aproximadamente en las capas de 0-30 cm de profundidad y alrededor de 90% en horizontes de 60-90 cm, (ver tabla 4) por lo que se puede decir que los sitios de intercambio de estos suelos están saturados principalmente por los cationes Ca^{++} , Mg^{++} , K^{+} y Na^{+} (ver tabla 5).

b). Cationes intercambiables: Calcio, Magnesio y Potasio

Los valores medios de los cationes intercambiables calcio, magnesio y potasio en el terreno 1 registraron valores a una profundidad de 0-30 cm de 6.69, 3.72 y 1.3 meq/100 g; y en horizontes de 30-60 cm estos valores fueron de 8.08, 5.29 y 1.65 meq/100 g respectivamente. Según Hardy estos suelos se clasifican bajos en cuanto a contenido de calcio, medios en magnesio y altos en potasio intercambiables (28). Los valores medios de calcio-magnesio tienen una relación de 2:1 aproximadamente en todo el perfil.

El contenido de calcio intercambiable en el terreno 2 para la capa superficial tuvo un valor medio de 8.52 meq/100 g y para los horizontes de 30-90 cm fue de 9.76 meq/100 g por lo que se pueden clasificar como suelos bajos en el contenido de este catión (menor de 12 meq/100 g) (28).

Para el magnesio se encontraron valores de: 2.81 y 4.12 meq/100 g para las profundidades de 0-30 y 30-90 cm respectivamente por lo que estos suelos presentan niveles medios de magnesio intercambiable (de 3 a 5.9 meq/100 g) y niveles altos de potasio intercambiable porque presentan valores mayores de 0.55 meq/100 g (para profundidades de 0-30 cm 1.14 meq/100 g y para 30-90 cm 1.5 meq/100 g). La relación promedio calcio-magnesio es de 3:1 de 0-30 cm y de 2:1 de 30-90 cm en este terreno (28).

En el terreno 3 los cationes intercambiables se encontraron en promedio como sigue:

TERRENO No. 1

TABLA No. 4

<i>Pozo</i>	<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>M. Orgánica (%)</i>	<i>Arcillas (%)</i>	<i>C.I.C.T. (meq/100g)</i>	<i>P.S.B.</i>
	1	0 - 18	1.24	10.0	13.07	84.96
	2	18 - 30	0.82	11.0	15.68	89.93
	3	30 - 60	0.39	11.0	22.01	—
A	4	60 - 90	0.39	10.0	21.31	84.72
	5	0 - 15	1.38	7.5	14.01	81.35
	6	15 - 30	0.32	15.5	19.90	83.57
B	7	30 - 60	0.18	11.0	19.20	86.22
	8	60 - 90	0.25	11.0	21.27	78.06
	9	0 - 30	1.73	11.0	14.73	82.44
C	10	30 - 60	0.32	13.5	27.94	37.80
	11	60 - 90	0.32	9.5	27.14	66.04
	12	0 - 30	0.74	13.0	17.92	83.04
D	13	30 - 60	0.25	11.5	24.99	51.94
	14	60 - 90	0.25	13.0	32.16	42.72
	15	0 - 30	0.89	13.0	15.01	89.39
E	16	30 - 60	0.25	11.5	14.60	94.17
	17	60 - 90	0.25	13.0	21.11	83.16
	18	0 - 21	0.96	11.0	14.89	—
F	19	21 - 30	0.25	15.0	20.46	86.99
	20	30 - 60	0.25	9.0	22.54	80.83
	21	60 - 90	0.32	7.0	21.52	99.29
	22	0 - 30	0.74	11.0	21.01	—
	23	30 - 60	0.25	7.0	23.46	79.37
G	24	60 - 79	0.18	11.0	19.07	95.16
	25	79 - 90	0.18	8.5	23.77	87.73

TERRENO No. 2

TABLA No. 4

<i>Pozo</i>	<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>M. Orgánica (%)</i>	<i>Arcillas (%)</i>	<i>C.I.C.T. (meq/100g)</i>	<i>P.S.B.</i>
H	26	0 - 30	1.24	8.5	25.71	54.96
	27	30 - 60	0.46	11.0	21.41	80.68
	28	60 - 90	0.25	11.0	25.50	39.73
	29	0 - 30	0.46	11.0	31.11	39.80
I	30	30 - 60	0.25	8.5	32.84	52.77
	31	60 - 90	0.25	8.0	18.52	91.98
	32	0 - 30	1.45	8.5	17.15	80.99
J	33	30 - 60	0.39	8.5	21.21	97.71
	34	60 - 90	0.32	8.5	19.31	96.31
	35	0 - 30	1.24	11.0	19.67	87.52
K	36	30 - 60	0.32	8.5	21.11	96.89
	37	60 - 90	0.32	8.5	18.42	95.64

TERRENO No. 3

TABLA No. 4

<i>Pozo</i>	<i>No. De muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>M. Orgánica (%)</i>	<i>Arcillas (%)</i>	<i>C.I.C.T. (meq/100 g)</i>	<i>P.S.B.</i>
L	38	0 - 30	1.03	11.0	20.98	91.52
	39	30 - 60	0.39	11.0	25.19	58.36
	40	60 - 90	0.18	7.0	22.01	94.23
	41	0 - 30	2.02	11.0	25.08	91.79
M	42	30 - 60	0.04	8.5	22.10	92.86
	43	60 - 90	0.89	9.0	21.20	95.61
	44	0 - 30	0.04	8.5	24.08	90.19
M	45	30 - 60	0.18	8.5	22.71	85.91
	46	60 - 90	0.39	7.0	28.52	84.82

El calcio en una profundidad de 0-30 cm de 13.36 meq/100 g y a 30-90 cm de 11.0 meq/100 g; el magnesio de 0-30 cm se encontró 5.16 meq/100 g y de 30-90 cm 4.92 meq/100 g; en cuanto al potasio se encontró que en una profundidad de 0-30 cm los valores fueron de 1.21 y para 30-90 cm de 1.40 meq/100 g, por lo que en este terreno los suelos tienen niveles bajos de calcio, medios de magnesio y altos en potasio. La relación promedio de calcio-magnesio es de 2.6:1 en la profundidad de 0-30 cm y de 2:1 en la profundidad de 30-90 cm.

En los perfiles de algunos pozos (A, B, F, N) las concentraciones de calcio y magnesio en la solución del suelo se igualan o son mayores las cantidades de magnesio con respecto a las de calcio (ver tabla 5).

En general, podemos reafirmar que el contenido de calcio y magnesio es bajo en relación con el de potasio porque la relación $Ca + Mg/K$ es menor de 40 meq/100 g (28); la relación calcio-magnesio más común para los suelos varía de 2:1 a 4:1, por lo tanto son suelos pobres principalmente en calcio, medios en el contenido de magnesio y altos en potasio intercambiables.

c). Materia orgánica, nitrógeno, fósforo y fijación de fósforo

La materia orgánica (MO) está constituida por los compuestos de origen biológico que se presentan en el suelo, formados principalmente por los elementos carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo, azufre, calcio, potasio, magnesio, etc. (28).

En las capas superficiales del terreno 1 (0-18, 18-30, 0-30 cm) se encontró un promedio del contenido de materia orgánica de 1.18, 0.52 y 0.93% respectivamente; en capas más profundas (30-60 cm) se encontraron valores medios que fluctuaron entre 0.26 y 0.25%. Estos suelos se clasifican como medianos a extremadamente pobres (49).

En el terreno 2 el valor promedio de las primeras capas (0-30 cm) fue de 1.09% y en las capas de 30-60 cm se encontró un valor medio de 0.35%, por lo que en este caso los suelos se consideran de medianos a muy pobres (49).

TERRENO No. 1

TABLA No. 5

<i>Pozo</i>	<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Calcio (meq/100 g)</i>	<i>Magnesio (meq/100 g)</i>	<i>Sodio (meq/100 g)</i>	<i>Potasio (meq/100 g)</i>
A	1	0 - 18	5.20	3.60	1.54	0.76
	2	18 - 30	5.20	6.20	1.33	1.37
	3	30 - 60	7.80	3.20	1.68	1.69
	4	60 - 90	8.30	6.80	1.58	1.37
	5	0 - 15	6.20	2.10	1.50	1.60
B	6	15 - 30	7.80	5.70	1.63	1.70
	7	30 - 60	7.80	5.70	1.45	1.60
	8	60 - 90	5.70	7.80	1.63	1.47
	9	0 - 30	5.20	4.70	1.39	0.85
C	10	30 - 60	5.72	2.28	1.28	1.28
	11	60 - 90	9.40	5.20	1.22	2.10
	12	0 - 30	7.80	4.20	1.54	1.34
D	13	30 - 60	6.24	4.26	1.28	1.21
	14	60 - 90	6.24	5.26	1.41	0.83
	15	0 - 30	8.30	2.60	1.54	0.98
E	16	30 - 60	8.30	2.60	1.80	1.35
	17	60 - 90	8.80	5.20	1.17	2.38
	18	0 - 21	5.72	1.78	1.54	0.50
F	19	21 - 30	8.30	5.20	2.13	2.17
	20	30 - 60	9.40	5.20	1.45	2.17
	21	60 - 90	6.80	10.90	1.85	1.82
	22	0 - 30	6.24	2.26	2.00	1.28
G	23	30 - 60	8.80	6.20	1.63	1.98
	24	60 - 79	10.40	3.60	2.22	1.70
	25	79 - 90	11.50	5.20	2.35	1.80

TERRENO No. 2

TABLA No. 5

<i>Pozo</i>	<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Calcio (meq/100 g)</i>	<i>Magnesio (meq/100 g)</i>	<i>Sodio (meq/100 g)</i>	<i>Potasio (meq/100 g)</i>
	26	0 - 30	8.32	3.18	1.50	1.13
H	27	30 - 60	9.40	4.70	2.04	1.13
	28	60 - 90	4.16	2.84	1.95	1.18
	29	0 - 30	8.32	1.18	2.00	0.88
I	30	30 - 60	12.48	1.52	2.10	1.23
	31	60 - 90	11.44	2.56	1.39	1.63
	32	0 - 30	8.32	2.18	1.98	1.41
J	33	30 - 60	14.10	3.10	2.08	1.44
	34	60 - 90	8.30	6.80	1.65	1.85
	35	0 - 30	9.40	4.70	1.98	1.15
K	36	30 - 60	10.40	6.20	2.20	1.65
	37	60 - 90	7.80	5.20	2.63	1.99

TERRENO No. 3

TABLA No. 5

<i>Pozo</i>	<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Calcio (meq/100 g)</i>	<i>Magnesio (meq/100 g)</i>	<i>Sodio (meq/100 g)</i>	<i>Potasio (meq/100 g)</i>
	38	0 - 30	10.4	5.7	2.0	1.1
L	39	30 - 60	10.4	2.1	1.0	1.2
	40	60 - 90	12.5	5.7	1.4	1.1
	41	0 - 30	14.6	6.2	1.4	0.8
M	42	30 - 60	8.8	3.1	1.8	0.8
	43	60 - 90	10.9	5.1	1.9	2.4
	44	0 - 30	15.1	3.6	1.3	1.7
N	45	30 - 60	7.3	8.8	2.0	1.4
	46	60 - 90	16.1	4.7	1.9	1.5

Para el terreno 3 en las capas comprendidas entre 0-30 cm de profundidad, el valor promedio varió alrededor de 1.02%. En los horizontes de 30-60 cm de profundidad este valor promedio fue de 0.11% por lo que se puede decir que es un suelo que va de mediano a extremadamente pobre (49).

Se puede decir que en los primeros horizontes de 0-60 cm de profundidad de los suelos explotados agricolamente se presentan por lo general valores entre 0.1 y 10% de materia orgánica, cuyo contenido decrece con la profundidad en el perfil del suelo (28), como vemos en la tabla 6 se encontraron valores mínimos de 0.04% y un valor máximo de 2.02% que corresponde al terreno 3. Este valor "alto" con respecto a los valores encontrados en los otros terrenos y aún, en él mismo, se debe principalmente a que el agricultor aplica gallinaza y residuos vegetales de las cosechas con cierta frecuencia, cosa que no sucede en los terrenos 1 y 2.

En general los suelos de ambos terrenos se clasifican en sus capas superficiales como medianamente pobres y el contenido de materia orgánica va decreciendo en las capas más profundas, las que se consideran que son extremadamente pobres con un contenido menor a 0.25% de materia orgánica (49).

Los porcentajes de nitrógeno en el terreno 1 se muestran en la tabla 6 y se observa que en las capas comprendidas en las profundidades de 0-30 cm el contenido de este elemento tuvo una media de 0.056% y en las profundidades de 30-69 cm este valor medio fue de 0.20% por lo que se clasifican de pobres a extremadamente pobres (49).

En la tabla 6 se muestran los valores correspondientes al contenido de nitrógeno en el terreno 2 y se encontró que en la primera capa (0-30 cm) el valor promedio de este nutriente fue de 0.062% y en el horizonte comprendido de 30-60 cm este valor fue de 0.021% cuyos valores corresponden a suelos pobres y extremadamente pobres respectivamente (49).

La cantidad de nitrógeno que se encontró en el terreno 3 fue la siguiente: 0.063% en la profundidad de 0-30 cm y 0.029% en la comprendida entre 30-60 cm que corresponde a suelos pobres y extremadamente pobres respectivamente (49).

En general los suelos son pobres en la capa superficial (0-30 cm) y extremadamente pobres en capas más profundas (30-60 cm) en cuanto al contenido de nitrógeno (49). Como se observa en las tablas 6, el porcentaje de nitrógeno va decreciendo en la medida que va siendo mayor la profundidad en el perfil del suelo.

El bajo contenido de nitrógeno se justifica con la baja cantidad de materia orgánica. De acuerdo con estos resultados es muy probable encontrar respuesta de las plantas a la adición de este nutriente como fertilizante.

El contenido de fósforo en los suelos está ligado con el contenido de materia orgánica y textura de los mismos. Al aumentar el contenido de materia orgánica, y cuanto más fina es la textura, mayor es el contenido de fósforo (28).

Como se observa en la tabla 6, el contenido de fósforo va disminuyendo con la profundidad del suelo, lo que es explicable por la disminución de la materia orgánica y por la cantidad de arenas que presenta el suelo (más del 50% de la textura total).

En el terreno 1 sólo en tres muestras de la capa arable se encontraron valores de 1.85 ppm (ver tabla 6), por lo que se considera un suelo muy pobre en el contenido de fósforo (5).

La tabla 6 manifiesta los valores del terreno 2 para fósforo, los que en promedio fueron para el horizonte superficial de 7.5 ppm por lo que estos suelos van de medianos a muy pobres (5).

En el terreno 3 el agricultor aplica gallinaza y residuos vegetales; por lo que las deficiencias de fósforo en estos suelos son mínimas, debido principalmente a la diferencia en el manejo, ya que en los terrenos 1 y 2 esto no sucede. Se observa que el terreno 3 presenta los valores más altos; en promedio se encuentra que estos suelos son ricos y medianamente ricos (5).

Según Fitt y Waugh (28) los suelos de estos tres terrenos son altamente fijadores de fósforo, sobre todo en los terrenos 1 y 2 que van de 83.70 a 94.30% y en el terreno 3 estos valores decrecen de 82.75 a 58.97% (ver gráficas 1, 2 y 3), debido al manejo del mismo, por lo que la capacidad de fijación se ha abatido con la aplicación de abonos y fertilizantes, y consecuentemente ya no se fija más fósforo a causa de la saturación de esa capacidad.

TERRENO No. 1

TABLA No. 6

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>M. Orgánica (%)</i>	<i>Nitrógeno (%)</i>	<i>Fósforo (ppm)</i>	<i>Fij. Fósforo (%)</i>
1	0 - 18	1.24	0.07	1.85	90.64
2	18 - 30	0.82	0.05	0.00	94.30
3	30 - 60	0.39	0.02	0.00	94.20
4	60 - 90	0.39	0.03	0.00	—
5	0 - 15	1.38	0.09	1.85	90.64
6	15 - 30	0.32	0.03	0.00	94.30
7	30 - 60	0.18	0.02	0.00	94.20
8	60 - 90	0.25	0.02	0.00	—
9	0 - 30	1.73	0.07	0.00	92.90
10	30 - 60	0.32	0.03	0.00	94.21
11	60 - 90	0.32	0.02	0.00	—
12	0 - 30	0.74	0.05	0.00	92.98
13	30 - 60	0.25	0.02	0.00	94.21
14	60 - 90	0.25	0.02	0.00	—
15	0 - 30	0.89	0.06	0.00	92.98
16	30 - 60	0.25	0.03	0.00	94.21
17	60 - 90	0.25	0.03	0.00	—
18	0 - 21	0.96	0.06	1.85	90.64
19	21 - 30	0.25	0.03	0.00	94.30
20	30 - 60	0.25	0.01	0.00	94.20
21	60 - 90	0.32	0.02	0.00	—
22	0 - 30	0.74	0.05	0.00	94.30
23	30 - 60	0.25	0.02	0.00	94.20
24	60 - 79	0.18	0.02	0.00	—
25	79 - 90	0.18	0.02	0.00	—

TERRENO No. 2

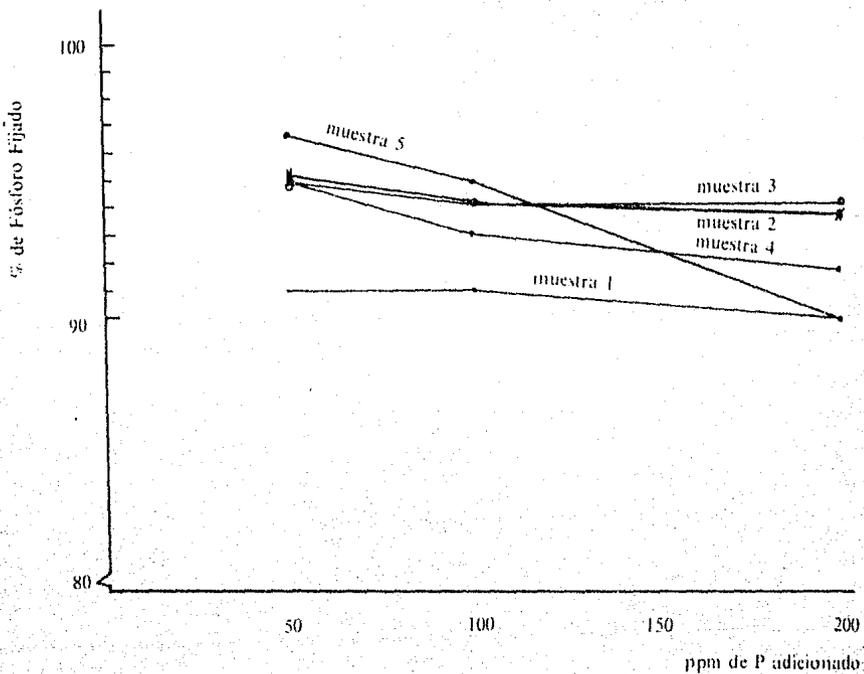
TABLA No. 6

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>M. Orgánica (%)</i>	<i>Nitrógeno (%)</i>	<i>Fósforo (ppm)</i>	<i>Fij. Fósforo (%)</i>
26	0 - 30	1.24	0.07	7.5	83.70
27	30 - 60	0.46	0.03	0.0	91.75
28	60 - 90	0.25	0.02	0.0	—
29	0 - 30	0.46	0.03	7.5	83.70
30	30 - 60	0.25	0.02	0.0	91.75
31	60 - 90	0.25	0.01	0.0	—
32	0 - 30	1.45	0.07	7.5	83.70
33	30 - 60	0.39	0.02	0.0	91.75
34	60 - 90	0.32	0.02	0.0	—
35	0 - 30	1.24	0.08	7.5	83.70
36	30 - 60	0.32	0.02	0.0	91.75
37	60 - 90	0.32	0.02	0.0	—

TERRENO No. 3

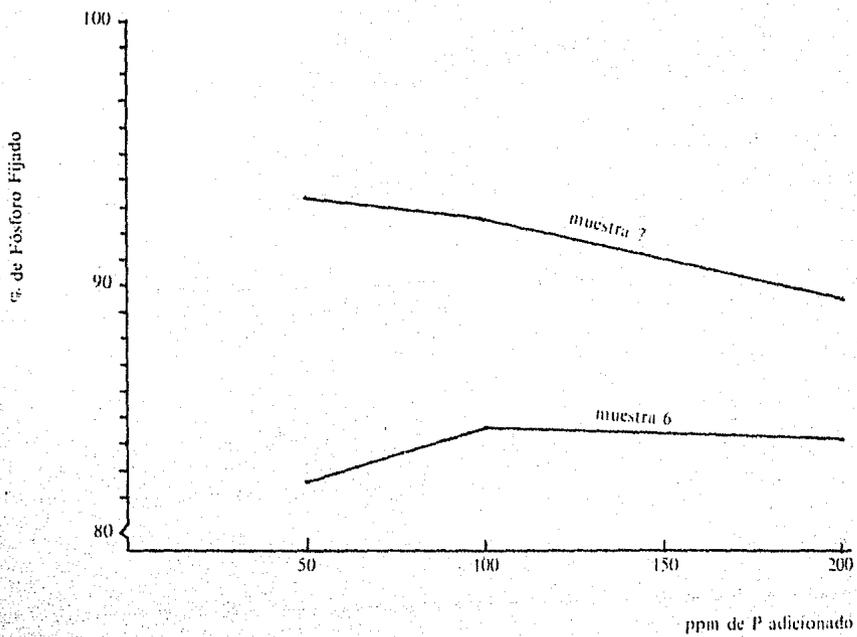
TABLA No. 6

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>M. Orgánica (%)</i>	<i>Nitrógeno (%)</i>	<i>Fósforo (ppm)</i>	<i>Fij. Fósforo (%)</i>
38	0 - 30	1.03	0.03	13.0	76.81
39	30 - 60	0.39	0.03	5.9	82.75
40	60 - 90	0.18	0.02	0.0	—
41	0 - 30	2.02	0.12	40.0	58.97
42	30 - 60	0.04	0.04	18.5	74.10
43	60 - 90	0.89	0.05	0.0	—
44	0 - 30	0.04	0.04	40.0	58.97
45	30 - 60	0.18	0.02	18.5	74.10
46	60 - 90	0.39	0.03	0.0	—

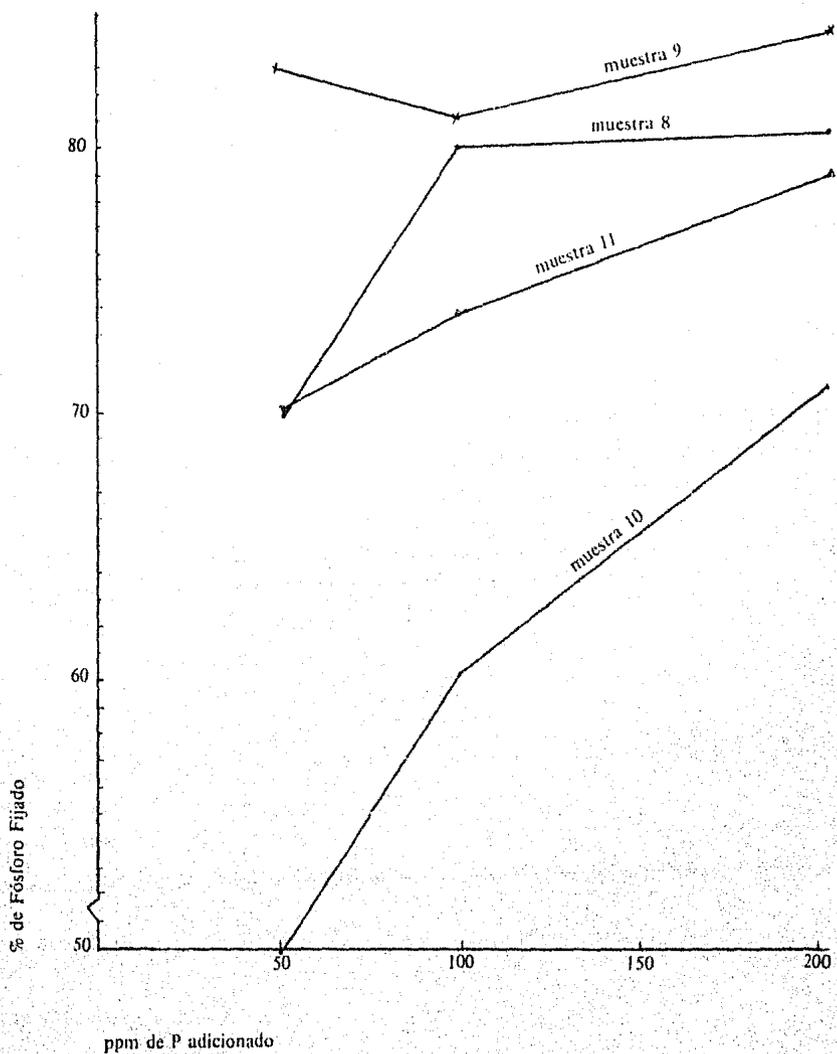


o Muestra 3
x Muestra 2

Gráfica 1. Poder de fijación del fósforo en muestras compuestas de suelos a una profundidad de 0-60 cm en el terreno número 1.



Gráfica 2. Poder de fijación del fósforo en muestras compuestas de suelos a una profundidad de 0-80 cm en el terreno número 2.



Gráfica 3. Poder de fijación del fósforo en muestras compuestas de suelos a una profundidad de 0-60 cm en el terreno número 3.

d). Carbonatos

El contenido de carbonatos es bajo, teniendo en término medio valores de 0.28 a 1.98%; por lo que la reacción del suelo al ácido clorhídrico diluido fue escasa. Este contenido se debe principalmente a que se encontraron algunas concreciones de carbonato de calcio en ciertos horizontes del perfil del suelo (ver tabla 7).

e). Elementos menores: Hierro, Cobre, Manganeso y Zinc

La importancia del aprovechamiento de estos elementos menores por las plantas, radica no solamente en el hecho de que son necesarios para el desarrollo de éstas, sino también porque el exceso de cualquiera de ellos puede producir toxicidad. En general son utilizados por las plantas como catalizadores y activadores (19).

La deficiencia de hierro casi nunca se debe a una carencia total de éste en el suelo, sino que más bien se debe a valores altos de pH y una carencia de materia orgánica en el suelo, en cuyas condiciones el óxido de hierro ($\text{Fe}^2\text{O}_3 \cdot \text{XH}_2\text{O}$) es muy insoluble. La presencia de ciertos hongos, nemátodos, etc., puede inducir alteraciones de hierro (51).

La asimilación de manganeso está regulada por el pH y se incrementa su disponibilidad marcadamente, cuando éste disminuye por debajo de 5.5; suelos bien aireados con valores de pH superiores a 6.3 son favorables para la oxidación del Mn^{2+} (como es el caso de nuestros suelos) (51).

También interfieren en la asimilación del manganeso la materia orgánica y los organismos del suelo que pueden inducir deficiencias por oxidación de Mn^{2+} a Mn^{4+} (51).

Las deficiencias de cobre en el suelo son raras, quedando limitado a suelos muy ricos en materia orgánica o con arenas muy intemperizadas; en muchos casos el nivel de cobre es suficientemente bajo para limitar los rendimientos, pero las plantas solo muestran una falta de vigor normal. A menudo la disponibilidad de cobre no se incrementa en forma apreciable hasta que el pH cae por debajo de un valor de 5 (51).

TERRENO No. 1

TABLA No. 7

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Carbonatos (%)</i>
1	0 - 18	0.0
2	18 - 30	1.12
3	30 - 60	0.59
4	60 - 90	0.82
5	0 - 15	0.43
6	15 - 30	0.78
7	30 - 60	0.58
8	60 - 90	0.62
9	0 - 30	0.57
10	30 - 60	0.62
11	60 - 90	0.88
12	0 - 30	0.69
13	30 - 60	0.63
14	60 - 90	0.78
15	0 - 30	0.49
16	30 - 60	0.76
17	60 - 90	0.73
18	0 - 21	0.28
19	21 - 30	0.71
20	30 - 60	0.85
21	60 - 90	0.79
22	0 - 30	0.63
23	30 - 60	0.68
24	60 - 79	0.68
25	79 - 90	0.70

TERRENO No. 2

TABLA No. 7

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Carbonatos (%)</i>
26	0 - 30	0.72
27	30 - 60	0.67
28	60 - 90	0.82
29	0 - 30	0.56
30	30 - 60	0.83
31	60 - 90	0.81
32	0 - 30	0.78
33	30 - 60	0.87
34	60 - 90	0.76
35	0 - 30	0.70
36	30 - 60	0.88
37	60 - 90	0.90

TERRENO No. 3

TABLA No. 7

<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Carbonatos (%)</i>
38	0 - 30	0.89
39	30 - 60	0.83
40	60 - 90	0.83
41	0 - 30	1.98
42	30 - 60	1.03
43	60 - 90	0.98
44	0 - 30	0.88
45	30 - 60	0.75
46	60 - 90	1.13

La absorción de zinc por las plantas está regulado por el valor de pH, el contenido de materia orgánica y de arcillas en el suelo. La mayoría de las alteraciones por zinc en las plantas ocurren en suelos calcáreos (51).

De modo general se puede decir que tanto la absorción como la utilización de cualquier elemento menor está afectado por la concentración de la o las formas absorbibles en solución, principalmente (19).

Usualmente el contenido total de los elementos menores hierro, cobre, manganeso y zinc es más alto en el horizonte superficial del suelo (28).

En el terreno 1 esto se cumple en los elementos manganeso y zinc. En los terrenos 2 y 3 para los elementos cobre, manganeso y zinc; pero no se cumple para el hierro, excepto en los pozos K y M (ver tabla 8).

Sin embargo a través de los procesos de traslocación del perfil del suelo, se produce una acumulación de estos elementos a diferentes profundidades del perfil (28), como ocurre en el terreno 1 para los elementos hierro y cobre, y para los pozos K y M del terreno 2 y 3 respectivamente para el elemento hierro.

En los suelos estudiados los niveles de estos micronutrientos fueron: hierro mayor de 16.5 ppm, cobre mayor de 2 ppm, manganeso mayor de 4 ppm y zinc entre 1 y 40 ppm (ver tabla 8).

Estos suelos no presentan deficiencias en cuanto a estos nutrientes (51, 77) (ver apéndice 2).

TERRENO No. 1

TABLA No. 8

<i>Pozo</i>	<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Hierro (ppm)</i>	<i>Cobre (ppm)</i>	<i>Manganeso (ppm)</i>	<i>Zinc (ppm)</i>
	1	0 - 18	35.0	3.0	9.5	2.0
A	2	18 - 30	84.0	3.0	11.0	3.0
	3	30 - 60	66.0	3.0	7.0	1.5
	4	60 - 90	47.0	4.0	6.0	1.5
	5	0 - 15	51.0	2.0	13.0	3.0
B	6	15 - 30	79.0	3.0	6.0	2.0
	7	30 - 60	63.0	3.0	5.0	3.0
	8	60 - 90	47.0	2.0	5.0	1.0
	9	0 - 30	76.0	3.0	14.0	2.0
C	10	30 - 60	52.0	2.0	7.0	2.0
	11	60 - 90	41.0	2.5	5.0	2.0
	12	0 - 30	64.0	7.0	19.0	25.0
D	13	30 - 60	56.5	3.5	6.5	2.0
	14	60 - 90	40.0	2.5	8.0	2.0
	15	0 - 30	36.0	2.0	10.0	2.0
E	16	30 - 60	41.5	2.0	5.0	1.0
	17	60 - 90	41.0	4.0	6.0	2.0
	18	0 - 21	70.0	2.0	8.0	2.0
F	19	21 - 30	58.0	3.0	6.0	2.0
	20	30 - 60	42.0	3.0	4.0	2.0
	21	60 - 90	31.0	2.5	4.5	1.5
	22	0 - 30	48.0	4.0	8.0	1.5
G	23	30 - 60	33.5	3.0	10.1	1.5
	24	60 - 79	30.0	2.0	4.0	1.0
	25	79 - 90	24.5	2.0	5.0	1.0

TERRENO No. 2

TABLA No. 8

<i>Pozo</i>	<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Hierro (ppm)</i>	<i>Cobre (ppm)</i>	<i>Manganeso (ppm)</i>	<i>Zinc (ppm)</i>
H	26	0 - 30	45.0	3.0	13.0	2.5
	27	30 - 60	38.0	3.0	6.0	1.0
	28	60 - 90	39.0	2.0	5.0	1.5
	29	0 - 30	43.0	2.0	10.0	1.0
I	30	30 - 60	34.0	2.0	5.0	1.0
	31	60 - 90	27.0	2.0	6.0	1.5
	32	0 - 30	42.0	5.0	16.0	3.0
J	33	30 - 60	35.0	3.0	7.0	1.5
	34	60 - 90	35.0	3.0	6.0	2.0
	35	0 - 30	30.0	3.0	15.0	4.0
K	36	30 - 60	36.0	2.0	6.0	2.0
	37	60 - 90	32.5	3.5	5.0	2.0

TERRENO No. 3

TABLA No. 8

<i>Pozo</i>	<i>No. de muestra</i>	<i>Profundidad (cm)</i>	<i>Hierro (ppm)</i>	<i>Cobre (ppm)</i>	<i>Manganeso (ppm)</i>	<i>Zinc (ppm)</i>
L	38	0 - 30	24.0	4.0	18.0	7.0
	39	30 - 60	20.5	3.0	12.0	3.0
	40	60 - 90	16.5	3.0	8.0	2.0
	41	0 - 30	19.0	2.0	24.0	40.0
M	42	30 - 60	25.0	2.0	12.5	7.0
	43	60 - 90	19.5	3.0	13.0	8.0
	44	0 - 30	27.0	5.0	8.0	6.0
N	45	30 - 60	20.5	3.5	4.0	3.0
	46	60 - 90	23.0	4.0	6.0	5.0

7.3. Interpretación, discusión y resultados del análisis foliar

El análisis foliar nos sirve para detectar con más precisión las deficiencias de los cultivos en cuanto a los nutrimentos esenciales; ya que a simple vista la sintomatología de un elemento se puede confundir con la de otro.

La discusión de estos resultados está basada en las tablas 9, 10, 11 y 12.

a). Nitrógeno

El nitrógeno constituye, aproximadamente del 1 al 5% del peso seco de las hojas (6), y probablemente el papel más importante de este elemento en las plantas es su participación en la estructura de la molécula protéica, además el nitrógeno se encuentra en moléculas tan importantes como los ácidos nucleicos esenciales para la síntesis de proteína (22), formando vitaminas y enzimas (6).

El nitrógeno no se haya en ninguno de los minerales que forman las rocas madres del suelo y todo el que se encuentra en el suelo se deriva, en última instancia, del que existe en la atmósfera mediante la transformación de nitrógeno molecular atmosférico en nitrógeno del suelo utilizable por las plantas mediante su oxidación por las descargas eléctricas o por fijación biológica (6). La fijación de nitrógeno atmosférico también está relacionada con el contenido de molibdeno, hierro y calcio; otros factores como el monóxido de carbono atmosférico, el hidrógeno molecular, los nitritos y los nitratos, y el amoniaco limitan la fijación de este nutrimento (22).

Los resultados del análisis foliar indican que el nitrógeno se encuentra en niveles deficientes (61). Una consecuencia de estas deficiencias es principalmente que en el suelo este elemento también es muy escaso (ver tabla 6); ya que se pierde de modo continuo por el arrastre de la lluvia, el riego y especialmente cuando se recoge la cosecha porque se separa del suelo todo el nitrógeno contenido en la superficie cultivada. El síntoma característico de la falta de nitrógeno es la clorosis de las hojas, por lo que es conveniente aplicar fertilizantes nitrogenados para corregir estas deficiencias (6) (Ver las recomendaciones).

b). Fósforo

El fósforo se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, de las coenzimas DNA y DNAP, y forma parte integrante del ATP (22). Los síntomas que presentan las plantas deficientes en fósforo son una detención en su desarrollo, sus hojas son de color verde oscuro con pigmentos antociánicos de color rojo o púrpura (6); puede provocar caída prematura de las hojas y presentar zonas necróticas sobre hojas, peciolo o frutos; las hojas más antiguas son las que suelen presentar los síntomas de deficiencia (22).

La disponibilidad del fósforo en la solución del suelo está influenciada principalmente por el pH, óxido e hidróxido de hierro y aluminio, carbonato de calcio, intercambio aniónico y presencia de microorganismos. El fósforo es fácilmente absorbido en forma iónica a pesar de que sufre una intensa adsorción por la fase sólida y para obtener buenos resultados en la nutrición fosfórica, son necesarias condiciones de pH del suelo entre 6 y 7 (22).

En la discusión de los resultados de suelos, indicamos que el pH de los mismos se encuentran valores de 6.4 y 7.4 que de acuerdo con lo mencionado anteriormente existen buenas condiciones para la nutrición fosfórica a pesar de que se tiene un alto poder de fijación de este nutrimento.

De acuerdo con Rodríguez Supo (61) los niveles medios óptimos de fósforo en las hojas para el cultivo de aguacate son de 0.08 a 0.25% y los niveles encontrados están muy por debajo de los óptimos, con lo que se infiere que este cultivo se encuentra deficiente de fósforo lo mismo que el suelo, pero con un programa de fertilización adecuado pueden corregirse estas deficiencias (ver recomendaciones).

c). Potasio

La falta de potasio produce un amarillamiento de las hojas, con frecuencia en forma de moteado que produce zonas de tejido muerto en el ápice (6) además puede afectar procesos tan diversos como la respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila y conteni-

do en agua de las hojas; el potasio es esencial como activador de las enzimas que intervienen en la síntesis de ciertas uniones peptídicas (22).

Aunque el contenido total de este elemento en el suelo relativamente elevado (ver tabla 5), la mayor parte es no intercambiable y por ello no puede ser aprovechado por la planta y su disponibilidad se hace posible a través de los procesos de meteorización (22). Las tablas de los resultados muestran niveles por debajo de 0.75% (61) por lo que los aguacateros se encuentran deficientes en potasio (ver recomendaciones).

El magnesio interviene en el proceso de la fotosíntesis y del metabolismo glucídico, como activador de enzimas que intervienen en la síntesis de ácidos nucleicos (22), las plantas necesitan de este nutrimento para la formación de la molécula de clorofila y los síntomas de deficiencia magnésica van unidos generalmente a un amarillamiento de las hojas (6).

El calcio y el magnesio aprovechables de los suelos se ven afectados por el pH y la cantidad de arcillas. Gran parte del calcio y magnesio intercambiables existentes en el suelo se encuentran adsorbidos sobre la superficie negativa de las micelas de arcilla (22).

El análisis foliar correspondiente a calcio y magnesio nos revela que el contenido de calcio fue de 0.052 a 0.14% y de magnesio de 0.19 a 0.32% por lo que este cultivo muestra deficiencia en calcio y niveles normales de magnesio (61).

De acuerdo con el análisis textural del suelo, el porcentaje de arcillas es menor de 20 consecuentemente hay una mayor lixiviación por ser suelos arenosos y pérdida de cationes por lo que es necesario suministrarles un suplemento de calcio (óxido de calcio o carbonato de calcio) para que las micelas de arcilla adsorban este catión y sea fácilmente aprovechable por la planta. En menor proporción agregar magnesio en los árboles que se encuentran cerca de los pozos C, E, F y N, ya que se encontraron ligeras deficiencias en el análisis foliar con valores menores de 0.25% de magnesio..

d). Calcio y Magnesio

La falta de calcio da lugar a la desintegración de los meristemos terminales del tallo y la raíz apareciendo deformaciones en las nuevas hojas, también da lugar a la absorción de cantidades anormalmente elevadas de magnesio y otros iones (6). El calcio forma parte de las membranas y paredes celulares, y de estructuras lipídicas (6).

e). Azufre

La función más importante y evidente del azufre es su participación en la estructura de las proteínas como parte integrante de los aminoácidos sulfurados, vitaminas sulfuradas y forma parte de las actividades metabólicas de estas vitaminas (22). El síntoma característico por la falta de azufre es el amarillamiento de la hojas jóvenes, y cuando la deficiencia es muy severa se debilita el color verde incluso en las hojas más viejas (6).

La fuente de azufre para los suelos es la atmósfera por medio de la lluvia; la planta absorbe este nutrimento en forma de ión sulfato (6). En el caso de nuestros árboles el azufre contenido en los mismos es normal de 0.20 a 0.30% (61).

f). Sodio

El sodio es un elemento no esencial para el crecimiento de los vegetales en general, aunque se ha encontrado en plantas superiores (22), en el aguacatero el nivel tóxico reportado es de 0.3% de sodio (61). La cantidad de sodio encontrado en el tejido vegetal es menor de 0.0005%, que asociado a la buena permeabilidad de estos suelos no hay problemas de acumulación de este elemento y por lo tanto no hay toxicidad en las plantas.

g). Cloruros

El cloro del agua de lluvia que llevan los vientos provenientes del mar son los que suministran la cantidad necesaria de este microelemento a los suelos (22).

Rodríguez Supo (61) menciona que 0.5% de cloruros en los tejidos vegetales son niveles tóxicos para el aguacatero. Como se puede ver en las tablas de resultados se encontraron valores de 0.09 a

0.27%, por lo que no existen problemas de toxicidad debidas a cloruros.

h). Hierro

El hierro interviene como catalizador en la formación de la clorofila y se encuentra en ciertos sistemas enzimáticos (19), es componente de diversas flavoproteínas que intervienen en las oxidaciones biológicas y se encuentra también en las proteínas ferroporfirínicas (22).

Las formas susceptibles de ser absorbidos por la planta son Fe^{++} y Fe^{+++} primordialmente y va estrechamente ligado al pH del suelo (19). En suelos neutros o alcalinos, el hierro es mucho más insoluble (22) y el bajo contenido de materia orgánica no permite que se formen complejos orgánicos solubles de hierro (19); sin embargo este elemento es susceptible de ser absorbido por el contacto directo entre las raíces de las plantas y partículas del suelo ricas en hierro (22). Este es el caso en nuestros suelos, en los que hay buena cantidad de hierro y esto se refleja en los resultados obtenidos del análisis foliar. En dichas tablas se observa que el nivel de hierro en el tejido vegetal está entre 20 y 30 ppm, que se clasifican dentro de un rango óptimo para el aguacate (61).

i). Cobre

Este elemento forma parte integrante de las enzimas como las fenolasa, de la lacasa y de las oxidasas del ácido ascórbico. Puede decirse que las deficiencias en cobre suele provocar una necrosis del ápice de las hojas jóvenes, que progresa a lo largo del margen de la hoja, dándole un aspecto seco (22).

Las plantas requieren cantidades muy pequeñas de cobre por lo cual las deficiencias son relativamente raras, confinándose en todo caso a suelos muy ricos en materia orgánica o bien a arenas muy intemperizadas (19). La forma utilizada por las plantas es el Cu^{++} que forma los complejos más estables; el contenido de materia orgánica, arcillas y el valor del pH afectan la asimilación del cobre (19).

En nuestros suelos no se presentan deficiencias de cobre en el tejido vegetal; aunque los niveles encontrados de este elemento están

en el límite normal de 5 a 15 ppm (61). Para evitar carencias se puede aplicar caldo bordelés (19) para mejorar el contenido de cobre en los árboles.

j). Manganeseo

El manganeseo es esencial para la respiración y el metabolismo del nitrógeno. La deficiencia en manganeseo se caracteriza por la aparición de manchas cloróticas y necróticas en las zonas intervenal de la hoja (22).

La forma asimilable de este micronutrimiento es Mn^{++} , aunque existen formas de Mn^{+++} y Mn^{++++} menos disponibles o menos asimilables por las plantas (22). También la materia orgánica y el pH son factores que determinan las deficiencias y disponibilidad de manganeseo (19); sin embargo las deficiencias de manganeseo son causadas normalmente por una insolubilidad de este elemento en el suelo, más que por la ausencia total en el mismo. Como se observa en las tablas correspondientes a los terrenos 1 y 2 los niveles de manganeseo se encuentran de 37 a 130 ppm por lo que según Rodríguez Supo se encuentran en niveles normales; cosa que no sucede en el terreno 3 en los que se puede observar que el contenido de manganeseo es ligeramente menor del reportado como normal en el cultivo de aguacate, por lo que creemos que adicionando difosfato de calcio al suelo incrementará la absorción de manganeseo por la formación de fosfato de manganeseo solubles (22).

k). Zinc

El zinc interviene en la biosíntesis de la auxina llamada ácido indol-3-acético (AIA). También participa en el metabolismo de las plantas como activador de diversas enzimas como la anhidrasa carbónica, la deshidrogenasa alcohólica y las deshidrogenasas del piridín nucleótido; el zinc desempeña un importante papel en la síntesis de proteínas, este elemento junto con el fósforo forman el fosfato de zinc insoluble por lo que interfiere en su disponibilidad.

Este elemento se encuentra deficiente en el tejido vegetal de los aguacateros en estudio (6) debido principalmente al pH, que va de ligeramente ácido a ligeramente alcalino en donde el zinc no es

muy soluble, y al bajo contenido de materia orgánica y arcillas con los que forma complejos estables y disponibles para las plantas. Esta deficiencia puede corregirse mediante aplicaciones al voleo, en banda o asperciones de sulfato de zinc ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) para evitar el amarillamiento de las hojas y la deformación de las mismas (microfolia) (6).

l). Boro

La importancia del boro en la nutrición vegetal radica primordialmente en el papel que desempeña en el transporte de los azúcares (19). Los síntomas fisiológicos de la deficiencia bórica son la muerte de los meristemos de la raíz y del tallo, cesando el crecimiento de la planta y la formación de hojas nuevas y frutos (6).

El boro no se encuentra en los suelos en forma de catión sino que siempre lo encontraremos en combinación con el oxígeno (19). Existe en el suelo en tres formas: intercambiable, soluble y no intercambiable; el ácido bórico es la forma dominante en la solución del suelo, sin embargo el contenido de boro en la solución del suelo es muy baja (22). Las formas insolubles de boro aumentan mientras mayor sea el contenido de arcillas y materia orgánica y más alto sea el valor de pH (mayor de 7). El bajo contenido de materia orgánica y arcillas en los suelos en estudio no influyen en la cantidad de boro, pero sí el pH que es ligeramente alcalino. Como se discutió anteriormente, el calcio se encuentra en niveles deficientes en el tejido vegetal al igual que el boro y se ha encontrado que existe una relación entre el calcio asimilable y la cantidad de boro requerida por las plantas (relación 80:1 a 600:1) (19) y más bien la disponibilidad de boro se debe más a la influencia del calcio que a la del pH (22); por lo que creemos que la deficiencia de boro se puede corregir encalando o agregando compuestos cálcicos al suelo, cuidando que la relación calcio-boro no sobrepase los límites mencionados.

m). Molibdeno

El molibdeno se relaciona con la fijación del nitrógeno gaseoso y con la asimilación de nitratos en la planta (19, 22), la deficiencia de

molibdeno puede empezar con un moteado clorótico de las hojas inferiores, seguido por necrosis marginal y el incurvamiento de las hojas; la formación de flores se ve inhibida (6).

El contenido de este oligoelemento se encuentra dentro del rango normal para el cultivo de aguacate de 0.05 a 1 ppm (61). A diferencia de los demás micronutrimientos el molibdeno aumenta su disponibilidad al aumentar el pH (19) y se debe tener cuidado para evitar toxicidad por lo que se recomienda no agregar fertilizantes o plaguicidas que contengan molibdeno.

TERRENO No. 1
TABLA No. 9

Determinación	No. de muestra			
	A	B	C	D
Nitrógeno (%) (x 10 ⁻²)	91.0	95.0	135.0	136.0
Fósforo (%) (x 10 ⁻⁴)	35.0	25.0	21.0	20.0
Potasio (%) (x 10 ⁻²)	320.0	198.0	158.0	172.0
Calcio (%) (x 10 ⁻²)	12.0	7.3	7.3	6.2
Magnesio (%) (x 10 ⁻²)	25.0	32.0	20.0	25.0
Azufre (%) (x 10 ⁻²)	27.0	27.0	19.0	35.0
Sodio (%) (x 10 ⁻²)	22.0	26.0	40.0	20.0
Cloruros (%) (x 10 ⁻²)	123.0	114.0	149.0	96.0
Hierro (ppm)	34.0	32.0	41.0	32.0
Cobre (ppm)	5.0	5.0	4.0	5.0
Manganeso (ppm)	130.0	90.0	80.0	38.0
Zinc (ppm)	11.0	10.0	11.0	10.0
Boro (ppm)	1.8	1.4	1.7	1.0
Molibdeno (ppm)				

La determinación de Mo se hizo coloriméticamente, obteniéndose una tonalidad comprendida en un rango de 0.5 a 1.0 ppm.

TERRENO No. 1

TABLA No. 10

Determinación	No. de muestra		
	E	F	G
Nitrógeno (%) (x 10 ⁻²)	81.0	82.0	22.0
Fósforo (%) (x 10 ⁻⁴)	24.0	25.0	20.0
Potasio (%) (x 10 ⁻³)	144.0	144.0	162.0
Calcio (%) (x 10 ⁻²)	7.3	14.0	8.4
Magnesio (%) (x 10 ⁻²)	19.0	20.0	26.0
Azufre (%) (x 10 ⁻²)	24.0	28.0	21.0
Sodio (%) (x 10 ⁻³)	46.0	46.0	32.0
Cloruros (%) (x 10 ⁻²)	131.0	131.0	131.0
Hierro (ppm)	30.0	120.0	39.0
Cobre (ppm)	5.0	5.0	4.0
Manganeso (ppm)	37.0	150.0	90.0
Zinc (ppm)	9.0	11.0	10.0
Boro (ppm)	1.0	1.8	1.9
Molibdeno (ppm)	La determinación de Mo se hizo coloriméricamente, obteniéndose una tonalidad comprendida en un rango de 0.5 a 1.0 ppm.		

TERRENO No. 2

TABLA No. 11

<i>Determinación</i>	<i>No. de muestra</i>			
	H	I	J	K
Nitrógeno (%) (x 10 ⁻²)	76.0	75.0	130.0	120.0
Fósforo (%) (x 10 ⁻⁴)	27.0	27.0	27.0	30.0
Potasio (%) (x 10 ⁻²)	194.0	200.0	12.4	17.6
Calcio (%) (x 10 ⁻²)	7.3	7.3	9.4	6.2
Magnesio (%) (x 10 ⁻²)	27.0	27.0	28.0	25.0
Azufre (%) (x 10 ⁻²)	26.0	24.0	24.0	29.0
Sodio (%) (x 10 ⁻²)	32.0	28.0	26.0	38.0
Cloruros (%) (x 10 ⁻²)	140.0	131.0	160.0	160.0
Hierro (ppm)	51.0	44.0	49.0	44.0
Cobre (ppm)	4.0	6.0	6.0	5.0
Manganeso (ppm)	120.0	90.0	110.0	90.0
Zinc (ppm)	27.0	11.0	11.0	18.0
Boro (ppm)	1.5	1.5	1.5	1.5
Molibdeno (ppm)				

La determinación de Mo se hizo colorimétricamente, obteniéndose una tonalidad comprendida en un rango de 0.5 a 1.0 ppm.

TERRENO No. 3

TABLA No. 12

Determinación	No. de muestra		
	L	M	N
Nitrógeno (%) (x 10 ⁻²)	163.0	155.0	65.0
Fósforo (%) (x 10 ⁻⁴)	38.0	46.0	50.0
Potasio (%) (x 10 ⁻³)	316.0	216.0	236.0
Calcio (%) (x 10 ⁻²)	5.2	7.3	12.0
Magnesio (%) (x 10 ⁻²)	28.0	25.0	22.0
Azufre (%) (x 10 ⁻²)	19.0	25.0	23.0
Sodio (%) (x 10 ⁻²)	26.0	28.0	38.0
Cloruros (%) (x 10 ⁻³)	190.0	160.0	270.0
Hierro (ppm)	36.0	38.0	34.0
Cobre (ppm)	6.0	6.0	6.0
Manganeso (ppm)	29.0	28.0	29.0
Zinc (ppm)	10.0	12.0	23.0
Boro (ppm)	1.5	1.5	1.5
Molibdeno (ppm)	La determinación de Mo se hizo colorimétricamente, obteniéndose una tonalidad comprendida en un rango de 0.5 a 1.0 ppm.		

7.4. Interpretación, discusión y resultados del análisis del agua de riego

Antes de iniciar la discusión de los resultados para determinar la calidad del agua de riego debemos hacer hincapié en que una parte de las aguas son colectadas en época de lluvias y otra es potable que les suministran por tubería. Estos dos tipos de aguas las mezclan y depositan en cisternas, posteriormente por medio de bombeo efectúan el riego.

Para determinar dicha calidad generalmente se toman como base las características químicas de la misma, las propiedades de los suelos, la tolerancia de los cultivos y las condiciones climatológicas. Para esto se utilizaron los criterios de Richards (59), Palacios y Aceves (54) y los datos presentados en las tablas 13, 14 y 15.

De acuerdo a los autores antes mencionados existen tres criterios para juzgar la conveniencia o limitación del empleo del agua con fines de riego de cultivos agrícolas.

7.4.1. Contenido de sales solubles (C. E., S. E., S. P.)

La conductividad eléctrica (C. E.) de las aguas para riego en los terrenos 1 y 2 va de 90 a 120 micromhos/cm y en las del terreno 3 va de 110 a 160 micromhos/cm, por lo que se considera que el agua tiene una C.E. baja (ver gráfica 4).

La salinidad efectiva (S. E.) en las aguas utilizadas para el riego en los terrenos 1 y 2 va de 0.55 a 1.16 meq/l y las del terreno 3 es de 0.64 a 1.19 meq/l; y se considera de acuerdo a este criterio que la clase del agua es buena porque la S. E. es menor de 3 meq/l.

La salinidad potencial de las aguas en estudio (S. P.) en los terrenos 1 y 2 tuvo una media de 0.037 meq/l y en el terreno 3 varía entre 0.042 a 0.053 meq/l por lo que el agua se considera de clase buena porque la S. P. es menor de 3 meq/l.

7.4.2. Efecto probable del sodio sobre las características físicas del suelo (R. A. S., C. S. R., P. S. P., P. S. I.)

La relación de adsorción del sodio (R. A. S.) en las aguas con las que se riega el cultivo del aguacate en los terrenos 1 y 2 se encuentra entre 0.57 y 0.58 meq/l y de 0.56 a 1.3 meq/l en el terreno 3 y se consideran estos valores como bajos por lo que no pueden ocasionar peligro de sodificación (ver gráfica 4).

El carbonato de sodio residual (C. S. R.) en las aguas de los terrenos 1 y 2 va de 0.0 a 0.06 meq/l y en el terreno 3 de 0.0 a 0.05 meq/l por lo que se considera que el agua es de buena clase porque el valor de C. S. R. es menor de 1.25 meq/l.

El porcentaje de sodio posible (P. S. P.) en los terrenos 1 y 2 está entre 33.6 y 78.2% y en el terreno 3 de 76.6 a 77.3%; de acuerdo con esto el agua se clasifica como condicionada porque el P. S. P. es mayor al 50%. Esto no quiere decir que el agua no sea recomendable para uso agrícola, ya que el P. S. P. no es parámetro que defina aguas no recomendables. Además considerando la clase textural del suelo (migajón arenoso), su drenaje (de muy permeable a permeable) y el tipo de cultivo (aguacate), el agua puede utilizarse sin limitaciones.

El porcentaje de sodio intercambiable (P. S. I.) en los terrenos 1 y 2 varía de 0.12 a 0.13% y en el terreno 3 de 0.12 a 0.28%; esto representa un nivel de buena tolerancia para el cultivo en estudio, porque es menor de 2% ya que éste puede tolerar hasta un 10% porque es extremadamente sensible al P. S. I.

7.4.3. Contenido de elementos tóxicos para las plantas (B, Cl⁻)

El contenido de boro en las aguas de riego es de 0.0 a 0.2 ppm en los terrenos 1 y 2 y en el terreno 3 no aparece, por lo que el agua es de buena calidad porque el contenido de boro es menor de 3 ppm.

La bibliografía reporta que el cultivo del aguacate presenta una tolerancia relativa de 0.3 a 1 ppm de boro en las aguas utilizadas para el riego (54, 64).

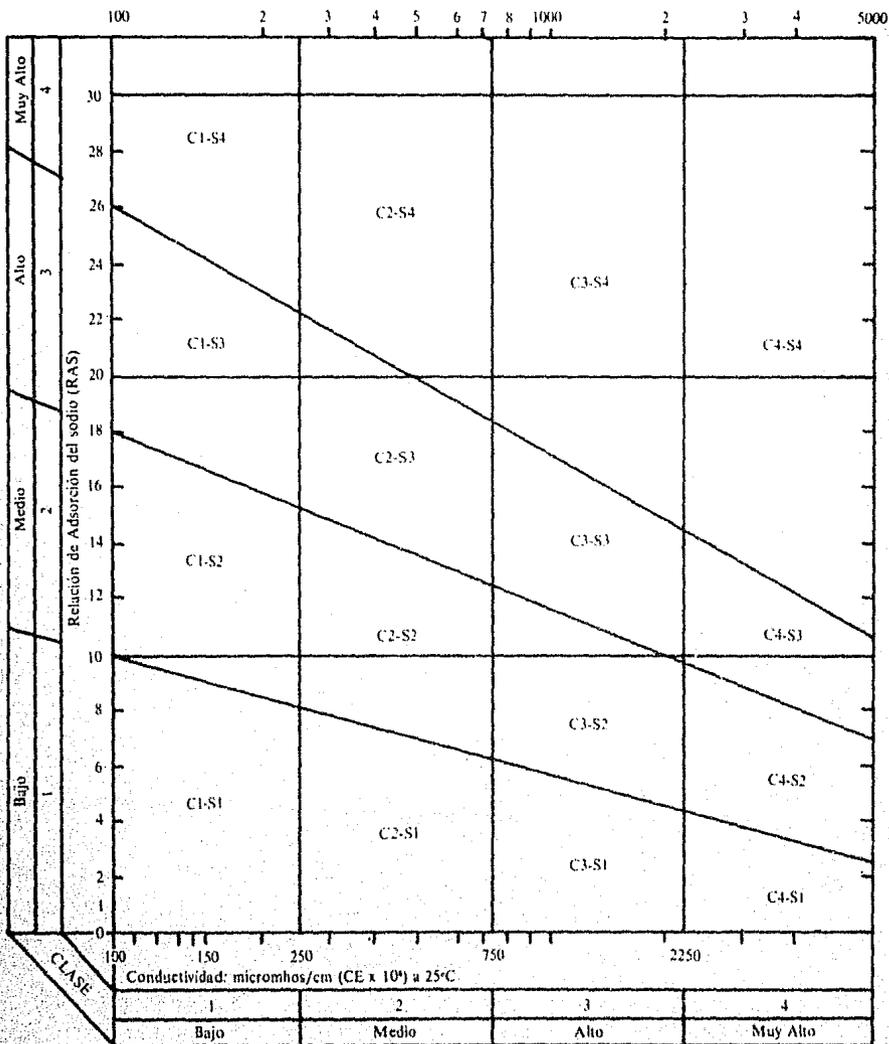
Los cloruros en las aguas se encuentran en una concentración de 0.03 meq/l en los terrenos 1 y 2 y de 0.03 a 0.04 meq/l en el terreno 3 por lo que el agua de riego de acuerdo a su contenido en cloruros es de clase buena porque contiene menos de 1 meq/l (54).

7.4.4. Carbonatos, bicarbonatos, sólidos totales y en suspensión

De acuerdo a la suma de carbonatos y bicarbonatos en el agua es de 95.9% en los terrenos 1 y 2 y de 94.6% en el terreno 3, esto nos indica que son aguas con más del 20% de carbonatos mas bicarbonatos, por lo que se clasifican dentro de las aguas de buena calidad para uso agrícola (ver apéndice 3).

En cuanto a los sólidos totales y en suspensión, éstos no afectan la calidad del agua, (61) ya que son menores de 850 ppm, como se ve en las tablas de resultados este nivel no se sobrepasa.

Resumiendo, los resultados y discusión anteriores nos indican que el agua es de buena calidad y en especial tomando en cuenta los parámetros de la conductividad eléctrica y la relación de adsorción de sodio, el agua de riego de los huertos en estudio pertenecen a la clase C1-S1 (ver gráfica 4) es decir, son aguas que no tienen restricciones y pueden usarse en cualquier cultivo.



Gráfica 4. Diagrama para la clasificación de las aguas de riego por su CE x 10³ y por su RAS*.

* Tomada del Manual de Agricultura No. 60 del USDA, traducción del INIA.

TERRENO No. 1

TABLA No. 13

<i>Determinación</i>	<i>No. de muestra 1</i>
pH	8.70
C.E. x 10 ⁻⁶ (mmhos)	120.00
CO ₃ ⁻ (meq/l)	0.40
HCO ₃ (meq/l)	0.80
Cl ⁻ (meq/l)	0.03
Ca ⁺⁺ (meq/l)	0.73
Mg ⁺⁺ (meq/l)	0.41
Na ⁺ (meq/l)	0.43
K ⁺ (meq/l)	1.12
SO ₄ ⁻ (meq/l)	0.01
NO ₃ (meq/l)	0.00
B (meq/l)	0.20
% SOL. SUSP.	0.001
% SOL. DIS.	0.02
% SOL. TOT.	0.02
S.E. (meq/l)	0.55
S.P. (meq/l)	0.04
R.A.S. (meq/l)	0.57
C.S.R. (meq/l)	0.06
P.S.B.	78.20
P.S.I.	0.12

TERRENO No. 2

TABLA No. 14

<i>Determinación</i>	<i>No. de muestra 2</i>
pH	8.4
C.E. x 10 ⁻⁶ (mmhos)	90.0
CO ₃ ⁼ (meq/l)	0.00
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	0.90
Cl ⁻ (meq/l)	0.03
Ca ⁺⁺ (meq/l)	0.45
Mg ⁺⁺ (meq/l)	0.45
Na ⁺ (meq/l)	0.39
K ⁺ (meq/l)	0.77
SO ₄ ⁼ (meq/l)	0.02
NO ₃ ⁻ (meq/l)	0.00
B (meq/l)	0.00
% SOL. SUSP.	0.001
% SOL. DIS.	0.02
% SOL. TOT.	0.16
S.E. (meq/l)	1.16
S.P. (meq/l)	0.04
R.A.S. (meq/l)	0.58
C.S.R. (meq/l)	0.00
P.S.B.	33.60
P.S.I.	0.13

TERRENO No. 3

TABLA No. 15

	<i>No. de muestra 3</i>	<i>No. de muestra 4</i>
pH	8.0	8.8
C.E. x 10 ⁻⁶ (mmhos)	160.0	110.0
CO ₃ ⁼ (meq/l)	0.2	0.4
HCO ₃ ⁻ (meq/l)	1.4	0.6
Cl ⁻ (meq/l)	0.03	0.04
Ca ⁺⁺ (meq/l)	1.1	0.61
Mg ⁺⁺ (meq/l)	0.45	0.41
Na ⁺ (meq/l)	0.49	0.92
K ⁺ (meq/l)	0.15	0.27
SO ₄ ⁼ (meq/l)	0.02	0.02
NO ₃ ⁼ (meq/l)	0.00	0.00
B (meq/l)	0.00	0.00
% SOL. SUSP.	0.001	0.001
% SOL. DIS.	0.02	0.02
% SOL. TOT.	0.02	0.02
S.E. (meq/l)	0.64	1.19
S.P. (meq/l)	0.04	0.05
R.A.S. (meq/l)	0.56	1.30
C.S.R. (meq/l)	0.05	0.00
P.S.B.	76.60	77.30
P.S.I.	0.12	0.28

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. Conclusiones

1. La clase textural migajón arenoso es recomendable para la mayoría de los cultivos, incluyendo el aguacate, además de que estos suelos no permiten la acumulación de agua porque son permeables.
2. Los suelos tienen un pH óptimo para el cultivo del aguacate, sin problemas de acumulación de sales.
3. Los suelos son pobres en materia orgánica. La CICT es baja.
4. Son suelos pobres en nitrógeno y fósforo con problemas de fijación de fósforo, por lo tanto los árboles presentan deficiencias.
5. En cuanto a cationes intercambiables, son suelos pobres en calcio, medios en magnesio y altos en el contenido de potasio intercambiables.
6. Estos suelos presentan niveles medios en cuanto al contenido de nutrientes menores hierro, cobre, manganeso y zinc, de acuerdo a lo reportado en la bibliografía.
7. En general el agua de riego es de buena calidad y puede utilizarse en cualquier cultivo que se quiera implantar en esta región.

8. Los árboles se encuentran deficientes en potasio y calcio (ver recomendaciones).
9. Los árboles presentan deficiencias de cobre, zinc y ligeramente de manganeso (ver recomendaciones).

8.2. Recomendaciones

1. Agregar restos vegetales de las cosechas a los suelos porque con ello se mejoran las condiciones del mismo (favorece la formación de agregados, capacidad de retención de agua, CIC, mayor disponibilidad de nutrimentos como nitrógeno, fósforo y azufre). Todo esto favorece en buena medida el cultivo del aguacate.
2. Aplicar fertilizantes nitrogenados como nitrato de amonio ($\text{NH}_4^+ \text{NO}_3^-$) aproximadamente 2 kg/árbol/año en dos aplicaciones. Una mitad en la época de floración y la otra parte en el cuajado del fruto.
3. Aplicar superfosfato triple, específicamente en los terrenos 1 y 2 aproximadamente 2.5 kg/árbol/año al suelo bajo la proyección del follaje, retirado de 30-35 cm del tronco y a unos 20-30 cm de profundidad. Una parte en la época de floración y la otra mitad en el cuajado del fruto para contrarrestar el efecto de la fijación del fósforo.
4. Aplicar fertilizantes potásicos como el sulfato de potasio (K_2SO_4) en una dosis de 1 a 1.5 kg/árbol/año en una sola aplicación junto con la primera de fósforo, para cubrir las deficiencias de potasio en la planta ya que la relación $\text{Ca} + \text{Mg}/\text{K}$ es menor de 40 meq/100g en el suelo.
5. Pintar los troncos de los árboles con caldo bordelés una vez por año para ayudar a corregir las deficiencias de calcio y cobre en las plantas.
6. Asperciones al follaje con quelato o sulfato de zinc de 5 a 15 kg/ha debidamente neutralizado con hidróxido de calcio para evitar que haya formación de fosfato de zinc insoluble en el

suelo. Estas asperciones deben hacerse en invierno cuando el árbol no esté defoliado.

7. Los meses en que se debe efectuar riego por lo menos cada 15 días para mantener humedad aprovechable a buen nivel son: enero, febrero, abril y mayo (ver apéndice 5).

9. APENDICES

APENDICE 1

PRODUCCION EN TONELADAS*

<i>Entidad/Año</i>	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Michoacán	50,229	68,500	78,995	101,167	111,830	141,221	143,645
Puebla	37,600	26,000	31,600	38,750	22,807	39,105	42,930
Veracruz	25,915	25,560	25,262	26,457	--	14,867	39,913
Oaxaca	14,433	15,225	15,225	9,063	11,411	37,013	38,584
Chiapas	--	10,517	10,517	34,227	37,554	36,686	36,836
Sinaloa	22,600	23,400	35,000	42,850	30,750	34,404	33,502
Jalisco	--	--	27,880	25,245	21,123	28,377	28,444
México	25,065	24,905	25,720	25,162	31,226	39,950	26,404
Guanajuato	5,850	--	--	--	6,905	10,320	10,823
Yucatán	--	--	--	--	--	--	8,622
Morelos	16,270	14,774	--	--	--	--	--
Tamaulipas	11,850	13,635	14,047	17,396	13,708	--	--
Querétaro	5,700	5,548	--	6,387	--	--	--
Nuevo León	--	--	12,363	--	7,704	4,819	--

En cada año únicamente se reportaron los primeros 10 estados productores de aguacate del país.

* (17)

APENDICE 2

<i>Elemento</i>	<i>Nivel</i>
Hierro	10 - 1,000 ppm
Cobre	0.5 - 100 ppm
Manganeso	2 - 500 ppm
Zinc	1 - 100 ppm

Niveles normales de micronutrientes en el suelo (extractable).

* (77)

APENDICE 3

AGUAS CON MENOS DE 20% DE
 $\text{CO}_3 + \text{HCO}_3$:

- a) C_1S_1 ,
- b) $\text{SP} < 3 \text{ me/l}$
- c) $\text{CSR} < 1.25 \text{ me/l}$
- d) $\text{B} < 0.3 \text{ ppm}$
- e) $\text{Cl} < 1 \text{ me/l}$

AGUAS CON MAS DE 20% DE
 CO_3 y HCO_3 :

- a) $\text{CE} \times 10^6 < 250$, o $\text{SE} < 3 \text{ me/l}$
- b) $\text{SP} < 3 \text{ me/l}$
- c) $\text{CSR} < 1.25 \text{ me/l}$
- d) $\text{PSP} < 50 \%$
- e) $\text{B} < 0.3 \text{ ppm}$
- f) $\text{Cl} < 1 \text{ me/l}$

Clasificación de las aguas de riego de acuerdo con su contenido de carbonatos y bicarbonatos.

* (54)

10. BIBLIOGRAFIA

1. A. C2-20. "Atomic absorption methods", Manual bausch & Lomb analytical systems division.
2. Aguilera, H. N., 1965, *Suelos de ando, morfología y clasificación*, Colegio de postgraduados, Chapingo, México; 12 p.
3. Alvarez, P. J., 1981, *El aguacate*, Publicaciones de extensión agraria, Madrid, España; 225 p.
4. Black, C. A., 1969, *Methods of soil analysis*, Part I, Number 9 in the series Agronomy, American Society of Agronomy, Inc. Publisher, Madison Wisconsin, USA.
5. Black, C. A., 1969, *Methods of soil analysis*, Part 2, Number 9 in the series Agronomy, American Society of Agronomy, Inc. Publisher, Madison, Wisconsin, USA.
6. Bonner, J. et al., 1970, *Principios de fisiología vegetal*, Madrid España; 485 p.
7. Boyoucos, G. I., 1951, "A recalibration of the hydrometer methods of merking mechanical analysis of soils", *Agronomy* 43: 434-438 p.
8. Brom, R. E., 1970, *El aguacate*; CONAFRUT, México.
9. Buckman y Brady, 1977, *Naturaleza y propiedades de los suelos*, Ed. Montaner y Simon, S. A., Barcelona, España.
10. Buol, S. W., et al., 1981, *Génesis y clasificación de suelos*, Ed. Trillas, México.
11. Cajuste, L. J., 1977, *Química de suelos con un enfoque agrícola*, UACH, México.
12. Cañizares, Z. J., 1971, *Los aguacateros*, Instituto cubano del libro, Ed. Revolucionaria, La Habana, Cuba.
13. Carvalho, C. F., 1974, *El aguacate*, Ed. Ra. S. A., México.
14. Carvalho, C. F., 1970, "La poda del aguacate", Departamento de extensión agrícola, Chapingo, México (folleto).

15. CONAFRUT, 1983, "Apuntes sobre el cultivo del aguacate", México (folleto).
16. CONAFRUT, 1983, "Estadísticas básicas de la fruticultura nacional 1975-1983", Subdirección comercial CONAFRUT, México; 14 p.
17. CONAFRUT-SARH, 1981, "Producción frutícola nacional de 1975-1981", Subdirección comercial CONAFRUT, México; 14 p.
18. Cooke, G. W., 1979, *Fertilizantes y sus usos*, Ed. CECSA, México; 180 p.
19. Corey, B. R., 1964, *Apuntes de química de los elementos menores*, Colegio de postgraduados, Chapingo, México.
20. Chapman, D. H., 1981, *Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas*, Ed. Trillas, México; 195 p.
21. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América, 1980, *Relación entre suelo-planta-agua*, Sección 15, riego, México; 99 p.
22. Devlin, M. R., 1970, *Fisiología vegetal*, Barcelona, España.
23. Díaz, A. J., 1979, "El cultivo del aguacate", México (folleto).
24. Dirección General de Sanidad Vegetal, "Enfermedades importantes del aguacate", México (folleto).
25. Duchaufour, P., 1977, *Manual de edafología*, Ed. Toray-Masson, S. A., Barcelona, España.
26. FAO, 1984, "Production yearbook annuaire", Vol 34, Estadística 36; 97 p.
27. FAO y PNUMA, 1980, *Metodología provisional para evaluación de degradación de suelos*, Roma, Italia; 109 p.
28. Fassbender, H. W., 1975, *Química de suelos*, Ed. IICA, Costa Rica.
29. Fersini, A., 1975, *El cultivo del aguacate*, Ed. Diana, México.
30. Fondo de Garantía y Fomento para la Agricultura, Ganadería y Avicultura, 1977, "Situación y perspectivas económicas de la producción de aguacate en México", México.
31. Gamma, C. J., 1985. *Taxonomía de suelos*, Facultad de Ciencias, UNAM, México (tesis profesional).
32. García, M. V., 1965, *Enfermedades principales del aguacatero en México*, Chapingo, México (tesis profesional).
33. García, M. R., 1971, *El mercadeo del aguacate en la ciudad de México*, Chapingo, México.
34. García, E., 1980, *Apuntes de climatología*, UNAM, México; 153 p.
35. Gaucher, G., 1971, *El suelo y sus características agronómicas*, Ed. Omega, Barcelona, España.
36. Gavande, S. A., 1976, *Física de suelos, principios y aplicación*, Ed. Limusa, México.
37. Grande, L. R., 1974, *Métodos para análisis físicos y químicos en suelos agrícolas*, Departamento de suelos, UASLP, México.
38. *Guía turística, histórica y geográfica de México*, 1984, Promociones Editoriales Mexicanas, S. A. de C. V., México.
39. Hernández, M. M., 1980, *Compatibilidad y vigor en injertos entre razas de aguacate (P. americana) y Chinini (P. schiendeana)*, Chapingo, México (tesis profesional).

40. Hillebrand and Lundell et al., 1980, *Applied inorganic analysis*, 2da. ed., Ed. Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington, New York.
41. Howell, F. N., 1962, *Standard methods of chemical analysis*, Vol. I, Ed. D. Van Nostrand Company, Inc. Princeton, New York.
42. Ibar, L., 1979, *Cultivo del aguacate, chirimoyo, mango, papaya*, Ed. Aeros, España; 173 p.
43. Itié, C. G., 1966, *El cultivo del aguacate*, Departamento de extensión agrícola de la Dirección General de Agricultura, SAG, México; 41 p.
44. Jackson, M. L., 1964, *Análisis químico de suelos*, Ed. Omega, España; 662 p.
45. López, R. E., 1979, *Geología de México*, Tomo II, Ed. Escolar, México.
46. López, R. E., 1979, *Geología de México*, Tomo III, Ed. Escolar, México.
47. López, R. E., 1979, *Reseña geológica del estado de México*, Ed. Escolar, México.
48. Millar, L. T., et al., 1979, *Fundamentos de la ciencia del suelo*, Ed. CECOSA, México; 542 p.
49. Moreno, D. R., 1970, *Clasificación tentativa propuesta por el autor*, Departamento de suelos, INIA, SAG, México.
50. Moreno, D. R., 1957, *Manual de métodos para análisis físicos y químicos de suelos*, recopilados por el autor, México.
51. Morvert, J. J., et al., 1983, *Micronutrientes en la agricultura*, Ed. AGT Editor, S. A., México; 742 p.
52. Muñoz, M. E., 1973, "Razas, híbridos y variedades de aguacate," CONA-FRUT, México (folleto).
53. Munsell, 1975, *Soil Chart*, Ed. Munsell color, Co. Maryland, EUA.
54. Palacios, V. O., 1970, *Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretación de la calidad del agua para riego agrícola*, Chapingo, México.
55. Palmer, G. R., 1979, *Introducción a la ciencia del suelo*, Manual de laboratorio, Ed. Libros y editoriales, México.
56. Pérez, C. R., 1978, *Manual de alimentación sana*, Ed. PAX-MEXICO, México; 462 p.
57. Perkin-Elmer, 1980, "Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry", manual, EUA.
58. Reeve, R. C., 1965, *Air-to water permeability ratio*, In Black, C. A. Methods of soil analysis, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.
59. Richards, et al., 1962, *Diagnóstico y rehabilitación de los suelos salinos y sódicos*, Departamento de agricultura, USDA, México; 172 p.
60. Richards, L. A., 1956, *Sample retainers for measuring water retention by soil*, Soil Sci. Soc. Am. Proc.
61. Rodríguez, S. F., 1982, *El aguacate*, Ed. AGT Editor, México; 166 p.
62. Rzedowski, J., 1978, *Vegetación de México*, Ed. Limusa, México; 432 p.
63. Salazar, M. E., 1967, *Plagas y enfermedades del aguacate*, Dirección de agricultura y ganadería, México.
64. SARH, *Análisis de aguas y aguas de desecho*, Curso B, Vol I; 215 p.
65. Sandell, E. B., 1944, *Colorimetric determination of traces of metals*, Ed. Interscience Publishers, Inc., New York.

66. SPP, 1984, "X censo general de población y vivienda 1980, estado de México", Vol II, tomo 15, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México.
67. SPP, 1983, "Carta topográfica Cuautla", Escala 1:50,000, México.
68. SPP, 1981, *Síntesis geográfica del estado de México*, México.
69. Soil Survey Staff, 1960, *Soil clasification 7th aproximation*, USDA, Soil conservation service, Washington, D. C.
70. Thornhwaite, 1972, *Instructivo para la determinación del clima de acuerdo al segundo sistema de Thornhwaite*, Dirección general de estudios, Dirección de agrología, Departamento de estudios especiales, SRH, México.
71. Uribe, R. J., *Valor nutritivo comparado del aguacate y exigencias de su cultivo*, México (tesis profesional).
72. USDA, 1962, *Field manual researsch in agricultural hydrology*, Agriculture handbook; 224 p.
73. USDA, 1961, *Land-capability classification*, Handbook Q.10 Soil conservation service, Washington, D. C.
74. Vázquez, T. J., 1970, "Principales enfermedades del aguacate", Departamento de extensión agrícola, Chapingo, México (folleto).
75. Villanueva, B. O., 1980, *Efafología*, Chapingo, México: 331 p.
76. Villegas, et al., 1978, "Método simplificado de análisis para la clasificación granulométrica de los minerales del suelo", Revista, Vol 2, Núm 2, Instituto de Geología, UNAM, México.
77. Walsh, M. L., 1972, *Instrumental methods for analysis of soil and plant tissue*, Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA; 222 p.