

247



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE QUIMICA

**"ESTUDIO DE SUELOS PARA CULTIVO DE CAFE
EN LA REPUBLICA MEXICANA"**

TRABAJO MONOGRAFICO

**Que para obtener el Titulo de:
Quimico Farmacéutico Biólogo**

p r e s e n t a

IRENE ARROYO OLVERA



México, D. F.

1967



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

TEMARIO

- I. INTRODUCCION
- II. GENERALIDADES
- III. METODOS ANALITICOS
- IV. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS
- V. BIBLIOGRAFIA

INTRODUCCION

El principio de toda actividad agrícola es el suelo y éste debe tener las características óptimas para el desarrollo de determinado cultivo.

Si se quiere cultivar café se deben considerar una serie de propiedades, físicas, químicas, biológicas, etc., del suelo para obtener buenos resultados.

En la República Mexicana existen extensas zonas cafetaleras las cuales han sido dotadas de alta tecnología redituando ésta en volúmenes de producción cada vez mayores. Debido al prestigio internacional del café mexicano los esfuerzos por mejorar deben ser continuos. Esto se ha hecho patente por la gran cooperación mostrada por los cafeticultores en la aplicación de nuevos métodos de riego, obtención de variedades, de poda, de fertilización, de siembra, prevención de plagas, etc.

Actualmente la cantidad de personas que ingieren café ha ido en aumento, tanto en México como en el extranjero, esto nos da una idea de la importancia económica que representa para nuestro país el cultivo del café.

En este trabajo se pretende recopilar la información más relevante acerca de las condiciones idóneas del suelo para el cultivo del café en la República Mexicana.

GENERALIDADES

El hombre depende del suelo, y en cierto modo los suelos fértiles dependen del hombre y del uso que hace de ellos.

El suelo es un cuerpo natural que posee tanto profundidad como extensión sujeto además a fuerzas destructivas y constructivas.

Las características varían de un lugar a otro por eso un suelo es meramente una subdivisión del suelo general, de aquí que podemos hablar de un suelo arcilloso, un suelo silíceo y un suelo margoso (8).

Si realizamos un corte (perfil) en sección a través de un suelo determinado hablaremos de capas horizontales (horizontes). Estos horizontes situados encima del material originario se designan colectivamente por la palabra latina solum, que significa suelo, tierra o parcela de terreno (8).

En el estudio de un suelo, su propio perfil debe tomarse siempre en consideración.

Las capas superiores del perfil de algunos suelos contienen grandes cantidades de materia orgánica y por tanto son de color obscuro debido a tal acumulación, por lo que estas capas son las ideales para el cultivo (8).

Un suelo puede ser considerado:

- a) Como un producto bioquímico natural modificado por -

- ... meteorización (criterio pedológico)
- b) Como un habitat para el desarrollo de las plantas -
(criterio edafológico).

Con lo mencionado anteriormente podemos dar una definición edafológica del suelo como sigue:

El suelo puede ser definido como un cuerpo natural, sintetizado en su perfil a partir de una mezcla variable de minerales desmenuzados e intemperizados junto con materia orgánica descompuesta y en desintegración, que cubre la tierra en una capa delgada y que proporciona, cuando contiene cantidades adecuadas de aire y agua, el soporte mecánico y, en parte, el sustento de las plantas (24,56,57,59,63).

Los cuatro componentes mayores de los suelos son:

Materias minerales:

Una muestra cualquiera de suelo está compuesta de pequeños fragmentos de roca y de minerales de varios tipos. (Vease la tabla I).

Materia orgánica:

La materia orgánica del suelo se divide en dos grupos generales:

1) Los tejidos originales y sus derivados parcialmente descompuestos que son producidos e incorporados como residuos de raíces y partes aéreas de plantas superiores.

2) El humus, sustancias coloidales que son los productos más resistentes de esta descomposición, tanto los sintetizados por microorganismos como los resultantes de la modificación de los tejidos originarios de las plantas, su color es normalmente negro o pardo y su capacidad para almacenar agua

y iones nutrientes es mucho mayor que la de la arcilla, que es producto inorgánico similar (36,46).

TABLA No. I

PROPIEDADES GENERALES DE LAS CUATRO CLASES MAS IMPORTANTES DE PARTICULAS INORGANICAS (8).

DIMENSION	NOMBRE COMUN	VISIBLE USANDO	COMPOSICION DOMINANTE
1. Muy gruesas	pedra, grava	a simple vista	fragmentos de roca
2. Gruesas	arenas	a simple vista	minerales primarios
3. Finas	sedimentos, limo	al microscopio	minerales primarios y sec.
4. Muy finas	arcillas	al microscopio	casi siempre minerales rec.

El agua del suelo:

- 1) El agua es retenida dentro de los poros con grados variables de intensidad, según la cantidad de agua presente.
- 2) Junto con sus sales disueltas, el agua del suelo forma la llamada solución del suelo, que actúa como medio para abastecer de principios nutritivos a las plantas que en él se desarrollan (30,50).

El aire del suelo:

El aire del suelo no es continuo, pues está localizado -

en el laberinto de los poros, separados por los sólidos del suelo. El aire del suelo tiene, generalmente una humedad más alta que la de la atmósfera.

El contenido de anhídrido carbónico es generalmente más alta y del oxígeno más bajo que los hallados en la atmósfera ambiental.

Elementos esenciales del suelo.

Macronutrientes: Se les da este nombre porque las plantas los utilizan en grandes cantidades y son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre.

Micronutrientes: Se les da este nombre porque las plantas los utilizan en muy pequeñas cantidades y son: hierro, manganeso, cobre, zinc, boro, molibdeno y cloro (8,9,32,79,80). (Véase la tabla II).

Cuatro consideraciones de importancia de los nutrientes.

Las causas por las cuales existen deficiencias nutritivas en los suelos, se examinan en cuatro puntos de gran importancia:

- 1) Las cantidades de los diferentes macronutrientes presentes en los suelos minerales.
- 2) Sus formas de combinación.
- 3) El proceso por el cual estos elementos resultan asimilables para las plantas.
- 4) La solución del suelo y su pH.

Los macronutrientes en los suelos.

Los elementos nutritivos existen en dos condiciones.

- 1) Como compuestos complejos casi siempre insolubles.

- 2) Formas sencillas, casi siempre solubles, en el agua -- del suelo y casi siempre asimilables facilmente por las plantas superiores.

TABLA No. II

RELACION DEL CONTENIDO DE MICRONUTRIENTES, ENCONTRADO POR TERMI NO MEDIO EN LOS SUELOS (8).

NUTRIENTE	R E L A C I O N		N O R M A L	
	Porcentaje		Partes por millón	
Hierro	0.500	- 5 000	5 000	- 50 000
Mangneso	0.020	- 1 000	200	- 10 000
Sinc	0.001	- 0.025	10	- 250
Boro	0.0005	- 0.015	5	- 150
Cobre	0.0005	- 0.015	5	- 150
Molibdeno	0.00002	- 0.0005	0.2	- 5
Cloro	0.0001	- 0.1	10	- 1000

Formas asimilables.

La mayor proporción de macronutrientes existentes en el -- suelo se encuentra en condiciones complejas y a partir de estas se transforman en asimilables. Por lo tanto la capacidad pro-- ductora de un suelo no depende tanto de las cantidades totales de los varios nutrientes que contiene sino de la facilidad con que se transforman en formas simples y asimilables.

Combinaciones orgánicas.

La descomposición de la materia orgánica del suelo permite que los nutrientes contenidos en sus formas complejas, sean li-

TABLA NO. III (8).

FORMAS EN QUE SE PRESENTAN LOS MICRONUTRIENTES EN LOS SUELOS MINERALES

GRUPO I	GRUPO II
FORMAS MAS COMPLEJAS Y MENOS ACTIVAS	ALGUNAS DE LAS FORMAS MAS SENCILLAS Y ASIMILABLES Y SUS EQUIVALENTES IONICOS
NITROGENO	
Combinaciones orgánicas: proteínas, amino-ácidos y formas similares; en forma coloidal y sujeta a desintegraciones	Sales amónicas NH_4^+ , Nitratos NO_3^- , Nitritos NO_2^-
FOSFORO	
Apetita, en forma primaria. Fosfatos secundarios de Calcio, Fe y Al. Orgánicas: fitina, ácido nucléico y otras combinaciones.	Fosfatos de Ca, K, Mg, etc. PO_4H^- Formas orgánicas solubles PO_4H^-
POTASIO	
Minerales primarios, como feldespato y mica. Silicatos complejos secundarios de Al, como arcillas, especialmente illita.	Iones de potasio absorbidos por coloides - complejos. Sales de K, tales como sulfatos, carbonates, etc.
CALCIO	
Minerales, como feldespatos y dolomita.	Iones de Ca absorbidos por complejos coloidales. Una variedad de sales simples de Ca.
MAGNESIO	
Minerales, como mica, dolomita y serpentina. Silicatos secundarios de aluminio - tales como arcillas, en especial montmorillonita.	Iones de Mg absorbidos por complejos coloidales, numerosas sales simples de Mg.

CONTINUACION
TABLA NO. III (8)

GRUPO I	GRUPO II
FORMAS MAS COMPLEJAS Y MENOS ACTIVAS	ALGUNAS DE LAS FORMAS MAS SENCILLAS Y ASIMILABLES Y SUS EQUIVALENTES IONICOS
AZUFRE Combinaciones minerales como piritas y yeso. Formas orgánicas coloidales y sujetas a descomposición.	Varios sulfitos y sulfatos de Ca, K, Mg, - etc.

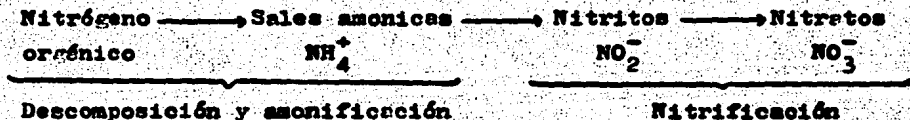
berados y aparezcan como compuestos sencillos. Practicamente todo el nitrógeno y gran parte del azufre y fósforo están contenidos en combinaciones orgánicas.

Combinaciones inorgánicas.

Gran parte del potasio, calcio y magnesio existen en el suelo estrictamente en formas inorgánicas. Hay mucha diferencia no obstante, en el grado de asimilación de cada uno de ellos.

LA TRANSFERENCIA DE NUTRIENTES VEGETALES A FORMAS ASIMILABLES Y SU EFICIENCIA (8,15,60).

NITROGENO: En vista de que la mayor parte del nitrógeno del suelo se halla en la materia orgánica, la descomposición de ésta es un proceso bioquímico muy complejo que permite la aparición de nitrógeno como compuesto amónico, y en condiciones favorables éste se oxida pasando a la forma de nitrito y luego a la de nitrato, estos dos últimos procesos constituyen a la nitrificación y es producida por dos grupos bacterianos específicos.



En el cultivo del café las deficiencias de nitrógeno originan que las hojas se vuelvan de un verde brillante a amarillo. Las altas intensidades de la luz parecen tener un efecto negativo sobre la acumulación de nitrógeno en las hojas. Cuando el café se cultiva sin sombra, es necesaria una cantidad más alta de nitrógeno.

Después de un largo período de sequía, el contenido de nitrógeno del café aumenta rápidamente al principio de la temporada lluviosa y generalmente este período coincide con nuevos desarrollos y florecimientos. Después el contenido de nitrógeno baja conforme los frutos se desarrollan. Los síntomas de deficiencia son más notables después de la cosecha y también durante la temporada seca, cuando ha cesado la actividad de las raíces superficiales.

Los abonos nitrogenados son más necesarios, al principio de la estación húmeda, período en el que se estimula el desarrollo de las plantas existentes las que inician su floración y hacia el tiempo de la cosecha, cuando los frutos están madurando. La segunda aplicación es especialmente importante.

El café responde más rápidamente a los abonos nitrogenados, como el sulfato de amonio o nitrato de sodio, las aplicaciones de nitrógeno son prácticamente rutinarias, usando nitrato de sodio en suelos muy ácidos y sulfatos de amonio en los menos ácidos.

Se han hecho intentos para aplicar nitrógeno mediante aspersiones foliares. La absorción de la urea por las hojas es rápida y fácil, sin embargo en el caso del café este procedimiento es limitado debido a que este cultivo es sensible a este compuesto y ha exhibido síntomas de toxicidad.

FOSFORO: Cuando el fósforo del suelo se halla en combinaciones orgánicas, la descomposición favorece la liberación del fósforo mineral que está presente en pequeñas cantidades y normalmente es algo insoluble en el agua.

Los suelos de los pepineros son a menudo deficientes en este elemento y los síntomas de la deficiencia se hacen notar en las hojas más viejas que se vuelven moteadas, desarrollando manchas amarillas irregulares con un tinte rojizo, y en casos severos se produce la defoliación que determina mayor susceptibilidad al ataque de los hongos.

Concentraciones tan bajas como 0.03% han sido reportadas - bajo condiciones de campo y 0.2-0.16% de fósforo parecen ser suficientemente altas para garantizar una buena cosecha.

La respuesta a las aplicaciones de fósforo a menudo no han sido significativas aunque se ha observado algún mejoramiento. Es posible que muchos de los elementos lleguen a fijarse en el suelo y volverse insolubles. Solamente aplicaciones grandes - proporcionan algún efecto, siendo probablemente las mejores - fuentes de fósforo los abonos orgánicos o harinas de hueso. - Existe una correlación positiva entre el fósforo y el magnesio y entre el fósforo y el nitrógeno. Si un elemento es bajo en - cantidad, se afecta el aprovechamiento de los otros.

POTASIO Y CALCIO. A causa del intercambio iónico, los suelos, liberan este último elemento a la solución del suelo mucho más fácilmente.

La deficiencia de potasio se caracteriza por gangrena en las hojas más viejas, junto con una fuerte defoliación.

Bajo condiciones de campo, las hojas deficientes en potasio son débiles y más susceptibles a ser parasitadas por los hongos.

Las deficiencias severas en potasio no son comunes y sólo

en estos casos debe aplicarse este elemento, teniendo el cuidado de evitar excesos que conducen a deficiencias en magnesio.

Se ha mostrado una correlación positiva entre el contenido de potasio y la acumulación de almidón en las hojas, dependiendo el contenido de almidón principalmente de la cantidad de potasio.

Cuando se presentan deficiencias de calcio los síntomas -- más típicos son la clorosis marginal de las hojas jóvenes junto con la marchitez de los puntos de crecimiento.

Existe algún antagonismo entre el potasio y el calcio aunque no es tan grande como el que existe entre el potasio y el magnesio.

El uso de sales de calcio no ha tenido éxito, pero resultados benéficos se han obtenido por cambios en la reacción del suelo después de encalzar por la reducción de cantidades tóxicas de magnesio, por lo que los efectos benéficos del encalado se debe al calcio y no a sus efectos sobre los valores del pH.

MAGNESIO. Este elemento al igual que el calcio proceden de la meteorización de minerales y se encuentran casi en la misma proporción por lo que al ser liberadas pasan a la solución del suelo como $MgCO_3$ soluble.

La deficiencia de este elemento se presenta en varios tipos de suelos. Es uno de los elementos que se encuentran generalmente en altas concentraciones en los frutos y el café parece ser particularmente sensible a un nivel bajo de disponibilidad, que ocasiona clorosis en las hojas viejas, las cuales --

caen pronto: las nervaduras centrales se vuelven amarillentas, lo que junto con la clorosis reconocible entre las nervaduras, deja pequeñas bandas de tejido verde cerca de la nervadura central y de las venas principales.

Existe un fuerte antagonismo entre el magnesio y el potasio y puede encontrarse una gran correlación al usar altas concentraciones de nitrógeno pues reducen considerablemente las deficiencias de magnesio.

En el caso de deficiencia, se recomienda una aplicación relativamente grande, usualmente, se aplican de 113 a 226 g de magnesio por árbol.

AZUFRE. Como en el caso del nitrógeno, las transformaciones del azufre son casi todas biológicas. En forma general estas transformaciones pueden ser como sigue:

S orgánico	como productos de descomposición	sulfitos	sulfatos
PROTEINAS Y OTRAS COMBINACIONES ORGANICAS	SE LIBERAN EL H ₂ S Y OTROS SULFUROS	SO_3^-	SO_4^-
		OXIDACION SULFURICA	

DESCOMPOSICION DE LA MATERIA ORGANICA

La utilización de compuestos que contienen sulfatos es rutinario en muchos lugares. Cuando no se aplican sulfatos, se desarrollan clorosis intensivas en las hojas más jóvenes similares a las ocasionadas por deficiencia de nitrógeno.

HIERO. La deficiencia de hierro ocurre en muchos suelos y una falta notable de este elemento puede reducir los rendi---

mientos. Los síntomas típicos se manifiestan por clorosis en los tejidos de las hojas más jóvenes, que presentan colores de verde claro a amarillento o casi blanco en los casos severos. La deficiencia de hierro desaparece, cuando se aplican abonos de potasio, pero más importante que la cantidad total de hierro es la relación del contenido férrico en relación a otros elementos antagonísticos como el magnesio y el fósforo.

MANGANESO. La deficiencia de este elemento se manifiesta por dos síntomas visibles. Si la deficiencia es ligera, las hojas más jóvenes se vuelven pálidas y las venas principales permanecen de color verde oscuro. Si la deficiencia es más seria, el primer par de hojas jóvenes del extremo son de un verde claro uniforme o color amarillento para cafetos desarrollados en la sombra y de un color limón brillante para cafetos que crecen a pleno sol.

Para corregir la deficiencia de este elemento se recomiendan sales de manganeso, o aspersiones foliares con soluciones que contengan de 900g a 3.624 kg de compuestos de manganeso en 450 l. de agua, aplicadas junto con un buen fijador. Cuando se usa sulfato de manganeso debe añadirse cal, como correctivo.

BORO. Su deficiencia origina que las hojas más jóvenes sean mucho más pequeñas, más alargadas y deformes, siendo los márgenes de las hojas irregulares y las superficies ásperas. La marchitez en las puntas origina la emisión de ramas múltiples cerca del extremo, que adquieren la forma de abanico.

La toxicidad del boro se manifiesta por una intensa clorosis en las hojas más viejas.

La relación entre la deficiencia y la toxicidad en el caso

del boro, es mucho más estrecha que entre otros elementos.

El boro es absorbido una semana después de su aplicación. La aspersión de una solución en agua conteniendo 0.2 a 0.3% de compuestos de boro una o dos veces al año es suficiente. Si la solución es ácida, se recomienda la adición de cal.

ZINC. La deficiencia se reconoce por síntomas muy específicos, consistiendo en hojas pequeñas, lanceoladas y deformes, que exhiben una marcada clorosis.

En una solución de nutrientes, el zinc es más rápidamente absorbido por las hojas que por las raíces por lo cual la aspersión foliar es mucho más efectiva, se recomiendan soluciones de 0.2 a 1.0% de sulfato de zinc, junto con la cal y un fijador. Este tipo de aspersiones deben efectuarse varias veces al año.

COBRE. El frecuente uso de fungicidas que contienen cobre puede reducir las posibilidades de síntomas de deficiencia.

La falta de cobre afecta a los desarrollos más tiernos causando deformación y necrosis.

CARACTERISTICAS FISICAS DEL SUELO Y SU IMPORTANCIA.

Reacción de la solución del suelo.

Se dice que un suelo es ácido si su pH es menor que 7, neutro si es 7 y alcalino o básico si su pH es mayor que 7.

No podemos decir que tratamos con una distribución homogénea de los iones H^+ y OH^- en la solución del suelo. Los iones H^+ normalmente son adsorbidos por las partículas del suelo en mucho mayor proporción que los OH^- , en consecuencia, suponemos que

los iones H^+ están más concentrados y adosados a las superficies de los coloides y resultan menos numerosos a medida que las porciones externas de las películas acuosas se acercan mutuamente, además los iones OH^- varían en relación inversa a las de H^+ y esto hace que un pH más alto se halle en las zonas húmedas externas (44).

Clasificaciones debidas al pH.

En la figura 1 se muestran las clases de suelo respecto al pH, así como las relaciones entre los valores del pH y los términos comúnmente usados para describir la reacción del suelo. Se indican 2 tipos o clases de pH, los extremos y los comunes.

La importancia nutritiva del pH del suelo.

El pH del suelo influye en la absorción nutritiva y crecimiento de las plantas, de dos maneras:

- 1) A través del efecto directo del ión H^+ , (ver figura 2)
- 2) Indirectamente, por su influencia sobre la asimilación de los nutrientes y la presencia de iones tóxicos.

Composición dimensional: TEXTURA Y ESTRUCTURA.

a) La textura de un suelo se refiere a la distribución de tamaño de las partículas aisladas que la forman. En los suelos existen gránulos de muy diferentes tamaños, cualquiera que sea su composición, así tenemos (8,60):

GRAVA -----	2 mm	
ARENA -----	2-0.02mm	ARENA GRUESA 2-0.2
		ARENA FINA 0.2-0.02
LIMO -----	0.02-0.002mm	
ARCILLA -----	0.002mm (2)	

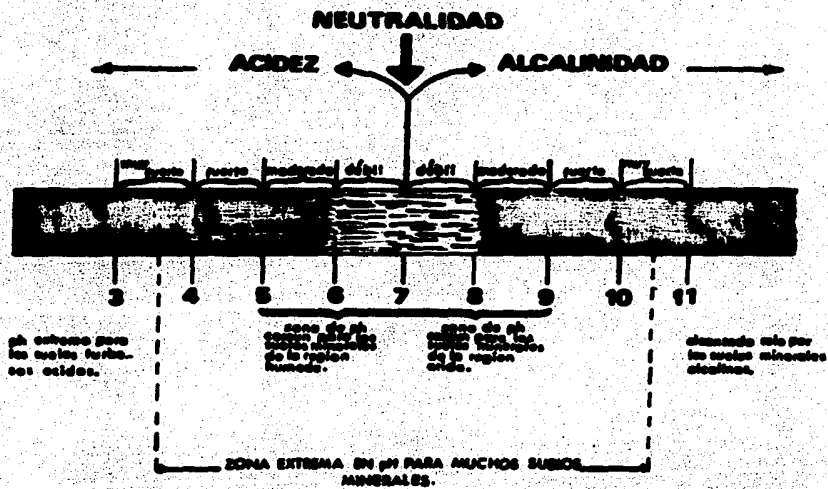


FIG. 1. Diagrama mostrando la zona extrema de pH para la mayoría de los suelos minerales y la zona corrientemente hallada en los suelos de la región húmeda y árida, respectivamente. La máxima alcalinidad para los suelos alcalinos se ha indicado también, así como el mínimo de pH hallado en los suelos turbosos muy ácidos (8).

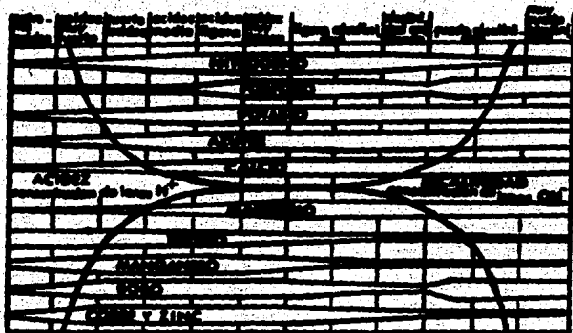


FIG. 2. Gráfica que indica la tendencia general de la relación entre la reacción del suelo (pH) y factores asociados respecto a la aprovechabilidad de elementos nutritivos de las plantas. Cada elemento está representado por una franja cuya amplitud en cualquier valor determinado del pH, indica la relativa ventaja de dicho valor y factores asociados, respecto a la presencia del elemento en formas rápidamente aprovechable (mientras más ancha sea la franja más favorable es la influencia) aún cuando no necesariamente se indica la cantidad presente; la cual depende también de otros factores tales como sistemas de cultivos y fertilización.

El grado relativo de dicho efecto respecto a la aprovechabilidad del molibdeno (no indicado) es un tanto similar a la del azufre. La zona intensamente anchurada a la izquierda del pH 7, indica la concentración relativa del ión N y en forma similar a la derecha la concentración del ión OH (8,52,60).

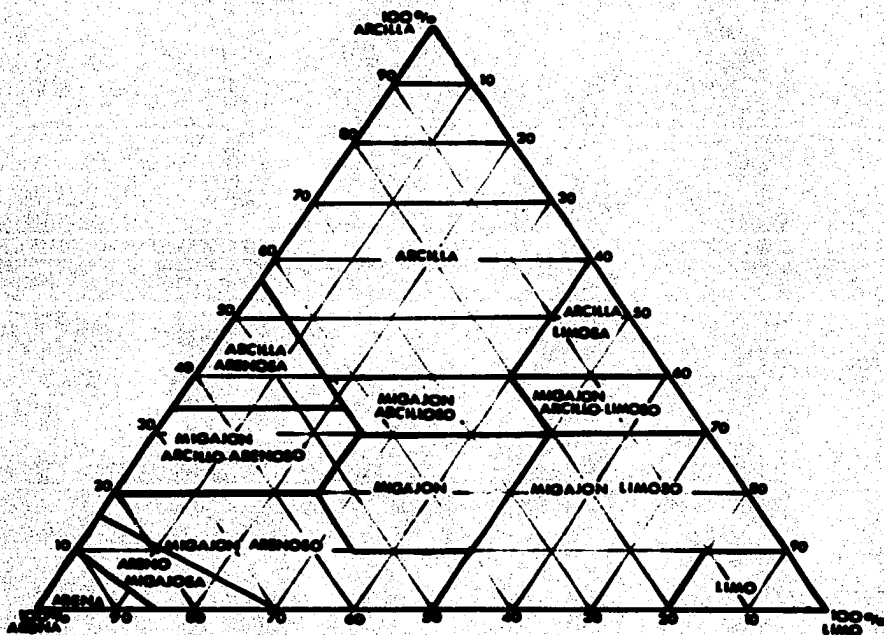


FIG. 3. Guía para clasificación de texturas de acuerdo con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (60,63,66).

Los principales métodos para determinar el tamaño de partículas se basan en procesos de sedimentación, según las fracciones que predominan en el suelo para denominarlo correctamente - se utiliza el diagrama triangular de la figura 3.

La colocación normal del triángulo es de forma que la base representa la arena, el lado izquierdo es arcilla y el lado derecho el limo.

Cada punto de este triángulo corresponde a una determinada textura, la cual viene caracterizada por cierto porcentaje de arena, limo y arcilla.

Para hallar el porcentaje de cada componente, correspondiente a un punto determinado del triángulo, debe trazarse, desde ese punto, una paralela al lado anterior del que represente al componente buscado, considerando que se gira en el sentido de las agujas del reloj alrededor del triángulo; esta paralela cortará al eje del componente cuyo porcentaje se busca, en un punto que representa el valor de dicho porcentaje.

b) La estructura de los suelos. El término estructura es usado para describir sobre el terreno el grosor, agregación aparente o disposición de los sólidos del suelo.

Tipos de estructura del suelo.

Existen 7 tipos estructurales reconocidos en los perfiles del suelo (8,63,66):

1) Laminar (en forma de lámina). Los agregados o grupos se disponen en láminas horizontales.

Las capas superficiales de los suelos vírgenes suelen ---

caracterizarse por una estructura laminar u hojosa.

2) Columnar o prismática (en forma de prisma). Se caracterizan por agregados orientados verticalmente o pilares, están comunmente en los horizontes del subsuelo de regiones áridas ó semiáridas.

3) En forma de bloque cuboide nuciforme o bloque subangular, aquí los agregados originales han sido reducidos a bloques, de seis caras irregulares y con sus tres dimensiones más o menos iguales.

Quando las aristas de los cubos son agudas y las caras rectangulares bien marcadas, el tipo se llama bloques nuciformes ó subangulares. Estos tipos casi siempre están confinados al subsuelo y su estudio tiene relación con el drenaje, aireación y penetración de las raíces.

4) Esferoidal, granular y en migajas, todos los agregados redondeados pueden ser colocados en esta categoría a pesar de que el término más apropiado se refiere a los que no pasan el tamaño de media pulgada (1.27 cm) de diámetro. Estos complejos redondeados generalmente cuando se mojan forman agregados y estos son llamados gránulos y su estructura granular.

Quando los gránulos son bastante porosos, el término en migajas está aplicado más correctamente.

La estructura granular, y con menos frecuencia, la de migajas son características de muchos suelos superficiales especialmente aquellos que son ricos en materia orgánica.

Una breve descripción de cada uno de estos tipos se observa en la figura 4.

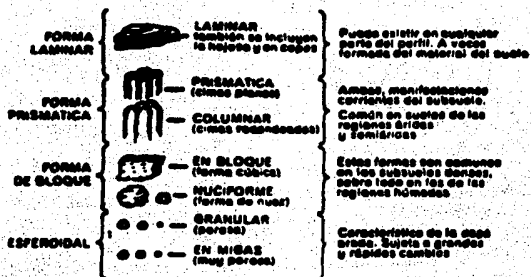


Fig. 4. Representación por diagrama de los diversos tipos de estructura hallados en los suelos minerales. Su localización en el perfil es supuesta. En suelos áridos, la granulación recibe corrientemente la mayor atención. La estructura nuciforme se llama, a veces, en bloque subangular (Fig. 4.3).

Color del suelo.

El color del suelo es un resultado de la luz reflejada desde el suelo y depende de la combinación de 3 simples variables de color a saber: el tono, el valor y el croma (40,58,63,66, - 80).

El tono es el color espectral dominante.

Valor es la brillantez o cantidad total de luz.

Croma es la pureza o saturación relativa del color espectral dominante.

Los colores del suelo se determinan mediante la comparación con los cuadros descriptivos de color estándar. El cuadro de colores del suelo de Munsell se utilizó comúnmente para este

fin. Las notaciones de color de Munsell (58) son designaciones numéricas y literales sistemáticas de cada una de las tres variables mencionadas anteriormente por ejemplo, la notación numérica 2.5 YR 5/6 constituye 2.5 YR como tono, 5 como valor y 6 como croma. El nombre equivalente del color del suelo de esta notación de Munsell es rojo.

Los coloides del suelo.

Los constituyentes coloidales del suelo se dividen, en dos grupos bien diferenciados: los coloides inorgánicos y la materia orgánica (8).

Al primer grupo pertenecen todos los minerales del tipo de la arcilla y los óxidos metálicos coloidales y al segundo, el humus.

Las partículas coloidales adquieren sus cargas por adsorción y por disociación.

La adsorción de cargas se debe a que los iones de la superficie del cristal no tienen satisfechos todos sus enlaces de coordinación, estando libres las posiciones exteriores y tienden a atraer iones de la disolución, adquiriendo así una carga eléctrica, ya que el cristal, en principio es neutro, la carga adquirida depende de los iones que haya en exceso en la disolución.

Hay partículas insolubles que pueden ionizarse (compuestos macromoleculares).

Si estas partículas son de tamaño adecuado (menores de 1 μ), forman suspensiones coloidales estabilizadas por la carga adqui-

rida por ionización. En este caso, el anión es una partícula - poco movable; el catión es pequeño, muy movable y está atraído por la partícula. De la misma forma, las partículas de arcilla pueden adquirir su carga por disociación, ya que contienen grupos ionizables.

La materia orgánica del suelo.

En el suelo existe otro componente coloidal: la materia orgánica (40,46,62,63,66).

La fracción más fina de la materia orgánica del suelo recibe el nombre de humus y es materia orgánica transformada, es decir, materia orgánica que ha perdido todo vestigio de organización biológica (celular) y que, vista al microscopio, aparece como materia orgánica del suelo que procede de vegetales, animales y microorganismos.

Composición general de la materia orgánica del suelo.

Contenido en carbono: en el suelo el contenido en carbono de la materia orgánica es muy variable, dependiendo entre otros casos, de la profundidad de la capa.

Contenido de nitrógeno: el contenido medio en nitrógeno de la materia orgánica del suelo es del 5%, este dato indica que el nitrógeno es mayor en el humus que en la materia vegetal original, si tenemos en cuenta que las bacterias que metabolizan el carbono lo convierten en CO_2 que escapa del suelo y dan como resultado el enriquecimiento en nitrógeno.

Relación carbono/nitrógeno: si se tiene en cuenta el contenido en carbono y en nitrógeno de la materia orgánica del suelo transformada en humus, se observa que estos elementos se en-

cuentran en una relación 10:1 aproximadamente, este cociente es una medida de la evolución de dicha transformación.

Transformación de la materia orgánica vegetal en humus.

El humus es una materia amorfa compleja, macromolecular y polímera.

Los residuos vegetales aporten a los suelos:

- a) Hidratos de carbono (celulosa), hemicelulosa, almidón, azúcares, etc.
- b) Lignina
- c) Polifenoles (taninos, etc.)
- d) Proteínas
- e) Grasas
- f) Colorantes, alcaloides, y otros componentes menores.

Composición del humus.

El humus es una mezcla de sustancias macromoleculares con grupos ionizables, principalmente ácidos; se trata, pues de un polielectrolito macromolecular y amorfo. Sus sales son llamadas humatos.

En el humus existen además de los grupos ácidos, grupos alcohólicos y amínicos, con propiedades "secuestradoras" y complejantes; pudiendo, por tanto, captar iones pesados y dar lugar a quelatos.

Por los grupos amínicos puede fijar ácidos.

En el humus hay miles de formas de macromoléculas distintas que pueden reducirse a unos pocos tipos, cuya estructura general y origen son los siguientes:

a) Lignina en diversos grados de transformación y oxidación aunque es un polímero aromático macromolecular estable, la lignina resiste los ataques de los enzimas y microorganismos del suelo permaneciendo en el poco transformada, aunque sufre la transformación mas importante que es la oxidación de algunos sustituyentes (CH_3 , CH_2OH , etc) a grupos COOH .

Se ha demostrado que algunos hongos del suelo son capaces de hidrolizar (desmetoxilar) los sustituyentes $-\text{O}-\text{CH}_3$ de la lignina dando lugar a grupos $-\text{OH}$ fenólicos.

b) Macromoléculas derivadas de compuestos fenólicos, como los taninos, glucósidos fenólicos, flavonoides, etc.

Los macrofenoles se oxidan por acción de fenol-oxidases, pasando a difenoles y quinonas.

Los difenoles se oxidan directamente a quinonas en presencia de polifenol-oxidases.

Las quinonas, por sus dobles enlaces conjugados, son polimerizables formando macromoléculas llamadas melanoideas, de colores oscuros, marrones o negros, de forma parecida a la formación de melanina.

c) Las proteínas del suelo se incorporan, en parte al humus y, en parte, se degradan por hidrólisis y en los procesos metabólicos de la flora y fauna del suelo.

Una parte de las proteínas del suelo se incorporan a la red de lignina, formando un complejo lipoproteico imputrescible (como en el caso de las pieles curtidas), y retiene, a largo plazo, una parte del nitrógeno del suelo.

d) La quitina es un componente importante de la materia orgánica del suelo que procede de la cubierta de los insectos y de las paredes celulares de muchos hongos.

e) Ácidos poliurónicos, en las paredes celulares de las bacterias se encuentran, en gran abundancia los ácidos poliurónicos, algunos son resistentes a la degradación y constituyen una parte importante de las macromoléculas aniónicas fijadoras de cationes en el humus.

f) Los mucopolisacáridos (en los que se asocian acetilglucosamina y galactosa de las cubiertas bacterianas están asociadas a proteínas para dar mucoproteínas, algunos de estos componentes pueden encontrarse en el humus.

La arcilla y el humus se interrelacionan determinando prácticamente, el comportamiento físico-químico del suelo.

Intercambio iónico.

Los coloides del suelo, arcilla y humus, presentan como propiedad primordial su capacidad de intercambio iónico (1,8, - 60).

Los iones presentes en el suelo son de tres tipos: directamente disponibles, disponibles indirectamente e indispensables. Los pertenecientes al segundo grupo se fijan, en el suelo, por intercambio iónico.

Los suelos poseen una capacidad de intercambio iónico que depende de su composición, fundamentalmente de las arcillas y de la materia orgánica. En las arcillas, la capacidad de intercambio de cationes reside en los grupos silicato y aluminato ionizable. La materia orgánica posee una gran capacidad de intercambio de cationes, por los grupos carboxílicos y demás grupos de carácter negativo. Los grupos positivos actúan como puntos de intercambio de aniones, pero son mucho menos abundantes.

Se llama capacidad total de cambio de los suelos a la cantidad de iones que pueden colocarse en las posiciones de intercambio, expresada en meq/100g de suelo. La capacidad de cambio que se considera, fundamentalmente, es la de cationes.

La capacidad de fijación de los iones por el suelo disminuye en el orden:



Una gran capacidad de intercambio iónico en los suelos es una característica importante, ya que supone la posibilidad de retener un depósito de iones nutritivos, de forma que pueden ser cedidos, a la solución salina del suelo, a medida que son consumidos, de ésta por las plantas.

Una parte de las posiciones de cambio del suelo están ocupadas por cationes metálicos; la proporción de la capacidad de cambio catiónico que ello representa recibe el nombre de "porcentaje de saturación por bases". El resto de la capacidad de intercambio está saturada por H^+ y, en general, estos grupos están poco ionizados por ser ácidos débiles. Cuando aumenta la concentración de H^+ en la solución del suelo éste desplaza a los otros cationes de cambio.

Existe una relación directa entre el porcentaje de saturación por bases y el pH del suelo: de forma que los valores por debajo de una cierta proporción de saturación corresponde a sus los ácidos.

En los iones la cantidad existente de un catión fijado en forma intercambiable varía continuamente y, si se modifican las concentraciones de sales, se sustituyen unos por otros. Cuando se acidifica un suelo, se introduce H^+ en sustitución de otros cationes.

Intercambio de aniones en el suelo.

En la materia orgánica del suelo existen puntos positivos en los que se pueden intercambiar aniones. Estos puntos de intercambio aniónico son los grupos amínicos, los debidos a heterociclos de nitrógenos, los de polímeros de aminoácidos, etc., (1,8,60).

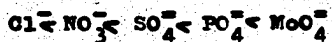


Otros coloides que asignan cargas positivas son los óxidos hidratados de metales como el Fe y el Al. Cuando pasan a medio ácido. Pueden representarse de la siguiente manera:



Entre los aniones que pueden intercambiarse, los más interesantes son los iones nitrato, fosfato y molibdato. Los iones molibdato y fosfato se fijan preferentemente, pues son más grandes y tienen mayor carga.

El estado de fijación final dependerá de la concentración de los diversos iones en la solución de suelo y de las respectivas constantes de reparto. La serie de preferencia de fijación es la siguiente:



E L C A F E

El café es originario de Abisinia, de donde fué llevado a Arabia y posteriormente a Etiopía para su domesticación, aproximadamente en el siglo VI d. de C. Al principio se utilizó como alimento. Con este fin, las semillas pulverizadas se amasaban con mantequilla para formar pequeñas bolas que llevaban consigo los que viajaban por el desierto, a fin de que sirvieran como estimulante y como alimento. El cultivo de la planta del café se extendió a los trópicos de Asia hasta que los holandeses lo introdujeron a Ceylan y Java en el siglo XVII.

En el Nuevo Mundo, el cultivo de esta planta vino aún después, y también fue introducida por los holandeses. La fuente última de los árboles en la mayor parte de las plantaciones cafetaleras actuales del Nuevo Mundo fué un solo árbol traído de Amsterdam. Un descendiente de este mismo árbol también propagó la semilla para la introducción, por los franceses en la isla de Martinica, en el Caribe, año de 1720. El café se produce ahora en todo el mundo entre los trópicos de Capricornio y de Cáncer (3).

Se produce a partir de las semillas de las especies de *COFFEA*, género de la familia RUBIACEAE. Existen unas 50 a 60 especies de *COFFEA*, todas ellas son arbustos perennifolios o pequeños árboles nativos de los bosques lluviosos del África tropical y subtropical. Las flores de Coffea arábica se producen en densos grupos en las axilas de las hojas y aparecen periódicamente hasta tres o cuatro veces al año. Las flores blancas tienen un perfume hermoso y delicado. Se abren por la mañana, pero a mediodía ya están marchitas pues para entonces

ya han sido polinizadas por los insectos. El fruto es verde al principio, pero madura en un período que en ocasiones se prolonga hasta nueve meses, cuando adquiere un color rojo, razón por la cual se le denomina "cereza". Cuando está madura, la capa exterior, de un color rojo intenso, rodea a una pulpa amarillenta dentro de la cual esta una pared delgada interior y dura denominada "pergamino", que a su vez rodea a las semillas. Dentro del fruto hay dos semillas que tienen un color gris verdoso y que llegan a alcanzar hasta 1.5 cm de longitud. Están firmemente unidos sobre superficies planas y ranuradas cubiertas con un delgado segmento, ver figura 5 (17,31,68,84)

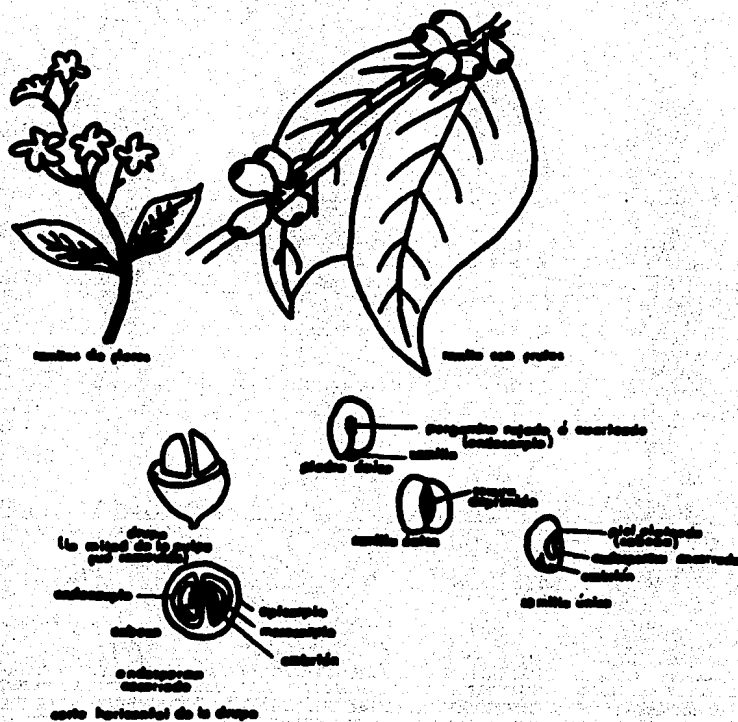
CULTIVO DE CAFE EN MEXICO.

El café es un cultivo bastante antiguo en México, pero su expansión data solo de 1936-1937. Para cultivarlo se necesita un clima cálido y húmedo y una precipitación pluvial máxima de 25 cc anuales. Debido a que se originó como arbusto que crecía bajo los árboles grandes en los bosques, por lo regular necesita sombra para crecer, por lo menos en sus primeras etapas.

El café prospera en ambientes tropicales montañosos y se le cultiva en los estados de: Veracruz, Chiapas, Tabasco, S.L.P., Colima y Nayarit, ver figura 6, (14,28,42).

a) Propagación.

El café se propaga mediante plantas obtenidas de semilla en las plantaciones cafetaleras, incluye el sembrar las semillas en almácigos especiales, donde las plantitas son cuidadas hasta que se les transplante en el campo (cuando alcanzan una altura de 15 a 20 cm, esto es de 6 a 8 meses después de la siembra), (32).



CAFÉ (*Coffea arabica*)

FIG. 5 Coffea arabica
 (BROOK, B., Plants consumed by man. First ed. 1975.
 Academic Press Inc. (LONDON) LTD).

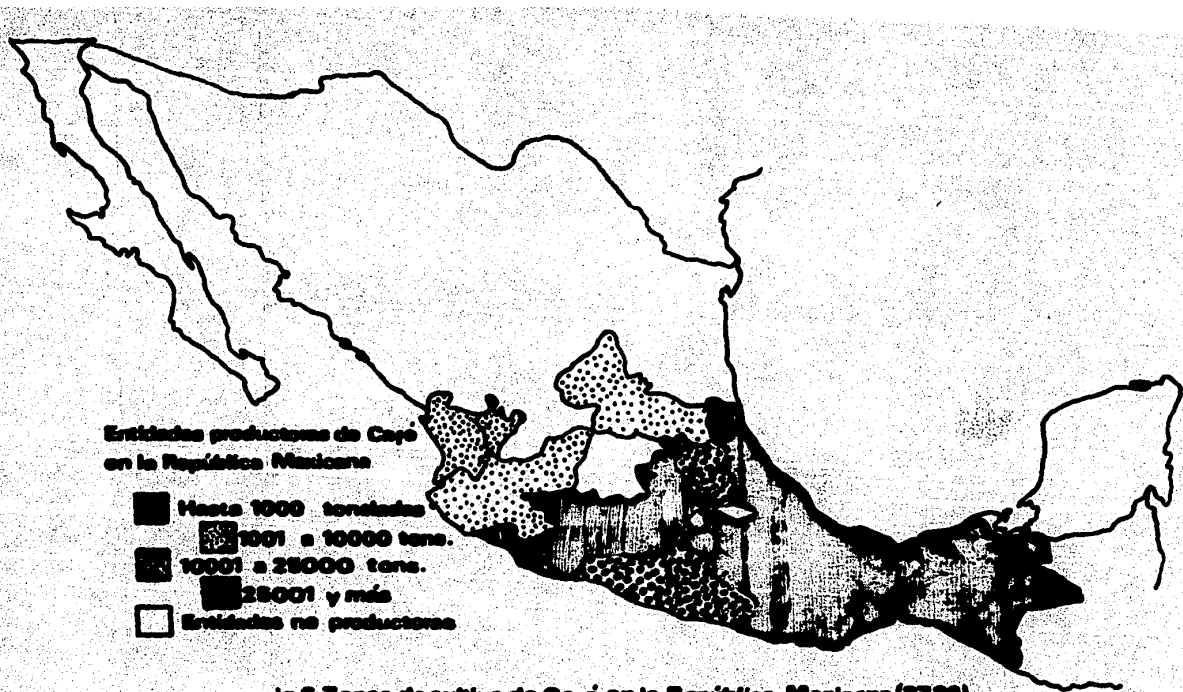


Fig. 6. Zonas de cultivo de Café en la República Mexicana (1978).

b) Sombra.

Los cafetos jóvenes deben tener sombra continua desde la época en que se les transplante; consecuentemente, resulta necesario transplantar los árboles de sombra con uno o dos años de anticipación. A menudo se les proporciona sombra temporal, que es dada como plátanos o alguna otra planta de crecimiento rápido, hasta que se desarrolla la sombra permanente.

La distancia comúnmente usada en la siembra de Coffea arabica es de 2.0 x 2.5 m lo cual da más o menos dos mil arbolitos por Ha, (41,43).

c) Fertilización del café.

Un programa razonable de fertilidad, requiere de planeación anticipada (80,82,83). En la práctica se establece un plan al principio del ciclo de un cultivo o en otro tiempo que se considere conveniente.

La colocación de los fertilizantes (véase tabla IV) (32, 50) para lograr máxima eficiencia de utilización, depende de la planta y de las condiciones del suelo y del clima.

Se pueden seguir tres tipos de programas de fertilización:

- 1) Mezclas de todos los productos.
- 2) Materiales individuales.
- 3) Combinación de los dos anteriores.

La utilización de uno u otro, depende de los costos relativos de los productos por usar, su manejo, su transporte y su distribución.

d) Riego del café.

El cafeto es un árbol siempre verde y éstos árboles o ar-

FALLAS DE ORIGEN

TABLA No. IV. (60).

Composición aproximada de algunos materiales como fuentes fertilizantes

Material ¹	Total N (%)	Total P ₂ O ₅ (%)	Total K ₂ O (%)	Total CaO (%)	Total MgO (%)	Total SO ₃ (%)	Otros (%)
A. Fertilizantes orgánicos naturales							
Harina de hueso natural	4.0	22.5	—	31.5	1.0	0.5	—
Harina de hueso sometido a vapor	2.5	25.0	—	31.0	0.5	0.5	—
Desperdicios de pescado acidulados	6.0	6.0	—	8.5	0.5	4.5	—
Desperdicios de harina de pescado seco	9.5	7.0	—	8.5	0.5	0.5	—
Harina de cuernos y pezuñas	14.0	1.0	—	2.5	—	2.0	—
Residuo seco de grasa animal	7.0	10.0	0.5	12.5	0.5	1.0	—
Guano peruano	13.0	12.0	2.5	11.0	1.0	3.5	—
Hátiércol seco de res	2.0	1.5	2.0	4.0	1.0	0.5	—
Hátiércol de aves seco	5.0	3.0	1.5	4.0	1.0	2.0	—
Hátiércol de ovejas seco	2.0	1.5	1.0	5.0	2.0	1.5	—
Cieno seco de aguas negras	2.0	2.0	—	2.5	0.5	0.5	—
Pasta de biguerilla	5.5	1.5	1.5	0.5	0.5	—	—
Pasta de semilla de algodón	7.0	3.0	2.0	0.5	0.5	0.5	—
Pasta de cacao molida	3.1	—	—	—	—	—	—
Pulpa prensada de semillas de kapok	4.0	—	—	—	—	—	—
Pulpa prensada de copra	3.2	1.2	2.5	—	—	—	—
Pasta de linaza	5.5	2.0	1.5	0.5	1.0	1.0	—
Pasta de cacahuate	7.6	1.5	2.0	—	—	—	—
Pasta de soya	7.0	1.5	2.5	0.5	0.5	0.5	—
Tallos de tabaco	2.0	0.5	6.0	5.0	0.5	1.0	—
Cenizas de madera (dura)	—	1-2	3-7	33	—	—	—
Paja de arroz	0.5	0.2	1.1	0.3	0.1	—	—
Ceniza de palma de aceite	—	—	30-40.	—	—	—	—
Ceniza de madera del árbol del hule	—	—	16.0	—	8.0	—	—
Cenizas de melazas	—	—	70-90.	—	—	—	—
Ceniza de la cáscara de coco	—	—	40.	—	—	—	—
B. Fertilizantes nitrogenados							
Amoníaco anhídrido	82.2	—	—	—	—	—	—
Solución amoniacal (30%)	24.6	—	—	—	—	—	—
Urea	46.6	—	—	—	—	—	—
Nitrato de amonio	33.5	—	—	—	—	—	—
Sulfato de Leuna	26.0	—	—	—	—	—	—
Sulfato de amonio	20.5	—	—	—	—	60	—
Nitrato de sodio	16.2	—	—	—	—	—	26 Na ₂ O
Nitrato de calcio	15.5	—	—	—	—	—	—
Nitrato Sódico potásico	15.0	—	14.0	—	—	—	18 Na ₂ O
Cianamida de calcio	20.6-22.3	—	—	53	—	—	—
Cal-nitro, A-N-L	20.5	—	—	9	7	—	—
Wet-base goods	2-9	18-20.5	—	16	—	7	—
C. Fertilizantes fosforados							
Amono-Fos A. (fosfato monoamónico)	11	48	—	—	—	—	—
Amono-Fos B.	16.3	20	—	—	—	—	14
Superfosfato	—	18-20.5	—	23	—	—	29
Superfosfato triple	—	47	—	20	—	—	3
Superfosfato amónico	2-5	19-20	—	—	—	—	28
Fosfato diatómico	—	36-40	—	26	—	—	—
Basic Slag	—	12	—	45	—	—	—
Fosfato de Rhenania	—	28	—	42	—	—	12 Na ₂ O
Rock fosfórico	—	27-41	—	45-55	—	—	—
Superfosfato nítrico	20	20	—	—	—	—	—
Metafosfato potásico	—	53-58	35-38	1-4	—	—	—

CONT. TABLA IV.

Material ¹	Total N (%)	Total P ₂ O ₅ (%)	Total K ₂ O (%)	Total CaO (%)	Total MgO (%)	Total SO ₃ (%)	Otros (%)
D. Fertilizantes potásicos							
Cloruro de potasio	—	—	50-60	—	—	—	44 Cl
Sulfato de potasio	—	—	48-50	—	—	33	—
Nitrato de potasio	13	—	44	—	—	—	—
Sulfato de potasio y magnesio	—	—	22.3	—	18	57	—
Sales potásicas (KCl)	—	—	25	—	—	—	50-60 Na ₂ O
E. Fertilizantes cálcicos y mejoradores del suelo							
Yeso	—	—	—	31	—	—	—
Cal hidratada	—	—	—	62.5	—	—	—
Caliza	—	—	—	44	—	—	—
F. Fertilizantes magnésicos y mejoradores del suelo							
Dolomita	—	—	—	30.5	19.5	—	—
Dolomita calcinada	—	—	—	30.5	27.0	—	—
Caliza dolomítica hidratada	—	—	—	30.5	29.0	—	—
Sal Epsom	—	—	—	—	16.0	—	—
Sulfato de magnesio	—	—	—	—	30	—	—
Kieserita calcinada	—	—	—	—	30.5	—	—
Magnetita	—	—	—	—	92.0	—	—
Magnetita	—	—	—	—	45.0	—	—
Material	SO ₃ (%)	Cr ₂ O (%)	BaO ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	MgO ₂ (%)	ZnO (%)
G. Otros minerales fertilizantes							
Sulfato de aluminio	37	—	—	—	—	—	—
Anhidrita	57	—	—	—	—	—	—
Sulfato de cobre	32	30	—	—	—	—	—
Coppers	—	—	—	26	—	—	—
Bórax	—	—	36	—	—	—	—
Sulfato ferroso	29	—	—	33	—	—	—
Pierro en quelatos	—	—	—	2-8	—	—	—
Sulfato de manganeso	36	—	—	—	30	—	—
Molibdato de amonio	—	—	—	—	—	60	—
Molibdato de sodio	—	—	—	—	—	59	—
Sulfato de cinc	30	—	—	—	—	—	45
Compuestos neutrales de cinc	—	—	—	—	—	—	36-78
Compuestos neutrales de cobre	—	25-75	—	—	—	—	—
Azufre	237.5	—	—	—	—	—	—

¹ En los casos en que la fuente contiene más de un elemento, el material se indica bajo el grupo de uso más común.

² Menos de 0.5 de porcentaje o desconocido.

bustos no solo requieren mayores cantidades de agua durante la mayor parte de los meses del año, sino que obtienen su humedad principalmente del subsuelo en las temporadas secas. Esta es la razón por la cual el café árabe requiere una alta precipitación pluvial de 1905 a 2032 mm por año para mantener salud y rendimientos óptimos.

El riego que se requiere en un cafetal, es la cantidad correspondiente a la lluvia que ha faltado y la dosis deberá ser suficiente para conservar abastecida la totalidad de la zona radicular, no únicamente para humedecer los pocos centímetros de suelo superficial. La insuficiencia de la lluvia se determina investigando la media anual y mensual de las lluvias y midiendo las deficiencias en los meses críticos.

Muchos factores influyen en la disponibilidad de humedad de los suelos y en las cantidades requeridas de fuentes naturales o artificiales para proporcionar suficiente humedad al cultivo; factores tales como el tipo de suelo y sus características de absorción o retentivas; las temperaturas diurnas, la cantidad de insolación o nubosidad y si el aire está en calma o hay vientos para nombrar unos cuantos (47,60).

e) La Poda del café.

Existen dos aspectos principales que hay que tomar en consideración en cuanto a la poda del café (15,60): primero, la formación de los árboles jóvenes para construir una estructura vigorosa y bien balanceada con buenas ramas de fructificación y segundo el rejuvenecimiento periódico de las ramas de fructificación, a medida que envejecen y dejan de producir.

Con el café arábigo existen dos tipos de formación, como se

boles de un solo tallo ó como árboles de tallos múltiples.

El método más usado para la formación del café en México es el sistema de tallo múltiple.

Los árboles se pueden cortar cuando tienen más o menos 30cm de altura, de tal manera que haya de 3 a 4 tallos erectos de -- aproximadamente igual tamaño y fuerza formando la estructura básica del árbol. Los otros dos sistemas generales consisten en doblar la punta del tallo hasta que crezcan ramas erectas y el -- tallo principal haya crecido lo suficiente para retener su forma doblada. Se retienen dos, tres o cuatro de las mejores ramas -- rectas y el resto se corta. La punta de la guía original principal se corta o se deja crecer.

Las Figuras 7, 8 y 9 muestran detalles de los métodos en formación utilizados en Colombia, Costa Rica y Guatemala, respectivamente.

La mejor época del año para podar los árboles de café es -- después de la cosecha y así las plantas tienen tiempo de recuperarse antes de la siguiente temporada de floración (15,60)

f) La Cosecha del café.

La temporada en la cual las bayas de café maduran y están -- listas para la cosecha, varía de acuerdo con las condiciones del clima y el suelo con las prácticas de cultivo y, por supuesto -- con la especie.

Donde existe un sólo período seco más o menos bien definido, el café puede madurar como una sola cosecha; si la temporada de lluvias está bastante bien distribuida, pueden madurar de dos a

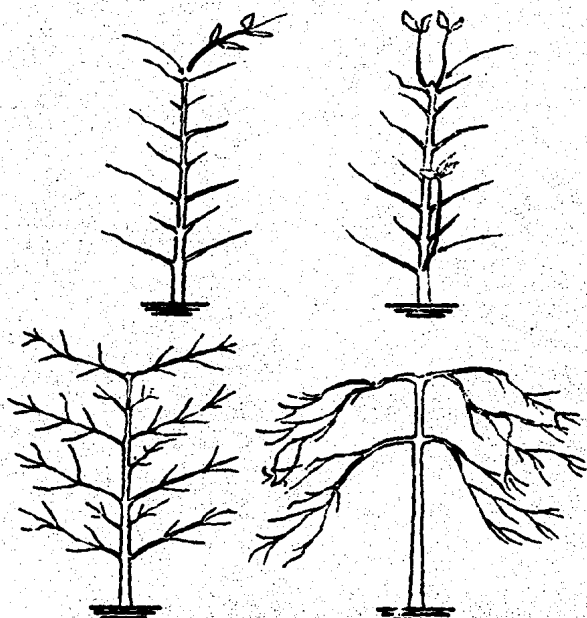


Figura 7. Sistema colombiano de poda del casto. Arriba: se elimina la terminal del tallo. Arriba a la derecha: también se eliminan los chupones que crecen ahí. Abajo a la izquierda: las ramas laterales emiten nuevos brotes. Abajo a la derecha: arbusto en el estado final según sistema colombiano de poda.

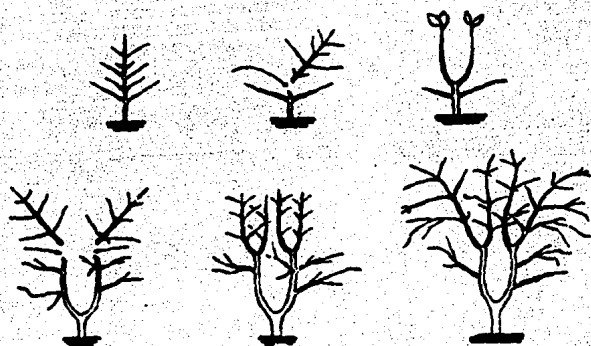


Figura 8. Sistema castoricense de poda del casto. Arriba a la izquierda: arbusto joven. Centro: primera etapa de poda. Arriba a la derecha: primera reacción. Abajo a la izquierda: segunda etapa de poda. Centro: segunda reacción. Abajo a la derecha: arbusto al final del sistema de poda.

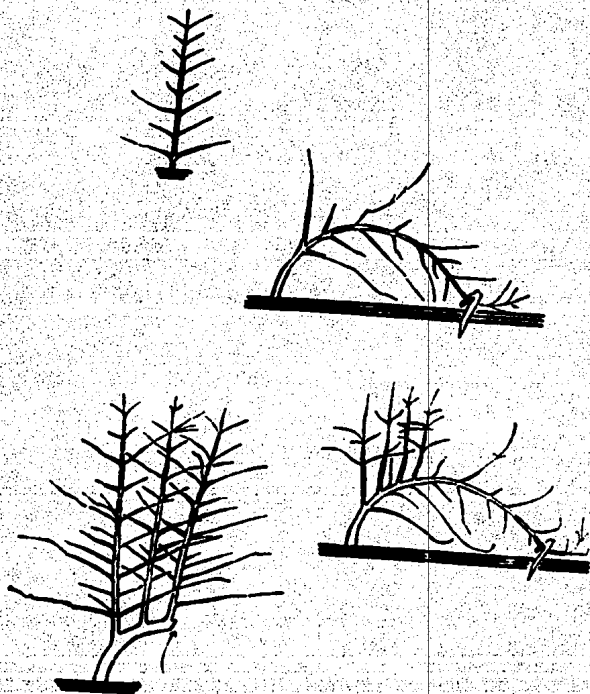


Figura 9. Sistema genético de poda del café. Arriba a la izquierda: arbusto joven. Arriba a la derecha: El tallo se dobla y se sostiene en el suelo. Abajo a la derecha: reacción después de mantenerlo aferrado al suelo. Abajo a la izquierda: Resultado final.

tres cosechas con intervalos durante el año. La temporada se puede extender desde unas cuantas semanas a varios meses, aún dentro de un medio ambiente ideal para el cultivo del café.

La calidad comercial de los granos de café resulta profundamente influida por la forma en que se cosechan y benefician los frutos (26,27).

En forma ideal, las bayas de café se deben cosechar cuando están de color rojo-oscuro, sin vestigio alguno de restos verdes.

Desafortunadamente el café arábigo tiene la desventaja de tirar su fruta después de que ha madurado más allá de cierto punto.

Ahora como los frutos de los árboles de una región maduran durante un tiempo relativamente corto, la cosecha entera, de bayas verdes y maduras mezcladas se pizca tan pronto como hay una buena proporción de ellas de color rojo en una buena cantidad de árboles de la plantación.

g) Beneficio del café.

Una vez maduros, los frutos son recolectados levados y despulpados para secar las semillas (que todavía están cubiertas por el pergamino y por lo tanto están en parejas). Se ponen a fermentar en bandejas abiertas o en grandes tanques cubiertos de agua. Esta fermentación, acompañada de agitación, quita los últimos restos de la pulpa y después se ponen a secar las semillas al sol. Posteriormente el pergamino se quita por abrasión, y las semillas se separan y en seguida se pulen y se empacan para exportación (19,75,78).

ENFERMEDADES DEL CAFETO.

Las enfermedades del café son causadas principalmente, - por hongos parásitos que consisten en masas de tubos parecidos a cabellos que se llaman hifas. Estas se inician por la germinación de las esporas y pueden desarrollarse dentro o alrededor de las células de los tejidos de las plantas, obteniendo su alimento de los jugos de las células.

Las esporas son tan ligeras y se separan con tanta facilidad, que pueden ser acarreadas por una ráfaga de viento a muchos kilómetros de distancia o pueden ser transportadas por animales e insectos o levantadas del suelo por la lluvia, así como transportadas en la ropa de la gente.

Las enfermedades del café producidas por virus causan manchas anulares en las hojas, otras forman ampollas en las mismas, etc.

Ahora bien los virus raramente se transmiten por la semilla de un padre a su progenie, por lo cual es a menudo posible eliminar la enfermedad plantando de nuevo con plántulas. Algunos virus desaparecen con un tratamiento de calor, por lo cual es posible colocar plantas pequeñas enfermas en un invernadero y eliminar la enfermedad.

Las enfermedades del café producidas por bacterias causan principalmente pudriciones y marchitez y se controlan desenterrando y quemando las plantas infectadas.

Las plantas se infectan por contacto, a través del suelo o son introducidas por un vector.

Las enfermedades más importantes son: ojo de gallo (Bacterial

citricolor), mal de hilachas (Corticium koleroza), derrite (Phyllosticta coffeicola), y mancha de hierro (Carcospora coffeicola) (51).

PLAGAS DEL CAFETO.

La palabra "plagas" cubre un campo muy amplio. Incluye insectos en una o en todas las fases de su vida, ácaros pequeños, arañas, nemátodos, babosas, o incluso cuadrúpedos, así como malas hierbas. Las plagas de insectos pueden ser clasificadas burdamente de varias maneras, sin considerar el verdadero comportamiento familiar, es decir, como chupadores, masticadores y barrenadores. Se clasifican también de acuerdo con las partes de la planta que afectan o enlistarlas según su importancia en la producción de café.

Las plagas más frecuentemente citadas son: minador de la hoja (Leucoptera coffeella), palomilla blanca, un saltamontes tropical y el cóccido de la raíz (Pseudococcus brevipes) (51).

LOS CAFES VERDES.

La denominación de "café verde" (o de café "café bruto") se reserva a los granos (semillas) sanos y enteros, originados en frutos de las plantas del género Coffea, desembarazados de su pergamino y, por lo menos parcialmente, de la película plateada (62).

a) Estandarización de los cafés verdes.

Los cafés verdes se clasifican en cierto número de tipos normalizados, reglamentarios, cuya definición se precisa por el porcentaje de materias extrañas tolerado y por un número determinado de defectos por cada muestra de 300 g. El cálculo del número de defectos se realiza mediante una tabla de equivalencias,

los defectos más severamente sancionados son el haba negra, el haba hedionda, la cereza, las habas con pergamino, las habas secas, etc.

Además los cafés deben ser sanos, no haber sufrido ninguna alteración (enmohecimiento (52), podredumbre), y presentar un contenido en agua no superior al porcentaje generalmente admitido en los contratos internacionales que es como máximo de un 3%.

b) Composición química de los cafés verdes (39,45,75).

Agua. Los cafés verdes comercializados presentan generalmente un contenido de agua comprendido entre 10 y 13%.

Materia mineral. El contenido en cenizas de los cafés es por término medio del 3 al 4% del café verde; constituido principalmente por potasio, sodio, calcio, magnesio, fósforo, azufre, etc. Igualmente se ha comprobado la presencia de diversos oligoelementos: hierro, aluminio, cobre, yodo, fluor, boro, manganeso, etc.

Prótidos. Los cafés verdes contienen de 1 a 3% de nitrógeno total, formando parte de diversas combinaciones, las principales de las cuales son los prótidos y los alcaloides. Algunos aminoácidos azufrados (cistina, metionina), presentes en los prótidos del café, juegan un papel importante en la formación del aroma del café torrefacto.

Alcaloides y otras sustancias nitrogenadas no proteicas. - Los principales alcaloides del café son la cafeína (55) y la trigonelina; en menor cantidad los acompañan otras bases nitrogenadas; betaina, colina.

Los cafés verdes contienen generalmente de 1 a 2.5% de cafeína (21), ésta se encuentra combinada en forma de una sal doble, el clorogenato de cafeína y de potasio.

La cafeína, o trimetil-1-3-7-xantina, es la homóloga superior de la teobromina. Su fórmula es $C_8H_{10}O_2N_4H_2O$ o bien $C_8H_{10}O_2N_4$ (cafeína anhidra).

La trigonelina es la metilbetaina del ácido nicotínico. Los cafés verdes lo contienen entre 0.4 y 1.2% y durante la torrefacción su descomposición está relacionada con la aparición del ácido nicotínico (niacina).

Lípidos. El café contiene sustancias grasas. Estas grasas son ricas en sustancias insaponificables las cuales no se eliminan por los procedimientos corrientes de refinación, siendo inapropiados para numerosas utilizaciones (21).

Glúcidos. Los glúcidos representan más de la mitad de la materia seca de los granos de café verde, le proporcionan color y sabor acaramelado característicos de productos torrefactados.

El café verde contiene pequeñas cantidades de azúcares reductores libres y de sacarosa (de 5 a 8%).

Entre los polisacáridos insolubles se señala la presencia de celulosa, lignina, etc. (75).

Ácidos y taninos. Los granos de café contienen diversos ácidos orgánicos, especialmente ácidos fenólicos que presentan carácter de taninos. Los taninos clorogénicos especialmente representados en los granos bajo la forma de ácido clorogénico (4

a 8%) en estado de clorogenato doble de cafeína y de potasio. - Este compuesto se destruye en gran parte en el curso de la torrefacción liberando el alcaloide (32).

Existen en el café otros ácidos orgánicos tales como el cafeico oxálico, málico, cítrico, tartárico, acético, etc.

c) Principios volátiles y constituyentes del aroma en el café verde.

Los principios volátiles contenidos en el café verde están representados por el agua y una pequeña cantidad de aceite esencial, cuya presencia se descubre por su olor, especialmente si se muele el grano.

Es durante la torrefacción cuando se forma, a partir de sustancias poco conocidas todavía y designadas con el nombre de precursores, el aroma del café tostado (35).

El estudio de este complejo aromático ha detectado hasta el momento de 250 a 300 sustancias diferentes entre las que contribuyen al aroma del café, pero ninguna de ellas se caracteriza por sí sola para dar ese aroma.

**EXPORTACION, IMPORTACION, Y CONSUMO
DE CAFE.**

**CONSUMO PER CAPITA DE CAFE EN LOS PAISES MIEMBROS IMPORTADORES
DE LA OIC PARA EL PERIODO 1975 - 1981.
(Kilogramos)**

PAIS	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
Estados Unidos	3.88	3.88	4.28	4.97	5.72	4.93	4.60
Comunidad Económica Europea	4.59	4.90	4.18	4.48	5.11	4.93	5.31
Bélgica/Luxemburgo	6.96	9.74	9.97	7.12	7.82	7.12	6.88
Dinamarca	13.02	12.14	10.78	11.00	10.98	11.03	11.78
Francia	6.88	9.47	5.01	6.58	6.79	5.89	6.08
República Federal de Alemania	3.86	3.87	8.73	6.94	6.74	6.88	7.08
Grecia	2.31	2.20	1.58	1.87	2.68	2.85	2.84
Irlanda	0.74	1.13	0.70	0.87	1.26	1.02	1.10
Italia	3.41	3.18	3.27	3.62	3.59	3.87	3.94
Holanda	8.87	9.52	6.20	7.08	8.47	7.89	9.10
Inglaterra	2.18	2.07	1.74	1.87	2.84	2.17	2.00
Otros Miembros	2.90	2.81	2.38	2.50	3.04	2.98	3.08
Australia	1.78	2.08	1.68	1.78	2.23	2.03	2.53
Austria	4.58	4.50	4.15	4.81	6.83	6.07	6.88
Canadá	4.23	4.53	3.82	4.23	4.92	4.54	4.89
China	2.23	2.45	1.87	2.12	3.10	2.78	2.91
Finlandia	17.77	15.19	10.54	11.72	12.07	13.22	13.53
Hong Kong	2.28	0	0.83	0.67	0.98	1.08	0.23
Hungría	3.10	3.88	4.22	1.84	3.68	3.25	2.85
Israel	4.08	4.93	2.84	3.17	2.93	2.40	2.02
Japón	1.28	1.25	1.24	1.12	1.73	1.73	1.68
Nueva Zelandia	1.88	1.88	1.29	1.83	1.88	1.87	2.03
Noruega	8.74	10.23	1.26	11.14	10.18	0.74	10.28
Portugal	1.61	2.09	1.11	1.40	1.26	0.93	1.47
Singapur	0	0	0.78	0.13	0	0	0
Esueña	2.72	2.87	1.80	2.87	2.82	2.29	2.78
Suecia	14.16	14.03	8.80	12.12	12.17	11.47	12.01
Suecia	6.63	6.47	5.26	6.28	6.18	6.23	6.48
Yugoslavia	2.17	1.70	2.29	2.11	2.83	2.22	2.01

FUENTE: Organización Internacional del Café.

889.12.

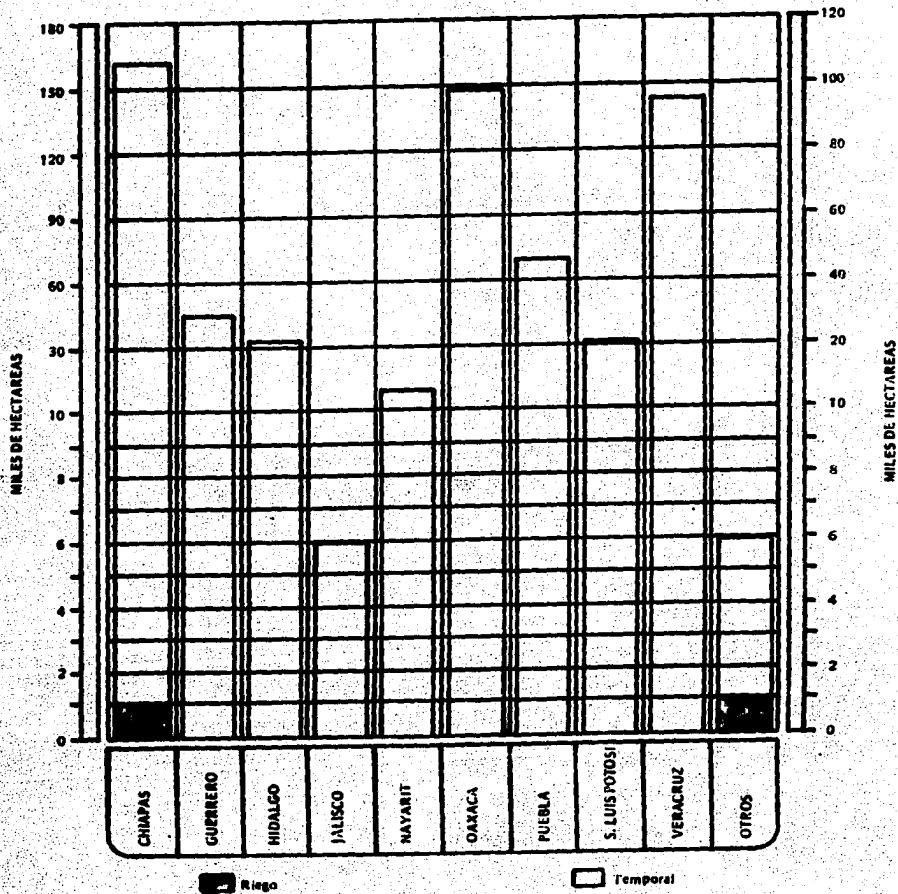
**SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y VALOR DE LAS COSECHAS DE CAFÉ ORO
AÑO AGRÍCOLA 1981**

PRODUCTO Y ENTIDAD	Superficie Cosechada (ha.)			Superficie Cosechada (ha.)			Rendimiento (ton/ha.)			Producción (ton)			Precio Medio Buzal (\$)			Valor de la Producción Miles (\$)			
	Temp. del 2	Temp. del 3	Total del 2-3	Temp. del 4	Temp. del 5	Total del 4-5	Temp. del 6-7	Temp. del 8-9	Total del 6-9	Temp. del 10	Temp. del 11	Total del 10-11	Temp. del 12	Temp. del 13	Total del 12-13	Temp. del 14	Temp. del 15	Total del 14-15	
CAFÉ ORO																			
S.L.M.	2399	2004	4403	2104	2679	4783	0.231	0.229	0.230	1160	22	24	46	46	46	92	92	184	
Colima	120	203	323	120	203	323	0.181	0.181	0.181	19	113	132	132	132	132	132	132	132	
Chiapas	400	1094	1494	400	1094	1494	0.600	0.498	0.498	400	7073	7740	8000	8000	8000	8000	8000	8000	
Guerrero		3000	3000		3700	3700		0.257	0.257		16476	16476		16000	16000		16000	16000	
Hidalgo		2776	2776		2184	2184		0.465	0.465		1245	1245		1727	1727		1727	1727	
Jalisco		2225	2225		2740	2740		0.488	0.488		4100	4100		10000	10000		10000	10000	
México	394		394		394		0.465		0.465	73		73	16176		16176		16176	16176	
Michoacán	122		122		122		0.246		0.246	30		30	10000		10000		10000	10000	
Morelos	88	775	1063	88	970	1058	0.699	0.644	0.644	56	625	681	47354	47354	47354	4443	2779	32283	
Nayarit		12513	12513		12799	12799		0.240	0.247		2167	2167		11376	11376		11376	11376	
Oaxaca		22402	22402		20866	20866		0.464	0.464		4839	4839		10000	10000		10000	10000	
Puebla		45719	45719		48484	48484		0.700	0.710		24726	24726		10000	10000		10000	10000	
Quintana Roo	500		500		500		0.237		0.237	63		63	10000		10000		10000	10000	
San Luis Potosí		29287	29287		24400	24400		0.222	0.222		6890	6890		10000	10000		10000	10000	
Tlaxcala		2150	2150		2150	2150		0.200	0.200		710	710		10000	10000		10000	10000	
Veracruz	567	14702	15269	503	26704	27207	0.620	0.421	0.421	419	2700	3028	17501	10000	10000	10000	10000	10000	

FACTORES NATURALES FACTORES TECNOLÓGICOS FACTORES ECONÓMICOS

ANUARIO ESTADÍSTICO 1981
MEXICANA CICLO 1981/1982

CAFE ORO
SUPERFICIE COSECHADA POR ENTIDAD FEDERATIVA
AÑO AGRICOLA 1981



**VOLUMEN Y VALOR MENSUALES DE LAS EXPORTACIONES
DE CAFE MEXICANO POR TIPOS PARA EL CICLO 1981/82
(Base de 60 Kg./Dólares)**

MES/ES	CAFE VERDE		CAFE VERDE DESCAFINADO		CAFE TOSTADO		CAFE SOLUBLE		TOTAL		PRECIO PROMEDIO				
	Millones	Tonel.	Millones	Tonel.	Millones	Tonel.	Millones	Tonel.	Millones	Tonel.	VERDE	DESCAFINADO	TOSTADO	SOLUBLE	TOTAL
											\$/60 Kg.	\$/100 libras	\$/60 Kg.	\$/100 libras	
Octubre	110,000	10,207,000.00	--	--	1,217	340,230.00	60	16,208.10	111,200	10,511,162.10	120.07	--	141.87	208.25	127.83
Noviembre	170,007	20,214,300.00	--	--	4,700	637,000.25	--	--	160,707	21,051,300.25	120.06	--	130.81	--	120.00
Diciembre	140,271	20,707,000.00	--	--	7,876	1,270,041.13	--	--	147,000	21,987,041.13	120.00	--	120.21	--	120.45
Enero	107,000	31,340,000.00	0.00	04,000.00	4,000	651,000.00	--	--	112,000	32,000,000.00	141.00	100.21	100.20	--	141.00
Febrero	100,000	27,000,000.00	1,700	500,000.00	6,700	1,070,000.00	01	17,710.12	108,000	28,011,000.12	100.07	100.00	177.22	207.50	100.01
Marzo	127,000	20,000,000.00	0.00	700,000.00	0.00	670,072.00	--	--	126,000	20,700,072.00	101.70	110.00	140.51	--	102.22
Abril	141,200	20,070,000.00	0.70	707,000.00	7,011	1,200,077.00	00	20,100.41	148,000	21,270,077.41	141.72	01.20	100.00	240.00	140.10
Mayo	120,000	20,200,000.00	0.00	1,000,000.00	0.700	1,000,000.00	100	22,070.00	120,000	21,200,000.00	120.07	100.00	104.20	123.20	100.51
Junio	121,000	21,200,000.00	0.00	1,100,000.00	0.00	1,400,070.00	--	--	120,000	22,300,070.00	120.70	100.20	120.20	--	120.70
Julio	121,001	20,000,000.00	4,000	670,000.00	0.100	1,001,000.00	--	--	120,000	21,000,000.00	120.07	100.51	100.00	--	121.27
Agosto	140,001	20,100,000.00	4,000	600,077.77	7,001	1,000,000.00	00	16,000.00	140,000	20,710,077.77	120.01	100.00	100.00	107.71	120.00
Septiembre	100,000	20,000,000.00	0.00	1,000,000.00	10,100	1,711,000.00	--	--	100,000	21,000,000.00	120.07	101.20	120.70	--	120.00
Total Ciclo 1981/82:	1,727,101	210,000,000.00	24,000	7,200,000.00	24,000	12,000,000.00	000	100,000.00	1,800,000	210,000,000.00	120.00	100.00	140.20	200.00	120.00

FUENTE: Instituto Mexicano del Café

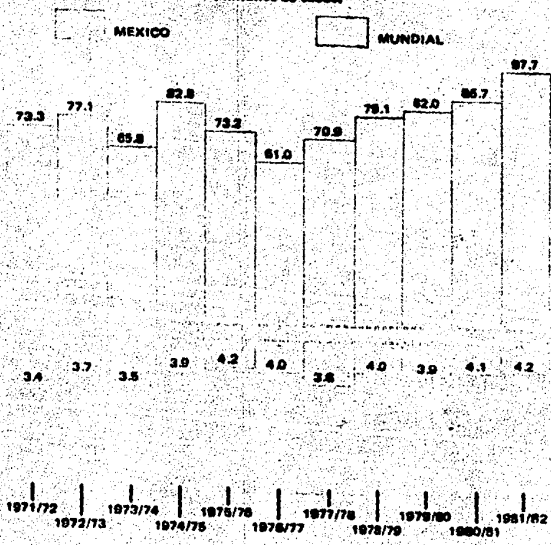
000.00

**VOLUMEN MENSUAL DE LAS EXPORTACIONES DE CAFE MEXICANO
POR PAISES DE DESTINO PARA EL CICLO 1961/62
(Base de 60 Kg.)**

	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	TOTAL CICLO 1961/62
1. Estados Unidos:													
verde	81,048	148,444	111,283	144,322	138,286	109,638	98,833	109,287	85,264	88,881	121,220	124,475	1,393,740
torcido	1,026	4,726	7,874	4,004	6,732	3,802	7,211	6,708	8,300	6,148	7,614	10,110	73,740
señalado	—	—	—	—	—	—	20	138	—	—	63	—	210
verde descafeinado	—	—	288	—	1,726	3,480	3,738	6,038	4,800	4,800	4,800	4,887	34,289
Total (E. U. A.)	82,074	153,170	119,065	148,326	144,712	116,980	108,802	122,163	98,914	97,428	133,697	139,472	1,472,039
2. Bélgica	7,588	8,221	7,814	2,022	6,714	884	13,284	3,787	8,848	2,232	6,818	7,878	75,100
3. Francia	1,728	6,860	7,288	7,187	9,163	3,277	6,213	3,638	3,284	2,810	3,810	5,378	63,532
4. España	3,368	4,336	6,788	6,622	3,727	2,878	12,888	8,088	4,230	4,806	3,198	—	63,887
5. República Federal de Alemania	—	288	4,781	3,308	19,888	3,238	6,341	8,842	1,214	304	9,183	681	63,040
6. Japón	3,012	6,348	2,300	2,388	7,188	6,812	2,878	267	6,781	2,278	3,450	3,183	45,211
7. Checoslovaquia	—	—	—	—	—	—	—	4,888	6,013	18,400	—	—	28,801
8. Suecia	1,772	288	—	1,726	1,778	1,738	1,800	1,728	1,728	6	—	—	12,543
9. Italia	288	—	—	—	828	—	—	1,321	1,288	402	3,300	1,728	9,841
10. Holanda	2,200	—	230	—	2,012	—	—	678	—	1,180	194	—	7,036
11. Alemania	—	—	—	—	—	—	—	287	—	—	—	—	4,800
12. Hungría	—	2,283	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2,283
13. Dinamarca	—	828	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1,728
14. Yamen	288	—	—	—	—	—	882	—	—	—	—	—	4,800
15. Noruega	—	—	—	1,180	—	—	—	—	678	118	—	287	1,270
16. Suiza	—	—	—	—	—	—	—	—	1,180	—	—	—	1,180
17. Canadá	—	—	—	—	—	—	—	—	678	—	—	—	1,180
18. Finlandia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	437	20	1,032
19. Australia	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	678
TOTAL	111,288	183,732	147,888	172,237	184,842	124,818	152,282	180,888	136,238	132,188	182,878	163,960	1,846,880
(%)	6.0	10.0	8.0	9.3	10.8	7.3	8.2	8.2	7.3	7.2	8.8	9.2	100.0

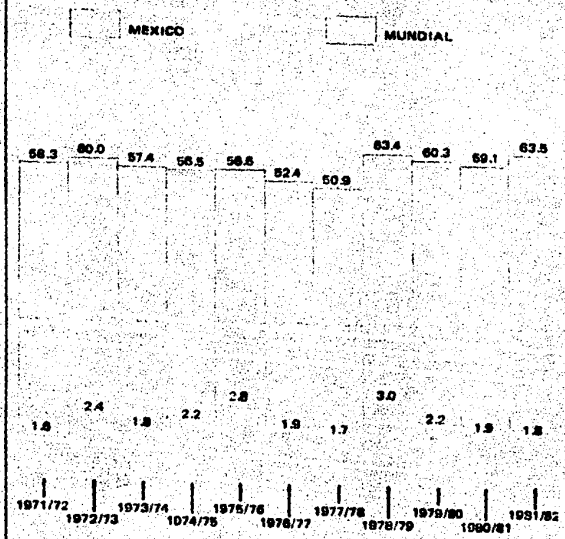
FUENTE: Instituto Mexicano del Café.

**PRODUCCION DE CAFE MUNDIAL Y DE MEXICO
(MILONES DE SACOS)**



FUENTE: Departamento de Agricultura de E.U.
INMECAFE

**EXPORTACIONES DE CAFE MUNDIALES Y DE MEXICO
(MILONES DE SACOS)**



FUENTE: OIC
INMECAFE

MÉTODOS ANALÍTICOS

Los análisis de suelos que se proponen en este trabajo de tesis, incluyen únicamente los análisis físicos y químicos de los elementos nutrientes de mayor importancia para el desarrollo y crecimiento de las plantas, entre ellos se discutirán:

- Toma de muestras
- Preparación de muestras para efectuar el análisis
- Color
- Porcentaje de humedad
- pH
- Conductividad eléctrica
- Textura
- Materia orgánica
- Nitrógeno
- Fósforo
- Capacidad de Intercambio Catiónico Total
- Calcio y Magnesio
- Sodio y Potasio

TOMA DE MUESTRAS.

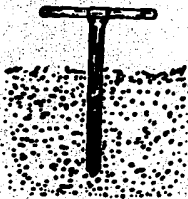
La toma de muestras de suelos (66), es de suma importancia ya que de ésta depende el valor de los análisis y debe representar el terreno que se va a analizar. Esta toma debe hacerse de acuerdo a un método normalizado, teniendo en cuenta las características que presente el suelo a estudiar.

En todos los casos antes de la toma de muestras debe realizarse una inspección previa del suelo que se va a analizar,

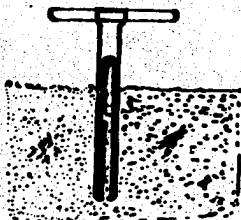
y se dibuja un diagrama en donde se señalen las siguientes características: tipo de parcelas, cultivos que se efectúan en ella, textura, color del suelo, desarrollo relativo de cultivos, etc. Sobre el diagrama se traza un plan para: número de muestras a tomar, forma de tomar las muestras y orden de muestreo.

Las muestras para el análisis del suelo se toman generalmente a una profundidad de 0 a 20 cm, por medio de los siguientes procedimientos:

- a) Se toma una barrena de 30-35 cm de longitud y 5 cm de diámetro, se introduce en el suelo hasta unos 20 cm de profundidad, se tira de ella hacia arriba y se toma la muestra del suelo que quede adherido a la barrena.



- b) Se emplea una sonda, consistente en un tubo cilíndrico, cuya parte inferior es media caña de 20 cm de longitud, terminada en punta afilada que, después de introducirse en el suelo, por rotación sobre su eje, permite extraer una porción del mismo desde la superficie hasta 20 cm de profundidad.



- c) Por medio de pala o azadón, se cava un hoyo en forma de V de unos 20 cm de profundidad, se corta una porción de cada lado, incluyendo la parte central, despreciando los bordes, recorriéndose de este modo la muestra.



- d) Generalmente, en las granjas más pequeñas, se cultivan como unidades campos de 2 a 4 Ha, lo que hace que ésta sea la unidad lógica para la toma de muestras, análisis, recomendaciones y tratamiento subsiguiente. Cuando las granjas son mayores, las unidades de cultivo -- también lo son con lo cual crecen las unidades de toma de muestras, con las limitaciones correspondientes a -- la delimitación de áreas rurales de toma de muestras -- creadas por las diferencias de relieve, profundidad o textura del suelo.

Cualquiera que sea el medio utilizado, la operación -- de sacar la tierra se repite unas 20 veces, poniendo todas las submuestras así tomadas, en un saco o bolsa de papel fuerte, hasta completar unos 20 Kg de tierra. Se efectuarán recorriendo la parcela en zig-zag.

- e) Las muestras se introducen en cajas de cartón adecuadas y se transportan al laboratorio para desecarlas. -- Para decidir el procedimiento a seguir a partir de éste momento, es necesario tener en cuenta cuales son las -- determinaciones particulares que deban ser realizadas. Algunas determinaciones requieren muestras que posean la humedad que tenían en el campo, de modo que su equilibrio no se altere por operaciones de desecación, otras requieren muestras desecadas al aire.

PREPARACION DE MUESTRAS PARA EFECTUAR EL ANALISIS DEL SUELO.

Secado al aire. Antes de proceder a los análisis, las muestras se deben secar a temperatura ambiente durante un mínimo de 24 horas, con el propósito de eliminar parte del agua del suelo (11,40,62,63,66).

Tamizado. Para el análisis de suelos solo poseen interés, por las propiedades que confieren a las plantas, las partículas que tengan un tamaño menor de 2 mm de diámetro medio, ya que en esta superficie ocurren casi la totalidad de las reacciones del suelo (66).

Por este motivo, las muestras tomadas antes de ser analizadas se pasan a través de un tamiz o malla que contenga orificios circulares de 2mm de diámetro.

Para efectuar esta operación, se toma la muestra previamente secada al aire, se separan las piedras y se pasa la muestra a través de un tamiz.

Después de efectuar estas operaciones a las distintas clases de muestras, se procede a analizarlas.

COLOR.

La determinación de color del suelo se efectúa mediante la comparación analítica proporcionada por las Tablas de Munsell, en su estado seco y húmedo, indicándose el color numéricamente en base a sus tres atributos: tinte, valor e intensidad (11,40,63,66).

Material:

- Tablas de Color de Munsell (58).
- Placa de porcelana con excavaciones.

Procedimiento:

Colocar sobre las excavaciones de la placa de porcelana dos porciones de la muestra de suelo, humedecer una de ellas, teniendo cuidado de no agregar agua en exceso para evitar brillantes. Se determina el color del suelo seco y húmedo por comparación con las tablas, indicando tinte, valor e intensidad.

PORCENTAJE DE HUMEDAD.

Es importante determinar la cantidad de agua que posee el suelo, ya que ésta se considera como elemento esencial en la formación de los suelos y contribuye de manera decisiva en los fenómenos de descomposición y migración de compuestos químicos a las plantas.

En general, los procedimientos analíticos se efectúan con muestras previamente secadas al aire, pero esta desecación es incompleta, ya que el suelo retiene cierta cantidad de humedad, variando según el tipo de suelo en que fue tomada la muestra.

Por lo tanto, los resultados analíticos deben reportarse siempre a muestras secadas al aire (40, 66, 70).

Material y equipo:

Estufa a 105°C

Balanza analítica

Pesafiltros

Desecador

Pinas

Procedimiento:

Pesar de 0.4 a 1.0 g de la muestra y colocarla dentro de un pesafiltros.

Colocarla dentro de una estufa a 105-110°C hasta alcanzar un peso constante (el tiempo requerido fluctúa de 2 a 5 horas).

Cálculos:

El porcentaje de humedad se efectúa por medio de las siguientes relaciones:

$$A - C = Ww$$

$$A - B = Wc$$

$$Ww - Wc = Ow$$

$$Ow \times 100 / Ww = Pw$$

donde:

A= Peso del pesafiltros + suelo húmedo

B= Peso del pesafiltros + suelo seco (peso constante).

C= Peso del pesafiltros vacío (peso constante).

Ww= Peso del suelo húmedo

Wc= Peso del suelo seco

Ow= Contenido de humedad

Pw= Porcentaje de humedad

pH.

La determinación del pH de los suelos se hace con mayor precisión por métodos potenciométricos, utilizando como electrodo de referencia el de calomel y como de medida el de vidrio (11,40,66).

Material y equipo:

Potenciómetro

Balanza

Electrodos de vidrio y calomel

Vasos de precipitados de 300 ml

Agitadores de vidrio

Reactivos:

Solución reguladora pH=7.0

Agua destilada

Procedimiento:

Pesar 20 g de suelo y agregar 40 ml de agua destilada, agitar la suspensión por espacio de una hora.

El potenciómetro deberá ser previamente calibrado con la solución reguladora pH=7.0 antes de tomar la lectura de pH de las muestras.

El valor de pH se determina en el momento que el electrodo de vidrio se sumerja en la suspensión recién agitada y la aguja indicadora de pH permanezca constante en el potenciómetro.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.

La determinación de la conductividad eléctrica de las disoluciones obtenidas a partir de los extractos de suelo, permiten establecer una estimación cuantitativa de la cantidad de sales que contienen (11,40,63,66).

El análisis que se efectúa para esta determinación es -- utilizando métodos conductimétricos.

Material y equipo:

Célula conductimétrica

Puente de medida de conductividad

Termómetro

Matraz kitasato

Embudo büchner

Vasos de precipitado de 250 ml

Papel filtro

Procedimiento:

Pesar 10 g de suelo en un vaso de precipitados de 250 ml, añadir agua destilada hasta el punto de saturación. Se deja reposar 1 hora. Se añade agua hasta saturar nuevamente. Esta suspensión se filtra sobre un embudo de büchner y el filtrado se coloca en la célula conductimétrica y se mide la conductividad, con el puente de medida.

El contenido de conductividad se realiza a través de los siguientes cálculos:

Cálculos:

La constante de la celda K se determina por medio de la -

conductividad eléctrica de una solución de KCl 0.1 N, cuya conductividad específica es de 0.01288 miliohmios por centímetro, a 25°C:

$k = l/c$ donde:

l es la conductividad eléctrica de la solución KCl.

c es la conductividad medida de la solución de KCl.

Teniendo en cuenta estas variables, se tiene que:

Resistividad (ohms) = lectura medida $\times k$ de la celda conductimétrica.

Conductividad (mohms) = $1/\text{resistividad (ohms)}$.

TEXTURA.

La textura del suelo se refiere a la cantidad de partículas de diferente tamaño que se encuentran en él. La determinación de la cantidad de las diferentes partículas presentes en el suelo se denomina Análisis Mecánico o Análisis del tamaño de las partículas. Esta determinación se logra separando las partículas del suelo eliminando las sustancias que las unen, como la materia orgánica. Para completar la separación se hace una suspensión del suelo en el agua y se determina la proporción de partículas de cierto tamaño por su velocidad de caída aplicando la Ley de Stokes, cuya fórmula es la siguiente:

$$v = \frac{e}{t} = \frac{2}{9} g^2 \frac{G_1 - G_2}{N}$$

Donde:

- v= velocidad de caída de una partícula a través de un medio, que por lo general es agua y se expresa en cm/s.
- e= espacio que recorre una partícula en un tiempo t, y está expresado en cm.
- t= tiempo, y se encuentra expresado en segundos.
- g= aceleración debida a la gravedad, expresada en cm/s².
- r= radio de la partícula expresada en cm.
- G₁= peso específico real del suelo expresado en g/cm³.
- G₂= peso específico del líquido en donde se suspende el suelo, expresado también en g/cm³.
- N= velocidad del líquido expresado en Poises.

El método sugerido para esta determinación, es el del hidrómetro de Bouyococ (7,11,40,66).

Material y equipo:

Hidrómetro de Bouyocos con escala de 0 a 60

Termómetro

Cronómetro

Probeta de 1000 ml

Agitador para la dispersión del suelo

Reactivos:

- Peróxido de hidrógeno al 6% .
- Oxalato de sodio saturado (30 g de oxalato de sodio en un litro de agua destilada).
- Metasilicato de sodio saturado (50 g de metasilicato de sodio en un litro de agua destilada y ajustar la solución a una lectura de 36 con el hidrómetro).
- Alcohol amílico.

Procedimiento:

Pesar 60 g de suelo, si es de textura fina o 120 g si es un suelo de textura gruesa, en un vaso de precipitado de 500ml, añadir 40 ml de peróxido de hidrógeno y poner a evaporar hasta sequedad. Añadir otros 40 ml de peróxido de hidrógeno y observar la reacción. Evaporar nuevamente a sequedad. Repetir el tratamiento hasta que no exista efervescencia al añadir el peróxido de hidrógeno. Por lo general son suficientes dos evaporaciones para la destrucción de toda materia orgánica que contenga la muestra de suelo.

Después de la eliminación de la materia orgánica, pesar 50 g de suelo de textura fina o 100 g de textura gruesa en un vaso de precipitados de 250 ml. Se agrega agua hasta cubrir únicamente la superficie del suelo y se añaden 5 ml de la solu

ción de oxalato de sodio y 5 ml de la solución de metasilicato de sodio. Se deja reposar la suspensión durante 30 min. Triplicar las cantidades de solución dispersante en caso de suelos con alto contenido de sales.

Transferir el contenido del vaso a la copa de agitación eléctrica y dispersar la solución 15 minutos, en caso de que el suelo contenga un alto contenido de arcilla, prolongar el tiempo de dispersión hasta 30 minutos.

Vaciar el contenido de la copa de agitación a una probeta de 1000 ml lavando con el frasco lavador las partículas adheridas a la copa con agua destilada. Agregar agua destilada hasta completar un volumen de 1000 ml con el hidrómetro colocado dentro de la suspensión. Secar el hidrómetro, se tapa la probeta con la palma de la mano y se agita volteándola hacia abajo varias veces con el fin de suspender el suelo, una vez realizada esta operación se coloca la probeta recién agitada en la mesa, se pone a andar el cronómetro y se toma la primera lectura en el hidrómetro a los 40 segundos y la segunda lectura a las dos horas.

Para efectuar la lectura, colocar el hidrómetro dentro de la probeta 20 segundos antes del momento de la determinación, cuidando de alterar lo menos posible la suspensión. Después de leer cuidadosamente la lectura del hidrómetro se determina la temperatura de la suspensión.

NOTA: Si al hacer la lectura se acumula espuma alrededor del hidrómetro debido a una deficiente eliminación de materia orgánica, se le agrega a la suspensión alcohol amílico que actúa como antiespumante.

Cálculos:

Corregir las lecturas del hidrómetro sumando 0.36 unidades por cada grado centígrado arriba de 19.5 o restando la misma cantidad por cada grado abajo de la temperatura referida.

- La lectura del hidrómetro a los 40 segundos multiplicada por 2 representa al porcentaje de arcilla + limo y restando 100 se obtiene el porcentaje de arena.
- La lectura del hidrómetro a las dos horas multiplicada por 2 representa al porcentaje de arcilla + limo y restando de 100 se obtiene el porcentaje de arena.
- La lectura del hidrómetro a las dos horas multiplicada por 2 equivale al porcentaje de arcilla.
- El porcentaje de limo se obtiene de la diferencia:

$$\% \text{ arena} = 100 - (\text{lectura del hidrómetro a los 40 segundos por } 2).$$

$$\% \text{ arcilla} = \text{lectura del hidrómetro corregida las dos horas por } 2.$$

$$\% \text{ limo} = 100 - (\% \text{ arena} + \% \text{ arcilla}).$$

- Cuando se utilizan 100 gramos de suelo para la determinación no debe multiplicarse por 2, ya que el hidrómetro está calibrado en porciento, considerando 100 gramos de suelo.
- Con los porcentajes obtenidos de arena, arcilla y limo se determina la textura del suelo utilizando el Triángulo de

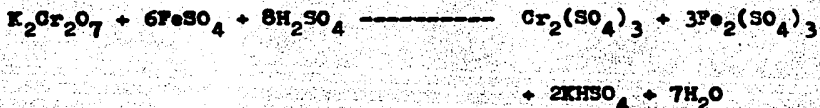
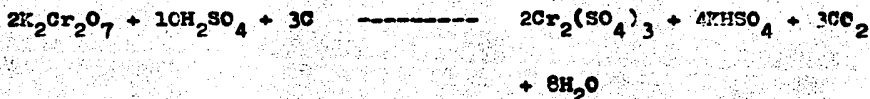
Texturas de Suelos (11,40,66).

<u>Temperatura</u>	<u>Trabajo de compactación</u>
°C	
.....
.....
15.0	-1.62
15.5	-1.74
16.0	-1.26
16.5	-1.07
17.0	-1.50
17.5	+0.72
18.0	+1.31
18.5	+1.36
19.0	+1.12
19.5	0.00
20.0	+0.10
20.5	+0.36
21.0	+0.54
21.5	+0.72
22.0	+0.90
22.5	+1.08
23.0	+1.26
23.5	+1.44
24.0	+1.62
.....
.....

MATERIA ORGANICA

La materia orgánica de los suelos es fundamental para los aspectos químicos y físicos y está estrechamente relacionada con la fertilidad (11,40,46,56,62,63,66).

El método de análisis propuesto para esta determinación es el de Walkley y Black, modificado, el cual se basa en una oxidación de la materia orgánica del suelo con dicromato de potasio y posterior valoración del exceso de dicromato añadido con una sal ferrosa. Con las siguientes reacciones químicas se representa el método:

**Materiales y equipo:**

Estufa

Pesafiltros

Matraces de Erlenmeyer

Bureta de 25 ó 50 ml

Pipeta volumétrica de 10 ml

Agitador magnético

Desecador

Reactivos:

- Dicromato de potasio 1N
(Pesar 40.031 g de dicromato de potasio, previamente secado a la estufa y secado en el desecador y se aforan con agua destilada a un litro).
- Sulfato ferroso 0.5N
(Disolver 139.01 g de $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en 800 ml de agua destilada que contenga 20 ml de H_2SO_4 concentrado y se afora a un litro con agua destilada. Este reactivo se estandariza cuando se vaya a utilizar, con 5 ml de K_2CrO_7 1N + 7.5 ml de H_2SO_4 concentrado + 2.5 ml de H_3PO_4 (95%) + 100 ml de H_2O + 4 gotas de indicador de difenilamina. Esta solución se titula con la solución de sulfato ferroso hasta el viraje de violeta a verde).
- Acido Sulfúrico concentrado
- Acido fosfórico al 95%
- Difenilamina
(Disolver 0.5 g de difenilamina en 20 ml de agua y 100 ml de ácido sulfúrico, agitando con una varilla de vidrio la solución hasta que se disuelva en su totalidad la difenilamina).

Procedimiento:

Pesar 1.0 g de suelo previamente secado a la estufa a 105°C y transferirlo a un matraz de Erlenmeyer de 500 ml, se agregan 10 ml de la solución de dicromato de potasio mediante la pipeta volumétrica, se agita perfectamente la mezcla median

te el agitador magnético y se le añaden 20 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se agita la mezcla por espacio de un minuto.

La solución se deja reposar a temperatura ambiente de 20 a 30 minutos con el propósito de que se efectúe una reacción completa.

Se diluye el contenido del matraz con 200 ml de agua destilada, produciéndose un aclaramiento en la suspensión, ayudando de esta manera a la observación del punto final de la titulación.

Se agregan 10 ml de H_3PO_4 al 95% y se enfría el matraz al chorro del agua, después de esta operación se añaden unas gotas del indicador difenilamina y se titula cuidadosamente con la solución de sulfato ferroso 0.5N hasta que el color de la solución vire a verde tenue, cesando durante la titulación. Se hace un blanco con 10 ml de dicromato de potasio 1N, agregar los mismos reactivos pero sin muestra y titular con sulfato ferroso 0.5N.

Cálculos:

$$\% \text{ materia orgánica} = \frac{(\text{ml de } FeSO_4 \cdot 7H_2O) \times 0.003 \times 1.33 \times 1.72}{\text{peso de la muestra de suelo utilizado}}$$

donde:

ml de $FeSO_4 \cdot 7H_2O$; son los mililitros utilizados de esta solución para llegar al punto de equivalencia de la titulación.

0.003 ; es el peso miliequivalente de carbono

- 1.33: es el factor de corrección al 100% de efectividad del método, suponiendo que el método solo es efectivo en un 75%
- 1.72: es el cálculo de materia orgánica fácilmente oxidable y total. Este cálculo es aproximado y empírico y se basa en el supuesto de que la materia orgánica del suelo contiene 58% de carbono por cada 100g de materia orgánica.

DETERMINACION DE NITROGENO

El nitrógeno presente en los suelos se encuentra en mayor proporción en la materia orgánica, sin embargo existen cantidades importantes de nitrógeno en forma inorgánica de compuestos amoniacales, de nitratos y en ocasiones de nitritos (40,66).
Formas que contribuyen a aumentar la fertilidad del suelo.

Los métodos que se proponen para la determinación del nitrógeno en forma de nitrato y de amoníaco, son preferentemente los espectrofotométricos.

CONTENIDO DE NITROGENO EN FORMA DE NITRATOS:

Material y equipo:

Espectrofotómetro
Balanza analítica
Tubos de ensayo
Agitador de vidrio
Matras aforado
Matraz Erlenmeyer
Pipetas volumétricas
Bomba de vacío
Papel filtro
Matras y embudo Büchner
Matras Kitasato.

Reactivos:

- Solución de extracción de iones
(Disolver 100 g de acetato de sodio en 400 ml de agua destilada, agregar 30 ml de ácido acético glacial y sforar a 1000 ml con agua destilada).

- Solución estandar de nitratos
(Disolver 0.0361 g de nitrato de potasio en 500 ml de solución extractiva. Esta solución corresponde a 10 ppm de nitratos).
- Solución de Brucina
(Se hace al 4% en cloroformo).
- Acido sulfúrico concentrado.
- Carbón activado.

Procedimiento:

Pesar 10 g de suelo previamente secado al aire y tamizado en un matraz de erlenmeyer. Añadir 50 ml de la solución extractiva y una pequeña cantidad de carbón activado. Agitar la solución durante 30 minutos. Filtrar a través de embudo büchner y aforar la solución con agua destilada a 100 ml.

Colocar 2 ml de esta solución en un tubo de ensayo, agregar unas gotas de brucina y 4 ml de ácido sulfúrico concentrado, dejándolo resbalar por las paredes del tubo sumergido en hielo, agitándolo con cuidado. Se pasa esta solución a la celda de lectura del espectrofotómetro y se toma la lectura a una longitud de onda de 530 nm utilizando como testigo la solución extractiva con carbón activado.

De la solución estandar de nitratos preparada, usar 0.8 y 0.4 ml y se traten de la misma manera del procedimiento anterior, correspondiendo estas soluciones a un valor empírico para las mismas de 56 y 28 kg/ha.

Cálculos:

56/lectura de 0.8 ml de estandar. Factor 1
 28/lectura de 0.4 ml de estandar. Factor 2
 kg/ha de NO_3^- = Factor₂ x lectura del problema

CONTENIDO DE NITROGENO EN FORMA DE AMONIO:Material y equipo:

Balanza analítica
 Espectrofotómetro
 Agitador magnético
 Bomba de vacío
 Matraz kitasato y embudo blichner
 Matraces de erlenmeyer
 Papel filtro
 Matraz aforado de 50 y 100 ml
 Pipetas de 5 y 10 ml

Reactivos:

- Solución de Neseler
 (Disolver 45.5 g de ioduro de mercurio II y 35 g de ioduro de potasio en un mínimo de agua destilada. Se agregan — 112 g de hidróxido de potasio y se lleva esta mezcla hasta un volumen de 800 ml. Se mezcla bien la solución, utilizando el agitador magnético. Se deja enfriar y se afora a 1000 ml con agua destilada, dejando esta solución en reposo durante 4 ó 5 días).
- Tartrato de sodio al 10%
 (Disolver 10 g de tartrato de sodio en la mínima cantidad de agua y aforar a 100 ml con agua destilada).

- Cloruro de sodio al 10% a pH de 2.5
(Pesar 10 g de cloruro de sodio en la mínima cantidad de --
agua destilada utilizando un potenciómetro para llegar al
pH deseado y aforar a 100 ml).

- Solución estandar de cloruro de amonio
(Pesar 1.337 g de cloruro de amonio y disolver en la mínima
cantidad con agua destilada y aforar a 1000 ml. Para pre-
parar un patrón diluido de cloruro de amonio, se toman --
20 ml de la solución anterior y se aforan a 50 ml).

Procedimiento:

Extracción del ión amonio del suelo. Pesar en un matrás de erlenmeyer 10 g de suelo, añadir 20 ml de la solución de --
NaCl. Agitar durante 30 minutos mediante agitador magnético. Se filtra la solución en embudo büchner lavando el precipita-
do con 25 ml de solución de NaCl y agua destilada.

Determinación del ión amonio. El filtrado antes obtenido se afora a 100 ml con agua destilada. Tomar una alícuota de --
5 ml y pasarla a un matraz, agregar 2 ml de la solución de tartrato de sodio, 80 ml de agua destilada y 5 ml del reactivo de Nessler. Mezclar la solución rápidamente y aforar a 100 ml --
con agua destilada. Esperar 25 minutos y tomar la lectura de la muestra en el espectrofotómetro a una longitud de onda de --
475 nm.

Curva estandar. Tomar alícuota entre 3 y 30 ml de la solución patrón diluida, las cuales se introducen a una serie de matraces aforados de 100 ml y se desarrolla el color con el --
mismo procedimiento anterior.

Cálculos:

- Hacer una gráfica en papel milimétrico poniendo en el eje de las ordenadas el % de transmisión o absorción.
- Representar en el eje de las abscisas en la gráfica, las concentraciones de ión amonio conocidas mediante la preparación de la curva estándar poniéndolas en forma creciente.
- Una vez construida la gráfica, el valor de absorbancia o % de transmitancia de la solución problema se interpola hacia el eje de las abscisas de la gráfica conociéndose de esta manera la concentración de ión amonio en la muestra de suelo analizado.
- La gráfica construida por las concentraciones conocidas de ión amonio, deberá ser una recta, ya que estas soluciones coloridas siguen la Ley de Lambert y Beer (76).

$$\text{NH}_4^+ \text{ (meq/100g de suelo)} = \frac{D \times X_p \times 100}{M}$$

donde:

- D= dilución con la que se hizo la determinación
- Xp= concentración de NH_4^+ en meq/100g de suelo problema
- M= peso de muestra de suelo utilizado

DETERMINACION DE FOSFORO

El fósforo (11,18,40,63,66), del suelo se encuentra en forma de compuestos orgánicos e inorgánicos y para que éste sea utilizado por las plantas, se debe transformar a formas solubles y asimilables, a través de procesos de mineralización y solubilización, en donde intervienen microorganismos que poseen la capacidad de transformar compuestos fosfatados insolubles hacia la forma asimilable, que son conocidos como fosfobacterias.

Los cultivos intensos y repetidos agotan el fósforo asimilable, además el fósforo que existe en el suelo aportado por abonos forma en su mayor parte compuestos insolubles de difícil asimilación. Por ello, la determinación de fósforo asimilable es de suma importancia.

Para la determinación de este elemento se utilizan métodos espectrofotométricos (77).

DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE FOSFORO (METODO DE BRAY):

Material y equipo:

Espectrofotómetro

Balanza

Embudo

Papel filtro

Matraz aforado

Matraz de erlenmeyer

Tubos de ensayo

Reactivos:

- Solución base de fluoruro de amonio: 1N
(Disolver 37 g de NH_4F en la mínima cantidad de agua y aferrar a 1000 ml con agua destilada)
- Solución extractora:
(Diluir en agua 30 ml de solución 1N de NH_4F en 50 ml de - HCl 0.5N y aferrar con agua destilada a 1000 ml. Esto da una solución 0.03N de NH_4F y 0.025N de HCl).
- Solución de molibdato de amonio:
(Disolver 15 g de molibdato de amonio tetrahidratado en - 400 ml de agua destilada. Agregar 350 ml de HCl 1CN lentamente y agitando. Se deja enfriar la mezcla y se aferra a 1000 ml con agua destilada).
- Solución de HCl 0.5N:
(Aforar a 1000 ml, 40.5 ml de HCl concentrado).
- Solución estándar de fósforo:
(Disolver en la solución extractora 0.04389 g de KH_2PO_4 y aferrar con agua destilada a 1000 ml. Esta solución contiene 100 ppm de fósforo).
- Acido cloroestánico:
(Disolver 25 g de cloruro estánico $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ en 50 ml de HCl concentrado y llevar la mezcla a 500 ml con agua destilada).

Procedimiento:

Se pesa 1 g de suelo y se coloca en un matraz de erlenmeyer, se añaden 7 ml de solución extractora y se agita durante

un minuto. Se filtra la solución sobre un papel Whatman No. - 42, recibiendo la solución sobre un tubo de ensayo. Del filtrado obtenido se toma una alícuota de 1 ml, se le agregan 6 ml de agua destilada y 2 ml de solución de molibdato y se agita (en este momento el molibdato reacciona con el fósforo formando el complejo de fosfo-molibdato).

Se agrega 1 ml de ácido cloroestranoso (por medio de la - adición de este reactivo se forma un complejo de color azul, - cuya intensidad es proporcional a la cantidad de fósforo presente). Se agita perfectamente la solución dejando reposarla durante 10 minutos y se lee la lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 660 nm.

La curva estándar se prepara por el mismo procedimiento - de la muestra problema, tomando diferentes alícuotas, para dar diferentes concentraciones en ppm de fósforo.

Cálculos:

Calcular el contenido de fósforo en los suelos en el mismo orden como se indicó en la determinación espectrofotométrica - de nitrógeno en forma de amonio.

DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL.Material y equipos:

Centrífuga

Tubos de 25 x 100 mm de base redonda

Matraces Kjeldhal de 800 ml

Agitador de vidrio

Reactivos:

- Solución extractora de acetato de amonio 1N pH=7 (11,18, 66)
(Diluir 57 ml de ácido acético glacial en 400 ml de agua - destilada y agregar 68 ml de hidróxido de amonio a esta - solución, ajustando el pH a 7 con ácido acético glacial o hidróxido de amonio y aforar a 1000 ml con agua destilada).
- Alcohol etílico al 95%.
- Indicador mixto
(Disolver 0.1 g de rojo de metilo y 0.5 g de verde-bromocresol en 100 ml de alcohol etílico al 95% y ajustar el pH - de la solución a 4.5 con NaOH o HCl).
- HCl 0.1N
(A 8.02 ml de HCl al 36%, agregar agua destilada hasta aforar a un litro. Determinar su normalidad con carbonato - de sodio).
- Cloruro de sodio al 10%
(Disolver 100 g de NaCl en 750 ml de agua destilada, ajustar el pH a 2.5 con HCl y aforar a un litro con agua des-

tilada).

- Oxido de Magnesio U.S.P.

- Acido bórico al 4%

(Pesar 40 g de ácido bórico y disolver en 500 ml de agua -
destilada a ebullición, enfriar y aforar con agua destilada a 1000 ml).

Procedimientos:

Se pesan 4 g de suelo de textura mediana o fina o 6 g para suelos de textura gruesa.

Se coloca la muestra en un tubo de ensayo de 25 x 100 mm, se agregan 25 ml de la solución extractora de acetato de amonio 1N, se agita y se deja reposar 30 minutos, se centrifuga a 2000 rpm, hasta que el líquido esté claro, generalmente para este caso se necesitan 5 minutos. Se decanta el líquido, filtrándose para la determinación.

El suelo que queda en el tubo de centrifuga se lava 4 veces con 30 ml de alcohol etílico y luego se transfiere a un matraz Kjeldhal, agregándose 40 ml de solución de cloruro de sodio al 10% pH=2.5, 0.5 g de magnesio calcinado y 150 ml de agua destilada; se destila, recibiendo el destilado en 40 ml de ácido bórico al 4%, usándose indicador mixto para la titulación con HCl 0.1N.

Cálculos:

Se reportan los resultados obtenidos en meq de cationes intercambiables/ 100 g de suelo.

DETERMINACION DE CALCIO Y MAGNESIO.

La determinación de calcio y magnesio conjuntamente en el análisis de los suelos es posible empleando un método volumétrico basado en la complejimetría usando EDTA como titulante - (11,18,40,48,63,66).

Material y equipo:

Balanza
Bureta de 25 o 50 ml
Matraz erlenmeyer
Matraz aforado

Reactivos:

- Solución extractora de acetato de amonio 1N pH=7
(Diluir 57 ml de ácido acético glacial en 400 ml de agua - destilada y agregar 68 ml de hidróxido de amonio a esta - solución, ajustando el pH a 7 con ácido acético glacial o hidróxido de amonio y aforar a 1000 ml con agua destilada).
- Solución 0.01 M de EDTA
(Pesar 3.722 g de la sal disódica del ácido etilen-diamino-tetracético-dihidratado y aforarla a 1000 ml con agua destilada, titularla con CaCO_3 como patrón primario).
- Solución reguladora pH=10
(Se disuelven 68 g de cloruro de amonio en 200 ml de agua, se agregan 570 ml de hidróxido de amonio concentrado y se afora la solución a 1000 ml con agua destilada).
- Indicador de calceína

- Indicador de eriocromo negro T.

Procedimiento:

Se pesan 2 g de la muestra de suelo y se coloca en un matraz de erlenmeyer. Se agregan 25 ml de la solución extractora y se agita durante 30 minutos dejando reposar la mezcla 30 minutos. Se filtra esta solución sobre papel filtro Whatman No. 42 sobre un tubo de ensayo.

De la solución filtrada se toma una alícuota de 1 ml y se afora a 100 ml con agua destilada.

En un matraz de erlenmeyer se toma una alícuota de 25 ml de la solución anterior y se diluye con agua destilada. Se agregan 10 ml de solución reguladora pH= 10 y se agrega una pequeña cantidad de eriocromo negro T como indicador y se titula con EDTA 0.01M hasta el virre de color rojo vino-azul, determinándose tanto calcio como magnesio en esta titulación.

En la segunda titulación para la determinación específica del calcio se toma otra alícuota de 25 ml de la solución aforgada a 100 ml, se trasvasa a un matraz de erlenmeyer y se diluye con agua destilada. Se le agregan 10 ml de hidróxido de sodio al 10% a fin de aumentar el pH de 10 a cuando menos 12 unidades y que el magnesio presente en la solución precipite en forma de hidróxido, y éste quede "enmascarado" para que el calcio sea titulado.

Se utiliza para este fin indicador de calceína y se titula con solución de EDTA 0.01 M hasta el virre de incoloro-rojo, quedando de esta manera determinado únicamente el calcio.

Así pues, la determinación de magnesio presente se efectúe por diferencia.

Cálculos:

$$\text{ppm de Ca}^{++} = \frac{(V_2 \times M_{\text{EDTA}}) (\text{mol de CaCO}_3) (\text{aforo}) (1000)}{\text{alícuota}}$$

$$\text{ppm de Mg}^{++} = \frac{(V_1 - V_2 \times M_{\text{EDTA}}) (\text{mol de MgCO}_3) (\text{aforo}) (1000)}{\text{alícuota}}$$

V_1 = volumen utilizado de EDTA para la determinación de la primera titulación de Ca^{++} y Mg^{++}

V_2 = volumen utilizado de EDTA para la segunda titulación para determinar solo Ca^{++}

$$\text{mol de CaCO}_3 = 100.06 \text{ g/mol}$$

$$\text{mol de MgCO}_3 = 84.29 \text{ g/mol}$$

$$\text{aforo} = 100 \text{ ml}$$

$$\text{alícuota} = 25 \text{ ml}$$

DETERMINACION DE SODIO Y POTASIO.

Generalmente el potasio se encuentra en los suelos formando minerales y solo una pequeña parte se encuentra en forma intercambiable o como sales solubles. Por esta razón estas dos formas son las que se analizan ya que son las que más utilizan las plantas para su nutrición.

Aunque la falta de sodio no se considera un problema para las plantas, en los suelos sí puede serlo si se encuentra en exceso, ya que los suelos alcalinos y sódicos poseen características físicas inadecuadas, razón por la cual es importante conocer el contenido de sodio del suelo para realizar en él -- los tratamientos correctivos adecuados (11,66).

Los buenos resultados obtenidos al analizar sodio y potasio por Flamometría, han conducido a la adopción de dicho método, como regla general.

Cuando se desea conocer la fracción asimilable de estos elementos, la determinación se realiza en los extractos obtenidos al agitar el suelo con solución extractora de acetato de amonio 1N a pH=7 en la proporción 1/10. En estas condiciones, no hay interferencia en el flamómetro.

Material y equipos

Flamómetro

Balanza analítica

Matríz aforado de 1000 ml.

Matraz de erlenmeyer

Pipetas de 1, 5, 10, 20 ml

Probetas de 1000 ml
Vasos de precipitados

Reactivos:

- Solución extractora de acetato de amonio pH=7
(Descrita anteriormente: ver determinación de Ca y Mg).
- Solución estándar de potasio
(Pesar 1.910 g de KCl en un vaso de precipitados y se disuelven con 50 ml de agua destilada y se afora a 1000 ml con agua destilada. Esta solución contiene 1 g de potasio por litro = 1000 ppm de potasio. Se toman con las pipetas de 1, 2, 5 y 10 ml alícuotas de la solución antes obtenida y se aforan con acetato de amonio pH=7 a 100 ml. Estas soluciones contienen 10, 20, 50 y 100 ppm respectivamente de potasio. Se toman con las pipetas 1, 2 y 5 ml alícuotas de la solución que contiene 100 ppm de potasio y se aforan a 100 ml con acetato de amonio pH=7. Estos volúmenes contienen 1, 2 y 5 ppm de potasio).
- Solución estándar de sodio.
(Pesar 2.545 g de NaCl en un vaso de precipitados y se disuelven en 50 ml de agua destilada y se afora con agua destilada a 1000 ml. Esta solución contiene 1 g de sodio por litro = 1000 ppm de sodio. Se toman con las pipetas de 1, 2, 5 y 10 ml alícuotas de la solución antes obtenida y se aforan con acetato de amonio pH=7 a 100 ml. Estas soluciones contienen 10, 20, 50 y 100 ppm. Se toman con las pipetas de 1, 2 y 5 ml alícuotas de la solución que contiene 10 ppm de sodio y se aforan a 100 ml con acetato de amonio pH=7. Estos volúmenes contienen 1, 2 y 5 ppm de sodio).

Procedimiento:

Extracción de los iones. Se pesan 10 g de suelo en un matraz erlenmeyer y se añade 100 ml de solución extractora de acetato de amonio 1N pH=7. Se agita la suspensión durante 30 minutos y se deja reposar. Esta solución se filtra en embudo de vidrio y papel filtro Whatman No. 42, y el filtrado se recoge en un tubo de ensayo y se divide en dos.

Determinación de potasio. Una parte del filtrado anterior se deja reposar 20 minutos y se toma la lectura en el flamómetro a 768 nm, ajustando el aparato a 0 con agua destilada y a 100 con solución de KCl. De la misma manera se toman las lecturas para las muestras preparadas de la solución estándar que contienen 1, 2, 5, 10, 20, 50 y 100 ppm de potasio.

Cálculos:

Representar sobre papel milimétrico la lectura medida en el flamómetro de las soluciones estándares de concentración conocida de potasio en el eje de las ordenadas (%emisión ó absorción).

Representar en un rango de 0 a 100 ppm de potasio en el eje de las abscisas.

Interpoler la lectura del flamómetro de la muestra de suelo a la concentración de ppm de potasio conocida.

Determinación de sodio. A la segunda parte del filtrado se sigue el mismo procedimiento que en el caso del potasio y se ajusta el flamómetro a 0 con agua destilada y a 100 con solución de NaCl y se toman las lecturas de las muestras y de las muestras y de las soluciones estándar a 589 nm.

Cálculos:

Representar sobre papel milimétrico, la lectura medida en el flamómetro de las soluciones de concentración conocida de sodio en el eje de las ordenadas (% emisión o absorción).

Representar en un rango de 0 a 100 ppm de sodio en el eje de las abscisas.

Interpolar la lectura del flamómetro de la muestra de suelo a la concentración de ppm de sodio conocidas.

CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Las conclusiones y comentarios que se sacaron de este trabajo son las siguientes:

1. Los suelos cafetaleros donde se han desarrollado mayores estudios son los de Veracruz y Chiapas.
2. El café prospera en suelos profundos bien drenados.
3. Los suelos cafetaleros derivan de cenizas y materiales ligeros volcánicos, denominados andosoles (los colores van de amarillentos a negros, pasando por cafés, el predominante es LOYR).
4. El clima tropical montañoso es el más adecuado para el cultivo del café.
5. El mejor café se produce entre 1200 y 1700 metros sobre el nivel del mar.
6. La precipitación pluvial anual máxima debe ser de 25 cm³.
7. La temperatura debe oscilar entre 16 °C y 22 °C.
8. Es mejor el cultivo del café a la sombra que el cultivo del café al sol ya que este último requiere una cantidad más alta de Nitrógeno.
9. La poda de los árboles del café debe efectuarse después de la cosecha, siendo el método más apropiado el sistema de tallo múltiple.

10. Se deben cosechar las bayas del café cuando presentan un color rojo obscuro, pues su calidad comercial es mayor.
11. La reacción del suelo debe ser ácida, entre 4.2 y 5.1 - unidades de pH.
12. Tienen los suelos un alto contenido de materia orgánica, aproximadamente del 11%.
13. Predomina la textura franco-arenosa y franco-limosa.
14. La capacidad de intercambio catiónico total es de 33.8 meq/100g.
15. Tienen baja densidad aparente.
16. Calcio 9.7 meq/100g.
17. Magnesio 2.0 meq/100g.
18. Potasio 1.6 meq/100g.
19. Fosforo 0.2% - C.18%
20. Cantidad alta de Nitrógeno.

Se deben fomentar los programas informativos acerca de las plagas y enfermedades del café, ya que las pérdidas ocasionadas por estas van en detrimento de la economía del país.

BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSON, W. P.
Ion Transport in plants
First edition
ACADEMIC PRESS, INC.
LONDON (1973).
2. AROZAMENA, I. C.
Enciclopedia práctica del agricultor
Vol. III. El terreno Agrícola
Ed. SINTES
BARCELONA (1963).
3. BAKER, H. G.
Las plantas y la civilización
Primera impresión
Ed. HERRERO HERMANOS
MEXICO (1968).
4. BAVER, L. D.
Soil Physics
Ed. JOHN WILEY & SONS, INC.
NEW YORK (1958).
5. DEAR, P. E.
Chemistry of the soil
2nd printing
REINHOLD PUBLISHING CORPORATION
NEW YORK (1958).

6. BERGER, D. C.
Introductory soils
THE Mc MILLAN, COMPANY
NEW YORK (1965).
7. BOUYOUKOS, G. L.
Direction for making mechanical analysis of soils by the
hidrometer method.
SOIL SCIENCE, 42, 225-230 (1936).
8. BUCKMAN, H. O. Y NYLE, C. B.
Naturaleza y propiedades de los suelos
2a. edición
UNION TIPOGRAFICA EDITORIAL HISPANOAMERICANO, S. A. DE C.V.
MEXICO (1982).
9. GARR, D. J.
Plant growth substances 1970
First edition
SPRINGER-VERLAG
BERLIN (1972).
10. CARRILLO, L. A. y GONZALES, R. V.
Evaluación de la cafeticultura en el área limítrofe a Guate-
mala
INMECAFE (1973).
11. CAUDILLO, A. R.
Metodología en el análisis de suelos con fines agrícolas
TESIS LICENCIATURA
I.P.N.
MEXICO, (1972)

12. COLEMAN, F. J. et. al.
Pectic acid from the mucilage of coffee cherries
ARCH. BIOCHEM. BIOPHYS., 59, 157-164 (1955).
13. COMERCIALIZACION EXTERNA DEL CAFE MEXICANO EN EL CICLO
1981/1982.
INMECAFEM
14. CORDOBA, P.
Breve instructivo sobre el cultivo del café
BANCO NACIONAL DE CREDITO EJIDAL
MEXICO (1936).
15. COSTE, R.
El café. Técnicas agrícolas y producciones tropicales.
Primera edición
ED. BLUME
ESPAÑA (1969).
16. CURRY-LINDAHL, K.
Conservar para sobrevivir (una estrategia ecológica)
Primera edición
Ed. DIANA
MEXICO (1974).
17. CRONQUIST, A.
Botánica Básica
C.E.C.S.A.
MEXICO (1973)

18. CHAPMAN, H. D. y PRATT, P. F.
Métodos de Análisis para suelos, plantas y aguas.
Primera edición 1973, 2a. reimposición 1979
Ed. TRILLAS
MEXICO (1979).
19. CHOUSEV, F.
Technical Studies on the fermentation of coffee.
AGROTECNIA (CUBA) 2, (8) 532-553 (1948).
20. DEMOLON, A.
Principios de agronomía
TOMO I
Ed. OCEGA, S. A.
BARCELONA (1965).
21. DICK, R. H.
General referee reports: subcommittee C report on coffee
and tea.
JOURNAL OF THE A.O.A.C., 59 (2) 308 (1976).
22. DONAHUE, R. L.
Soils and introduction to soils and plant growth
2a. edición
PRENTICE-HALL, INC.
NEW JERSEY (1965).
23. DONALD, E. H.
Agricultural chemistry
VOL. 1 PRINCIPLES OF AGRICULTURAL CHEMISTRY
Third printing
D. VAN NOSTRAND COMPANY, INC. NEW YORK (1956).

24. DUCHAUFOUR, P.
Manual de Edafología
Ed. TOMY-MASSON, S. A.
BARCELONA ESPAÑA (1975).
25. FARREL, P. T.
Enciclopedia práctica del agricultor
Vol. 4. LABORES AGRICOLAS
Ed. SINTOS
BARCELONA (1963).
26. FOOTE, H. E.
Factors affecting cup quality in growing and processing coffee fruit.
COFFEE AND TEA INDS., 85 (9) 11-18 (1962)
27. FOOTE, H. E.
Factors affecting cup quality in growing and processing coffee fruit in Latin America.
COFFEE AND TEA INDS., 86 (1) 38-42 (1963).
28. FERNANDEZ, F. R.
El café de Veracruz
INSTITUTO MEXICANO DE ESTUDIOS AGRICOLAS
MEXICO (1941)
29. FORSYTHE, W.
Física de suelos. Manual de laboratorio.
INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA (1975).

30. GOMEZ, V. A., DE LA LOMA y O.J.I.
Manual para análisis de suelos y aguas
MEXICO, 1974.
31. GREULACH, V. A., y EDISON, A. J.
Las plantas. Introducción a la botánica moderna
Primera edición.
Ed. LIMUSA/WILEY, S. A.
MEXICO (1970).
32. HAARER, A. E.
Producción moderna de café
2a. edición
Ed. LIMUSA/WILEY, S. A.
MEXICO, (1979).
33. HEYMAN, W. A.
Flavor and soluble coffee
TEA AND COFFEE TRADE J., 118 (4) 57-59 (1960).
34. HEYMAN, W. A.
Development of instant Coffee
COFFEE AND TEA INDS., 84, (4) 26-30 (1961).
35. HINKS, E.
Coffee essences.
FOOD MANUF. 11, 222 (1936).
36. HOPKINS, D. P.
Chemicals, humus, and the soil
First edition
CHEMICAL PUBLISHING CO. INC.
NEW YORK, (1957).

37. **INFORMACION AGROPECUARIA Y FORESTAL**
Secretaría de agricultura y recursos hidraulicos
Subsecretaría de agricultura y operaci6n
Dirección general de economía agricola
México (1983).
38. **INFORMACION SOBRE ASPECTOS GEOGRAFICOS, SOCIALES Y ECONOMI
COS**
VOL. I. ASPECTOS GEOGRAFICOS
Secretaría de Programaci6n y presupuesto
Coordinaci6n de los servicios nacionales de estadística,
geografía e informática
MEXICO (1984).
39. **INGLETT, G. E., CHARALANBOUS, G.**
Tropical Foods.
VOL. 1. CHEMISTRY AND NUTRITION
First edition
ACADEMIC PRESS, INC.
LONDON (1979).
40. **JACKSON, M. I.**
Análisis Químico de Suelos
Ediciones OMEGA, S. A.
BARCELONA, ESPAÑA (1964).
41. **JIMENEZ, A. R.**
**Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero: I estruc
tura de los cafetales de una finca cafetalera en Coatepec,**
Veracruz México.
BIOTICA 4 (1) 1-12 (1979)

42. JIMÉZ, A. E., GÓMEZ, P. A.
Estudios ecológicos en el agroecosistema cafetalero
Primera edición.
COMPANIA EDITORIAL CONTINENTAL, S. A. de C. V.
MEXICO (1982).
43. JIMÉZ, A. E., MARTÍNEZ, V. P.
Estudios ecológicos del agroecosistema cafetalero: II pro
ducción de materia orgánica en diferentes tipos de estruc
tura.
BIOTICA 4 (3) 109-126 (1979).
44. KELLEY, W. P.
Alkaly soils (Their formation, properties and reclamation)
First edition
REINHOLD PUBLISHING CORPORATION
NEW YORK (1951).
45. KIRK, R. E., y OTHERS, D. P.
Encyclopedia of Chemical Technology
VOL. 4
First edition
THE INTERSCIENCE ENCYCLOPEDIA, INC.
NEW YORK (1949).
46. KON ONOVA, N. M.
Soil Organic Matter
2nd edition
PERGAMON PRESS LTD.
OXFORD (1966)

47. KOZŁOWSKI, T. T.
Water Deficits and Plant growth
VOL. 3, PLANT RESPONSES AND CONTROL OF WATER BALANCE
First edition
ACADEMIC PRESS, INC.
NEW YORK (1972).
48. KUANG, L. Ch. y BRAY, R. H.
Determination of Calcium and Magnesium in soil and plants.
SOIL SCI. 50, 239-252 (1951)
49. KUENNEN et al.
Hydride generation and condensation flame atomic absorption
spectroscopic determination of antimony in raw coffee beans
and processed coffee.
J. ASSOC. OFF ANAL. CHEM., 65 (5) 1145-1149 (1982).
50. KRAMER, P. J.
Plant & Soil water relationships a modern synthesis
First edition
Mc GRAW-HILL, INC.
USA (1969).
51. KRUG, C. A., POERCK, R. A.
Estudio mundial del café
Primera edición
ONU-FAO
ROMA (1969).

52. LEVI, G.
Mycotoxins in coffee
J. ASSOC. OFF ANAL. CHEM., 63 (6) 1282-1285 (1980).
53. LINDSAY, W. L.
CHEMICAL EQUILIBRIA IN SOILS
First edition
JOHN WILEY & SONS, INC.
NEW YORK (1979).
54. LUQUE, V. A.
La cafeticultura mexicana ante la roya del cafeto
INMECAFE (1979).
55. MADISON, B. L., KOSAREK, W. J. and DAMO, C. F.
High-pressure liquid chromatography of caffeine in coffee.
JOURNAL OF THE A.O.A.C., 59 (6), 1258-1261 (1976)
56. NELA, M. P.
Tratado de edafología
2a. edición
EDITORIAL AGROCIENCIA
ZARAGOZA, ESPAÑA (1963).
57. MILLAR, G. E., TURK, L. M.
Edafología
2a. edición
COMPANIA EDITORIAL CONTINENTAL, S. A.
MEXICO (1975).

58. MUNSSELL SOIL COLOR CHART
Munsell color Company Inc.
BALTIMORE, USA (1971).
59. NUÑEZ, E. R.
Edafología general
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO
CHAPINGO, MEXICO (1978).
60. OGHSSE, J. J., JOULE, M.J.
Cultivo y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales
VOL. I Y II
Ed. LI:USA WILEY, S. A.
MEXICO (1972).
61. ORTEGA, O. D.
Química Agrícola Aplicada
CHAPINGO, MEXICO (1978).
62. ORTEGA, T. E.
Química de suelos
UNIVERSIDAD AUTONOMA DE CHAPINGO
CHAPINGO, MEXICO (1978).
63. ORTIZ, V. B.
Edafología
Primera edición
EDITORIAL DE LA ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA
CHAPINGO MEXICO (1975).

64. PALMER, R. G., TROLET, F. R.
Introducción a la ciencia del suelo: Manual del laboratorio
EDITOR, S. A.
MEXICO (1980).
65. PRIMER SIMPOSTO DE INVESTIGACION AGRICOLA EN MEXICO
E.N.A. y S.A.G.
CHAPINGO, MEXICO (1958).
66. PRIMO, Y. E., CARRASCO, D. J.
Química Agrícola
VOL. I. SUELOS Y FERTILIZANTES
Primera edición
EDITORIAL ALHAMBRA
MADRID (1973).
67. QUINCE AÑOS DE INVESTIGACION AGRICOLA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS
MEXICO (1976).
68. HUIS, D. M.
Tratado elemental de Botánica
E.C.L.A.L.S.A.
MEXICO (1983).
69. RUSSELL, J. E. y RUSSELL, W. E.
Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas
Ed. AGUILAR
MADRID (1968)

70. SAMPAT, A. G.
Física de Suelos. Principios y aplicaciones
Ed. LIMUSA WILEY, S. A.
MEXICO (1972).
71. SANCHEZ, R. V.
Sistemas de muestreo para detectar broca del grano del café
CHIAPAS (1979).
72. SEGUNDO INFORME DE ACTIVIDADES DE PROMOCIÓN
Julio 1979- Junio 1980.
73. SEHARRER, K.
Química agrícola
VOL. I Y II
Ed. UNION TIPOGRAFICA HISPANO-AMERICANA
BARCELONA (1960).
74. SIVETZ, M.
History of soluble coffee
TEA AND COFFEE TRADE J. Aug. 1976.
75. SIVETZ, M. and DESROSIER, N. W.
Coffee Technology
First edition
AVI PUBLISHING COMPANY, INC.
WESTPORT, CONNECTICUT (1979).
76. SKOOG, D. A. y WEST, D. H.
Análisis instrumental
2a. edición.
NUEVA EDITORIAL INTERAMERICANA. MEXICO (1984).

77. SNELL, F. D., and SNELL, C.
Colorimetric Methods of Analysis
VOL I. INORGANIC
D. VAN NOSTRAND, Co., INC.
PRINCETON, NEW JERSEY (1949).
78. STERN, J.
Methods of Fermenting Coffee
REVISTA SOC. MEXICANA HIST. NAT., 7 (1-2) 25-34 (1948).
79. SUAREZ, C. F.
Conservación de suelos
INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS
SAN JOSE, COSTA RICA (1979).
80. TANHANE, R. V. y MOTIRAMANI, D. P.
SUELOS: Su química y fertilidad en zonas tropicales
2a. impresión
Ed. DIANA
MEXICO (1979).
81. TECNOLOGIA CAFETALERA MEXICANA
25 años de investigación y experimentación
INNECAFE (1974).
82. THOMPSON, L. M.
El suelo y su fertilidad
3a. edición
Ed. REVERTE, S. A.
MEXICO (1974).

83. TISLAGE, S. I. and NELSON, W. I.
Soil fertility and fertilizers
First edition
THE Mc MILLAN COMPANY
NEW YORK (1956).
84. WEIER, T. E., STOCKING, C. R., y BARBOUR, M. G.
Botany and introduction to plant biology
Fifth edition
JOHN WILEY & SONS, INC.
NEW YORK (1974).
85. WINTER, E. J.
Water, soil and the plant
First edition
THE Mc MILLAN PRESS LTD.
LONDON (1974).