

2 E. No. 3



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

Facultad de Química

**ESTUDIO DE SUELOS PARA CULTIVO DE FRIJOL
EN LA REPUBLICA MEXICANA**

TRABAJO MONOGRAFICO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Q U I M I C O

P R E S E N T A:

LETICIA OFELIA CERVANTES ESPINOSA



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
GENERALIDADES	3
Frijol	3
Concepto de Suelo	8
El Desarrollo del Suelo	11
Composición Mecánica del Suelo	13
La Materia Orgánica del Suelo	17
Propiedades Fisicoquímicas del Suelo	21
La Reacción del Suelo	24
El Suelo y las Necesidades de Nutrientes por las Plantas	29
Suelos para el Cultivo del Frijol	38
MÉTODOS ANALÍTICOS	44
Análisis Mecánico	45
Color, pH y Resistencia en Pasta	48
Densidad Aparente	50
Materia Orgánica	51
Capacidad de Intercambio Catiónico Total	53
Determinación de Cationes Intercambiables	55
Determinación de Fósforo	59
Determinación de Sales Solubles	62
RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	69
BIBLIOGRAFIA	73

I N T R O D U C C I O N

Plantear soluciones, encontrar nuevos caminos y corregir tendencias del desarrollo agroindustrial implica como tarea fundamental un análisis exhaustivo y profesional del tema, en un esfuerzo que compromete a todos.

Después del maíz, el frijol es el cultivo más importante en México por la superficie que se siembra, por la actividad económica que genera y por el volumen de grano consumido por persona. En el año de 1981, se cosecharon 2 150 110 hectáreas con una producción de 1 469 021 toneladas y un rendimiento unitario de 683 kilogramos por hectárea.

Considerando una población actual de 70 millones de habitantes y un consumo de 18.5 Kg. de frijol per cápita por año, se requieren 1 295 000 toneladas de grano para surtir la demanda interna. Esto significa que es necesario sembrar 2 158 334 hectáreas de frijol y obtener un rendimiento medio nacional de 600 Kg/Ha. Debido al crecimiento de la población nacional, es innegable que año tras año se requerirán mayores volúmenes de producción; también es innegable que no es posible seguir aumentando la superficie de siembra indefinidamente para intensificar la producción de frijol, sin desplazar a otros cultivos. Por lo anterior, es urgente buscar el incremento de la productividad como medio más importante, y a futuro casi único, para lograr los volúmenes necesarios de producción, mediante el uso cada vez mayor de insumos modernos y el mejor aprovechamiento de los recursos del medio ambiente.

El frijol, junto con el maíz constituye la principal fuente de alimentación del pueblo mexicano. Su bajo precio y métodos sencillos (e inclusive rústicos) de cultivo y preparación doméstica, lo hacen producto de consumo por excelencia del conjunto de la población rural y de la correspondiente a los estratos de ingresos más bajos, para los cuales es la más importante fuente de proteínas.

El cultivo de esta leguminosa se realiza prácticamente en todo el país, por lo que se hace necesario el estudio químico y fisicoquímico del suelo adecuado para dicho cultivo y poder así obtener mejores rendimientos del grano.

El objetivo de toda investigación llevada a cabo por los alumnos egresados es proporcionar un estudio no solo útil para nuestra Facultad, elaborando un antecedente que sirva como fuente de información a las futuras generaciones interesadas en la materia, sino también contribuir con un trabajo que sea de beneficio colectivo para nuestra sociedad, y en este caso, para las personas interesadas en el estudio del frijol.

Es así como hemos llegado a elaborar un trabajo, fruto de una depurada recopilación bibliográfica de los métodos de análisis para la determinación de macronutrientes en los suelos y dar una guía de las condiciones más propicias del suelo para el cultivo del frijol, así como preparación del terreno, métodos de siembra y fertilizantes más adecuados.

GENERALIDADES

FRIJOL

El género *Phaseolus* pertenece a la familia Leguminosae, subfamilia Papilionoideae, tribu Phaseoleae y subtribu Phaseolinae. El número de especies que pertenecen al género *Phaseolus* es desconocido; sin embargo, algunos investigadores consideran que podría contener alrededor de 150 especies. En México el número de especies fluctúa alrededor de 50, y entre ellas figuran las cuatro especies que ha domesticado el hombre, como son *Phaseolus vulgaris* L., *P. coccineus* L., *P. lunatus* L. y *P. acutifolius* Gray.

En este trabajo sólo se hará referencia a *P. vulgaris* (frijol común) por ser una de las especies más importantes en la alimentación del pueblo mexicano.

P. vulgaris es una especie anual y autógena. Los tallos de la planta son herbáceos y ramificados y alcanzan una longitud igual o mayor de 3 metros, con hábitos de mata o trepador, según la variedad. Su raíz es fibrosa o tuberosa; sus hojas son de color verde, en forma de punta de lanza; las flores son pequeñas, de color morado, rosa o blanco.

Las vainas del frijol ocurren en racimos y su longitud puede variar entre 4 y 20 cm. El número de semillas por vaina varía generalmente entre 8 y 10.

En *P. vulgaris*, la forma de la semilla es principalmente arrañada, su longitud puede variar entre 4 y 20 mm, la anchura entre 3 y 12 mm y el grosor entre 2 y 11 mm. Pueden ser de color blanco, negro, amarillo, bayo, café y pinto, donde intervienen dos o más tonalidades de los colores mencionados.

El centro de origen del frijol se encuentra en América Latina y es probable que sea precisamente en México. Es un cultivo que se adapta a los diferentes climas prevalecientes en el país.

En el mercado nacional de frijol en grano, existe una gran diversidad de variedades que se diferencian entre sí por sus características de color, tamaño, forma, sabor y tiempo de cocción.

En la actualidad, no obstante la disponibilidad cada vez mayor de otras fuentes de alimentación de origen vegetal y animal, la dieta del pueblo mexicano incluye fundamentalmente maíz y frijol, granos importantes para su subsistencia.

El frijol es un cultivo rústico no perecedero bajo condiciones adecuadas y sencillas de manejo. Su transformación en alimentos aprovechables es muy simple, lo que aunado a las condiciones climatológicas, contribuye a explicar el hecho de que en México se haya venido cultivando durante más de 7 000 años.

El principal ciclo agrícola en la producción de frijol es el de primavera-verano y es típico de zonas temporales. En este ciclo se siembra la mayor superficie y se obtiene también la mayor producción, con el 83.83% y 68.26% respectivamente. Los rendimientos son bajos (387 Kg/Ha.) debido a factores como sequías ocasionadas por la escasa e irregu-

lar precipitación en la mayor parte de la superficie sembrada de temporal, al empleo de variedades criollas, muchas de las cuales son de bajo potencial de rendimiento y/o susceptibles a enfermedades y al uso reducido de insumos como fertilizantes e insecticidas. En este ciclo participan principalmente agricultores de subsistencia y de transición, -- los cuales orientan su producción mayoritariamente al autoconsumo.

El ciclo otoño-invierno se identifica con una agricultura más tecnificada en zonas de riego o buen temporal. En este ciclo se siembra el 16.17% del total nacional y se cosecha el 31.74%; esta buena producción que representa casi la -- tercera parte de la producción nacional, se debe a los mejores rendimientos unitarios (933 Kg/Ha.). No obstante esto, existen algunos problemas que aun limitan la producción de este ciclo, tales como presencia de enfermedades virales, falta de humedad al final del ciclo, poca eficiencia en el uso de agua de riego, fertilizantes e insecticidas y siembra de algunas variedades criollas. Es desarrollado generalmente por agricultores comerciantes, cuya producción está orientada al mercado. Así, el ciclo otoño-invierno se lleva a cabo en zonas donde, por sus características socioeconómicas, tienen un mayor nivel productivo.

La Fig. 1 muestra la localización y distribución aproximada de las hectáreas dedicadas al cultivo del frijol. Se puede apreciar que la producción de este grano se localiza según su orden de importancia en las Entidades que siguen: Zacatecas, Durango, Nayarit, Jalisco, Sinaloa, Chihuahua, Veracruz, Puebla, Guanajuato, Oaxaca y San Luis Potosí. En -- ellas se recoge cerca del 80% del volumen total que anualmente se obtiene en este territorio.

Por sus características climáticas, esta leguminosa no se siembra en la Mesa del Norte para otoño-invierno, ya que --

peligra por las frecuentes heladas. Tal es el caso de Zacatecas, Durango, Chihuahua y Coahuila.

De este modo, el frijol de otoño-invierno corresponde principalmente a la zona costera de Nayarit, Jalisco y Veracruz y distritos de riego de Sinaloa y Guanajuato.

En términos generales, la producción se concentra en el Norte-Centro y Pacífico-Norte, siendo menor en las zonas peninsulares y noreste.

La disponibilidad nacional de frijol guarda una gran dependencia del clima. Se ha observado que los fenómenos meteorológicos resultan ser una de las principales causas de las superficies perdidas y la disminución en los rendimientos.

La amplia distribución de esta leguminosa en América Latina y otros Continentes indica que es una especie de amplia adaptación, aun en zonas ecológicas muy contrastantes con su centro de origen. Se cultiva en lugares que oscilan entre los cero y 2 200 metros sobre el nivel del mar, aproximadamente; es decir, en climas que van desde templados hasta --tropicalizados y de áridos hasta húmedos. La Tabla 1 muestra la superficie cosechada de frijol en México, agrupada por zonas de producción ecológica.

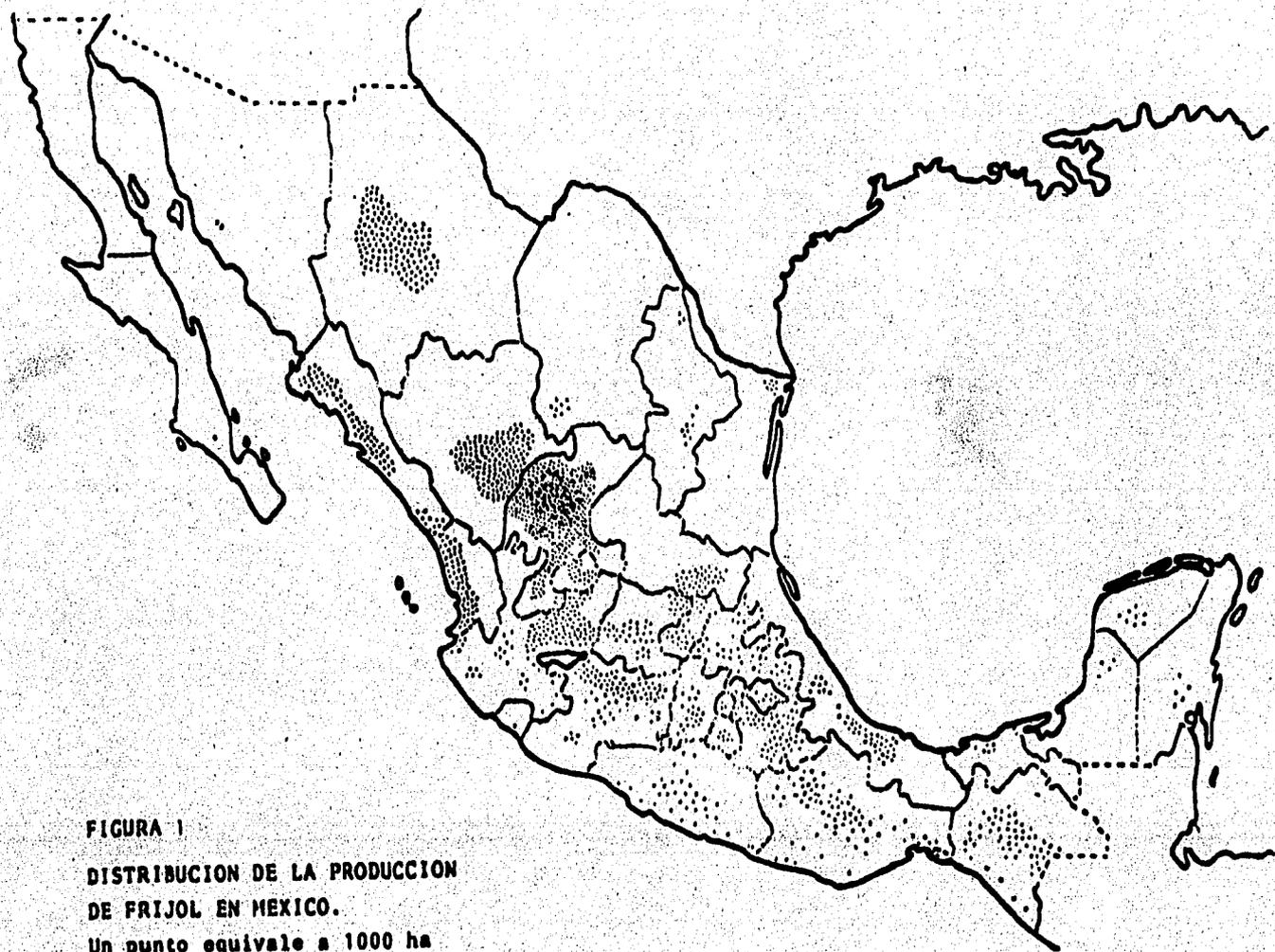


FIGURA 1

DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION
DE FRIJOL EN MEXICO.

Un punto equivale a 1000 ha

TABLA 1. SUPERFICIE COSECHADA DE FRIJOL EN MEXICO AGRUPADA POR ZONAS DE PRODUCCION ECOLOGICAS. AÑO DE 1981.

ZONA	ENTIDAD	SUP. COS. (Ha)	SUBTOTAL (Ha)
<u>Zona Cálida con Invierno Seco.</u>			
	Baja California Sur	4 842	
	Sinaloa	118 525	
	Nayarit	116 346	
	Costa de Jalisco	6 720	
	Colima	579	
	Costa de Michoacán	4 046	
	Guerrero	28 716	
	Costa de Oaxaca	1 928	282 702
<u>Zona Cálida Húmeda</u>			
	Chiapas	54 166	
	Quintana Roo	2 323	
	Yucatán	18 892	
	Campeche	2 670	
	Tabasco	7 171	
	Veracruz	53 377	
	Sur de Tamaulipas	20 000	158 599
<u>Zona Templada Húmeda</u>			
	Oaxaca	30 000	
	Puebla	66 133	
	Tlaxcala	5 257	
	Distrito Federal	217	
	México	14 249	
	Hidalgo	55 495	
	Morelos	8 719	
	Querétaro	23 124	
	Guanajuato	93 109	
	Michoacán	30 000	
	Jalisco	80 000	406 303
<u>Zona Templada Semiárida</u>			
	Aguascalientes	38 442	
	San Luis Potosí	75 503	
	Zacatecas	502 048	
	Durango	305 728	
	Chihuahua	250 000	1 171 921
<u>Zona Cálida (durante estación de cultivo)</u>			
	Tamaulipas	73 664	
	Nuevo León	15 951	
	Coahuila	17 752	
	Chihuahua	1 113	
	Sonora	2 739	
	Baja California Norte	366	130 585
			<u>2 150 110</u>

CONCEPTO DE SUELO.

El concepto inicial del suelo.

El término suelo se deriva del latín *solum*, que significa *plano* o terreno. En general, el suelo se refiere a la superficie suelta de la tierra para distinguirlo de la roca sólida. Muchas personas cuando se refieren al suelo tienen en mente al material que nutre y sostiene las plantas en desarrollo, pero este significado es aun más general, ya que incluye no solamente al suelo en el sentido común, sino también a las rocas, el agua, la materia orgánica y formas vivientes, y -- aun al aire, materiales y sustancias que intervienen directa o indirectamente en el sostenimiento de la vida de las plantas.

El agricultor naturalmente tiene una concepción más práctica del suelo; para él es el medio en donde se desarrollan los cultivos.

Etapas de la formación del suelo.

Si se considera al suelo a partir de un substrato universal, como son las rocas, con la participación de los factores: -- clima, material madre, tiempo, relieve, vegetación y organismos en general, etc., se pueden visualizar varias etapas en su proceso de formación.

1. Debido a las acciones físicas o mecánicas, la intemperización de las rocas produce un desmenuzamiento o una dispersión del material original.
2. Como consecuencia de esta subdivisión del material de donde proceden los suelos, se favorecen transformaciones químicas ulteriores más acentuadas.
3. Los productos así formados pueden reaccionar entre sí y formar nuevos minerales; pueden también producirse nuevas formas de materia orgánica con mayor poder de absorción y capacidad amortiguadora. Esta es la etapa más importante en el desarrollo del suelo.
4. Posteriormente estos productos pueden a su vez alterarse, ya que el suelo se destruye y pasa a formar otro tipo diferente, con capacidad de regeneración si las condiciones vuelven a ser las iniciales.

Suelo Superficial y Subsuelo.

Con frecuencia, sobre todo en operaciones de muestreo de suelos para definir el grado de fertilidad por medio de análisis químico, se hace referencia a los términos suelo y subsuelo. El suelo superficial se refiere a la capa arable y puede ser de unos 10 hasta 30 cm. de espesor. El subsuelo es la capa subyacente, que puede comprender los 20 ó 30 cm. inferiores siguientes. A veces puede llegar hasta 1.5 m. de profundidad.

La condición física del suelo superficial puede modificarse por la acción del laboreo y por la incorporación de residuos orgánicos. Puede ser fertilizado, encalado y drenado. En resumen, su fertilidad y en cierto grado su productividad pueden aumentarse o disminuirse o simplemente estabilizarse a niveles consistentes de una producción económica de cosechas. Esto explica por qué tanta investigación y otros estudios que han sido hechos con referencia al suelo superficial.

La productividad del suelo está determinada en gran parte - por la naturaleza del subsuelo. La importancia práctica de este hecho se observa cuando consideramos que el subsuelo - normalmente está sujeto a pocas alteraciones, excepto cuando se establece un sistema de drenaje. Aun cuando las raíces no penetran profundamente en el subsuelo, la permeabilidad - y su naturaleza química pueden aun afectar favorablemente o - no al suelo superficial donde se desarrollan las raíces.

Los Cuatro Componentes del Suelo

Al suelo, en su sentido más amplio, se le ha considerado como una mezcla de material mineral, materia orgánica, agua y - aire.

Las proporciones de estos componentes varían de tiempo en - tiempo y de lugar a lugar. El volumen de agua y aire com- - porta una relación directamente proporcional uno con el --- otro. La entrada de agua al suelo excluye al aire. Al ser removida el agua por el drenaje, la evaporación o por las - plantas en desarrollo, el espacio poroso llega a ocuparse - con aire. El subsuelo generalmente se caracteriza por con- tener menos materia orgánica (MO) que el suelo superficial. Un suelo orgánico como los humíferos o turbosos tienen un - mayor volumen ocupado por MO que por materia mineral.

EL DESARROLLO DEL SUELO

Los suelos, por naturaleza, se desarrollan como entidades - definidas. Un suelo no es solamente la acumulación de residuos de un proceso destructivo, sino un cuerpo naturalmente desarrollado en donde han intervenido procesos destructivos y constructivos. El desarrollo del suelo es entonces el -- proceso de cambio que sufre el material madre en la forma-- ción del suelo. Para visualizar el desarrollo del suelo es necesario, en primer término, hacer referencia a las fuentes del material del suelo.

Minerales.

Los minerales son sustancias inorgánicas que tienen composición química y propiedades físicas más o menos definidas. - Se clasifican de acuerdo con su origen y composición química.

Rocas.

Las rocas son combinaciones de dos o más minerales.

Factores de la Formación del Suelo.

Las personas que tratan con la tierra como fuente de producción se dan cuenta que hay variaciones en los suelos. El - -

agricultor sabe que la tierra en un campo es diferente a la de otro campo, nota diferencias en la facilidad de labranza y producción o en las fallas de un cierto cultivo a desarrollarse en uno o más de sus campos.

Todas estas son observaciones comunes que canalizan nuestra atención a los diferentes tipos y condiciones del suelo.

El científico de suelos está siempre interesado en aprender por qué ocurren estas variaciones entre los suelos. En éstos las variaciones o características que los hacen adaptables para algunos cultivos y no para otros, puede ser el resultado de varias causas. Estos factores varían independientemente o en conjunto originan que el suelo sea una individualidad complicada.

Los factores de la formación del suelo son los siguientes: material madre, clima, vegetación, topografía, drenaje y tiempo. Para apreciar la completa significación de estos factores se hace referencia a cada uno de ellos como sigue:

Material Madre.

Es el material original de donde se desarrolla el suelo y puede ser de naturaleza mineral u orgánica.

Clima.

Este factor está constituido de dos componentes principales, que son la lluvia y la temperatura. Aunque el factor climático siempre es activo, no varía tan rápidamente como el material madre.

Materia Orgánica.

En ciertas regiones la MO del suelo es reducida, mientras que en otras está presente en mayores cantidades.

El contenido de MO del suelo se relaciona con la vegetación nativa, pero si la vegetación es constante, la acumulación es regulada por las condiciones climáticas.

COMPOSICION MECANICA DEL SUELO.

El Suelo como Sistema Disperso.

Una vez formado el suelo por los agentes y procesos de edafización, se tiene una mezcla de materiales difícil de definir y cuyas propiedades dependen de su composición y de la manera en que están ligados sus componentes. Nuestro primer objetivo, en este caso, es indicar cuáles son esos componentes.

Si al suelo se le considera como un sistema disperso, se pueden diferenciar tres fases: sólida, líquida y gaseosa. La primera considera los componentes inorgánicos y orgánicos y la segunda el agua y la solución del suelo.

Textura del Suelo.

Se refiere a la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo. Específicamente la clasificación de texturas se basa en la cantidad de partículas menores de 2mm en tamaño. Si las partículas mayores de 2 mm. están presentes en cantidades significativas, al nombre de la textura se le agrega un adjetivo apropiado como gravoso o pedregoso.

La textura del suelo es una característica en extremo importante. Afecta las propiedades físicas y químicas. En términos generales, los suelos se dividen en suelos de textura gruesa y textura fina.

En los suelos de textura fina predomina la arcilla y tienen una mayor superficie activa que los suelos arenosos; tienen también, una mayor capacidad de absorción de nutrientes; usualmente son más fértiles.

Los suelos arenosos son más porosos y permiten una más rápida infiltración del agua.

El Triángulo de Texturas y su Uso.

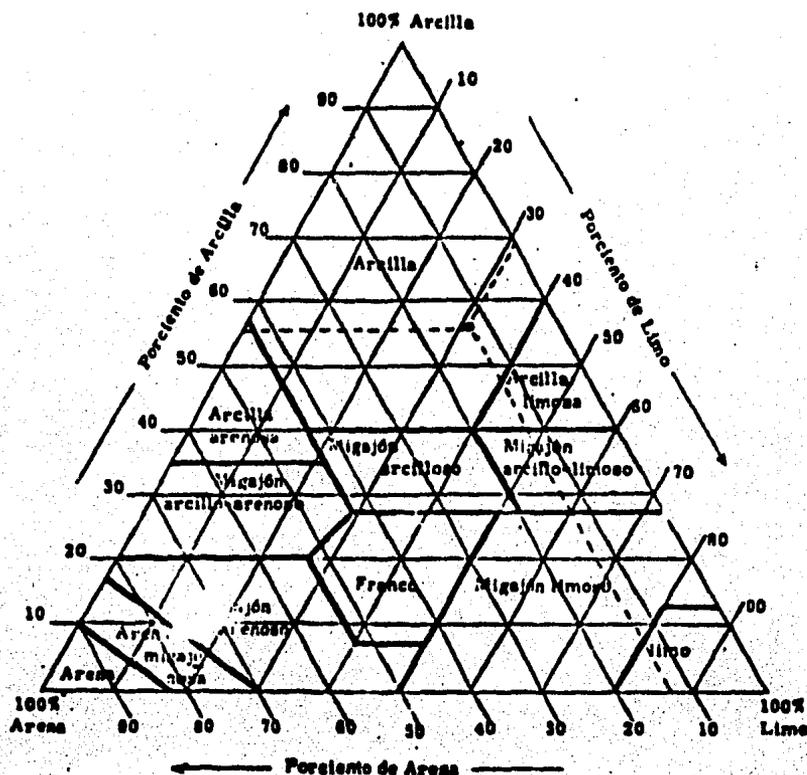
La textura del suelo se expresa por los nombres de las clases que se encuentran en el triángulo de texturas (Fig. 2). Las clases de suelos básicamente consisten en los términos arena, limo, arcilla y migajón o franco, usados ya sea como nombres o adjetivos o ambos.

Color del Suelo.

El color de los horizontes del suelo puede ser uniforme o estar moteado manchado, vetado o matizado. El moteado generalmente se debe al mal drenaje; las manchas a las acumulaciones de cal, materia orgánica y al estado de oxidación de hierro; el vetado a infiltraciones de los coloides orgánicos y óxidos de hierro, procedentes de las capas superiores; el matizado también a infiltraciones, pero frecuentemente ocurre cuando el material madre está completamente intemperizado.

Los colores del suelo se miden más convenientemente por comparación con la Carta de Colores de Suelos de Munsell. Esta carta consiste en 175 diferentes papeles coloreados, sistemáticamente arreglados de acuerdo con las anotaciones de Munsell.

Fig. 2.



Triángulo de texturas mostrando los porcentajes de arena, limo y arcilla, en clases texturales. La intersección de las líneas de rayas muestra que un suelo con 55% de arcilla, 32% de limo y 13% de arena tiene una textura de arcilla.

En varios países el término migajón es sustituido por el de franco. Así tienen expresiones de textura franco arcillosa, franco arenosa, etc.

El arreglo es por matiz o tinte, brillo o pureza e intensidad o saturación, las tres variables simples que en combinación dan todos los colores.

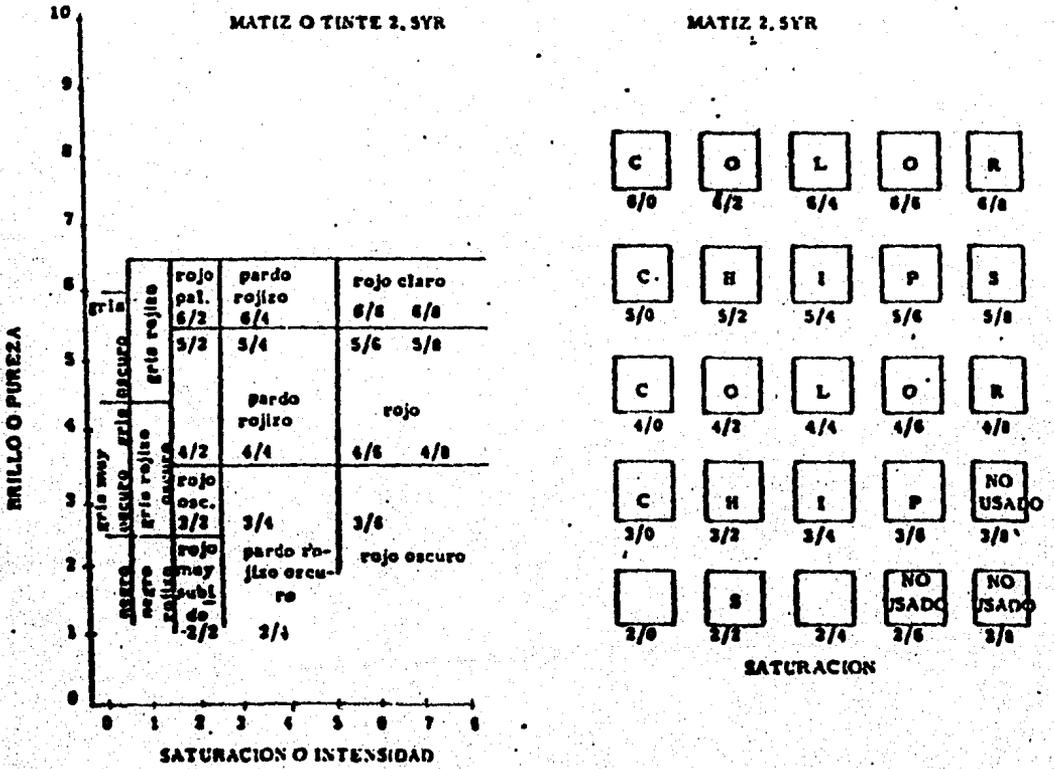
Así pues, la anotación de Munsell consta de datos separados por matiz, brillo y saturación, que se combinan en -- ese orden para formar la designación del color. El símbolo del matiz puede ser R=rojo.YR=amarillo-rojizo o anaranjado, Y=amarillo, etc., precedido por números de 0 a 10.- Entre cada dos literales (i.e. YR) el matiz llega a ser -- más amarillo y menos rojo al aumentar los números. La mitad de la variación en cada literal del matiz es 5; el -- punto 0 coincide con el punto 10 del matiz inmediato más-rojo. Así YR está a la mitad del matiz amarillo-rojizo,- el que varía de 0 YR a 10 YR.

La anotación del brillo consiste en números del 0 para el negro absoluto, al 10 para el blanco absoluto. Así un color con valor de 5/ está visualmente a la mitad entre el-blanco y el negro absolutos. Un valor de 6/ es ligeramente menos oscuro a 60% de la gama del negro al blanco y a la mitad entre los valores 5/ y 7/.

La anotación de la saturación incluye números que comienzan en cero para las tonalidades grises y aumentan en intervalos iguales hasta un máximo alrededor de 20, al cual nunca se llega en el caso de los suelos. Para colores -- acromáticos absolutos (grises, blancos y negros puros) que tienen cero de saturación y matiz, la letra N (neutral) - sirve para designar el matiz.

Según este procedimiento, la anotación para el color de -- matiz 5 YR pureza de 5 y saturación de 6 será: 5 YR 5/6, que corresponde al rojo amarillento. (Ffg. 3).

Fig. 3



LA MATERIA ORGANICA DEL SUELO.

La MO del suelo proviene de las raíces, residuos de plantas y organismos vivos o muertos del suelo. Los suelos minerales contienen menos del 20% de MO, mientras que los suelos orgánicos contienen más del 20% de MO.

La MO se ha denominado la "sangre vital" del suelo. Tiene un impacto tremendo sobre las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo.

Los suelos minerales con suficiente MO permiten un laboreo eficiente. La MO, mejora la condición estructural tanto de los suelos arenosos como arcillosos.

Funciones de la Materia Orgánica.

La MO en el suelo tiene diferentes funciones, las que se resumen como sigue:

1. Los residuos orgánicos en la superficie del suelo reducen el impacto de las gotas de lluvia y favorecen la infiltración lenta del agua.
2. La descomposición de la MO produce sustancias y aglutinantes microbianos que ayudan a estabilizar la estructura deseable del suelo.
3. Las raíces de las plantas, al descomponerse dejan conductos a través de los cuales penetra el agua y hay difu--

sión de los gases del suelo que favorecen el desarrollo más vigoroso de las raíces de los cultivos siguientes.

4. La MO fresca suministra alimento para los organismos -- del suelo. Algunos animales excavan en el suelo permitiendo así a las raíces obtener oxígeno y liberar el -- CO_2 al desarrollarse las plantas.
5. Los residuos orgánicos sobre la superficie del suelo reducen las pérdidas del mismo, debidas a la erosión eólica.
6. Las cubiertas de residuos orgánicos bajan la temperatura del suelo en el verano y conservan al suelo más ca--liente en invierno.
7. Las pérdidas de agua por evaporación son menores cuando se dispone de cubiertas de residuos orgánicos en el suelo.
8. La descomposición de materia orgánica produce diferen--tes nutrientes necesarios para el desarrollo de las - - plantas. Estos nutrientes son liberados y satisfacen - las necesidades de las plantas. Cuando las condiciones son favorables para un rápido desarrollo vegetal, las - mismas condiciones favorecen una rápida liberación de - nutrimentos de la MO.

La liberación del nitrógeno de la MO del suelo durante el período del desarrollo de los cultivos depende del - porcentaje de MO presente, de la textura del suelo, de la temperatura y condiciones de humedad existentes.

9. Un suelo de alto contenido en MO tiene mayor capacidad de agua aprovechable para el desarrollo de las plantas que el mismo tipo de suelo con menos MO.
10. La MO ayuda en la capacidad amortiguadora de los suelos atenuando los cambios químicos rápidos cuando se agre--gan los fertilizantes y/o caliza.

11. Los ácidos orgánicos liberados durante la descomposición de la MO ayudan a disolver minerales y hacerlos más accesibles para el desarrollo de las plantas.
12. El humus (MO descompuesta) constituye un almacén de los cationes intercambiables y aprovechables: K, Ca y Mg.
Temporalmente, el humus también retiene el amonio en forma intercambiable y aprovechable.
13. La MO tiene una función especial en hacer al fósforo más fácilmente aprovechable en suelos ácidos. Al descomponerse la materia orgánica libera: citratos, oxalatos, tartratos y lactatos, los cuales se combinan más fácilmente con el Fe y el Al que con el P. El resultado es la formación de menos Fe soluble y fosfato de Al y la disponibilidad de más fósforo.

Humus.

Es la fracción activa de la MO del suelo. Para los suelos agrícolas se define como la porción bien descompuesta y estabilizada de la MO del suelo. El humus de los suelos forestales comprende a todo el material orgánico en descomposición.

El humus es altamente coloidal como la arcilla, pero es amorfo y no cristalino.

El humus es de color negro. El color de los suelos superficiales a menudo se relaciona con el contenido de humus.

El Contenido de Materia Orgánica en el Suelo.

Las cantidades de MO en los suelos minerales varían considerablemente y es difícil indicar cifras representativas.

Contenido de materia orgánica en suelos minerales

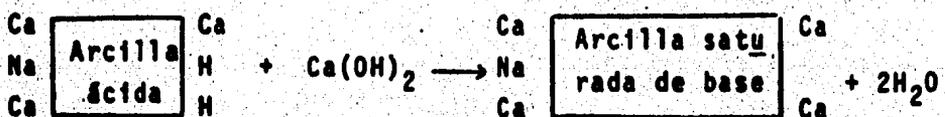
<u>Niveles de MO</u> <u>%</u>	<u>Interpretación</u>
Menos de 1.0	Muy pobre
1.0 a 2.0	Pobre
2.0 a 3.0	Medio
3.0 a 5.0	Rico
Más de 5.0	Muy rico

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS DEL SUELO.

Intercambio de Cationes.

Las propiedades del suelo, tales como adherencia, plasticidad, hinchamiento, absorción de agua y carga eléctrica, están estrechamente relacionadas con el área superficial y estructura de la arcilla. Las arcillas que presentan una superficie específica grande son por lo general de mayor carga eléctrica y de mayor capacidad de intercambio de cationes.

Los cationes son adsorbidos por la arcilla y coloides orgánicos porque los coloides negativos atraen iones (Na^+) positivos. Cuando el NaCl se disuelve, otro catión como el K^+ puede reemplazar al Na^+ para el KCl . De igual manera, los cationes en la solución del suelo pueden reemplazar a los cationes adsorbidos en la superficie de la arcilla, negativamente cargadas. Una reacción de intercambio de cationes se ilustra como sigue:



El Ca del Ca(OH)_2 reemplaza a los iones H^+ intercambiables en una reacción de encalado. La reacción es reversible y químicamente equivalente i.e. un Ca^{++} reemplaza a 2H^+ .

Las características del suelo cambian con la clase de proporción de iones intercambiables presentes. Por ejemplo, los suelos ácidos contienen apreciables cantidades de H^+ intercambiable y soluble; los suelos calcáreos suelen estar 100% saturados de bases y contienen altas proporciones de Ca^{++} intercambiable y cal libre; los suelos "álcali" contienen más del 15% de Na^+ intercambiable.

Los cationes intercambiables están en equilibrio con los cationes en solución. Los cationes intercambiables son una fuente importante de nutrientes para las plantas.

Los iones disueltos en la solución del suelo pueden fácilmente ser eliminados por efecto del lavado, debido a que se mueven con la solución del suelo. Los cationes intercambiables son difíciles de remover por efecto del lavado, a menos que la solución contenga una sal que suministre cationes que se intercambien con los adsorbidos por los coloides.

El Mecanismo del Intercambio de Cationes.

Los cationes en la solución del suelo reemplazan a los cationes adsorbidos en el proceso denominado intercambio de cationes. Este intercambio es rápido y reversible y las condiciones de equilibrio existen entre los cationes solubles e intercambiables.

Los suelos difieren en la cantidad de cationes adsorbidos -- que ellos contienen por unidad de peso. Los meq. de cationes adsorbidos por 100 g. de suelo, es a lo que se llama capacidad de intercambio de cationes. Entre más alto sea el contenido de arcilla y de humus en un suelo, mayor será la capacidad de intercambio.

Fijación del Fosfato por los Suelos.

El término fijación se define como el proceso o procesos en el suelo, por el cual ciertos elementos químicos esenciales para el desarrollo de las plantas, son convertidos de una forma soluble o intercambiable a una forma mucho menos soluble o no intercambiable.

Ahora bien, sobre el fosfato fijado se han dado las tres definiciones siguientes:

- i) Aquel fósforo que ha sido cambiado, a forma menos soluble como un resultado de la reacción con el suelo.- Este es el fósforo moderadamente aprovechable.
- ii) El fósforo aplicado que no es absorbido por las plantas durante el primer año de cultivo.
- iii) El fósforo soluble que se ha adherido a la fase sólida del suelo en formas altamente inutilizables por los cultivos; fósforo no aprovechable.

LA REACCION DEL SUELO.

El pH, es quizá la característica del suelo más comúnmente medida. Es el criterio más ampliamente usado para juzgar si un suelo es ácido o alcalino. El pH en suelos ácidos - comúnmente es de 4 a 6.5 unidades. Valores más bajos de 4 se obtienen solamente cuando los ácidos libres están presentes. Valores arriba de 7 indican alcalinidad aunque es posible que apreciables cantidades de "acidez del suelo", - en términos de capacidad amortiguadora o carga dependiente del pH, puede existir en suelos alcalinos.

Aunque el pH es un índice muy útil a veces se juzga en forma muy empírica. El pH del suelo usualmente se mide en -- una suspensión de suelo y agua (1: 2).

El grado de acidez o alcalinidad del suelo expresado en -- términos de pH es a lo que se denomina "reacción del suelo" y los distintos grados son los siguientes:

El pH tiene influencia directa e indirecta en la disponibilidad de los elementos nutritivos.

La acidez o alcalinidad en los suelos, indica la clase de plantas que pueden desarrollarse mejor en ese medio y da idea sobre los tratamientos que deben aplicarse como práctica adecuada en el manejo del suelo.

Relación entre la Acidez de los Suelos y los Fertilizantes.

Como consecuencia de la absorción de nutrientes por las raíces de las plantas en el suelo, pueden permanecer otros constituyentes de los fertilizantes, los cuales, según su reacción, pueden influir en la acidificación, alcalinización o no afectar sensiblemente la reacción del suelo.

Esta es la razón por la cual la aplicación de los fertilizantes debe ser adecuada a los variados tipos de suelo y en relación evidente con las exigencias de los cultivos.

Regulación de pH.

El problema considera dos modalidades: aumentar el pH en suelos ácidos y disminuirlo en suelos alcalinos.

Aumento del pH en suelos ácidos.

El problema se representa en suelos desarrollados bajo el proceso de latosolización y considera el uso de enmiendas calizas. La cantidad de caliza requerida para neutralizar una condición ácida depende de muchos factores. Son el hidrógeno (H^+) intercambiable y el aluminio (Al^{+++}) los que deben neutralizarse. La cantidad de cal agrícola que debe aplicarse por hectárea depende de la acidez total del suelo.

Materiales calizos usados para corregir la acidez de los suelos

<u>Nombre</u>	<u>Fórmula Química</u>	<u>CaCO₃ equivalente</u>	<u>Fuente del material</u>
Conchas marinas	CaCO ₃	95%	Depósitos naturales de conchas.
Caliza agrícola	CaCO ₃	95%	Depósitos naturales.
Cal hidratada	Ca(OH) ₂	120%	Caliza quemada al vapor.
Cal quemada	CaO	150%	Caliza quemada al horno.
Dolomita	CaCO ₃ MgCO ₃	110%	Depósitos naturales minerales.

Correctivos para Suelos Alcalinos.

La corrección de suelos alcalinos depende de la aplicación de mejoradores como el yeso, azufre, ácido sulfúrico, sulfato férrico, etc.

El lavado del suelo es un paso importante en la rehabilitación de los suelos alcalinos. Se requiere un drenaje adecuado para remover el exceso de sales solubles que resultan de la aplicación de enmiendas al suelo.

**Azufre equivalente en varios materiales usados para corregir
condiciones alcalinas**

<u>Materiales</u>	<u>Fórmula química</u>	<u>Ingredien- tes acti- vos. %</u>	<u>Azufre Combi- nado</u>	<u>Kg. necesarios para igualar - 1 Kg. de S.</u>
Yeso	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	65 - 95	18.6	5.38
Azufre	S	99	99	1.0
Acido sul- fúrico.	H_2SO_4	95	31	3.2
Soln. de- S. y Cal	CaSx	29	22	4.54
S. y Cal seca	CaSx	75	57	1.75
Sulfato férico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$	70	17	5.9
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	95	11	9.1
Sulfato de aluminio	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	90	25	4.0
Polisulfuro de NH_4	$(\text{NH}_4)_2\text{S}_x$	40 - 45	40 - 45	2.2-2.5

EL SUELO Y LAS NECESIDADES DE NUTRIMENTOS POR LAS PLANTAS.

Las plantas como los animales y seres humanos requieren - nutrientes para su crecimiento y desarrollo. Este alimento está compuesto de ciertos elementos químicos, a menudo referidos como elementos alimenticios de la planta.

Las plantas contienen pequeñas cantidades de 90 o más elementos de los cuales 17 se consideran esenciales para el desarrollo y reproducción de las plantas superiores. Estos elementos son: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, B, Zn, Mo, Cl y Co.

Se han sugerido tres criterios para reconocer si un elemento es esencial:

- 1) El ciclo vital de la planta no se puede realizar completamente si el elemento no existe.
- 2) La acción del elemento debe ser específica.
- 3) El efecto sobre la planta debe ser directo.

Las fuentes de nutrientes son:

Fuente

Del aire y del agua	{	1. Carbono	
		2. Hidrógeno	
		3. Oxígeno	
Del suelo y de los fertilizantes	{	4. Nitrógeno	Nutrientes mayores
		5. Fósforo	
		6. Potasio	
Macronutrientes	{	7. Calcio	Nutrientes secundarios
		8. Magnesio	
		9. Azufre	
	{	10. Hierro	
		11. Manganeseo	
		12. Boro	
Micronutrientes	{	13. Molibdeno	
		14. Cobre	
		15. Zinc	
		16. Cloro	
		17. Cobalto	

Nutrientos.

El carbón y la humedad (oxígeno e hidrógeno) constituyen la mayor parte del peso de la planta. La mayoría de los cultivos obtienen su carbón y oxígeno directamente del aire por fotosíntesis. El hidrógeno es derivado directa o indirectamente del agua del suelo.

Macronutrientes.

Estos 6 elementos son obtenidos del suelo por las plantas en cantidades considerables y suelen ser deficientes en mu-

chos suelos, de aquí que se les designe como nutrientes mayores. Los otros tres macronutrientes: calcio, magnesio y azufre, son a veces llamados nutrientes secundarios, debido a su importancia secundaria.

Micronutrientes.

Estos 7 nutrientes son utilizados por los cultivos en muy pequeñas cantidades y por esa razón se les llama micronutrientes. Otros sinónimos en la literatura agrícola son elementos traza, elementos menores o "elementos raros". Los micronutrientes, sin embargo, son tan esenciales en el desarrollo de las plantas como los del grupo NPK.

Para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas -- los nutrientes deben satisfacer las siguientes condiciones:

1. Deben estar presentes en forma aprovechable para las plantas. Por ejemplo, el fósforo es absorbido como H_2PO_4 ó HPO_4 ; en el suelo puede encontrarse como $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ y para ser aprovechable debe pasar a la forma $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ soluble en agua.
2. El nutriente debe estar presente en concentración óptima para el desarrollo de las plantas. Esta condición es particularmente importante para los micronutrientes que son requeridos en pequeñas cantidades.
3. Debe haber un balance adecuado entre la concentración de los diferentes nutrientes solubles en el suelo.

Elementos no Esenciales pero Útiles en Plantas y Animales.

Existen además otros elementos que pueden incrementar el desarrollo de las plantas cultivadas cuando se presentan como compuestos solubles. Bajo ciertas condiciones de campo y para cultivos específicos estos elementos pueden aumentar el rendimiento. Tales elementos son: sodio, yodo, estroncio y fluor.

El sodio parece ser esencial para ciertos procesos fisiológicos. Se cree que sustituye parcialmente al potasio en algunas de sus funciones.

El cobalto también es esencial para los animales y es requerido por el ganado vacuno. El cobalto comúnmente se agrega a las mezclas de fertilizantes o al superfosfato antes de sembrar pastos y leguminosas, así como el cobalto es suministrado a los animales a través del cultivo.

Funciones de los Nutrimientos Esenciales.

Nitrógeno.

1. Es un constituyente esencial de todos los seres vivos. Forma parte de las proteínas y de la clorofila.
2. Imparte un color verde oscuro a las plantas.
3. Promueve el desarrollo de hojas y tallos.
4. Produce una calidad mejorada en las legumbres que se cultivan por sus hojas.
5. Produce un desarrollo rápido en el primer ciclo de desarrollo.
6. Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos alimenticios y forrajeros.

Fósforo.

1. Es constituyente del ácido nucleico, la fitina y los fosfolípidos. Un abastecimiento adecuado de fósforo en el período de desarrollo inicial de la planta es importante en la formación de las partes reproductivas de las plantas.
2. Estimula el desarrollo radicular inicial ayudando así en el establecimiento rápido de las plántulas.
3. Origina un crecimiento rápido y vigoroso de las plantas.

4. Produce la madurez temprana de los cultivos, particularmente de los cereales.
5. Estimula la floración y ayuda en la formación de la semilla.
6. Aumenta la relación de grano a paja o rastrojo.
7. Mejora la calidad alimenticia de los granos y de otras cosechas.
8. Cuando aplicado a las leguminosas activa al rhizobium y la formación de nódulos en las raíces. De este modo -- ayuda en la mayor fijación de nitrógeno atmosférico.

Potasio.

A diferencia de los otros nutrimentos mayores el potasio no entra en la composición de los constituyentes importantes de las plantas, tales como proteínas, clorofila, grasas y carbohidratos, relacionados con el metabolismo de la planta. Como tal, su papel es difícil de determinar.

1. Imparte mayor vigor y resistencia a las enfermedades en las plantas.
2. Produce rastrojo o paja fuerte y rígida en cereales, -- particularmente en el arroz y el trigo. Reduce entonces el acame en los cereales.
3. Aumenta el tamaño de granos y semillas
4. Es esencial en la formación y transferencia de almidón y azúcares.
5. Imparte vigor a las leguminosas y otros cultivos en el invierno.
6. Ayuda a la formación de proteínas.
7. Regula las condiciones del agua dentro de la célula de la planta y las pérdidas de agua por transpiración.

8. Actúa como un acelerador de la acción de enzimas.

Calcio.

1. Es un constituyente de la pared celular. Como tal aumenta la rapidez del rastrojo.
2. Promueve el desarrollo de las raíces.
3. Constituye una base para la neutralización de ácidos orgánicos .
4. Es esencial para activar los puntos del desarrollo, especialmente las puntas de las raíces. Al mismo tiempo, no se mueve libremente de las partes más viejas a las más jóvenes de la planta. Esta es la razón por la cual los síntomas de deficiencia de Ca aparecen primero en los puntos de crecimiento.
5. Afecta la absorción de otros nutrimentos de las plantas, especialmente del nitrógeno.
6. Fomenta la producción de semillas.

Magnesio.

1. Como es constituyente de la clorofila, es esencial para todas las plantas verdes. Ayuda a mantener el color verde de oscuro en las hojas.
2. Actúa como portador del fósforo en la planta, particularmente en conexión con la formación de semillas de alto contenido de aceite. De este modo promueve la formación de aceites y grasas.
3. Ayuda en la translocación de almidones.
4. Regula la absorción de otros nutrimentos.

Azufre.

1. Aunque el azufre no es un constituyente de la clorofila-

ayuda en la formación de esta sustancia y fomenta el desarrollo vegetativo de la planta.

2. Es un constituyente esencial de muchas proteínas y de ciertos compuestos volátiles.
3. Promueve un mayor desarrollo radicular.
4. Estimula la formación de las semillas.
5. Promueve la formación de nódulos en las leguminosas.

Boro.

1. El papel principal de boro parece estar relacionado con la absorción del calcio por las raíces y con el uso eficiente de este elemento por las plantas.
2. Tiende a conservar el calcio soluble.
3. Actúa como regulador de la relación potasio/calcio.
4. Ayuda en la absorción del nitrógeno.
5. Ayuda al sistema vascular de la raíz en la distribución de más raíces para el abastecimiento de alimento a las bacterias de los nódulos, de manera que las bacterias de *Rhizobium* no lleguen a ser parásitas.

Manganeso.

1. La función del manganeso se considera que está estrechamente ligada con la del hierro.
2. Ayuda en la formación de la clorofila.
3. Actúa como un catalizador en las reacciones de oxidación y reducción dentro del tejido de las plantas.
4. Un adecuado abastecimiento de manganeso a veces ayuda a contrarrestar el mal efecto de una aereación deficiente.

Hierro.

1. Aunque no es un constituyente de la clorofila, ayuda en

su formación, Una deficiencia de fierro causa clorosis.

2. Ayuda en la absorción de otros nutrimentos.
3. Ayuda en los sistemas enzimáticos que originan las reacciones de oxidación y reducción en la planta. Estas - - reacciones son esenciales para el desarrollo y función - de la planta.
4. Es esencial para la síntesis de proteínas contenidas en los cloroplastos.

Zinc.

1. Es esencial en los sistemas enzimáticos que son necesarios para las reacciones importantes en el metabolismo - de la planta.
2. Es considerado útil en la formación de algunas auxinas - del crecimiento.
3. Es útil en la reproducción de ciertas plantas.

Molibdeno.

1. Actúa en reacciones enzimáticas que originan reacciones - de oxi-reducción en las plantas.
2. Es esencial en los procesos de fijación del nitrógeno, - tanto por organismos simbióticos como no simbióticos. -- Aumenta la eficiencia en las leguminosas sobre la fija - ción del nitrógeno atmosférico.

Cobre.

1. Actúa como "portador de electrones" en enzimas que pro - ducen reacciones de oxi-reducción en las plantas. Estas reacciones son esenciales para el desarrollo y reproduc - ción de las plantas.
2. Regula la respiración.
3. Ayuda en la utilización de fierro.

Cloro.

Se ha considerado nutriente esencial. La necesidad del cloro para el desarrollo adecuado de las plantas es de gran importancia. El papel exacto del cloro en la nutrición de la planta no ha sido aun claramente definido.

Cómo obtienen sus nutrimentos las Plantas.

Las plantas obtienen sus nutrimentos en cuatro formas distintas:

1. A través de las hojas.
2. De la solución del suelo.
3. De los iones intercambiables, en la arcilla y en la fracción húmica (complejo coloidal).
4. De los minerales fácilmente alterables.

Fuentes de Nutrientes de las Plantas.

Los nutrimentos de las plantas pueden ser suministrados al suelo al agregar los siguientes materiales:

1. Fertilizantes comerciales, inorgánicos y orgánicos.
2. Abonos orgánicos voluminosos y concentrados.
3. Cultivos de abonos verdes.
4. Mejoradores del suelo.
5. Herbicidas y fungicidas.

Las recomendaciones sobre el uso de fertilizantes se basan:

a) en resultados de los experimentos de campo debidamente conducidos; b) en resultados de los análisis de suelos previamente calibrados y c) en análisis de plantas cuyos índices han sido estudiados por varios años.

SUELOS PARA EL CULTIVO DEL FRIJOL.

El frijol es una especie vegetal, que se puede cultivar con éxito en terrenos de muy diverso origen y composición, pero sin embargo los más propios para cultivarlo son los suelos fértiles, ligeros y bien drenados, como son los arenos-arcillosos "de vega" y "de montaña", donde predominan los Andosoles (Inseptisoles). Las deficiencias de fósforo y nitrógeno son las más frecuentes, aunque las carencias de elementos menores y la toxicidad de aluminio y manganeso pueden restringir considerablemente los rendimientos en ciertas áreas.

En las regiones situadas entre cordilleras el frijol se siembra en valles que se caracterizan por tener suelos aluviales de alta fertilidad, pero que pueden presentar deficiencias de ciertos elementos menores.

En los "barriales", que son suelos arcillosos que retienen humedad por bastante tiempo, el frijol no prospera, debido a que las raíces se pudren y por consiguiente las plantas se secan. Por otra parte, el frijol tiene la propiedad de fijar el nitrógeno en el suelo, el cual es indispensable para el buen desarrollo del cultivo.

Efecto del pH del Suelo en la Disponibilidad de Nutrientos.

El pH óptimo para producir frijol fluctúa entre 6.5 y 7.5. Dentro de estos límites, la mayoría de los elementos nutri-

tivos de la planta presentan su máxima disponibilidad. Sin embargo, los suelos en América Latina tienen un pH inferior a 6.5 y existen importantes áreas agrícolas con un pH superior a 7.5. El frijol tolera un pH bajo, entre 4.5 y 5.5, pero por abajo de este límite generalmente desarrolla síntomas de toxicidad de aluminio y/o manganeso.

En los suelos alcalinos, el frijol tolera un pH inferior a 8.2, pero muchos suelos con pH alto también pueden presentar inconvenientes debido al exceso de sales (salinidad), exceso de sodio (alcalinidad), deficiencia de elementos menores y drenaje deficiente. La salinidad puede ser causada por un exceso de cloruro de sodio, cloruro de calcio, sulfato de sodio y sulfato de manganeso. No obstante, las sales de cloruro son las que ocasionan raquitismo, amarillamiento, aborto de flores, maduración prematura y bajos rendimientos en el frijol. El exceso de sales de sodio disminuye la asimilación de la planta y dispersa los minerales arcillosos en los suelos, entorpeciendo por ende el drenaje. El frijol tolera un porcentaje máximo de saturación de sodio de 8-10% y una conductividad eléctrica (medida de salinidad) hasta de 1 mmho/cm. Por encima de estos niveles, los rendimientos disminuyen significativamente.

Los problemas de salinidad del suelo se pueden solucionar sembrando especies y variedades tolerantes a la sal. Cuando los suelos tienen buen drenaje interno, la aplicación de azufre o yeso en combinación con grandes cantidades de agua puede reducir la salinidad pero a un costo muy alto.

Fechas de Siembra.

Más del 85% de la superficie destinada al frijol, se siembra de temporal. Su época de siembra es en los meses de junio a julio y sus cosechas se efectúan de octubre a noviembre. La mayor parte de las siembras en tierras de riego, se llevan a

cabo en los meses de octubre a diciembre y las cosechas se efectúan de enero a marzo.

Preparación del Suelo.

La preparación del terreno tiene como finalidad proporcionar a la semilla las mejores condiciones para su germinación y emergencia, así como asegurar el buen desarrollo de la planta. Esta preparación consiste en:

- Barbechar:** a una profundidad de 25 a 30 cm., para remover bien el suelo y que las raíces del cultivo no encuentren obstáculos en su crecimiento.
- Cruzar:** el terreno con un segundo barbecho, con el propósito de deshacer e incorporar al suelo los restos del cultivo anterior y exponer al sol algunas plagas o huevecillos de insectos invernantes.
- Rastrear:** las veces que sea necesario para deshacer los terrones que quedan del barbecho y la cruz. En esta forma no se presentan problemas en la "nacimiento".
- Nivelar:** si el terreno lo permite, así evitará los encharcamientos que disminuyen considerablemente la población, ya sea por la pudrición de la semilla o por ahogamiento de las plantas.

Método de Siembra.

El surcado para la siembra del frijol depende de la maquinaria o equipo de trabajo de que se disponga; sin embargo, de manera general se recomienda que la separación entre surcos sea de 45 a 60 centímetros, cuando se siembren variedades de mata y semigufa. Cuando se siembren variedades de gufa, la distancia recomendable va de 60 a 70 cm. entre surcos. La semilla debe depositarse en el fondo del surco y taparse

con una capa de 4 a 8 centímetros de tierra; en suelos pesados es preferible depositar la semilla en la "costilla" del surco. En suelos arcillosos, es aconsejable la siembra en el "lomo" del surco, o bien hacer surcos anchos de 92 a 120 centímetros de separación y sembrar a doble hilera sobre el lomo, con el método conocido como "cama melonera".

Densidad de siembra.

Para variedades de mata y semigufa, en surcos trazados a 45 ó 60 centímetros de separación, las semillas se deben espaciar a 10 centímetros una de otra. De esta manera, se necesitarán alrededor de 50 a 60 kilogramos de semilla para una hectárea, siendo mayor cantidad si la semilla es grande y menor si es pequeña. Para variedades de gufa, en surcos trazados a 60 ó 70 centímetros, se siembra una semilla cada 15 centímetros; de esta manera, se necesitarán alrededor de 40 kilogramos de semilla para sembrar una hectárea.

Fertilización.

En México, la mayor parte de los suelos son ricos en potasio, pero tienen deficiencias en nitrógeno y fósforo, por lo que si se quieren lograr buenos rendimientos, se hace necesaria la aplicación de estos elementos. Sobre este aspecto, se ha encontrado que en la mayor parte de los suelos el frijol responde positivamente a la aplicación de la dosis 40-40-00 -- (NPK) al momento de la siembra, la cual se puede obtener de las siguientes formas:

- a) 200 Kg. de sulfato de amonio con 200 Kg. de superfosfato simple de calcio.
- b) 120 Kg. de nitrato de amonio mezclados con 90 Kg. de superfosfato triple de calcio.
- c) Si se dispone de estiércol, aplicar alrededor de 5 Ton./Ha. al voleo antes de la siembra o a un lado de la semilla en el momento de la siembra.

Sin embargo, como no se pueden generalizar las recomendaciones sobre este aspecto, se señalan algunas basadas en datos obtenidos por técnicos del Departamento de Suelos del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA).

En la zona temporalera, cuya precipitación pluvial va de -- 300 a 500 milímetros anuales, donde predominan los suelos rojizos y café obscuro con texturas pesadas, deficientes en materia orgánica y nitrógeno y con un regular abastecimiento de fósforo aprovechable y satisfactorios contenidos de potasio asimilable, es conveniente fertilizar el frijol con la dosis 40-50-00. Esta aplicación propicia un aumento medio de rendimiento unitario de grano de 0.3 toneladas por hectárea.

En las zonas temporaleras, con precipitación pluvial de 400- a 600 milímetros anuales, donde predominan los suelos de texturas pesadas, deficientes en materia orgánica y nitrógeno, con regular contenido de fósforo aprovechable y bien provistos de potasio asimilable, es ventajoso fertilizar el frijol con la dosis 40-60-00, la cual induce un aumento de rendimiento de grano de 0.4 toneladas por hectárea.

En las zonas temporaleras, con precipitación pluvial de 400- a 600 milímetros anuales, donde predominan los suelos café-rojizos que presentan deficiencias de materia orgánica y nitrógeno, con regular contenido de fósforo aprovechable y -- contenido satisfactorio de potasio disponible, es conveniente fertilizar el cultivo de frijol con la dosis 30-60-00. Con este tratamiento es posible obtener un aumento promedio de rendimiento de 0.35 toneladas por hectárea.

Se recomienda depositar el fertilizante en el fondo del surco, para posteriormente tapanlo con una capa de tierra de tal manera que no vaya a quedar en contacto directo con la semilla y la dañe al sembrarla.

La inoculación de la semilla con los productos llamados inoculantes no ha aportado una respuesta positiva o ha incre--

mentado los rendimientos en forma notable. Por esta razón - no se pone énfasis en su recomendación, aunque su uso no -- perjudica.

La periodicidad de riegos depende del tipo de suelo, así como la presencia de lluvias.

Labores de Cultivo.

El cultivo debe mantenerse libre de malas hierbas por lo menos durante los primeros 40 días de la emergencia, pasando -- una cultivadora o deshierbando con azadón. Los estudios al respecto han mostrado que los mayores daños que sufre el frijol por competencia con las malezas ocurren en los primeros -- 30 ó 40 días del desarrollo de la planta. También se pueden aplicar herbicidas preemergentes como el Dinitro, a razón de 4 litros por hectárea en aplicaciones en banda y 8 litros -- por hectárea en aplicaciones totales. Estas cantidades generalmente se disuelven en 200 l. de agua. Es importante -- evitar las aplicaciones cuando el frijol ya haya brotado por que puede ocasionarle daños.

Cosecha.

La cosecha debe realizarse cuando las vainas hayan madurado, un poco antes de que las plantas se sequen totalmente para no exponerse al desgrane o a dañar la semilla durante la trilla. Si ocurren lluvias durante la cosecha, es conveniente -- cortar las plantas y llevarlas a un lugar donde queden protegidas del agua para evitar el manchado de la semilla.

Trilla.

Esta labor debe hacerse cuando las vainas estén secas, usando una máquina trilladora. Cuando se trate de cantidades pequeñas, la operación puede hacerse llevando el frijol a un lugar limpio y apisonado, donde se pueda "varear" o pasar un tractor. Para separar la semilla de la paja fina, se puede -- hacer uso de las corrientes de aire del lugar.

MÉTODOS ANALÍTICOS.

Debido a la gran importancia que tienen los suelos para la agricultura, es necesario conocer su composición, mediante el análisis químico.

Los análisis que se practican para clasificar un suelo y poder aconsejar qué tipo de nutrientes necesita para un cultivo específico, se describirán a continuación.

Los métodos que se practican en el laboratorio para análisis de suelos están divididos en dos partes: análisis físicos y análisis químicos.

Análisis físicos y fisicoquímicos - se determinan color en seco y en húmedo; pH, análisis mecánico y densidad aparente.

Análisis químicos - capacidad de intercambio catiónico total (C.I.C.T.); cationes intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+); porcentaje de materia orgánica, fósforo y sales solubles (Ca^{++} , Na^+ , K^+ , SO_4^{--} , HCO_3^- y Cl^-).

La muestra de suelo cuando se recibe se pone a secar a temperatura ambiente, se muele y se pasa a través de un tamiz No. 100 (0.149mm ó 0.0059in). De ahí se toma para los diferentes análisis que se mencionarán a continuación.

ANALISIS MECANICO.

La determinación del porcentaje de arena, limo y arcilla, es a lo que se llama análisis mecánico. Hay varios métodos para hacer un análisis mecánico, pero solamente dos han sido los más comúnmente aceptados. El método de la "Pipeta de -- Robinson" y el método del "densímetro de Bouyoucos". Ambos métodos se basan en la proporción diferencial de asentamiento de las partículas del suelo en el agua.

En el método de Bouyoucos, la cantidad de partículas en suspensión es determinada, usando el hidrómetro para medir la densidad de la suspensión. En el método de la pipeta, una porción de la suspensión es sacada con una pipeta, luego evaporada y la cantidad de material del suelo se determina por pesada.

El método que más se usa para determinar la textura de un suelo es el de Bouyoucos y a continuación lo describiremos:

Método de Bouyoucos.

APARATOS

Agitador eléctrico

Densímetro de Bouyoucos, graduado de 0-60.

REACTIVOS

a) Solución de silicato de sodio.

Pesar 50 gramos, colocarlos en una probeta de 1000 ml. agregar agua hasta disolverlo, aforar a un litro, tomar la densidad con el densímetro, la cual debe ser de 36°; si es menor se agrega más silicato, si es mayor se añade más agua.

b) Solución saturada de oxalato de sodio

Pesar 37 g. de oxalato de sodio, disolverlo en agua y aforar un litro.

PROCEDIMIENTO

Para suelos no salinos, para suelos con un contenido de materia orgánica inferior a 3%; para suelos que no sean ricos en yeso y/o carbonatos.

Pesar 50 g. de suelos, colocarlos en el vaso del agitador eléctrico, agregar 5 ml. de silicato de sodio y 5 ml. de oxalato de sodio más 100 ml. de agua, dejar reposar 25 min. Agitar durante 20 min. en caso de arcillas y de 5 a 10 min. en arenas y migajones arenosos, pasar la mezcla a una probeta Bouyoucos, colocar dentro del densímetro y aforar con agua a 1.130 cuando se pesan 50 g. y a 1.205 cuando se pesan 100 g. Se agita por un minuto por sucesivas inversiones y se determina el peso específico de la suspensión por medio del densímetro a los 40 seg. después (primera lectura). Se anota al mismo tiempo la temperatura de la solución, con el fin de corregir la dilatación debida a la temperatura ambiente.

La primera lectura del densímetro después de la corrección por temperatura, que es de 0.11 por cada grado que se separe de 20°C, sumando o restando según el caso, indica el porcentaje de limo y arcilla. La arena se sedimenta a los 40 seg.

La segunda lectura corregida por temperatura se realiza a las dos horas y representa el porcentaje de arcilla en suspensión. Se supone que todo el limo se ha sedimentado a las 2 horas.

COLOR. pH Y RESISTENCIA EN PASTA

Color en seco y en húmedo - Se efectúa su determinación con las tablas de Munsell, indicándose el color numéricamente.

pH. El pH del suelo está influenciado por la composición de los iones intercambiables, la naturaleza de los materiales de intercambio catiónico, composición y concentración de las sales solubles y la presencia o ausencia de yeso y carbonatos de metales alcalino térreos.

Su valor se determina en un potenciómetro con electrodos de calomel como referencia y de vidrio para la medición.

Se pesan 30 g. de suelo y se le agregan 30 ml. de agua destilada, se deja reposar 30 min. y se efectúa la medición.

Resistencia en pasta. La conductividad eléctrica ($R_e = \frac{1}{C_e}$) - se usa comúnmente para indicar la concentración total de componentes ionizados en las soluciones.

Está íntimamente relacionada con la suma de cationes (o aniones) que se determinan químicamente y en general tiene correlación estrecha con los sólidos totales disueltos.

EQUIPO

Puente de Wheatstone, corriente alterna apropiada para medición de conductividad.

Copa del departamento de suelos con electrodos.

Termómetro.

PROCEDIMIENTO

Se llena la copa con la pasta preparada saturando con agua - destilada la muestra del suelo y agitando con una espátula.- Se dan golpecitos para eliminar las burbujas de aire y nivelar al ras de la copa con una espátula, eliminando el exceso de pasta. En seguida se mide la resistencia a 60°F. Luego se convierte la resistencia a un porcentaje aproximado de sales (Tabla 2). Debido a que el porcentaje de saturación varía según la textura.

Cuando se encuentra una conductividad eléctrica mayor de 2 - milimhos, se procede a hacer el extracto de saturación y la determinación de las sales correspondientes.

TABLA 2. ESCALA DE SALINIDAD.

Conductividad específica del extracto de saturación del suelo, milimhos por centímetro				
0	2	4	8	16
No salinos	Muy ligeramente salinos	Moderadamente salinos	Fuertemente salinos	Muy fuertemente salinos
0	0.1	0.3	0.5	1
Tanto por ciento de sales en el extracto de saturación del suelo				

DENSIDAD APARENTE

Es la masa (peso) por unidad de volumen de suelo seco.

El volumen considerado incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso. Se mide en g/ml. en el sistema métrico.

PROCEDIMIENTO

Se pesan 10 g. de suelo seco y se colocan en una probeta - de 10 ml., se mide el volumen que ocupa y se hacen los cálculos con la fórmula de $d_{ap} = \frac{m}{V}$.

MATERIA ORGANICA

REACTIVOS

a) Sulfato ferroso 0.5 N.

Disolver 140 g. de sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) en agua, añadir 40 ml. de H_2SO_4 , enfriar y aforar a un litro con agua. Se estandariza este reactivo (cuando se use) con 5 ml. de dicromato de potasio - - - $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 1 N como se indica en seguida:

A 5 ml. de dicromato de potasio se le agregan 7.5 ml. de H_2SO_4 , se deja reposar 30 min., se agregan 100 ml. de agua, 2.5 ml. de H_3PO_4 y 0.5 ml. de difenilamina. Se titula con el sulfato ferroso gota a gota hasta que vire de violeta obscuro a verde. -- Los mililitros gastados de sulfato ferroso son el factor del propio sulfato ferroso que se utiliza en los cálculos.

b) Dicromato de potasio 1 N.

Pesar 49.04 gramos, disolver en agua y aforar a un litro.

c) Difetilamina al 1%

Pesar 1.09 g. de difetilamina y diluir con H_2SO_4 a 100 ml.

d) Acido fosfórico al 95%

Acido sulfúrico concentrado al 98%.

PROCEDIMIENTO

Pesar 0.500 g. (o menos si es rica en materia orgánica) de la muestra tamizada y transferir a un matraz Erlenmeyer de 300 ml. Añadir 5 ml. de dicromato de potasio, 7.5 ml. de ácido sulfúrico concentrado, agitar vigorosamente por un minuto, dejar reposar 30 min.

Añadir 100 ml. de agua, 2.5 ml. de ácido fosfórico y 0.5 ml. de difetilamina. Titular con el sulfato ferroso gota a gota hasta que vire de violeta obscuro a verde.

CALCULOS

$$\% MO = \frac{(ml FeSO_4 \text{ blanco} - ml FeSO_4 \text{ Muestra}) F \times 1.37}{2}$$

F = Factor del $FeSO_4$

CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO TOTAL

EQUIPO

Centrífuga

Tubos de 25 x 100 mm. de base redonda

Matraces Kjeldhal de 800 ml.

Agitador de vidrio

REACTIVOS

a) Solución de 1 N de acetato de amonio

A 300 ml. de agua destilada se agregan 57 ml. de ácido acético concentrado y luego 68 ml. de hidróxido de amonio concentrado, se diluye a un volumen de 1 litro y se ajusta al pH a 7, agregando más ácido acético o hidróxido de amonio.

b) Alcohol etílico al 95%

c) 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 llevar a un pH de 4.5 con NaOH o HCl.

d) HCl 0.1 N

A 8.02 ml. de ácido clorhídrico al 36%, agregar agua destilada hasta aforar a un litro. Determinar su normalidad.

e) Cloruro de sodio al 10%

Disolver 100 g. de NaCl en 750 ml. de agua destilada, llevar a un pH de 2.5 con HCl y aforar a un litro.

f) Oxido de magnesio U.S.P.**g) Acido bórico al 4%**

Pesar 40 g. de ácido bórico y disolver en 500 ml. de agua caliente, enfriar y aforar a un litro.

PROCEDIMIENTO

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

Se coloca la muestra en un tubo de ensaye de 25 x 100 mm., se agregan 25 ml. de solución de acetato de amonio 1 N, se agita y se deja reposar 30 min., se centrifuga a 2 000 rpm. hasta que el líquido esté claro, ésta generalmente necesita 5 ml.. Se decanta el líquido, filtrándose para determinaciones de Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+ .

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 magnesia calcinada 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 0.1 N.

Se reportan los resultados obtenidos en meq del elemento/100 g. de suelo.

DETERMINACION DE CATIONES INTERCAMBIABLES

CALCIO INTERCAMBIABLE

REACTIVOS

a) Solución precipitante.

Disuélvase 35 ml de hidróxido de amonio, 20 g de ácido cítrico, 20 g. de oxalato de amonio, 20 g. de cloruro de amonio, 100 g. de urea y 900 ml. de agua destilada. Mézclense perfectamente.

b) Hidróxido de amonio

c) Acido sulfúrico al 10%.

d) Permanganato de potasio 0.1 N.

Disolver 3.3 g. de KMnO_4 en agua destilada, hervir media hora, reposar 24 horas, filtrar a través de lana de vidrio y aforar a un litro con agua destilada hervida y enfriada. Guardar en frasco ámbar.

Valoración de la solución de KMnO_4 .

Se seca a la estufa, a 110°C oxalato de sodio R.A., durante una hora con objeto de eliminar la humedad.

PROCEDIMIENTO

Se toman 10 ml. de alícuota del extracto obtenido en la de-

terminación de capacidad de intercambio catiónico total. Se pasa a un vaso de precipitado de 250 ml, de preferencia de -- forma alta. Se añaden 10 ml. de solución precipitante y se pone a calentar, de suerte que tenga una ebullición ligera -- que se mantenga por espacio de una hora. Pasando este tiempo se retira del calor, se le agregan 5 gotas de amoniaco y se filtra inmediatamente por un filtro de poro medio de 9 cm. de diámetro. No debe prolongarse el calentamiento más de una hora, pues aumenta considerablemente el riesgo de contaminación con oxalato de magnesio. Se lava el vaso donde se hizo la -- precipitación 3 veces y 7 veces el precipitado en el filtro, -- siendo especialmente cuidadoso con lavar este último desde el borde. Para todos estos lavados debe usarse agua caliente.

Filtro y precipitado son regresados al vaso donde se hizo la precipitación. Se le agregan 10 ml. de H_2SO_4 en solución acuosa al 10% y se titula con $KMnO_4$ 0.1 hasta que la solución tome un color rosa permanente por 30 seg.

CALCULOS

$$\text{meq Ca} = \frac{\text{ml. KMnO}_4 \times N \times 1000}{\text{alícuota}}$$

MAGNESIO INTERCAMBIABLE

REACTIVOS

a) Indicador

Se incorpora 1 g. de azul negro de eriocromo B en 200 g. de NaCl, mediante una molienda muy cuidadosa.

b) Solución de EDTA 0.05 M., titulada contra solución tipo de zinc.

PROCEDIMIENTO

Se toma una alícuota de 10 ml. de extracto, obtenido en la capacidad de intercambio catiónico total. Se pasa a un matraz Erlenmeyer de 250 ml., se le agrega 5 ml. de NH_4OH concentrado y se titula con EDTA 0.05 M. usando como indicador-

azul negro de ericromo B. El vire será de rojo a azul si la solución inicial estaba incolora o de rojizo a verde esmeralda si estaba amarilla.

CALCULOS

$$\text{meq Ca} + \text{Mg} = \frac{\text{ml EDTA} \times \text{M} \times 1000}{\text{alícuota}}$$

$$\text{meq Mg} = \text{meq Ca} + \text{Mg} - \text{meq Ca}$$

DETERMINACION DE SODIO INTERCAMBIABLE POR FLAMOMETRIA

REACTIVOS

Solución de Na_2SO_4 conteniendo 229.1 mg. de la sal previamente secada a 500°C por una hora más 8 ml. de HClO_4 por litro de solución.

PROCEDIMIENTO

Se toma una alícuota de 5 ml. Se pasa a un matraz aforado de 50 ml. y se afora con agua destilada. Se mezcla perfectamente y se introduce en el atomizador de un flamómetro -- provisto de un filtro de interferencia para sodio y se determina el valor de la emisividad de la llama. El 0 del aparato se ajusta con agua destilada y el 100 con una solución de Na_2SO_4 conteniendo 229.1 mg. de sal previamente secada a 500°C y 8 ml. de HClO_4 por litro de solución.

Se prepara una gráfica normal que tenga un rango de Na_2O en ppm de 0 a 100 ppm.

DETERMINACION DE POTASIO INTERCAMBIABLE POR FLAMOMETRIA

Se utiliza la misma alícuota que para sodio.

La solución se introduce en el atomizador de un flamofotómetro provisto de un filtro para potasio. La emisividad de la llama se mide. El ajuste previo del 0 del aparato se hace con agua destilada y el 100 con una solución de K_2SO_4 conte-

niendo 185.0 mg. de sal previamente secada y 8 ml. de HClO_4 por litro de solución.

DETERMINACION DE FOSFORO

Para la determinación de fósforo se utilizan dos métodos: - el método de Olsen para suelos alcalinos y el método de Bray Kurtz para suelos ácidos.

Estas determinaciones se efectúan en un colorímetro.

Método de Olsen

- a) Bicarbonato de sodio 0.1 M.

Pesar 42 g. por litro ajustando a un pH de 8.5 con - NaOH.

- b) Acido Cloromolibdico

Pesar 15 g. de molibdato de amonio y disolver en 300 ml. de agua destilada, calentar cerca de 45°C, filtrar para quitar cualquier sedimento. Esta solución se enfría y se añaden 350 ml. de HCl 10 N lentamente y agitando rápidamente y aforar a un litro. Esta solución debe renovarse cada dos meses.

- c) Acido cloroestano

Disolver 25 g. de cloruro estano en 50 ml. de HCl concentrado. La solución se lleva a 500 ml. con - - agua destilada para quedar 0.2 M aproximadamente de SnCl_2 .

PROCEDIMIENTO

A 2 g. de suelo se agregan 20 ml. de solución de bicarbonato de sodio, agregar carbón activado (una espátula chica),

agitar y dejar reposar 30 min. Filtrar a través de un papel filtro Whatman N° 40. Si el filtrado no es claro, se agrega más carbón activado y se vuelve a filtrar.

Se toman 4 ml. de filtrado y se colocan en un tubo de ensaye Pyrex, se agrega HCl, gota a gota hasta que no haya desprendimiento de CO_2 y se agita. Se agrega 1 ml. de ácido cloromolibdico, se agita y se añade 0.1 ml. de ácido cloroestano-so y se lee la concentración con un filtro de 640 m μ .

ppm: P = ppm testigo x lectura problema

Solución estándar de fósforo

Pesar 0.0439 g. de KH_2PO_4 , disolver en agua destilada y aforaraun litro. Esta solución contiene 10 ppm de fósforo. -- De aquí se toman alícuotas para hacer la curva de fósforo.

Método de Bray-Kurtz

REACTIVOS

a) Solución de NH_4F 0.03 N en HCl 0.25 N

b) Acido cloromolibdico

Se prepara igual que en el método de Olsen

c) Acido Cloroestano-so

Disolver 10 g. de SnCl_2 en 25 ml. de ácido clorhídrico, se guarda en frasco ámbar. Para trabajar diariamente se toma 1 ml. y se diluye a 330 ml. con agua destilada.

PROCEDIMIENTO

Pesar 2 g. de suelo, agregar 20 ml. de la solución de cloruro de amonio con agitación de 1 min. Se filtra usando papel Whatman N° 42, del filtrado se toma una alícuota de 2 ml., agregar 5 ml. de agua destilada, 2 ml. de ácido cromolibdico, agitar e inmediatamente agregar

1 ml. de ácido cloroestano. Agitar y leer después de 5 a 6 min. y no después de 20 min., en un filtro de 660 m μ .

Se hace una serie de patrones de 0.25 ppm a 2.5 ppm de la solución tipo de fósforo de 10 ppm, además de un blanco y se procede a trazar la curva patrón.

DETERMINACION DE SALES SOLUBLES

EQUIPO

Vasos de polietileno con capacidad de 500 ml.

Puente de Wheatstone ya descrito en la determinación de resistencia en pasta

Embudos Büchner

Papel filtro Whatman N° 40

Bomba de vacío

Tubos de ensaye de 20 x 150 mm.

Celda de conductividad, ya sea de pipeta o de inmersión con electrodos platinados de platino. La constante de la celda deberá ser la recíproca de 1 cm.

PROCEDIMIENTO

Se prepara la pasta saturada del suelo, agregando agua destilada a 225 g. de suelo y agitando con una espátula. De vez en cuando la muestra debe consolidarse golpeando el recipiente con cuidado sobre la mesa de trabajo. Al saturarse la -- pasta, brilla por la reflexión de la luz, fluye ligeramente si se inclina el recipiente y la pasta se desliza fácilmente de la espátula, excepto en el caso de suelos con alto conte-

nido de arcilla. Después de mezclarse debe dejarse reposar la muestra durante una hora y toda la noche en el caso de suelos altamente arcillosos y comprobar el criterio de saturación.

La pasta no debe acumular agua, en la superficie, perder su brillo o endurecerse durante el reposo. Si ha perdido brillo o se ha endurecido, es necesario mezclar nuevamente agregando agua.

Debido a que los suelos se vuelven lodosos más rápidamente cuando se les trabaja cerca de su capacidad de campo, se debe agregar suficientemente agua para casi saturar la muestra. Si la pasta es demasiado húmeda se agrega suelo seco.

La cantidad de suelo que se requiere depende del volumen de extracto deseado. Una muestra de 225 g. es fácil de manejar y proporciona suficiente extracto.

Si se van a preparar pastas saturadas de un grupo de suelos con textura uniforme, se puede ahorrar mucho tiempo determinando para una muestra representativa su porcentaje de saturación en la forma usual. Las otras muestras se pueden saturar agregando determinada cantidad de agua a pesos de suelos conocidos.

Se requieren precauciones especiales en caso de turberas y suelos de textura muy fina o muy gruesa.

Generalmente después del primer humedecimiento pierden brillo y se endurecen después de dejarlos en reposo.

Al agregar agua y mezclar nuevamente, la mezcla conserva las características de una pasta saturada.

Para que los suelos de textura muy fina no se vuelvan muy lodosos y se logre un buen punto de saturación, es aconsejable agregar el agua agitando el suelo lo menos posible, especialmente al principio del humedecimiento.

La pasta saturada se coloca en un embudo Büchner con papel filtro y se aplica vacfo. El extracto se recibe en un tubo de ensaye. Si el filtrado es turbio se puede decantar o pasar nuevamente al suelo. La extracción al vacfo debe terminarse cuando empieza a pasar aire por el filtro. Si se van a determinar carbonatos o bicarbonatos en el extracto, se debe agregar una solución que contenga 1000 ppm de hexametafosfato de sodio en la proporción de 1 gota por cada 25 ml. de extracto antes de taparse y guardarse. Esto sirve para evitar la precipitación de carbonato de calcio durante el reposo.

Para evaluar la salinidad, en la mayor parte de los casos la extracción se puede hacer poco después de preparar la muestra saturada. En caso de que el suelo contenga yeso, la conductividad puede aumentar de 1 a 2 mmhos. durante el reposo.

Se lee la temperatura del extracto, se enjuaga y se llena la celda de conductividad. Se ajusta la temperatura. Se cierra el switch de contacto para la celda brevemente, mientras que equilibra el indicador principal del puente. La conductividad se lee y se anota en mmhos. por centímetro a 25°C.

DETERMINACION DE CATIONES Y ANIONES SOLUBLES EN EL EXTRACTO DE SATURACION

1. Sodio, potasio, calcio y magnesio.

Se cuantifican en igual forma que los intercambiables y se reportan en meq/l.

2. Carbonatos y bicarbonatos.

REACTIVOS

a) Fenolftalefna al 1% en etanol al 60%.

b) Anaranjado de metilo al 0.01%.

c) Acido Clorhídrico 0.01 N

Se miden aproximadamente 4.25 ml. de HCl concentrado y se afora a un litro con agua destilada y se determina su factor de normalidad.

PROCEDIMIENTO

Se toma una alícuota del extracto de saturación del suelo con agua, se agrega una gota de fenolftaleína, si la solución toma un color rosa, se agrega HCl 0.01N gota a gota, usando una microbureta de 2 ml. hasta que desaparezca el color.

Esta lectura se designa como A, se agregan 2 gotas de anaranjado de metilo y se titula hasta la primera coloración canela, esta nueva lectura se designa como B.

CALCULOS

$$\text{meq/l. CO}_3^{2-} = \frac{2A \times N \times 1000}{\text{ml. de alícuota}}$$

$$\text{meq/l HCO}_3^{-} = \frac{(B - 2A) \times N \times 1000}{\text{ml. alícuota}}$$

N = Normalidad del ácido clorhídrico

3. Cloruros

Titulación con nitrato de plata.

REACTIVOS

- a) Solución de cromato de potasio al 5%.

Se disuelven 5 g. de cromato de potasio en 50 ml. de agua y se agrega gota a gota AgNO_3 1 N hasta que se produzca un precipitado estable ligeramente rojo. - Filtrese y dilúyase a 100 ml.

- b) Solución de nitrato de plata 0.005 N

Se disuelven 0.08495 g. de nitrato de plata en un litro de agua destilada y se guarda en frasco ámbar.

PROCEDIMIENTO

Se toma una alícuota de 1 ml. en un matraz Erlenmeyer de 125 ml. y se agregan 4 gotas de cromato de potasio, agitar y titular gota a gota con nitrato de plata hasta un color rojizo que sea estable.

Se hace una prueba en blanco.

$$\text{meq/l Cl}^- = \frac{\text{ml AgNO}_3 - \text{ml AgNO}_3 \text{ testigo} \times 0.005 \times 1000}{\text{Alícuota}}$$

4) Sulfatos

Precipitación con cloruro de bario.

REACTIVOS

a) Acido clorhídrico 1 N

b) Cloruro de bario al 20%

Se disuelven 20 g. de cloruro de bario en 100 ml. de agua destilada.

c) Sulfato de sodio 10 meq/l.

Se pesan 0.35515 g. de sulfato de sodio y se colocan en un matraz de un litro y se afora con agua destilada.

PROCEDIMIENTO

Tomar una alícuota del extracto de saturación con agua, agregar 1 ml. de la solución de cloruro de bario al 20% y 1 ml. de HCl 1 N, y llevar a 5 ml. con agua destilada, leer en filtro de 445 m μ antes de 5 min. para evitar que flocule el precipitado de sulfato de bario.

La concentración de sulfatos se determina por interpolación en la gráfica que se hace, tomando distintas alícuotas de la solución tipo de sulfato de sodio, agregando los mismos reactivos que para los problemas.

$$\text{meq/l SO}_4^{=} = \frac{\text{meq/l de la gráfica} \times 1000}{\text{ml alícuota}}$$

Nota: En caso de haber gran concentración de $\text{SO}_4^{=}$ hacer la dilución conveniente.

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.

La investigación llevada a cabo sobre el frijol, fuente -- principal de la alimentación del pueblo mexicano, confirma la importancia que tiene para nuestro País la tecnificación de este cultivo, con el objetivo primario de aumentar su -- producción mediante un incremento en los rendimientos unita -- rios en las áreas de cultivo que ecológicamente resultan -- más propicias en el territorio nacional.

La SARH, a través de sus Programas de Extensionismo Agríco -- la, permite hacer llegar al campesino las enseñanzas bási -- cas relativas a los métodos más adecuados al cultivo, inclu -- yendo los diversos sistemas de riego, la preparación y ni -- velación de las tierras y la selección más adecuada de las -- semillas, en función de las características de climas impe -- rantes en las diversas regiones en que tradicionalmente se -- cultiva el frijol, así como el aspecto muy importante de la -- fertilización de los suelos, de acuerdo con sus caracterís -- ticas fisicoquímicas, amén de insecticidas. Estas enseñan -- zas permitirán elevar el nivel de capacitación de los agri -- cultores al permitirles el acceso a las tecnologías más -- avanzadas que la agronomía tecnificada utiliza como resulta -- do de la aplicación de la química y ciencias afines. En es -- ta forma, además de incrementar el rendimiento por hectá -- rea en los cultivos, se tendrá el beneficio de mejorar las -- condiciones económicas y sociales de los campesinos, permi -- tiéndoles obtener producción de frijol no solamente para el -- autoconsumo, sino para disponer de excedentes que contribu -- yan a la alimentación del resto de la población.

La investigación realizada confirma además, la utilidad de -- la aplicación de métodos científicos para el estudio de los -- suelos dedicados específicamente al cultivo del frijol en -- la República Mexicana.

Como resultado de todo lo anterior, se pueden formular las siguientes

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Para cada una de las especies y variedades de producción vegetal hay requisitos específicos, dependientes del agua, del clima y del suelo, a fin de que las plantas germinen en las condiciones más favorables.
2. La agronomía tecnificada permite definir en cada caso, las condiciones óptimas que se requieren para obtener los máximos rendimientos en las cosechas, bien sea en áreas temporaleras o en Distritos de Riego.
3. La aplicación de las ciencias químicas resulta indispensable para la agricultura intensiva. El estudio de la composición de los suelos, plaguicidas, fungicidas, herbicidas y semillas mejoradas son el resultado de avances logrados por la química y la bioquímica para aprovechar y mejorar las condiciones del medio ambiente prevaeciente en las zonas de cultivo.
4. El trabajo interdisciplinario en los programas de producción agrícola requiere de la química para diagnosticar el potencial y los medios de apoyo requeridos para mejorar los cultivos e incrementar los rendimientos unitarios.
5. Mediante la aplicación de la química y sus tecnologías asociadas, resulta factible determinar las característi

cas fisicoquímicas de los suelos agrícolas, con base en las cuales y en forma racional, pueden determinarse sus requerimientos de nutrientes, a fin de propiciar el desarrollo de los cultivos.

6. Con respecto a la deficiencia de los principales nutrientes para el cultivo del frijol, a continuación se presenta un resumen de los suelos en donde se detecta con mayor frecuencia, así como los síntomas que manifiesta la planta, los correctivos químicos recomendados y métodos de aplicación.

MACRONUTRIENTES

NUTRIENTE	TIPO DE SUELO EN QUE SE PRESENTA CON MAYOR FRECUENCIA	SINTOMAS	CORRECTIVO	METODO DE APLICACION
Nitrógeno	Suelos con bajo contenido de materia orgánica. Suelos ácidos	Las hojas bajas de la planta, toman un color verde pálido y eventualmente se amarillean.	Fertilizantes nitrogenados. Estiércol animal y abono verde.	En bandas al momento o poco después de la siembra. Incorporación.
Fósforo	Campo cerrado Oxisoles Ultisoles Andosoles	Reduce la floración y afecta la maduración. Plantas raquíticas con pocas ramas.	Fertilizantes fosforados (superfosfato triple, superfosfato simple). Roca fosfórica o escoria básica.	En bandas Eparcir al voleo e incorporar en el suelo.
Potasio	Oxisoles y ultisoles de poca fertilidad. Suelos con alto contenido de Ca y Mg	Amarillamiento y necrosis de los ápices y márgenes foliares.	50-100 Kg/ha de potasa (K ₂ O) en forma de KCl o K ₂ SO ₄ .	En bandas al momento de la siembra.
Calcio	Suelos ácidos	Plantas pequeñas y el desarrollo radical disminuye notablemente.	Cal calcítica o dolomítica. Óxido de calcio Hidróxido de Calcio	Incorporación a bastante profundidad.
Magnesio	Suelos ácidos de poca fertilidad, con bajo contenido de bases. Suelos de cenizas volcánicas con niveles relativamente altos de Ca y K	Clorosis interanal y necrosis.	10-20 Kg/ha de Mg, en forma de cal dolomítica, Óxido de Mg o MgSO ₄ . Solución al 1: de MgSO ₄ .	Eparcir al voleo e incorporar en el suelo. En bandas Aplicación foliar.
Azufre	Oxisoles y ultisoles de poca fertilidad.	Amarillamiento uniforme de las hojas superiores.	10-20 Kg/ha de S elemental. Fertilizantes azufrados (sulfato de amonio, superfosfato simple, K ₂ SO ₄).	Fertilización simultánea con nitrógeno

MICRONUTRIENTES

NUTRIENTE	TIPO DE SUELO EN QUE SE PRESENTA CON MAYOR FRECUENCIA	SINTOMAS	CORRECTIVO	METODO DE APLICACION
BORO	Suelos de textura tosca, con un bajo contenido de materia orgánica y niveles altos de Al e hidróxido de hierro. Suelos aluviales con un pH alto.	Plantas con tallos gruesos y hojas -- con manchas amarillas necróticas	1-2 Kg/ha de boro en forma de bórax o cualquier borato sódico	Aplicación al momento de la siembra.
COBRE	Terrenos pantanosos. Suelos muy arenosos.	Plantas raquíticas con entrenudos cortos y las hojas jóvenes se tornan -- grises o verde azules.	5-10 Kg/ha de Cu en forma de sulfato de Cu. $CuSO_4$ (0.1%)	Aplicación al suelo Aplicación foliar.
HIERRO	Suelos orgánicos o minerales con un pH alto	Hojas superiores -- levemente amarillas o blancas, -- con las nervaduras inicialmente verdes.	EDTA	Aplicación al suelo
MANGANESO	Suelos orgánicos Suelos minerales con un pH alto. Suelos ácidos sumamente encañados	Plantas raquíticas con hojas superiores de color amarillo oro en las -- áreas entre las venillas, dando la -- apariencia de moteado.	5-10 Kg/ha de Mn en forma de sulfato de Mn u óxido manganoso. Quelatos de Mn.	Aplicación al suelo Aplicación foliar.
ZINC	Suelos con un pH alto Suelos ácidos que han -- recibido altas cantidades de cal y/o fósforo.	Amarillamiento intervenal de las hojas que posteriormente pueden llegar a convertirse en manchas necróticas	5-10 Kg/ha de Zn en forma de sulfato de Zn. Sulfato de Zn 0.3 -0.5%.	Aplicación al suelo manualmente. Aplicación foliar.

7. Las condiciones más adecuadas de los suelos destinados al cultivo del frijol son las siguientes:

pH:

4.5 - 8

Conductividad eléctrica: Menor o igual a 1 mmho/cm

Fósforo: Menor de 250 ppm de P_2O_5

Materia Orgánica: Mayor de 1%

Textura: Areno-arcillosa

MICRONUTRIENTES

NUTRIENTE	TIPO DE SUELO EN QUE SE PRESENTA CON MAYOR FRECUENCIA	SINTOMAS	CORRECTIVO	METODO DE APLICACION
BORO	Suelos de textura tosca, con un bajo contenido de materia orgánica y niveles altos de Al e hidróxido de hierro. Suelos aluviales con un pH alto.	Plantas con tallos gruesos y hojas -- con manchas amarillas necróticas	1-2 Kg/ha de boro en forma de bórax o cualquier boroato sódico	Aplicación al momento de la siembra.
COBRE	Terrenos pantanosos. Suelos muy arenosos.	Plantas raquíticas con entrenudos cortos y las hojas <u>jó</u> venas se tornan -- grises o verde azu <u>losas</u> .	5-10 Kg/ha de Cu en forma de sulfato de Cu. CuSO (0.1%)	Aplicación al suelo Aplicación foliar.
NIERRO	Suelos orgánicos o minerales con un pH alto	Hojas superiores -- levemente amarillas o blancas. -- con las nervaduras inicialmente verdes.	EDTA	Aplicación al suelo
MANGANESO	Suelos orgánicos Suelos minerales con un pH alto. Suelos ácidos sumamente encalados	Plantas raquíticas con hojas superiores de color amarillo oro en las -- áreas entre las venillas, dando la -- apariencia de moteado.	5-10 Kg/ha de Mn en forma de sulfato de Mn u óxido-manganoso. Quelatos de Mn.	Aplicación al suelo Aplicación foliar.
ZINC	Suelos con un pH alto Suelos ácidos que han recibido altas cantidades de cal y/o fósforo.	Amarillamiento intervenal de las hojas que posteriormente pueden llegar a convertirse en manchas necróticas	5-10 Kg/ha de Zn en forma de sulfato de Zn. Sulfato de Zn 0.3 -0.5%.	Aplicación al suelo manualmente. Aplicación foliar.

7. Las condiciones más adecuadas de los suelos destinados al cultivo del frijol son las siguientes:

- pH: 4.5 - 8
- Conductividad eléctrica: Menor o igual a 1 mmho/cm
- Fósforo: Menor de 250 ppm de P_2O_5
- Materia Orgánica: Mayor de 1%
- Textura: Areno-arcillosa

RECOMENDACION

UNICA. Para incrementar la producción de frijol, fuente principal de la alimentación del pueblo mexicano, se recomienda propiciar al máximo los planes de extensión agrícola, mediante los cuales será posible transmitir a los agricultores las técnicas más avanzadas de la agronomía, en lo referente a los sistemas más adecuados para la preparación de las tierras, los métodos de riego más eficientes en los Distritos de Riego, la fertilización requerida para aportar a los suelos los nutrientes que compensen sus deficiencias naturales, las semillas adecuadas, así como la aplicación correcta de fungicidas y pesticidas.

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

ALBAREDA, H.J.M. Y HOYOS DE CASTRO, A.
Edafología
Ed. Saeta
Madrid, 1955.

AUMENTE SUS RENDIMIENTOS DE FRIJOL
S.A.G. INIA
Circular CIAS N° 5
México, 1966.

BERGER, K.C.
Introductory Soils
The MacMillan Company
New York, 1965.

BRIAN, F.B.
Crop Production: Cereals and Legumes
Academic Press
London and New York, 1971.

BUCKMAN, H.O.
Naturaleza y Propiedades de los Suelos
Montaner y Simon, S.A.
Barcelona, 1977.

CLARKE, G.R.
The Study of the Soil in the Field
4th. Ec. Oxford
Clarendon Press
England, 1957.

CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO DEL FRIJOL
(PHASEOLUS) EN MEXICO
Engleman, Mark (Editor)
Colegio de Posgraduados
Chapingo, México, 1979.

DONAHUE, R.L.
 Soils an Introduction to Soils and Plant Growth
 2nd. Edition
 Prentice-Hall, Inc.
 Englewood Cliffs, New Jersey, 1965.

**EL CULTIVO DEL FRIJOL EN EL ALTIPLANO
 DEL ESTADO DE JALISCO**
 Secretaría de Agricultura y Ganadería
 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
 Circular N° 53
 México, 1974.

**EL CULTIVO DEL FRIJOL EN LA COMARCA LAGUNERA
 SAG. INIA. CIANE.**
 México, 1974.

EL CULTIVO DEL FRIJOL EN EL ESTADO DE CHIHUAHUA
 Circular CIANE N° 57
 México, 1974.

EL CULTIVO DEL FRIJOL EN LA MESA CENTRAL
 Secretaría de Agricultura y Ganadería
 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
 Circular CIAMEC N° 41
 México, 1973.

FRIJOL. SU CULTIVO EN MEXICO
 Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. SARH.
 Folleto de Divulgación N° 53
 México, 1977.

GUACHER, G.
 Traité de Pédologie Agricole
 Le Sol et ses Caractéristiques Agronomiques
 Dunod, Paris, 1968.

JACKSON, M.L.
 Análisis Químico de Suelos
 Ediciones Omega, S.A.
 Barcelona, 1964.

LEPIZ, I.R.
 Programa Nacional de Frijol
 Plan de Investigación
 INIA, SARH.
 México, 1980.

MANUAL DE LEVANTAMIENTO DE SUELOS
 Departamento de Agricultura
 Manual USDA N° 18
 Caracas, 1965.

MELA MELA, P.
Tratado de Edafología
2a. Edición
Ed. Agrociencia
Zaragoza, España, 1963.

**NEGRO PUEBLA, NUEVA VARIEDAD DE FRIJOL
PARA EL VALLE DE MEXICO**
S.A.R.H.
Circular CIAMEC N° 83
Chapingo, México, 1979.

OROZCO, D.F.
Análisis Químico Cuantitativo
10a. Edición
Editorial Porrúa, S.A.
México, 1978.

ORTIZ-VILLANUEVA
Edafología
Ed. de la Escuela Nacional de Agricultura
Chapingo, México, 1975.

PRIMO, Y.E. Y CARRASCO, D.J.M.
Química Agrícola
Vol. I
Ad. Alhambra, S.A.
Madrid, 1973.

PROBLEMAS DE PRODUCCION DEL FRIJOL
Centro Internacional de Agricultura Tropical
Cali, Colombia, 1980.

RICH, C.I. AND KUNZE, G.W.
Soil Clay Mineralogy. A Symposium
The University of North Caroline Press
Chapel Hill, 1964.

ROBLES, S.R.
Producción de Granos y Forrajes
3a. Edición
Ed. Limusa
México, 1982.

SCHERY, R.W.
Plants for Man
George Allen and Unwind LTD
London

VANDERFORD, H.B.
Soils and Land Use
Vulcan Press
Alabama, 1950.

VOGEL, A.
Química Analítica Cuantitativa
Editorial Kapelusz
Buenos Aires, Argentina, 1974.

WAGUET, P.
Pédologie Appliquée à l'Agriculture
La Maison Rustique
Paris, 1965.

WILLARD, L.
Chemical Equilibria in Soils
John Wiley and Sons, Inc.
New York, 1979.