

30201



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

ESTUDIO DEL SUELO PARA EL CULTIVO DE CEBADA EN LA REPUBLICA MEXICANA

Trabajo Monográfico de Actualización

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE;
Q U I M I C O
P R E S E N T A ;

MARIA JUDITH ORTEGA GONZALEZ

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1990



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.

INDICE

INTRODUCCION	1
--------------	---

GENERALIDADES DE LA CEBADA

1.1	Morfología y anatomía de la planta	5
1.2	Clasificación	7
1.3	Estructura	8
1.4	Composición química del grano	11
1.5	Variedades	12
1.6	Zonas de cultivo	15
1.7	Condiciones necesarias para un buen cultivo	18
1.8	Formas de consumo	21
1.9	Condiciones del suelo para el cultivo de cebada	24
1.10	Control de malas hierbas y plagas	29
1.11	Enfermedades de la cebada	30
1.12	Cosecha de cebada	34

EL SUELO Y SUS PROPIEDADES

2.1	Características	36
2.2	Origen del suelo	37

PROPIEDADES FISICAS

3.1	Textura	42
3.2	Estructura	47
3.3	Densidad del suelo	48
3.4	Consistencia	50
3.5	Color y Temperatura	50
3.6	El agua del suelo	52

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

4.1	Compuestos coloidales del suelo	55
4.2	Compuestos coloidales inorgánicos	56
4.3	Compuestos coloidales orgánicos	57
4.4	Intercambio catiónico	58
4.5	Intercambio Aniónico	58
4.6	pH del suelo	59
4.7	Suelos ácidos	60
4.8	Suelos alcalinos	63
4.9	Salinidad en el suelo	65

MATERIA ORGANICA	68
------------------	----

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS VEGETALES

5.1	Manera de como las plantas obtienen sus alimentos	73
5.2	Efectos fisiológicos de los nutrientes esenciales	76

METODOS ANALITICOS

6.1	Como preparar la muestra del suelo para el análisis	82
6.2	Análisis Mécanico	84
6.3	Color y Densidad aparente del suelo	87
6.4	Determinación del pH	88
6.5	Contenido de materia orgánica	90
6.6	Capacidad de intercambio catiónico	93
6.7	Determinación de calcio y magnesio intercambiable	96
6.8	Determinación de sodio y potasio	99
6.9	Determinación de fósforo	103
6.10	Determinación de sales solubles	108
6.11	Determinación de aniones solubles	111

INTRODUCCION

En la actualidad, la alimentación es uno de los problemas mundiales -- que afrontan los habitantes del planeta. Los gobiernos no solo se preocupan de que se tengan los alimentos necesarios, sino que estos alimentos sean lo más nutritivos posibles, para que la población mantenga una alimentación balanceada, que contenga la mayoría de los requerimientos nutricionales que el organismo humano necesita para tener una vida sana.

Sin embargo, se estima que aproximadamente el 10% de la población mundial tiene hambre y un gran porcentaje está mal nutrida. Esto es el resultado de algún modo, de las condiciones políticas y socioeconómicas que -- prevalecen en los diferentes países, combinado con la falta de recursos en -- productividad de la tierra.

La producción de alimentos, para satisfacer las necesidades alimenticias, es la principal función de la agricultura en México. Sin embargo, la agricultura tropieza con varios obstáculos para desarrollarse a toda su capacidad y para cumplir la demanda de productos agrícolas que exige el crecimiento actual de la población.

México es un país montañoso, lo que significa que la mayoría de las tierras agrícolas, se encuentran situadas en pendientes, lo que hace que estén expuestas a los efectos de la erosión, además no tiene la posibilidad de contar con algún sistema de riego, en el caso de que las lluvias de temporal no sean constantes. Esto es uno de los problemas que aqueja a nuestro País, la falta de irrigación en los terrenos, para mantener la humedad necesaria durante el tiempo de cultivo.

El País no cuenta con sistemas adecuados de corrientes fluviales, la mayoría de los ríos son casi cortos y forman corrientes torrenciales difícilmente aprovechables para fines agrícolas.

Las características del suelo y la falta de afluentes de riego, exigen obras de riego, pero como estas obras son muy costosas, nuestro País utiliza por lo general, lluvias de temporal para poder suministrar a los plantíos el agua necesaria para su desarrollo.

México cuenta con una gran variedad de cultivos, esto es reflejo de que en nuestro País, debido a las variaciones de altitud y a la posición de las montañas, se presentan notables diferencias climáticas dentro de una misma región geográfica. Esta diversidad de climas también afecta gravemente a los cultivos, por ejemplo: en una disminución de temperatura se origina lo que se denomina "helada" ya que al descender la temperatura "quema" el cultivo. Esto causa una gran pérdida para el agricultor, pues los plantíos ya no son provechosos ó desarrollan un producto de mala calidad.

De ahí, la necesidad de contar con cultivos que sean resistentes a los cambios bruscos de temperatura, que soporten un tanto la sequía, que se adapten a casi todo tipo de suelo, que contengan un valor nutricional elevado. Los cereales (avena, trigo, arroz, cebada, soya, maíz, centeno, etc.) además de esto son una excelente fuente de energía, proporcionando vitaminas, minerales y proteínas, se puede cultivar en pequeña escala, es posible almacenarlos por largo tiempo y se pueden procesar en muchos productos industriales. Por todo esto, los cereales son el complemento más importante en la alimentación mundial, tanto para el consumo humano como para los animales.

El cultivo de cebada, tiene gran importancia socioeconómica en nuestro País. El grano se utiliza para la elaboración de malta, de la cual se desarrollan varios productos, siendo la elaboración de cerveza el más importante de ellos, el grano y la planta se utilizan también como forraje para alimento de aves de corral, rumiante y otros animales, por su alto valor alimenticio.

La producción nacional de cebada, no cubre con la demanda interna, sobre todo en lo referente a la cebada de alta calidad, para la fabricación de cerveza, por lo tanto es necesario importarla.

El objetivo de este estudio, es encontrar los parámetros que eleven la producción y calidad del grano de cebada, analizando principalmente las condiciones que debe tener el suelo para un buen cultivo, tales como sus propiedades físicas y fisicoquímicas.

Dentro de las propiedades físicas, es necesario conocer los aspectos físicos del suelo, como son; la textura, la porosidad, la consistencia, etc., para asegurar que la planta de cebada obtenga durante todo su ciclo de vida, -

buena aireación, adecuado suministro de agua, soporte mecánico, etc.

Con respecto a las propiedades fisicoquímicas, es importante determinar las condiciones mínimas y máximas de acidez, alcalinidad, salinidad y primordialmente, los límites nutricionales, tales como la cantidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, etc., con los cuales el cultivo de cebada se desarrolla satisfactoriamente.

Mecanicamente es necesario conocer la preparación del terreno, los métodos más convenientes para realizar la siembra, el tipo y cantidad de semilla que se puede utilizar por hectárea de terreno cultivable, la época y la fecha de siembra que asegure el suministro de agua en las etapas más críticas durante el desarrollo del cultivo, la dosis óptima de fertilizante y la forma de controlar la maleza, las plagas y las enfermedades que disminuyen la producción.

Debido a la importancia que tiene para el hombre conocer el suelo que cultiva, se ha recopilado una gran variedad de datos que van desde los orígenes hasta la preparación de un buen terreno cultivable. Tomando en cuenta que es necesario determinar los componentes existentes en el suelo, analizándolos mediante procesos físicos, químicos y fisicoquímicos para poder determinar el tipo de siembra que se puede cultivar, ya que desde que el hombre aprendió a cultivar la tierra, vive esencialmente de los productos que le proporciona el suelo; cereales, legumbres, frutos, aceites, azúcar, e indirectamente proteínas animales, aportadas por la ganadería. El suelo proporciona también materiales de construcción (madera) y materiales para vestir (algodón, lino, etc.)

A causa de las necesidades crecientes de una población en rápido crecimiento, la explotación y conservación de los suelos se ha convertido en una de las mayores preocupaciones de la humanidad.

GENERALIDADES

La cebada empezó a cultivarse aproximadamente 5000 a 6000 años -- antes de Cristo. Es originaria del suroeste de Asia ó del Medio Oriente y -- después distribuida a todo el mundo por su gran capacidad de adaptabilidad - en diferentes suelos y regiones climáticas. Relativamente tiene alta resistencia a la sequía, a las temperaturas bajas, a los suelos salinos y su período de cultivo es corto. (58)

El cultivo de la cebada en México, fué introducido por los primeros - pobladores españoles, realizando cultivos de temporal, con buenos resultados. La cebada era entonces destinada unicamente a la alimentación de animales de carga y de tracción utilizados en los campos y minas.

La cebada como grano, es un cereal que ocupa el cuarto lugar en importancia después del trigo, arroz y maíz. Se usa en la alimentación del ganado y aves de corral, en la industria se usa en la elaboración de malta. En muchos países de Europa y América del Sur la cebada es un cultivo básico para la alimentación humana, usándose para este caso cebada desnuda o descascarada, para preparar sopas, galletas y pan, cuyo valor alimenticio es casi igual al del trigo.

La planta o paja, se usa como forraje verde para pastoreo y como forraje seco, se ensila y se empaca para alimento de animales durante los meses de invierno.

Por su importancia social y económica, la cebada es el cultivo preferente de los agricultores de las zonas temporales de los Valles Altos de México, debido a que gracias a su precocidad se pueden asegurar dos cosechas al año, a diferencia de otros cultivos de los cuales solamente se obtiene una.

Morfología y anatomía de la planta de cebada

La cebada se clasifica dentro del género *Hordeum*, es una planta her**ba**cea perteneciente a la familia de las gramíneas.

- (1) La cebada es una planta que alcanza una altura que varía entre 60 a 100 cm.
- (2) Su tallo es recto, liso y cilíndrico en forma de caña y está dividida en nudos y entrenudos.
- (3) Las hojas son lanceoladas, envainadoras sin peciolo y con limbo, con -- una longitud de 22 a 30 cm y un ancho de 1 a 1.5 cm, nacen en los -- nudos del tallo.
- (4) La lígula es una membrana fina y translúcida, con la cual las hojas se abrazan al tallo.
- (5) Las aurículas son largas y puntiagudas, están formadas por dos diente-cillos que se prenden al tallo en la punta de la vaina. El limbo es -- verde y angosto y lleva nervadura paralela longitudinalmente.
- (6) La inflorescencia (espiga) está compuesta de un eje llamado raquis, formado por dos nudos en zig zag, en cada uno de los cuales se encuentran tres flores hermafroditas que presentan tres estambres y un ovario con estigma doble; estas estructuras se hallan protegidas por la corola la cual está constituida por la lema y la palea. El cáliz de la flor lo componen dos glumas situadas en el lado donde se localiza la lema, o sea en el lado externo de la flor respecto a su posición en el nudo. La espiga según la especie puede tener 6 ó 2 carreras (número de hileras de granos). La fecundación es directa, pues los órganos masculinos y femeninos están en la misma espiga.
- (7) La espiga de 6 carreras tiene 3 espigas fértiles en cada uno de los nudos del raquis. El raquis mide de 7 a 10 cm de longitud, posee 15 nudos y contiene 50 granos aproximadamente.
- (8) La espiga de 2 carreras normalmente, solo la espiguilla de la hilera -- central produce granos, debido a que las flores laterales son estériles. El raquis mide de 5 a 10 cm y tiene aproximadamente 27 granos.

- (9) En estado de plántula las hojas de la cebada se despliegan en el sentido de las manecillas del reloj.
- (10) El fruto cariopside y más o menos alargado, encierra un solo grano - con envolturas secundarias formadas por glumas y glumelas (extensiones del eje de la espiguilla) y pueden presentar barba larga o corta.

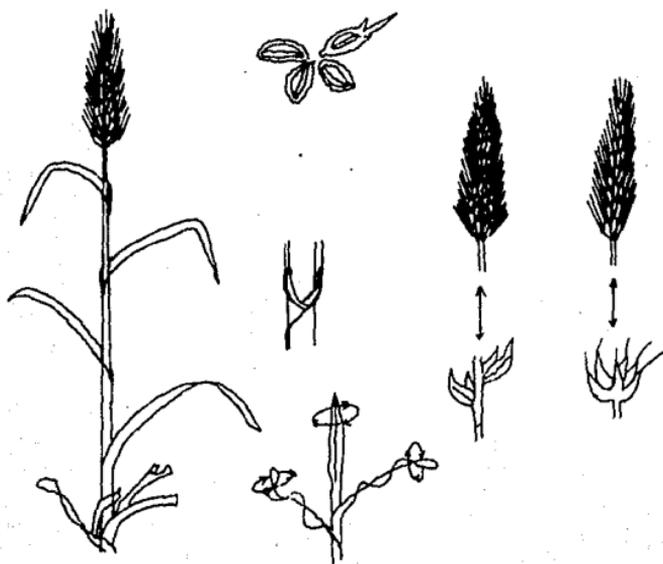


Figura No. 1

Morfología de la planta de cebada (52)

En la base del nudo inferior, emiten vastagos o renuevos. Cuando el nudo se encuentra en contacto con el suelo, el vastago se desarrolla, hecha raíces y produce una nueva espiga. Este tipo de reproducción permite a las gramíneas resistir los inviernos rigurosos y multiplicarse sin semilla. Esto - sin embargo tiene sus inconvenientes, los tallos adventicios solo florecen y ma duran después de que lo hace la espiga y el peso del grano disminuye.

Clasificación

Existe un gran número de variedades de cebada, todas se derivan de la especie *Hondeum Sativum* que se divide en dos grupos: El tipo mediterráneo, originario de los países asiáticos y el tipo costero, originario de la región del Mediterraneo y del Norte de Africa. (72)

Hay tres formas de clasificar las diferentes especies de cebada.

La primera; es la clasificación botánica, que relaciona grupo, subgrupo, género, familia y especie.

- Grupo: Angiosperma
- Subgrupo: Monocotiledonia
- Género: *Hordeum*
- Familia: Gramínea
- Especie: *Vulgare*, *Hexasticum*, *Zeocriton* y *distichum*

La segunda forma de clasificarla es, tomando en cuenta su morfología, que se basa en las características de la planta, la espiga, el grano y principalmente el número de hileras que contiene la espiga.

Variedad	Especie	Tamaño del grano	longitud de los entrenudos
6-carreras	Vulgare	Pequeño	Largo
6-carreras	Hexasticum	Grande	Corto
2-carreras	Distichum	Pequeño	Largo
2-carreras	Zeocriton	Grande	Corto

En general, de acuerdo con las características de tamaño, el grano de cebada se clasifica arbitrariamente en: grande, mediano y pequeño. El tamaño del grano depende de la influencia del ambiente donde se desarrolla.

La tercera forma de clasificarla es tomando en cuenta la utilidad que se le da al grano y a la planta.

Husos	Variedad
Cebada maltera	6-carreras
Cebada para alimento de aves y otros animales	2-carreras
Cebada verde forrajera	2-carreras
Cebada para alimento humano	Cebada desnuda

Estructura del grano

El grano de la cebada es cariopsida, alargado, redondeado que se va adelgazando hacia los extremos, con una estría (hendidura central) poco profunda a lo largo del grano, cubierta por una cascarrilla llamada palea. El grano de cebada constituye un fruto indehisciente (el pericarpio no se abre naturalmente para dar paso a la almendra) con una sola semilla.

El grano está compuesto de:

- | | |
|-----------------------|----------------|
| (1) Cáscara o corteza | (2) Pericarpio |
| (3) Tegumento o testa | (4) Aleurona |
| (5) Endospermo | (6) Embrión |

El embrión a su vez está formado por:

- | | |
|------------------|---------------|
| (a) Raíces | (b) Bástago |
| (c) Región nodal | (d) Acrospira |

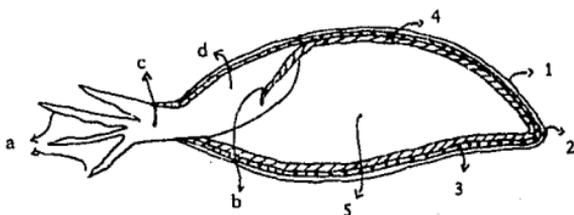


Figura No. 2 Corte longitudinal del grano de cebada (72)

- (1) La corteza puede ser rugosa o lisa y estar poco o muy adherida a la almendra y permanecer estable después de la cosecha. La corteza es muy resistente y protege a la almendra de daños mecánicos, ayudando también para que se realice una germinación uniforme. La corteza es muy importante por su función de capa filtrante en la separación de los extractos, que se forman durante el malteado. La semilla grande tiene menos corteza que la semilla pequeña y la corteza de la cebada de 2-carreras generalmente es más delgada que la de 6-carreras.
- (2) y (3) El pericarpio y la testa se fusionan en una sola película. Los lípidos de estas capas, resisten la penetración de oxígeno y ácido giberélico dentro del endospermo durante el malteado. El desgaste de estas capas ayuda al ácido giberélico a penetrar y activar la aleurona, para que libere enzimas durante el proceso de malteado.

- (4) La aleurona comprende tres capas de células entre la testa y el endospermo, en donde se inicia la síntesis primaria de la mayor parte de las enzimas del grano, que se liberan por activación del ácido giberélico. La acción del ácido giberélico se puede inhibir con una gran cantidad de agua.

El color verde pálido de la envoltura del grano se debe al pigmento ANTHOCYANIN o al compuesto MELANINLIKE NEGRO. Cuando la ANTHOCYANIN esta presente en el pericarpio, la capa aleurona se colorea de varios tonos, amarillo, crema, azul verdoso o azul.

- (5) El endospermo es principalmente un almacén de almidón y proteínas, siendo la reserva alimenticia del grano. El almidón está constituido por gránulos grandes y pequeños hidrolizados durante el proceso del malteado a azúcares solubles. Las proteínas son también hidrolizadas en sus constituyentes aminoácidos durante el mismo proceso.

El almidón está constituido por dos polímeros: amilosa y amilopectina y por compuestos de glucanos principalmente.

La amilosa representa el 25% del almidón y es un polímero constituido por 250 a 1000 unidades de glucosa, unidas por enlaces α 1-4 glucosídicos, cuya molécula es enrollada en forma de hélice. La amilopectina constituye el 75% del almidón y es un polímero ramificado formado por 1500 ó más unidades de glucosa enlazadas por unidades α 1-4 glucosídicos y con una ramificación en la unión 1-6 cada 25 unidades.

- (6) El embrión está constituido por cuatro regiones distintas: sistema radicular (a), vastago (b), región nodal (c) y acrospira (d). El embrión o germen está principalmente embebido en el endospermo, en la base del grano, germina ante cualquier modificación del almidón del endospermo durante el malteado. El embrión germinado secreta ácido giberélico, que induce la producción de enzimas hidrolíticas, acelerando el proceso de malteado.

Composición química del grano

Para designar si una cebada es maltera se debe tener en cuenta la cantidad de nitrógeno presente. El nitrógeno se evalúa de acuerdo al total de proteínas y compuestos proteícos. El grano de cebada con alto contenido de proteínas se designa para alimento forrajero. En contraste, la cebada con bajo contenido de nitrógeno se designa preferentemente para elaboración de malta. El contenido total de nitrógeno en la cebada varía entre 1.2 a 2.5 por ciento. (57)

Para saber o determinar el uso conveniente que se le puede dar a la cebada es importante conocer su composición química, así como el porcentaje de cada una de las partes que componen el grano.

Partes del grano	%	Composición química
Corteza	13	celulosa, hemicelulosa, ligninas, pentosas, manosas, ácido úrico y pequeñas cantidades de proteínas
Pericarpio	11.6	celulosa y lípidos
Testa		lípidos, grasas y materiales cerosos
Aleurona		amilasas, gluconasas, proteasas, lípidos y sacarosa
Endospermo	71.8	Almidón, proteínas y amilasas
Embrión	3.6	ácidos: giberélico, linoléico, oléico, palmítico; lípidos y sacarosa

Tabla No. 1 (31)

Los estudios que se han realizado, para determinar el porcentaje de los compuestos químicos, que integran la cebada, se han llevado a cabo en diferentes variedades, observándose que existe una ligera variación. A continuación se da un promedio general del porcentaje de compuestos químicos en el grano de cebada. (57, 58 y 72)

Compuesto químico	%	Compuesto químico	%
Corteza	12.0 - 13.0	Celulosa	4.0 - 7.0
Almidón	63.0 - 65.0	Hemicelulosa	8.0 - 10.0
Azúcares	2.0 - 3.0	Lípidos	2.0 - 3.0
Fibra	5.5 - 6.5	Proteínas	8.0 - 13.0
Resinas solubles	1.0 - 1.5	Cenizas	2.0 - 2.5

Tabla No. 2

La cebada contiene más proteínas y concentraciones elevadas de aminoácidos esenciales que el maíz. Sin embargo su valor alimenticio disminuye con respecto al maíz, debido al alto contenido de fibra y baja cantidad de almidón. La cebada desnuda tiene valor alimenticio igual al trigo y maíz.

Variedades

En México, la cebada se siembra anualmente en 325 mil hectáreas, de las cuales el 91% es para el cultivo de grano y el 9% para el cultivo de cebada forrajera.

La cebada cultivada para grano es de mayor importancia y en nuestro País se siembran anualmente 248 mil hectáreas de temporal y 48 mil en terrenos de riego, con una producción de 536 mil toneladas. En el sistema de riego se obtienen en promedio 3 toneladas por hectárea de terreno cultivable y una tonelada en el sistema de temporal. (48)

De las 600 mil toneladas de grano que anualmente requiere el país, aproximadamente 350 mil corresponden a la industria maltera y las 250 mil restantes a la alimentación animal y humana.

Hasta hace algunos años, había un serio déficit de cebada de alta calidad para la elaboración de malta, por lo cual era necesario la importación en gran escala. Sin embargo México cuenta con centros agrícolas experimentales que en coordinación con el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) y con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), realizan estudios para obtener sus propias variedades de cebada, ya que las siembras se efectuaban con variedades de origen extranjero, con lo cual ocasionaba problemas para la obtención oportuna de semilla. Además este programa dedica más esfuerzos a la investigación para el mejoramiento genético de la cebada, con el objeto de obtener variedades superiores en rendimiento y calidad, sobre todo en los cultivos bajo riego y en general para obtener cebada de alta calidad para la industria maltera. Esto ha permitido incrementar la superficie cultivada con este cereal y diversificar la agricultura en varias regiones. Actualmente los agricultores obtienen mejores cosechas con estas variedades, lo que hace reducir considerablemente las importaciones.

Las variedades de cebada desarrolladas en México por cruzamiento con granos procedentes de: Canadá, Colombia y Estados Unidos, se adaptan tanto a siembras de otoño-invierno con riego, como a siembras de primavera-verano bajo temporal. Hay cebadas precoces y tardías, según sea la duración de su ciclo de cultivo, también hay cebadas desnudas y cubiertas, según sea la dificultad con que se desprende la cascarilla de la semilla. Entre las variedades que se han obtenido bajo este programa se tienen:

Nombre	Altura (cm)	Forraje verde Ton/Ha	Forraje seco Ton/Ha	Tiempo de madurar (días)
Arivat	95	25	9	116
Benton	110	25	8	116
Promesa	85	21	7	112
Porvenir	80	21	7	112

Tabla No. 3 Variedades de cebada forrajera

Nombre	Espiga	Altura (cm)	Madurez (días)	Acame	Desgrane	Usos
Cerro Prieto	6-carreras	80-100	115-125	a	a	1 y 2
Toluca	6-carreras	80-100	110-120	b	b	1 y 2
Puebla	6-carreras	75-110	105-115	b	a	2
Celaya	6-carreras	70-100	110-120	a	a	1 y 2
Centinela	6-carreras	91	103-105	b	b	1 y 2
Apizaco	6-carreras	75-100	108-113	b	b	1 y 2
América	2-carreras	90	110-120	a	a	3
Rumorosa 82	6-carreras	85	85	c	a	1

(a) resistente

(b) resistencia media

(1) forrajera

(2) maltera

(3) alimento humano

Tabla No. 4 Variedades de cebada para grano

La cebada tiene algunas ventajas sobre otros cereales, como lo es su ciclo vegetativo más corto, más tolerante a la salinidad del suelo y su costo de cultivo es más bajo por requerir poca mano de obra, menos fertilizante, menos cantidad de agua y el cultivo puede mecanizarse totalmente.

Zonas de cultivo

Las principales regiones productoras de cebada en nuestro País son el Noroeste y el Bajío.

La zona del Noroeste comprende los estados de: Durango, Zacatecas, Norte de Guanajuato y costa de Ensenada en Baja California Norte, en estos estados se cultiva principalmente cebada de temporal y el sistema de cultivo bajo riego se practica en el Valle de Mexicali y en pequeñas áreas de Sonora y Chihuahua.

La zona del Bajío, comprende los estados de: Hidalgo, Puebla, Tlaxcala y México, siendo los principales productores de cebada en grano, contribuyendo con el 65 al 70 por ciento de la producción nacional. En esta zona, la cebada se cultiva bajo el sistema de temporal en el ciclo primavera-verano y en el sistema de riego en el ciclo otoño-invierno. (ver figuras 3 y 4)



Figura No. 3 Estados Productores de Cebada para Grano (69 y 68)

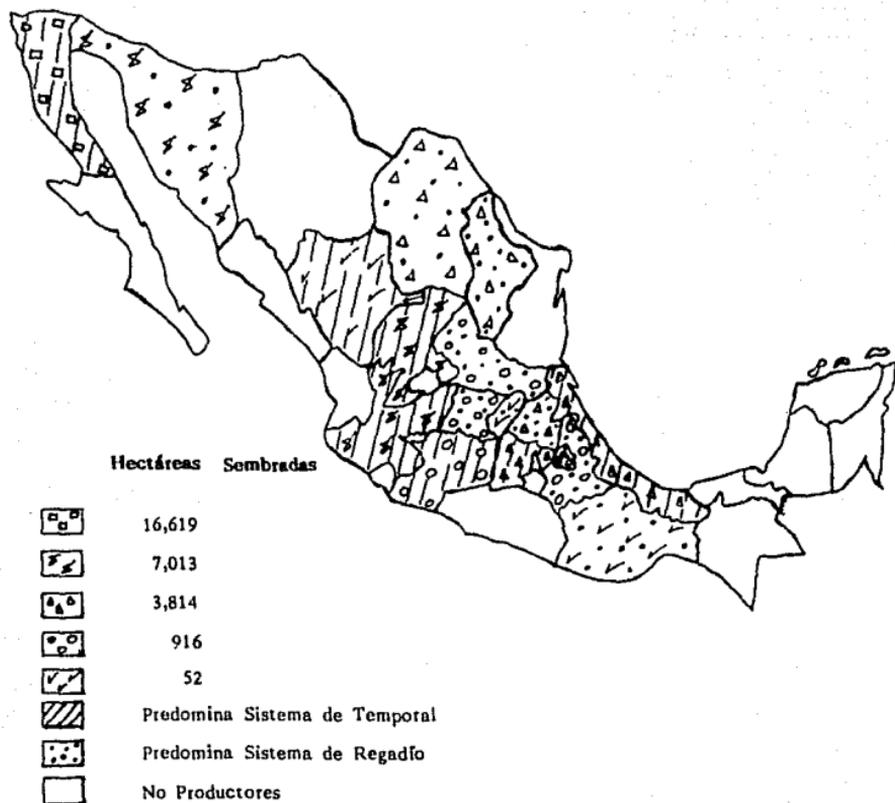


Figura No. 4 Estados Productores de Cebada Forrajera (69 y68)

Condiciones necesarias para un buen cultivo

La germinación de la semilla se realiza entre cinco y diez días en condiciones normales, formándose varios tallos (amacollamiento) que depende de la variedad de cebada utilizada, favoreciéndose la formación de muchos tallos en los días cortos durante la germinación. Sin embargo para tener buena -- producción se requiere en general dos o tres tallos bien formados. Si se desarrollan más, la maduración de los granos no será uniforme y se retardará. En general, los cultivos de cereales, necesitan días largos para que puedan -- florecer temprano. (16)

Las condiciones ambientales afectan la calidad de los granos en cuanto a su textura y al porcentaje de proteínas y almidón. Las temperaturas extremas durante el desarrollo de la planta, resultan en granos con menos proteínas. Una alta humedad durante la formación de granos, favorece la formación de estos, con un alto porcentaje de almidón.

Una alta concentración de nitrato, propicia la producción de granos - con alto porcentaje de proteínas, así como temperaturas altas con sequías durante la formación de los granos, se producen granos duros, de tamaño reducido y con un alto porcentaje de proteínas. (23)

Tomando en cuenta las condiciones ambientales y el uso que se le dará a los granos de cebada, es necesario seleccionar las variedades de semillas - que estén de acuerdo con estos requisitos para obtener rendimientos considerables.

Existen variedades de primavera y variedades de invierno, según su periódico de cultivo. Para seleccionar correctamente la variedad de cebada que - se puede cultivar en determinado ciclo, es necesario tomar en cuenta las siguientes condiciones: (52)

- Alta capacidad de rendimiento
- Amplio rango de condiciones ecológicas

- Resistencia a las enfermedades más comunes, como la cenicienta, la roya y la escaldadura
- Buenas características para su uso industrial
- Resistencia al acame y al desgrane
- Tolerancia a heladas en estado de plántula
- Habilidad para responder a fertilización
- No deben favorecer un amacollamiento excesivo

Para escoger las variedades con mayor rendimiento, es necesario que el agricultor conozca las condiciones bajo las cuales deben cultivarse.

Las variedades resistentes al acame se desarrollan bien en terrenos fértiles con riego y temperaturas altas y neblinas esporádicas.

Los terrenos de mediana fertilidad con riego, altas temperaturas y humedad relativamente baja durante el último período de desarrollo, son apropiados para variedades resistentes al acame y el desgrane.

Los terrenos de baja fertilidad, baja precipitación y mal drenado, son indicados para variedades resistentes a las enfermedades de tallos y hojas, así como para aquellas que se adaptan a bajos niveles de fertilidad.

Los suelos relativamente pesados, de mediana fertilidad y un período frío, son apropiados para variedades de invierno.

La cebada se cultiva principalmente en zonas templadas. Sin embargo puede crecer en áreas con altas temperaturas a condición de que no haya alta humedad. La temperatura adecuada para el cultivo de esta planta es entre 28° y 40°C, dependiendo de la etapa de desarrollo y de la variedad.

Las semillas y las plántulas de cebada de invierno, soportan las temperaturas mínimas de 3°C, dependiendo también de la variedad utilizada, que debe escogerse tomando en cuenta la temperatura mínima de la región donde se va a cultivar. Cuando la temperatura en el invierno baja hasta 10°C, se puede sembrar variedades de primavera. Sin embargo la cebada resiste mejor las temperaturas altas.

La cebada requiere poca humedad, las variedades de primavera, necesitan aproximadamente 600mm de agua durante el año y las de invierno requieren aproximadamente 800mm de agua.

La planta requiere agua durante la época de germinación, necesita bastante agua durante el período de floración y durante la primera etapa de maduración del grano. En la segunda etapa de maduración y durante la cosecha la precipitación debe ser mínima.

Los vientos demasiado fuertes provoca el acame, principalmente en las variedades de tallos largos, debe utilizarse variedades enanas en zonas donde soplan vientos fuertes.

La cebada se puede cultivar en una gran variedad de condiciones y tipos de suelos. Sin embargo es necesario analizar el suelo para determinar su fertilidad, acidez y salinidad. La acidez determina la variedad a cultivar aunque la cebada se puede cultivar en suelos con un pH de hasta 8 y con una relativa salinidad. La textura del suelo para cultivos de cebada se requiere que sea liviana o arenosa, con suficiente drenaje y una pendiente adecuada con el objeto de evitar encharcamientos.

En general, para obtener buena cosecha y altos rendimientos, es necesario que las condiciones físicas del suelo tengan las siguientes características:

- Una estructura granular que permita la aereación y el movimiento del agua en el suelo
- Una capa cultivable de por lo menos 25 cm de profundidad, para un enraizamiento adecuado
- Que no sea susceptible a la formación de costras, que dificulten la aereación y la germinación
- Que tenga suficiente materia orgánica

La rotación de cultivos, ayuda en gran parte a evitar problemas de plagas y enfermedades y en el caso de la cebada, se recomienda el siguiente sistema de rotación:

- cebada - papa - maíz - cebada
 6 cebada - chicharo - maíz - cebada

Al aplicar estos sistemas de rotación, la influencia de enfermedades específicas de cada cultivo, será menos y la producción promedio será más elevada, que en el caso de un solo cultivo.

La mayoría de las variedades de cebada liberadas en México, se utilizan para la producción de granos y un gran porcentaje de este, se utiliza para la elaboración de malta, por lo tanto, si se desea obtener una buena cosecha y un grano de calidad aceptable, se recomienda sembrar en el ciclo de primavera, las variedades con un ciclo vegetativo intermedio, como son las variedades: Apizaco y Cerro Prieto, realizando la siembra entre el 20 de abril y el 10 de junio.

Quando las lluvias se retrasan, se recomienda sembrar variedades que maduren más rápido (variedad precoz), como las variedades: Centinela y Puebla, sembrándose hasta el 20 de junio.

Las variedades del ciclo invierno, con sistema de riego, se recomienda sembrar entre el 5 y 30 de diciembre, siendo los últimos días los más recomendables, para evitar daños que puedan ocasionar las heladas tardías. En este ciclo se puede sembrar cualquier variedad, sobre todo aquellas que sean resistentes a las enfermedades, al acame y al desgrane; como son las variedades Toluca y Rumorosa 82.

Formas de consumo

Los granos de cebada se utilizan de la siguiente forma: (49, 50 y 54).

- 1) Materia prima para la industria maltera
- 2) Alimento para animales
- 3) Alimento humano

Industria maltera

La mayor parte de la producción de granos de cebada se emplea en la industria maltera. El 85% de la malta se destina a la industria cervecera, el 10% a la fabricación de whisky y alcohol y el restante 5% a otros usos, como la elaboración de levadura y vinagre.

Para obtener la malta destinada a la fabricación de cerveza, se utilizan granos cubiertos, con alto poder diastásico (propiedad de transformar la mayor porción posible de almidón en azúcar) y pueden ser variedades de 6 ó 2 -carreras. El grano de cebada, es el cereal más apropiado para la elaboración de cerveza, por su resistencia mecánica, su cascarilla es muy resistente y protege al germen que lo hace factible a la germinación, produciendo cantidades relativamente importantes de amilasas, para la degradación del almidón.

Alimento para animales

Los granos de cebada son un complemento alimenticio que llena los requerimientos nutricionales de diferentes animales como son: las aves de corral y los rumiantes, debido a su alto contenido de aminoácidos.

Los residuos de la industria maltera o la malta mal elaborada, pueden ser utilizados ventajosamente como alimento para los animales, en las mismas condiciones que el grano. Se puede utilizar en la alimentación de terneros, ganado vacuno de engorda, cerdos de engorda, caballos, etc.

Los residuos de la industria cervecera, también son utilizados con el mismo fin.

Alimento humano

Los granos de cebada no son utilizados para la alimentación humana, por su alto contenido de fibras que los hacen difícil de digerir. Sin embargo

existen variedades desnudas (la cascarrilla se desprende facilmente) que si se pueden utilizar para el consumo humano.

La cebada desnuda se tuesta después de pelarse, obteniendose de esta manera la cebada "perla" ó "perlada", que se utiliza como adereso en guisos, sopas y molida para hacer harina. La harina de cebada, se usa en alimentos para bebés y en alimentos especiales como aglutinante o espesante y en la elaboración de hojuelas como alimento instantaneo. (73)

En algunos países de Europa, se hace harina de cebada, que mezclada con harina de trigo en un 30% se aumenta el volumen de la masa destinada para fabricar pan, alimento común en esos países.

En México, se utiliza la cebada "perla" como alimento para los bebés, preparandose una infusión en agua caliente y ésta se le da a tomar. En algunos Estados del norte la utilizan para preparar atoles y agua fresca.

Los productos nutricionales de la cebada "perla" son menos con respecto al grano común. Sin embargo es una fuente de minerales, vitaminas y proteínas esenciales, por lo cual, es un complemento alimenticio de alto valor nutricional.

En México, se ha liberado por lo menos una variedad de cebada desnuda, que se le a dado el nombre de "America". Esta variedad dió como resultado, que la harina sea apta para la elaboración de pan, galletas e inclusive para hacer tortillas, siempre y cuando se mezcle con una porción de harina de trigo. Sin embargo a este tipo de variedades no se le ha dado la importancia debida.

La paja de la cebada se usa también para el alimento de animales sobre todo para el ganado vacuno, ya sea verde ó seco, este último se empaca y se utiliza como reserva alimenticia durante los días de invierno en donde es posible obtener grandes cantidades de alimento en los campos.

Los residuos de paja que quedan en el campo durante el periodo de siega, son enterrados con el arado y de esta manera se agrega materia orgánica que suministra nutrientes al suelo.

Condiciones del suelo para el cultivo de cebada

La cebada tiene una gran adaptabilidad par cultivarse en cualquier tipo de suelo, pero si el objetivo es obtener una buena cosecha, con elevados rendi mientos en la producción de granos de buena calidad, el suelo para sembrar - la cebada, debe ser preferentemente de textura ligera, con suficiente drenaje.

Los suelos con textura franco-arenoso-arcilloso, son los suelos indica dos para sembrar cebada y obtener buenos rendimientos. El pH del suelo pue de fluctuar de 6.5 a 7.5 y la humedad promedio debe ser de 600 a 800 mm.

Para obtener buenos resultados en el cultivo, es necesario combinar los siguientes factores:

- Buena preparación de la tierra
- Uso de variedades mejoradas
- Sembrar a tiempo y con la cantidad adecuada de semilla
- Uso de abonos qufmicos
- Mejoramiento de las prácticas de riego
- Mecanización de la cosecha y colección oportuna de la misma
- Almacenamiento adecuando

Preparación del terreno

Para obtener altos rendimientos en la cosecha, es necesatio preparar el terreno, para que de esta manera exista una mejor distribución de la semilla, una germinación uniforme y una mejor distribución de la humedad.

Barbecho

El objetivo del barbecho es, aflojar la tierra, controlar las plagas del

suelo, combatir las malas hierbas, agregar los sobrantes de la cosecha anterior, para aumentar la fertilidad del suelo, así como almacenar la humedad de las últimas lluvias. Para llevar a cabo esto, es necesario que el arado penetre unos 30 cm de profundidad y hacer esta labor uno o dos meses después de la cosecha, ya que de esta manera los sobrantes de la cosecha anterior - que se agregan al suelo, tienen tiempo de descomponerse, lo cual facilita las siguientes labores de cultivo.

Rastro

El rastro reduce los terrones grandes que quedan después del barbecho para que el suelo esté lo más uniforme posible y preparar una buena cama - para facilitar el nacimiento de la semilla, ya que así, esta quedará a una - profundidad más uniforme, por lo cual, el riesgo de que sea afectada por las lluvias, que se presentan generalmente después de la siembra, será menor. - Se recomienda rastrear nuevamente en cruz un poco antes de la siembra, para destruir las malas hierbas que hayan nacido.

El método de arar y el tipo de arado se deben escoger de acuerdo con las condiciones y las posibilidades económicas de los agricultores. Se puede utilizar desde la yunta de animales hasta la maquinaria con rastras de discos.

Nivelación

El terreno debe ser nivelado para facilitar la distribución del agua de riego. Cuando se siembra sobre un suelo desnivelado, las plantas de las partes altas sufren por deficiencia de agua y las de las partes bajas tienen un desarrollo muy pobre por exceso de ella. Estas condiciones adversas afectan de modo directo los rendimientos. Generalmente el terreno debe ser nivelado

una o dos veces después del rastreo y en caso de que se ponga duro después de la nivelación y cuando la siembra se haga en seco, debe volverse a rastrear para aflojarlo antes de sembrar.

Siembra

Conviene sembrar semilla certificada, para asegurar la pureza de la variedad y el nacimiento de un mayor número de plantas; no sembrar en lugares donde el año anterior se haya cultivado cebada, para evitar la mezcla de variedades, lo cual hace que el rendimiento y calidad de la cebada disminuya.

Se ha observado que las variedades mejoradas son más tolerantes a las heladas, y su calidad es mayor, con lo cual se consigue un mejor precio en el mercado.

La forma de siembra dependerá de los implementos agrícolas con que cuenta el agricultor; así, puede utilizar la sembradora para trigo, siempre y cuando haga algunos ajustes que vienen indicados en ella, lo cual depende del tamaño del grano; deben utilizarse soportes para sostener la sembradora y darle vueltas hasta tener una caída pareja de los granos; de esta situación dependerá la cantidad y uniformidad en el nacimiento de las plantas.

Cuando no sea posible sembrar con máquina, entonces puede hacerlo "al voleo", es decir, tirar la semilla con la mano, para esto, conviene hacer una distribución uniforme de la semilla y no enterrarla a más de tres centímetros, para evitar problemas de nacimiento de las plantas.

Para hacer la "tapa" puede emplearse una rastra de discos o ramas, a la cual se le añade en la parte de atrás un tablón o un pedazo de riel, así el terreno queda más pareja.

Es muy importante utilizar la cantidad de semilla adecuada para la siembra. Para obtener una buena cantidad de plantas se recomienda, utilizar

100 kilos de semilla certificada por hectárea, ya que con ello se asegura tanto la pureza de la variedad como una buena germinación de la semilla y un buen rendimiento.

En siembras al voleo se recomienda aumentar 20 kilos de semilla certificada.

Cuando se tira más semilla de la indicada, la consecuencia es la obtención de un mayor número de plantas que por lo general tienen sus tallos débiles, lo cual ocasiona que tengan poca resistencia a los vientos fuertes y caigan, provocando con ello el "avanamiento" del grano y una cosecha baja en rendimiento.

Fertilización

Para saber la cantidad de nutrientes disponibles en la tierra, es necesario practicar un análisis del suelo. Con base en este análisis se decidirá los nutrientes que se van a aplicar, así como la cantidad adecuada de cada uno para corregir las deficiencias del suelo.

Los nutrientes se pueden aplicar en forma de fertilizantes orgánicos como el estiércol y el abono verde, o en forma de fertilizantes inorgánicos, como los fertilizantes industriales.

Se recomienda aplicar 80 kilos de nitrógeno y 40 de fósforo por hectárea de terreno cultivable.

El nitrógeno debe aplicarse al momento de la siembra, o si se prefiere se puede hacer en dos partes, aplicando la mitad en la siembra y la otra parte antes de los 35 días después de que se ha sembrado. El fósforo debe ponerse todo durante la siembra, aplicaciones posteriores únicamente aumentarán el costo del cultivo, pero no el rendimiento. No se debe aplicar cantidades mayores a las recomendadas porque se perjudica la calidad maltera y se favorece el "acame" y el "desgrane".

Al aplicar los fertilizantes se debe tener la precaución de leer las indicaciones que vienen en las etiquetas que contienen los productos comerciales, a fin de evitar posibles problemas.

En terrenos de llanuras con pendientes moderadas, de espesor mediano o profundo y de migajón-arenoso, es aconsejable fertilizar con 60 kilos de nitrógeno y 50 kilos de fósforo por hectárea.

En suelos de lomería y laderas, con pendiente mediana, de espesor medianamente profundo, que tiene textura migajón-arenoso y poseen una fertilidad muy baja, se recomienda aplicar 90 kilos de nitrógeno y 70 kilos de fósforo por hectárea.

La deficiencia de nutrientes esenciales en la cebada se reconoce por los siguientes síntomas.

- Nitrógeno; Color verde-amarillo de las hojas más viejas al principio y después de toda la planta, amacollamiento y crecimiento reducido.
- Fósforo; Las hojas más viejas tienden a adquirir un color pardo rojizo que empieza en el ápice de las hojas y progresando hacia la base, que aparece durante el crecimiento activo de las plantas. Estos matices persisten hasta la maduración retardada.
- Potasio; Puede dar como resultado entrenudos más cortos, tallos más débiles y mayor acame. El ápice de las hojas más viejas se vuelve amarillo cenizo, siguiéndose hasta la base.
- Calcio; Hojas nuevas con clorosis blanca y amarilla-pardosa que luego pasa a los ápices, que quedan enrolladas. Parte de la raíz se muere.
- Magnesio; Clorosis, especialmente de los tejidos entre las venas de las hojas viejas. Puede resultar también una enanificación de la planta.

- Azufre; Crecimiento retardado, demora en la maduración de los granos, las hojas nuevas de color verde claro, se tornan amarillas, como cuando sufren deficiencia de nitrógeno, tallos débiles de color amarillo.

Control de malas hierbas y plagas

Para mantener condiciones favorables en el crecimiento del cultivo, es necesario vigilar todo su desarrollo, para eliminar las malezas y combatir las plagas a tiempo.

La maleza puede dañar considerablemente al cultivo, sobre todo en las primeras etapas de crecimiento, compitiendo con este por el agua, luz, aire y nutrientes, por lo cual el desarrollo de la cebada es anormal, además de que provoca que sea más difícil de cosechar.

La maleza puede ser la causante de plagas y enfermedades. Los métodos de eliminación de maleza, incluyen los siguientes controles:

- Control físico; Con herramientas manuales, con cultivadoras de hileras o con rastras flexibles.
- Control químico; Con diferentes tipos de pesticidas.

Para el control químico de las malezas, por lo general se utilizan los herbicidas: 2,4-D (Acido 2,4-diclorofenoxiacético) ó MCPA (Acido 2-metil-4-clorofenoxiacético) mezclado con 200 ó 300 litros de agua por hectárea. La aplicación se puede hacer desde que las plantas de cebada tienen 4 hojas, hasta antes del "amacollamiento" es decir, entre 20 y 30 días después de la siembra. No se recomienda hacer aplicaciones después de este tiempo, se pueden deformar las espigas y tener pérdidas en la cosecha.

Control de plagas

Entre las principales plagas que atacan las plantas de cebada, están los pulgones de follaje y de la espiga. Estos organismos deforman las plantas y se presentan cuando la planta aún no suelta la espiga y después del espiamiento. Estos animales son también transmisores de enfermedades virósicas

Del follaje se conocen dos pulgones, uno de color verde olivo oscuro con una mancha rojiza en la parte trasera del cuerpo. Esta plaga se puede controlar con Pirimor 50% (5,6-dimetil-2-dimetilamina) a razón de 500g por hectárea. El otro pulgón es de color amarillo claro, con una banda verde brillante en el dorso, el cual se controla con Folimat 1000 (dimetil s-(N-metilcarbamoilmetil) fosforotiato) en dosis de 0.3 litros por hectárea.

Por otra parte el pulgón de la espiga es de color verde brillante, con patas y antenas negras. Este se controla con medio litro por hectárea de Malatión 1000 (dimetil-ditio-fosfato de dietil-mercaptosuccinato) ó con 0.3 litros por hectárea de Folimat 1000. Se recomienda no hacer aplicaciones cuando la cebada empiece a madurar, ya que por el mismo grado de madurez de la planta el pulgón no causa daño.

El hecho de hacer el control de las plagas con insecticidas se debe a que en algunos casos el ataque es tan fuerte que puede causar serios daños al cultivo.

Enfermedades de la cebada

Las plantas durante su ciclo de vida pueden ser afectadas por enfermedades que causan diferentes tipos de trastornos. Estos pueden ser: Desde un leve amarillamiento de las hojas, hasta su secamiento total; pudriciones en la

raíz; avanamiento y manchado o destrucción completa del grano. Estas enfermedades pueden causar la muerte de la planta o por lo menos limitar su desarrollo normal.

Entre las enfermedades de la cebada en México se encuentran las siguientes:

Carbón volador

Causado por el hongo *Ustilago Nuda* (Jens) Rostr.

Se caracteriza por su desarrollo paralelo al crecimiento de la planta.

El crecimiento es más vigoroso en las plantas afectadas por el hongo, pero al llegar a la floración, en lugar de haber espigas sanas y formación de granos, se observa la espiga cubierta por una membrana muy fina de color negro opaco, la cual se rompe dos o tres días después, liberando gran número de esporas que con ayuda del viento infectan las espigas que se encuentran en plena floración. Las esporas se colocan en el embrión de la semilla en forma latente, hasta que nuevamente germina el grano.

En este caso, debido a que el hongo se encuentra dentro de la semilla, su control se dificulta, ya que es necesario que el fungicida penetre en el grano.

Carbón cubierto

Causado por el hongo *Ustilago Hordei* (Pers) Lagerli.

A diferencia del carbón volador, el carbón cubierto permanece por más tiempo en la espiga, la cual conserva las barbas. La transmisión de la enfermedad es por el mismo grano, aunque en este caso las esporas son transportadas en la superficie de la semilla, por lo que el control se puede hacer mediante el tratamiento de la misma semilla.

Roya de la hoja

Causado por el hongo *Puccinia Hordei* (Oth).

La roya de la hoja o "chahuixtle" se caracteriza por la formación de pústulas (uredias) muy pequeñas de color amarillo, cuando el ataque es severo las pústulas cubren toda la hoja y la planta. Las teliosporas son de color negro, ligeramente alargadas y lisas al tacto.

Cuando el ataque es severo, el daño que causa este tipo de roya a la planta, es la madurez prematura, por el secamiento de las hojas; el grano se enjuta o se chupa, perdiendo casi por completo su peso y queda muy delgado.

Roya del tallo

Causada por el hongo *Puccinia Graminis Hordei* (Eriks).

La roya ó "chahuixtle" del tallo se caracteriza porque las pústulas -- (uredias) son como herrumbre de color rojo ladrillo. Principalmente se presentan en el tallo, pero pueden atacar a toda la planta; cuando ataca a la hoja rompe la epidermis en ambos lados.

la roya del tallo generalmente aparece a fines de temporada es decir, cuando la planta está con el grano ya formado, por lo que los daños generalmente son menores.

Escaldadura de la hoja

Causada por el hongo *Rhynchosporium Seocalis* (Dud).

Es otra enfermedad que anualmente se presenta en los cultivos comer-

ciales de cebada, principalmente en las regiones cebaderas del estado de Puebla, aunque también se encuentran en otras regiones del País, pero la incidencia es menor.

Se caracteriza por la aparición de manchas bien definidas en las hojas. Estas manchas son al principio de color verde violáceo, de forma oval o ligeramente alargada, cuando el daño es leve, pero se vuelve de color gris en el centro, con el borde café como escaldadura.

Los daños que causa a la planta son: Secamiento prematuro, granos - manchados, germinación afectada y producción de plántulas raquíticas que raras veces llegan a fructificar.

Mancha moteada

Causada por el hongo *Helminthosporium Sativum* Pam (King and Bakke).

Se caracteriza por la formación de manchas de color café o negras.

Al aparecer esta enfermedad, las plántulas mueren antes de emerger o después de esto, las hojas son erectas y de un color verde oscuro, las lesiones se presentan de color café, cerca de la línea del suelo, pero rápidamente se extiende hacia arriba de la hoja. El desarrollo se retrasa y afecta también a la corona por abajo del nivel del suelo y al tejido radicular, produce un atizonado de las hojas.

Las manchas de la hoja varían en tamaño y longitud y las lesiones son individuales de forma oval o oblonga, con margen bien definido, de color oscuro o café uniforme. La infección de la semilla generalmente es alta.

Cenicilla

Causada por el hongo *Erysiphe Graminis* (D.C.)

Se presenta principalmente en las hojas de la cebada cuando existen condiciones de humedad alta, en forma de manchas de color amarillo en el haz o sea en la parte superior de la hoja y por el envés se observan manchas algodonosas de color gris, que corresponden al micelio del hongo; posteriormente estas manchas se vuelven negras, que son ya las fructificaciones del hongo.

Estas enfermedades atacan a la cebada en estado de plántula y hay un segundo ataque en la época del espigamiento. Cuando el ataque es fuerte puede causar la muerte de las plántulas o afectar su rendimiento.

Cosecha de cebada

La cosecha de la cebada es una de las operaciones más importantes, -
pues de no hacerse oportunamente, el agricultor corre el riesgo de sufrir pér-
didas considerables, ocasionadas por desgrane o por caída de la espiga.

Los métodos que tradicionalmente se utilizan para realizar la cosecha -
son:

- La recolección del grano maduro directamente del campo, sacudiendo -
las espigas que ya maduras son muy frágiles, dentro de canastas. Los
granos se limpian y se almacenan.
- La otra forma es segar manualmente la planta madura, arriba de 10 a
15 cm del suelo con hoz o guadaña de rastra. Las plantas son engavi-
lladas sobre el rastrojo. Esta operación consiste en colocar manojos -
de cebada de tal manera que se facilite su secado. Las gavillas o -

EL SUELO Y SUS PROPIEDADES

Características

El suelo es un medio natural, resultado de la desintegración y descomposición de materia mineral y materia orgánica, provocado por la acción del intemperismo, que es la descomposición producida por:

- Fuerzas mecánicas; como la acción del agua, los cambios de temperatura, la acción pulverizadora del hielo, etc.
- Fuerzas químicas; como las reacciones químicas para la formación de una sustancia en otra.

La combinación de estas dos fuerzas, origina un rompimiento progresivo y forma sustancias completamente nuevas, de esta manera las rocas liberan minerales que contienen calcio, magnesio, potasio, manganeso, hierro, etc., transformándolos en sales solubles y de esta forma son disponibles para ser aprovechados por las plantas. Los organismos vivos, también contribuyen a la formación del suelo a través del tiempo.

Por las propiedades físicas y químicas del suelo, combinadas con el clima y la topografía, es un medio adecuado para el desarrollo de las plantas, proporcionándoles nutrimentos esenciales y sirviendo de soporte mecánico por medio de las raíces y además, almacena agua y oxígeno para el desarrollo total de la planta.

Fundamentalmente el suelo está formado por cuatro componentes principales:

Partículas sólidas; materia mineral y materia orgánica, llamados constituyentes independientes.

Agua y Aire, llamados constituyentes dependientes, que son los que ocupan los espacios porosos existentes entre una y otra de las partículas sólidas.

La materia mineral constituye la masa principal de sólidos del suelo. - Se ha descubierto que casi todos los elementos que existen en la naturaleza, se hallan presentes en el suelo, la mayoría de estos solo como vestigios.

Actualmente se conocen 16 elementos esenciales para el desarrollo de las plantas, ya que los absorben en cantidades relativamente altas, estos son: carbono, oxígeno (del agua y del aire), hidrógeno, nitrógeno (del suelo y aire) fósforo, potasio, azufre, cobre, zinc, calcio, magnesio, hierro, cloro, boro, - manganeso y molibdeno. Y en cantidades infinitesimales contenidos en los tejidos vegetales se encuentran: el sodio, cobalto, uranio, yodo, litio, cromo, níquel, fluor, selenio, radio, torio, cesio, estroncio y arsénico.

Con respecto a la materia orgánica, está juega un papel importante en la estructura física del suelo y en el suministro de nutrientes para el desarrollo de las plantas.

El agua que retiene el suelo se encuentra en los espacios que quedan entre las partículas sólidas, estando sujeta a fuerzas que dependen de la textura y la materia orgánica. Con las sales que tiene disueltas, constituye la solución del suelo que se encarga de surtir a la planta de sustancias nutritivas, aunque en algunos casos, las sales solubles se encuentran en abundancia y pueden impedir un desarrollo normal de los vegetales.

La cantidad de aire que se encuentra en el suelo, depende de los espacios que deje libre el agua. Su composición es diferente a la de la atmósfera exterior, siendo más rica en dióxido de carbono (CO_2) por la descomposición de la materia orgánica y menos rico en oxígeno (O_2) por el consumo de este elemento que hacen las raíces y los microorganismos.

Origen del suelo

La formación del suelo, se origina mediante procesos de evolución a partir de una roca compacta (ejem: granito) que se le da el nombre de roca

madre. Esta roca sufre un proceso físico de desintegración, ocasionado por expansiones y contracciones, debido a los cambios de temperatura, a la variación de humedad y sequía, a la introducción y desarrollo de raíces y principalmente a los movimientos físicos que fracturan la roca. Todo esto tiende a desintegrar los cristales de los diversos minerales contenidos en la roca, formando así el material que da origen al suelo, ya que es el principal ingrediente en la formación de la mayoría de los suelos.

El contenido mineral de los materiales de origen, es de particular importancia en la determinación de los niveles de fertilidad en los suelos jóvenes.

Los organismos vivos, son parte de los agentes de meteorización y de mezcla, en el desarrollo del suelo. Existen dos funciones generales de los organismos vivos implicados en la formación del suelo; los vegetales superiores, producen material orgánico a partir de compuestos inorgánicos, los animales y microorganismos descomponen estos materiales orgánicos, para obtener su propio alimento y energía, liberando de esta forma nutrientes para las plantas. Entre los microorganismos que realizan esta función se encuentran las bacterias, los hongos y los actinomicetos.

Los edafólogos, llaman horizontes, a tres capas bien definidas que se observan al hacer un corte vertical en un suelo que no este alterado, al conjunto de los horizontes se conocen como perfil del suelo.

En el perfil se observan los tres horizontes en forma transversal, cada uno con sus propias características. A la capa superior se denomina horizonte "A", a la capa intermedia se le llama horizonte "B" y a la capa más profunda se le llama horizonte "C".

El horizonte "A" se caracteriza por la pérdida de sales solubles que han sido arrastradas a capas más profundas y por su mayor contenido de materia orgánica que le imparte un color oscuro.

El horizonte "B" se caracteriza por la acumulación de las sales que provienen del horizonte "A", siendo el material que da origen al suelo.

El horizonte "C" es la roca madre aún sin descomponerse o ya disgregándose.

Los cambios que tienen lugar con el transcurso del tiempo en los horizontes "A" y "B" constituyen el desarrollo del suelo, ya que han sufrido cambios que los hacen diferentes de la roca madre.

El horizonte "A" es la parte del suelo más expuesta a las acciones meteorizantes del sol, la lluvia, el viento, el hielo y también los seres vivos. --
 Cuanto más tiempo han durado los procesos de meteorización, mayor es la concentración de materiales resistentes en la capa superior. Este hecho tiene mucha importancia para el crecimiento de las plantas.

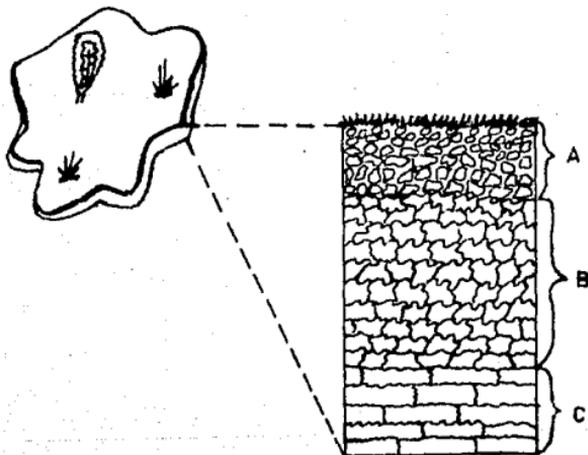


Figura No. 5

Perfil del suelo

En el caso de suelos cultivables, los horizontes no tienen su posición natural, sino que se han mezclado, en estas condiciones, la capa superior se conoce como: suelo superficial o capa arable y a la capa inferior, como subsuelo.

Las características de los diferentes tipos de suelos, se obtienen de la combinación de cinco factores que intervienen en la formación del suelo: la roca madre, el clima, los organismos vivos, la topografía y el tiempo.

La roca madre, proporciona a los suelos, una gran variedad de diversos minerales, que difieren en su composición química y en su velocidad de meteorización. Los agentes de meteorización que atacan a la roca madre, son tan variados como los mismos materiales que la componen.

El clima es un factor determinante, la precipitación y la temperatura, son sus componentes básicos que influyen en la desintegración de la roca.

Los organismos vivos, también modifican la roca madre. Los primeros ocupantes son los líquenes, que atacan a la roca, secretando sustancias que les permite incrustarse, siendo ellos los primeros residuos orgánicos del suelo. Las partículas desprendidas del guijarro constituirán poco a poco un suelo primitivo, sobre el cual podrán establecerse plantas más evolucionadas.

La erosión es uno de los factores que intervienen en la naturaleza del suelo, siendo la pendiente de las laderas la que influye en la velocidad con que el suelo se erosiona. Una erosión lenta permite la formación de suelos más profundos, una erosión rápida mantiene el suelo joven y poco profundo, - permitiendo la formación de valles amplios. Los cerros y vertientes abruptas son resistentes a la erosión.

El tiempo necesario para que se forme un suelo es muy grande, ya que la formación del suelo es un proceso lento, que puede suceder en años, siglos o milenios. La naturaleza de un suelo depende en parte del tiempo que ha permanecido expuesto a la meteorización.

Se habla de suelos jóvenes, maduros y senescentes, según el grado de desarrollo de su perfil. Un material no consolidado puede considerarse como

PROPIEDADES FÍSICAS

La calidad física de los suelos, es factor esencial para un buen desarrollo de cualquier cultivo. Las condiciones físicas del suelo, proporcionan a las plantas fijación, penetración de la raíces, drenaje, aereación, retención de humedad y nutrimentos para las plantas.

Las propiedades físicas de un suelo dependen de la cantidad, tamaño, forma, descomposición y composición de sus partículas; de la clase y cantidad de materia orgánica, del volumen y forma de sus poros y de la manera en que están ocupados por el agua y el aire. Físicamente el suelo consta de: piedras, guijarros, arena, arcilla, limo, ramas muertas, raíces, hojas y "humus", todos estos elementos, ayudan a establecer las condiciones físicas del suelo.

Las propiedades físicas más importantes son: La textura, la estructura la densidad, la porosidad, la consistencia, el color y la temperatura. Estas propiedades influyen directamente en la retención y capacidad de movimiento del agua, sustancia elemental para toda forma de vida, por eso en este capítulo, se hace mención de la gran importancia de este elemento en el suelo.

Textura

La textura del suelo, es un medio de describir el tamaño (grado de grosor o finura) de las partículas minerales presentes en el mismo.

Se han desarrollado varias técnicas para determinar el tamaño de las partículas del suelo (análisis mecánico) principalmente el de los minerales, ya que son los constituyentes en mayor proporción y son los que directamente influyen en las propiedades físicas del suelo. (76)

y según el porcentaje relativo de arena, limo y arcilla en un suelo se puede determinar su textura.

Sistema del departamento de agricultura de Estados Unidos		Sistema Internacional		Sistema de Mohr de diez fracciones	
División del suelo	Margen diámetro (mm)	División del suelo	Margen diámetro (mm)	División del suelo	Margen diámetro (mm)
Arena muy gruesa	2.00-1.00	Arena gruesa	2.00-0.20	Arena muy gruesa	2.00-1.00
Arena gruesa	1.00-0.50	Arena fina	0.20-0.02	Arena gruesa	1.00-0.50
Arena mediana	0.50-0.25	Limo	0.02-0.002	Arena mediana	0.50-0.20
Arena fina	0.25-0.10	Arcilla	menos de 0.002	Arena fina	0.20-0.10
Arena muy fina	0.10-0.05			Arena muy fina	0.10-0.05
Limo	0.05-0.002			Limo grueso	0.05-0.02
Arcilla	menos de 0.002			Limo	0.02-0.005
				Limo fino	0.005-0.002
				Arcilla	0.002-0.0005
				Arcilla coloidal	menos de 0.0005

Tabla No. 5 (77)

Generalmente aquellos suelos que tienen mayor cantidad de partículas grandes son los arenosos, que comunmente se les llama ligeros, por la facilidad con que se trabajan, ya que tienen buen drenaje interno, no se inundan, retienen poca humedad, son de baja capacidad de intercambio catiónico, son de buena aereación y por lo general son sueltos y desmenuzables. En los suelos donde predominan las partículas de tamaño medio se les denomina limosos, tienen una área superficial grande, son adsorbentes y retienen la humedad, los gases y nutrimentos. Aquellos suelos que contienen mayor proporción de partículas finas son los arcillosos, que se les llama pesados por el mayor esfuerzo que se debe hacer para trabajarlos cuando están húmedos, ya que retienen gran cantidad de agua inundándose fácilmente, tienen mala aereación, son lodosos y adhesivos y cuando secos son duros, formando terrones que dificultan su labranza. A pesar de todo esto son más fértiles que los suelos arenosos.

En base a la distribución de partículas se han establecido límites de variación en el tamaño y se han hecho subdivisiones, que se les da el nombre de clases de textura, en las cuales se manejan los terminos; arenosos, limosos loam y arcillosos.

Para facilitar la determinación del nombre real, de la clase de textura de un suelo a partir del análisis mecánico, se adaptó en un triángulo equilátero el porcentaje de arcilla, arena y limo, la suma del porcentaje de estos componentes en cualquier punto del triángulo es cien.

Las diferentes clases de suelos se separan una de otra por líneas bien definidas de división. Sus propiedades no cambian bruscamente en estas líneas divisorias, sino que una clase varía dentro de las clases vecinas de textura más gruesa o más fina.

La naturaleza mineralógica de las partículas del suelo influyen en la plasticidad, rigidez, permeabilidad, sequedad, fertilidad, productividad y facilidad para trabajar la tierra, estando íntimamente relacionado con la clase de textura en una región geográfica determinada.

La textura del suelo establece el rendimiento de los cultivos en muchos casos y en ciertas áreas geográficas, indicando también hasta cierto grado la fase de intemperización y es una de las condiciones fundamentales en la clasificación de suelos.

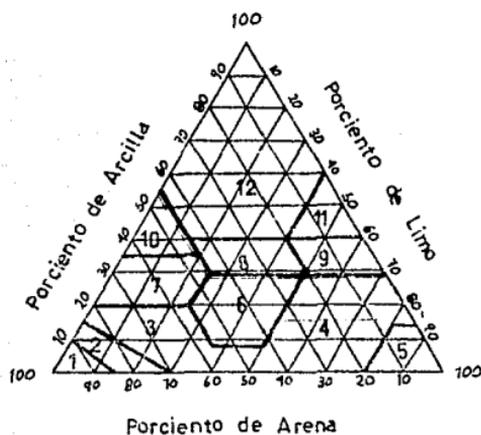


Figura No. 6 Sistema de Estados Unidos para la designación de textura (77)

- | | |
|------------------|-------------------------|
| (1) Arena | (7) Arena Arcilla Loam |
| (2) Arena Loam | (8) Arcilla Loam |
| (3) Loam Arenoso | (9) Arcilla Limoso Loam |
| (4) Loam Limoso | (10) Arena Arcilla |
| (5) Limo | (11) Arcilla Limoso |
| (6) Loam | (12) Arcilla |

Estructura

Las partículas sólidas orgánicas e inorgánicas, toman arreglos característicos de acuerdo al tipo de suelo, lo que se conoce como estructura. Esto se refiere a la acumulación y adhesión de las partículas primarias del suelo (arena, arcilla y limo) que constituyen los grumos o agregados. La agregación o granulación del suelo es una condición necesaria para el desarrollo vegetal, así por ejemplo, hay estructuras que favorecen el desarrollo de las raíces, otras que lo impiden y otras que permiten el libre intercambio iónico entre las partículas y los agregados. Un suelo con estructura granular bien desarrollada, permite la circulación libre de aire y agua por los espacios porosos.

Los agregados o terrones del suelo, se clasifican tomando en cuenta la forma geométrica en que se presentan, ya sea esférica, en placas, en bloques o en forma de prismas. En condiciones de humedad, la estructura del suelo generalmente no se puede distinguir con facilidad, sin embargo ya seco la estructura se ve bien definida.

Para designar una estructura del suelo, la secuencia que se sigue es: tipo, clase y categoría.

Los agregados del suelo se forman mediante mecanismos que agrupan las partículas y las adhiera firmemente para obtener una forma estructural definida y persistente, para esto el suelo cuenta con materiales cementantes necesarios para cumplir esta función, como son los óxidos coloidales de hierro y manganeso, los minerales arcillosos, la materia orgánica coloidal y algunos compuestos sintetizados y secretados por microorganismos, como son los polisacáridos y los poliurónidos. El material original, el clima, la humedad, el secado, la congelación y el deshielo, son factores que influyen en la formación de la estructura, que a su vez influye en la cantidad y naturaleza de la porosidad y regula el régimen de humedad y aire del suelo, sin embargo es susceptible a cambiar mediante el trabajo que se realice en el suelo, como -

rosos y comunmente se expresa en g/cm^3 , variando entre 0.1 y 2 g/cm^3 . La densidad de masa es siempre más pequeña que la densidad de partícula y disminuye a medida que los suelos minerales son más finos en textura, además varía indirectamente con el espacio poroso total presente en el suelo.

La densidad de masa permite determinar el peso de los suelos y es la densidad que con mayor precisión determina las condiciones físicas del suelo. Un suelo con baja densidad de masa indica condiciones favorables, mientras que aquellas con densidad de masa elevada, tienen mala condición física.

La densidad de partícula y la densidad de masa, son los parámetros que se utilizan para calcular el volumen del suelo en por ciento, que esta ocupado por los espacios porosos. (77)

$$\% \text{ de espacios porosos} = 100\% - \frac{\text{densidad de masa}}{\text{densidad de partícula}} \times 100$$

La textura, la forma de las partículas, la estructura y la cantidad de materia orgánica del suelo, son algunas propiedades que intervienen en determinar el tamaño y la cantidad de espacios porosos, ocupados por el aire y agua, proporcionando buenas condiciones de aereación, permeabilidad y retención de agua en el suelo. La porosidad y la estructura, son dos de las propiedades físicas más importantes del suelo, porque en ello radica el buen desarrollo de los cultivos, ya que dependiendo de las condiciones favorables para la germinación de las semillas, la formación de las raíces y el crecimiento de la planta, se puede obtener rendimientos altos de producción en cualquier cultivo. La porosidad del suelo influye directamente en el control de drenaje y en el suministro de oxígeno para raíces y organismos.

En suelos con buena estructura y drenaje adecuado, los sistemas radiculares se desarrollan en toda su extensión. Cuando el suelo permanece anegado por períodos prolongados, su estructura se deteriora y puede causar reducciones considerables en la eficacia de la producción.

Consistencia

El contenido de agua, así como la textura, la estructura y la cantidad de coloides orgánicos e inorgánicos, intervienen directamente en establecer la consistencia del suelo, que es una propiedad importante en la determinación de las condiciones físicas del mismo.

La consistencia se refiere al grado de cohesión y adhesión de los componentes que integran las partículas del suelo. La cantidad de agua contenida en un suelo, proporciona diferentes niveles de consistencia, desde aquellos que tienen un alto contenido de humedad, donde se observa la propiedad de adherencia y plasticidad y conforme decrece el contenido de humedad se pierden estas propiedades, volviéndose desmenuzables y blandas, hasta que por fin se secan, haciéndose duras y coherentes.

Esta propiedad se debe tomar muy en cuenta para determinar la clase de sembradíos, que se pueden cultivar bajo estas condiciones, pues hay cultivos que se desarrollan satisfactoriamente en suelos con una elevada plasticidad, otros no.

Color y Temperatura

El color, es índice indirecto de muchas propiedades del suelo. El color que adquieren los suelos, en relación al contenido de material de origen, de materia orgánica y humedad, es una herramienta de gran utilidad para el agricultor, ya que puede determinar, las condiciones relacionadas con su formación y la fuerza activa que puede desarrollar en determinado cultivo.

Los minerales proporcionan colores claros, que dependen de la composición química y de las reacciones que se pueden registrar dentro de las partí-

culas minerales. Los compuestos férricos dan tonos rojos, pardos y amarillos, los compuestos ferrosos, azules y verdes, el sílice así como la cal, producen tonos blancos y grisáceos.

La materia orgánica, proporciona tonos oscuros y esto depende del grado de descomposición y de la cantidad de materia orgánica presente en el suelo, dando tonos gris, gris oscuro y café sin llegar a un color verdaderamente negro.

Como regla general, el color pardo uniforme o tonos de pardo, indican que no hay problemas de drenaje. Por otro lado los tonos gris, azul o negro indican que el suelo está permanentemente anegado o puede tener un alto contenido de materia orgánica.

El bajo contenido de materia orgánica de muchos suelos, permite apreciar los colores brillantes de los óxidos de hierro. El suelo rico en materiales coloidales minerales, es comparativamente más coloreado bajo condiciones secas y húmedas.

Directamente el color del suelo influye en la temperatura del mismo, hasta cierto grado. Los suelos de color oscuro absorben más calor que los de color claro. La temperatura del suelo es un factor importante para el desarrollo de las plantas, así como de la actividad química y biológica del mismo. Cuando el suelo tiene temperaturas bajas, los procesos vitales de plantas y animales se reduce hasta cesar por completo.

El crecimiento de gran parte de cultivos agrícolas, son muy lentos a temperaturas cercanas a 5°C. Sin embargo el proceso se acelera cuando la temperatura fluctúa entre 20°C y 30°C tanto del aire como del suelo. Esta temperatura también es ideal para los procesos químicos de los microorganismos que transforman los nutrimentos para las plantas en forma continua.

La principal fuente de calor para proporcionar temperatura al suelo, es la radiación calórica del sol. Del total de radiación disponible en la tierra, únicamente una parte es absorbida por el suelo y esto depende en gran parte del clima, el color, la altura, el aspecto del suelo y la capa vegetativa.

La humedad del suelo, es el factor más importante que influye en la conservación o eliminación de la temperatura. Un suelo muy húmedo, necesita gastar más energía para calentarse, ya que el calor absorbido se elimina con la evaporación del agua y para elevar la temperatura del agua se necesita más energía que la que se utiliza para elevar la temperatura de las partículas que componen el suelo, ya que el calor específico del agua es más alto con respecto al calor específico del suelo seco, siendo este último, únicamente una quinta parte del calor necesario para elevar 1°C la temperatura de un gramo de agua.

Uno de los procesos mediante el cual se puede eliminar el agua sin utilizar calor, es proporcionar al suelo sistemas de desagüe que aumente la infiltración de agua y de esta manera se puede facilitar los cambios de temperatura, así como utilizar materia orgánica (estiércol) que proporciona colores oscuros, que absorben más radiación. Por el contrario, los suelos claros, reflejan la radiación, disminuyendo la temperatura del mismo, sin embargo esto se puede contrarrestar cubriendo la superficie del suelo con plásticos oscuros que absorben la mayor parte de radiación solar, reduciendo la pérdida de calor y la evaporación del agua.

El agua del suelo

El agua es fundamental para mantener todas las formas de vida en el planeta. En las plantas es esencial para el crecimiento, para el proceso de fotosíntesis y como transportador de los nutrientes disueltos en ella, absorbidos en el suelo y llevados a través de toda la planta. En realidad el agua del suelo, es un regulador importante de las actividades físicas, químicas y biológicas del suelo.

El agua del suelo, se obtiene principalmente de la precipitación y el

riego, perdiéndose posteriormente a través de la filtración a aguas subterráneas, de la evaporación y transpiración a la atmósfera.

Las características del suelo, tales como, la textura, la estructura, la naturaleza y cantidad de materiales coloidales orgánicos e inorgánicos, la clase y cantidad de cationes intercambiables y el tamaño y volumen total de espacios porosos, influyen directamente en la capacidad de movimiento y retención del agua.

El agua penetra a las capas superficiales del suelo, por la acción de la gravedad, siendo embebidas por los coloides, pero a medida que las capas de agua se difunden y son absorbidas, penetran más abajo por la acción de la capilaridad y de la gravedad. El agua que va atravesando el suelo, ocupa gradualmente todos los espacios porosos, desalojando el aire existente entre las partículas sólidas y privando a dicho suelo de su atmósfera y si el agua contiene poco aire en solución se habla de que el suelo ha alcanzado su límite de saturación.

El estado de saturación, se presenta en el momento en que las raíces de la planta ya no tienen la capacidad de absorber el agua, pues al carecer de oxígeno, la relación directa entre la cantidad de agua absorbida por las raíces y su velocidad de respiración se ha reducido hasta cero. Esto se debe a que cuando el suelo se encuentra próximo a las condiciones de saturación, la carencia de oxígeno, inhibe la respiración radicular disminuyendo entonces la energía liberada en dicho órgano, con lo que se suspende la absorción activa, la cual se lleva a cabo utilizando parte de la energía liberada en la respiración, la que a su vez también activa las moléculas de agua.

La mayoría de los cultivos se desarrollan en suelos no saturados, a excepción de algunos como el cultivo del arroz, que crece en un suelo totalmente saturado de agua.

A medida que el agua se pierde por evaporación y por la que absorben las plantas, se origina un desequilibrio en la distribución del agua en el suelo. Una parte del líquido que ha quedado se desplaza de las partes más húmedas

hacia las partes más secas del suelo, esto se debe a los efectos de capilaridad y al distinto gradiente de concentración, por lo tanto el agua disponible para las plantas se va reduciendo.

La disponibilidad del agua en el suelo, es inversamente proporcional a la fuerza de absorción que retiene el agua adherible a las partículas del suelo.

El agua higroscópica, es aquella que se mantiene sobre la superficie de las partículas del suelo y no es capaz de ningún movimiento producido por la acción de la gravedad y la capilaridad. Dicha agua forma una pequeña película alrededor de la partícula y cuando es muy delgada las moléculas del líquido están relativamente cerca de la superficie de la partícula y son atraídas por una fuerza que fluctúa entre 13 y 15 atmósferas, que impide su movimiento.

Cuando las plantas se marchitan por falta de agua, significa que, la succión de las raíces no es suficiente para obtener el agua retenida por una fuerza de 15 atmósferas (agua higroscópica), que es necesaria para evitar el marchitamiento. A esta cantidad de agua se le llama, porcentaje de marchitamiento e indica la cantidad de humedad de un suelo, en que la planta se marchita y es incapaz de recuperarse. Los valores del porcentaje de marchitamiento aumentan notablemente con el contenido de compuestos coloidales.

Si a un suelo en el punto de marchitamiento se le agrega agua, el espesor de la película que rodea a las partículas, alcanza a ocupar parte de los espacios porosos vacíos. Esta es la llamada agua capilar, de la cual depende la vida de las plantas y es controlada por el sistema radicular y además es completamente independiente de las fuerzas de atracción coloidal y constituye la base de la solución del suelo.

PROMEDADES FISICOQUIMICAS

Compuestos coloidales del suelo

El compuesto más importante que influye directamente en el crecimiento, desarrollo y rendimiento de todas las plantas en general, probablemente es la arcilla. Químicamente se puede decir que la arcilla es la "sustancia" en la que se encuentran todos los requerimientos nutricionales de los vegetales.

La arcilla esta formada por las partículas más pequeñas que componen el suelo, proveniente principalmente de la intemperización que sufren los minerales secundarios. Dentro de estas partículas se encuentran sistemas coloidales (partículas entre 1 y 200 μ de diámetro), en donde se realiza la mayor actividad química del suelo.

La fácil intemperización de los minerales, se debe en cierto grado, al tamaño de los átomos que componen la estructura del mineral y a la fuerza de enlace que existe entre ellos, de esta manera, reaccionan más fácilmente con otros compuestos químicos y así liberar cationes o aniones por intercambio protónico, entre el mineral y los compuestos de la solución del suelo, formando de esta manera nuevos minerales, menos o más resistentes que los originales. Los nuevos minerales, también se pueden sintetizar, cuando unos pocos átomos se agrupan entre sí para formar el núcleo de un cristal, los cristales crecen y la partícula mineral aumenta de tamaño.

La arcilla del suelo, esta compuesta de dos distintos tipos de coloides:

Coloides inorgánicos o minerales, que se presenta casi exclusivamente como arcilla de diversas clases.

Coloides orgánicos o "humus".

Compuestos coloidales inorgánicos

El material coloidal inorgánico contiene el mayor porcentaje de nutrientes importantes que absorben las plantas, como son: El fósforo, el calcio, - el potasio, etc.

Existen dos grupos principales de minerales, las arcillas aluminó-ferrosilicatos-hidratados (minerales compuestos principalmente de: aluminio, hierro, silicio y agua), como la caolinita, ilita, etc., y las arcillas óxidos, que incluyen los óxidos de hierro y aluminio.

La estructura de los minerales de arcilla, como la caolinita $[(OH) - Al_4 - Si_{14} - O_{10}]$, la montmorilonita $[(OH)_4 - Al_4 - Si_8 \times H_2O]$ etc., se presentan en capas u hojuelas y cada partícula de arcilla está formada por un gran número de unidades estructurales similares a placas. La distancia que existe entre estas placas es tan grande o tan pequeña (según el tamaño de las partículas que las componen), para que exista o no un intercambio catiónico entre las partículas que componen cada placa. Si la distancia entre las placas permite la entrada de agua, esta aumenta la plasticidad de la arcilla, significando también que tanto las partículas interiores como exteriores, están disponibles para la absorción de agua y nutrientes.

Durante la formación de las arcillas minerales, algunos de sus átomos originarios son reemplazados por átomos similares en tamaño, lo que hace que el mineral resulte altamente cargado en forma negativa. Esta carga negativa se localiza dentro de las placas que estructuran las partículas del mineral y es neutralizada por cationes que se mantienen en el exterior de la partícula o en la superficie del agua absorbida. De esta manera la arcilla retiene iones nutritivos que son absorbidos con suficiente fuerza para no ser lixivados, pero relativamente con poca fuerza para ser utilizados con facilidad por las plantas.

Las arcillas óxidos, tienen carga neta positiva, que al estar en combinación con arcillas con carga negativa como la caolinita, se neutralizan, forman

do agregados muy estables. Estos óxidos también contribuyen a la rápida infiltración del agua, a la resistencia a la erosión y a la baja plasticidad de los suelos cuando están húmedos, trabajándose fácilmente.

Compuestos coloidales orgánicos

Los coloides orgánicos, constituyen una parte muy pequeña del total de los coloides existentes en el suelo. Sin embargo, en algunos casos, como en los suelos arenosos, pueden formar la parte principal de la materia coloidal.

Los coloides orgánicos están formados principalmente de "humus". El "humus" es el producto de la descomposición de plantas y residuos animales. Es un material amorfo de color pardo ó negro, en su composición química están presentes sustancias como ligninas, proteínas y poliurónidos. El "humus" es materia orgánica bastante estable, aunque se descompone poco a poco, sin embargo es menos estable que la arcilla coloidal.

Los coloides del "humus" están compuestos de: carbono, hidrógeno, --oxígeno y nitrógeno. Estos coloides tienen propiedades de absorción más elevada para el agua y los cationes, que los coloides inorgánicos.

Los coloides orgánicos, tienen la capacidad de mejorar las condiciones de agregación de los suelos arenosos, mejorando por algún tiempo la capacidad de retención de humedad y nutrientes del suelo.

Intercambio iónico

Los coloides exponen una gran área superficial para la absorción de agua y iones. Una de las propiedades más importantes de los coloides del -

suelo es su capacidad para intervenir en reacciones de intercambio catiónico y aniónico.

Intercambio catiónico

El intercambio catiónico, se realiza en la superficie coloidal, cuando se liberan cationes de la solución del suelo ó por cationes liberados por las raíces de las plantas o por intercambio entre los cationes de diferentes coloides

La reacción de intercambio catiónico, es muy rápida y reversible. La facilidad con que se lleva a cabo esta reacción depende de la concentración ó número de iones y de las cargas de estos iones (un ión será un sustituto poderoso mientras más carga tenga), del tamaño de cada ión y de la velocidad de movimiento, que depende del grado de hidratación. Mientras más grande e hidratado este un ión, más difícil será que llegue a reemplazar los cationes de las partículas coloidales.

La capacidad de intercambio catiónico, se define como la suma total de cationes absorbidos intercambiables, expresados en miliequivalentes por 100 gramos de suelo secado al horno, dando a entender que es el número de sitios de intercambio de cationes de los coloides minerales y orgánicos, esto depende de la cantidad de arcilla y de las condiciones bajo las cuales se haya formado dicha arcilla.

Intercambio aniónico

Es muy poca la información que se tiene con respecto a los coloides del suelo cargados positivamente. Sin embargo se sabe que los aniones (que en su mayoría se obtienen de la oxidación de la materia orgánica por los --

microorganismos), pueden reemplazar los grupos OH^- en los minerales de arcilla que contienen óxidos de hierro y aluminio como la gibsita. En realidad la carga de los óxidos de arcilla depende completamente del pH de la solución del suelo.

Cationes		Aniones	
calcio	Ca^{++}	cloruros	Cl^-
magnesio	Mg^{++}	sulfatos	SO_4^-
potasio	K^+	carbonatos	CO_3^-
sodio	Na^+	fosfato	PO_4^-
hierro	Fe^{++} y Fe^{+++}	nitrato	NO_3^-
manganeso	Mn^{++}	nitrito	NO_2^-
amonio	NH_4^+	oxidrilo	OH^-
hidrógeno	H^+		

Tabla No. 6 Algunos cationes y aniones de la solución del suelo (78)

pH del suelo

La capacidad que tiene el suelo para mantener el desarrollo de las plantas y los microorganismos, depende de las propiedades químicas, que en

La mayor parte se refieren al intercambio iónico que se presenta en el sistema coloidal y a las características ácidas y básicas que imperan en determinados tipos de suelos.

La acidéz del suelo es quizá la propiedad más importante en la determinación de su fertilidad. Todos los cultivos tienen un tramo particular en la escala de pH, donde producen sus mejores rendimientos, disminuyendo estos a medida que el suelo muestra una mayor acidéz o alcalinidad.

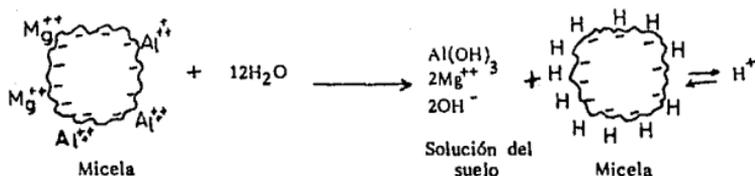
El pH es una medida de acidéz o alcalinidad en las soluciones acuosas. Las soluciones ácidas, contienen concentraciones elevadas de H^+ y las soluciones alcalinas de OH^- . La cantidad de H^+ ó OH^- presentes en una solución dependen del grado de ionización de determinados compuestos químicos.

La escala de pH va de 0 a 14, siendo el valor de 7 la indicación de una solución neutra. Para implantar esta escala se tomó como base el grado de ionización del agua.

suelos ácidos

El pH del suelo está dado por el intercambio entre los cationes de la solución del suelo y los sistemas coloidales.

Cuando una partícula coloidal (micela) tiene sustituyentes básicos y estos se intercambian con los hidrógenos presentes en la solución del suelo, - que por disociación, proporcionan iones H^+ se otorga características ácidas al suelo. Esto en realidad se presenta en suelos no saturados de bases.



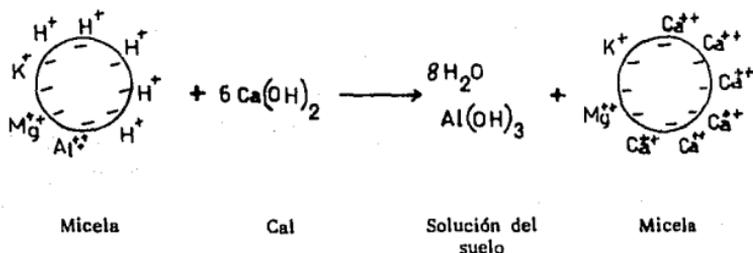
Otros factores que aumentan la acidéz del suelo son: el empleo de fertilizantes químicos con efectos acidificantes, la actividad microbiológica en la descomposición de compuestos orgánicos, en el proceso de nitrificación y a la formación de H_2S (ácido sulfhídrico) formado por la oxidación del azufre presente en los gases industriales.

La acidéz excesiva del suelo aumenta la solubilidad y absorción de los cationes, esto es causa principal de rendimientos insuficientes en los cultivos, originando que algunos elementos necesarios para la alimentación de las plantas, se vuelvan menos utilizables por ellas ó que la concentración de ciertos micronutrientes como aluminio, hierro y magnesio se vuelvan tóxicos al cultivo, bajando así los rendimientos de producción.

Los nutrimentos son sbsorbidos por las plantas en un margen de pH en tre 6.5 y 7.5 por lo tanto si se tienen suelos demasiado ácidos es necesario disminuir su carácter ácido, aumentando su pH y esto se logra agregando cal al suelo, ya que tiene la capacidad de neutralizar la acidéz y con ello hacer más obtenible nutrimentos para la planta, así como de suministrar calcio como nutrimento, utilizandolo para reducir la toxicidad de aluminio, hierro, magnesio o cualquier otro elemento.

La cantidad de cal que se puede aplicar es muy variable y ello depende de algunas condiciones físicas del suelo, de la cantidad de materia orgánica presente y de la magnitud en el cambio de pH deseado. Por ejemplo, mientras más arcilla contenga un suelo, se necesita mayor cantidad de cal para neutralizar la acidéz.

Cuando se agrega cal al suelo humedo, la solución del suelo esta saturada de iones calcio activos, que se intercambian con los hidrógenos presentes en la superficie de los coloides y en su periferia. El hidrógeno se combina con iones OH^- para formar agua, con el CO_3^{2-} para formar H_2CO_3 .



Un suelo bien encalado ofrece más elementos esenciales a los cultivos, aumentando la producción.

La cal hace más obtenible al fósforo y al nitrógeno, reduce la absorción de potasio, vuelve insoluble e inofensivo al aluminio, manganeso y hierro y mejora las condiciones físicas del suelo.

Así como tiene efectos favorables, la cal también tiene consecuencias desfavorables, causa deficiencia de boro, hierro, manganeso, cobre ó zinc. La disponibilidad del fósforo y del potasio pueden reducirse a niveles muy bajos.

El índice de aplicación de la cal, debe determinarse siempre por medio de ensayos en el suelo y aplicarse durante los meses en que el suelo esta inactivo, esto es para balancear el pH y preparar el suelo para la próxima siembra.

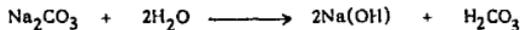
Los compuestos químicos que proporcionan cal para fines agrícolas son:

- a) Carbonato de calcio (CaCO_3), piedra caliza, cálcica molida.

- b) Carbonato cálcico magnésico $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, piedra caliza dolomita.
- c) Óxido de calcio (CaO), cal viva.
- d) Hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, cal hidratada (apagada).
- e) Subproductos industriales como: la escoria de altos hornos -- (CaSiO_3) y (CaSiO_4) , como la cal que resulta de la fabricación de papel, de ingenios azucareros, curtiduría y depuradoras de agua como CaCO_3 subproducto de la fabricación de fertilizantes.
- f) Orígenes diversos como cenizas de madera, cáscara de ostión moj da y lodo prensado.

Suelos alcalinos

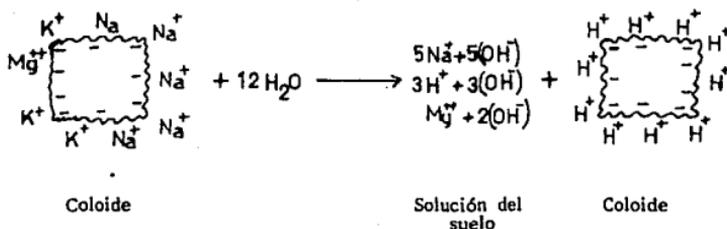
Cuando el pH del suelo es mayor de 7, se tiene un sistema alcalino. Esto se presenta cuando el suelo esta saturado de sodio en un 15% o más, o contiene una cantidad apreciable de carbonatos de sodio, que es característico de las regiones áridas.



El sodio presente en el suelo se encuentra en la superficie coloidal, como base intercambiable, que por hidrólisis produce una base muy fuerte, aumentando considerablemente el valor de pH que puede ser mayor de 8.5

A causa del gran contenido de sodio, tanto la arcilla como la materia orgánica, se dispersan, el resultado es que las partículas se compactan, reduciendo el tamaño y la cantidad de espacios porosos y como consecuencia el

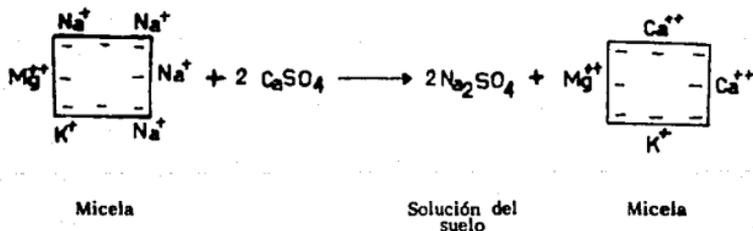
agua y el aire no se mueven con facilidad a través del suelo, reduciéndose - también la actividad microbiana.



Cuando el pH se eleva, los metales como el hierro, cobre, manganeso, zinc, etc., se vuelven menos solubles, hasta que las plantas muestran síntomas de su deficiencia.

Para contrarrestar la alcalinidad de un suelo, se necesita primeramente neutralizar la acción del sodio mediante el intercambio catiónico, que puede ser con el calcio, proveniente del sulfato de calcio (yeso).

El yeso, convierte el suelo sódico en un suelo cálcico, provocando un descenso en el pH y una mejora en las condiciones físicas del suelo.



Posteriormente el sulfato de sodio así formado se puede eliminar por lixiviación debida a la acción del agua de riego. La agregación de materia orgánica ayuda a que baje el pH, mejorando la estructura del suelo, aumentando la capacidad del suelo para suministrar nitrógeno disponible para los cultivos.

Salinidad en el suelo

Otro problema con el que se enfrentan los agricultores, es la salinidad en el suelo. La presencia de sales solubles en el suelo es frecuente, sin embargo cuando la cantidad de estas sobrepasa de ciertos límites, se originan problemas para el desarrollo de las plantas y en casos extremos impiden completamente su desarrollo.

En muchas partes el único factor que limita la producción agrícola es el agua, no por su falta de disponibilidad, sino de su calidad. El agua que se utiliza para riego de cultivos, ya sea de lluvias o de agua de ríos, conforme se va filtrando recoge muchas sales del suelo, aumentando su contenido de sales. Por acción capilar, el agua se mueve hacia la superficie del suelo, evaporándose y concentrando las sales en los campos regados, que no tienen la oportunidad de lavarse con la lluvia.

Las sales pueden haberse originado directamente por la intemperización química de las rocas, por las aguas freáticas salinas ó por el uso excesivo de sales solubles en los fertilizantes químicos.

Los suelos salinos tienen suficientes sales solubles que afectan sus propiedades fisicoquímicas.

- 1.- La presión osmótica de la solución del suelo se eleva a tal grado que la planta no puede absorber el agua e impide la germinación.

- 2.- El pH en ciertos suelos, es muy alcalino afectando directamente el sistema radicular o impidiendo la absorción de algunos elementos esenciales para el desarrollo de las planta.
- 3.- Proporciona un desequilibrio nutricional por la cantidad excesiva de algunos elementos.
- 4.- El drenaje interno del suelo es deficiente por la dispersión de los coloides, cuando el sodio domina en la superficie de estas partículas.
- 5.- Puede provocar toxicidad en el cultivo.

Las sales del suelo se clasifican en: Ligeras (K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , NO_3^-) y altamente solubles (Na^+ , Ca^{++} , Cl^- , SO_4^{--}). De todas las sales solubles existentes en el suelo, las sales de sodio son las más dañinas.

Cuando los cationes Ca^{++} , Mg^{++} , ó K^+ rodean las partículas coloidales del suelo, la neutralización de las cargas negativas es efectiva y el coloide permanece floculado, favoreciendo con esto la granulación, por lo tanto el suelo tiene buena estructura buena aereación y buen drenaje.

Por el contrario, cuando el sodio (Na^+) esta en exceso, es el catión que rodea a la partícula coloidal, este catión permanece cubierto por moléculas de agua, que le impiden acercarse lo suficiente a la carga negativa para neutralizarla, ni permite que otros cationes se acerquen, con ello la neutralización no es efectiva, el coloide permanece disperso, se destruye la estructura y los granulos y como consecuencia el suelo tiene mala aereación y mal drenaje.

De todo esto se puede determinar que el sodio es el catión que trae los problemas más serios para el agricultor.

Para poder determinar si un suelo tiene problemas de sales es necesario tomar cantidades límites; estos límites se basan en el 15% de sodio intercambiable y 4 mmhos de conductividad eléctrica/cm a 25°C.

Según el resultado que se obtenga en esta determinación se puede cla-

sificar los problemas de salinidad de un suelo, de la siguiente manera.

- Suelos sin problemas de sales.- Son aquellos cuya conductividad eléctrica es menor de 4 mmhos/cm y el sodio intercambiable es menor de 15%.
- Suelos salinos no sodicos.- Aquellos cuya conductividad eléctrica es mayor de 4 mmhos/cm y el sodio intercambiable menor de 15%. El pH generalmente menor de 8.5
- Suelos salinos sódicos.- Aquellos cuya conductividad eléctrica es mayor de 4 mmhos/cm y el sodio intercambiable mayor de 15%. El pH generalmente menor de 8.5
- Suelos sódicos no salinos.- Los que tienen una conductividad eléctrica menor de 4 mmhos/cm y el sodio intercambiable mayor de 15%. El pH fluctúa entre 8.5 y 10

Para poder recuperar los suelos con problemas de sales es importante determinar su capacidad de desagüe, para que se prosiga con un riego excesivo de agua de buena calidad, para eliminar las sales solubles, subsecuentemente adicionar sustancias que aporten cationes que sustituyan al sodio de la superficie coloidal y sustancias de origen ácido para disminuir el pH existente o el que resulta al desplazar el sodio intercambiable.

En algunos casos, como en el cultivo de algodón, cebada, cártamo y remolacha azucarera, pueden cultivarse en suelos relativamente salinos. Los estudios más recientes en agricultura se han dirigido hacia la forma de alterar genéticamente los cultivos para hacerlos tolerantes a niveles altos de salinidad.

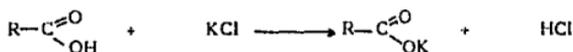
Un sueño de científicos y agricultores es producir alimentos, fibras y forrajes en suelos desérticos de las costas regados por el agua del mar. (55)

MATERIA ORGANICA

La materia orgánica del suelo, consta de partes vivas y partes muertas. La mitad aproximadamente de la materia orgánica consiste de los restos de plantas, animales y microbios en todos los estados de descomposición. La paja, el estiércol y las raíces son algunos de los materiales que se pudren en el suelo, que son de fácil descomposición y son los que ayudan a mantener los rendimientos elevados de nutrientes, independientes del contenido total de materia orgánica del suelo. La otra mitad esta viva, la cual consiste en bacterias, lombrices de tierra, algas, hongos, actinomicetos, nemátodos y muchas otras formas de vida.

La materia orgánica imparte buenas propiedades físicas y químicas a los suelos, produciéndose sustancias orgánicas complejas que ligan las partículas del suelo en unidades estructurales llamados agregados, estos ayudan a mantener un estado suelto y abierto, con lo que el agua y el aire están en condiciones de penetrar más fácilmente y de esta manera el suelo absorbe oxígeno de la atmósfera y expulsa el bioxido de carbono (CO_2), como también de proporcionar un buen drenaje y la capacidad de retener la humedad, debido a esto la materia orgánica se encuentra en mayor cantidad en la capa superficial, que hace de esta capa la más fértil. Esta materia es fuente de energía para los microorganismos del suelo, los cuales la aprovechan al mismo tiempo que se multiplican, destruyendola y liberando elementos nutricionales, así como muchas hormonas y antibióticos. Como producto de estas transformaciones se forma el "humus", que es un compuesto orgánico complejo, formado por proteínas y ligninas, de color oscuro y muy resistente a la descomposición, funciona como un almacén para cationes tales como: K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , etc., que al igual que con los coloides minerales retiene los nutrientes por intercambio catiónico y así evita la pérdida por lixiviación.

Este intercambio catiónico, esta asociado con algunos grupos químicamente activos.



En este ejemplo el potasio se absorbe con suficiente energía para retardar su pérdida y de esta manera es fácilmente asimilable por las plantas.

El "humus", bajo la acción de ciertos hongos se descompone liberando el nitrógeno que contiene.

La materia orgánica del suelo, proviene de diferentes residuos orgánicos, cada uno aporta un porcentaje diferente de las sustancias que la componen, tales como: ligninas, taninos, hidratos de carbono, grasa, aceites, ceras, resinas, proteínas, pigmentos y minerales (Ca, P, S, Fe, Mg y K), de todos estos elementos la lignina y las proteínas son las que se encuentran en mayor proporción.

La materia orgánica, desempeña muchas funciones importantes en el suelo, como la de impartir condiciones físicas deseables, para tal vez, el factor de mayor importancia, es su descomposición y la relación de la cantidad de carbono producido, con respecto a la producción de nitrógeno.

Cuando la cantidad de nitrógeno en la materia orgánica en descomposición es pequeña, este por lo general es absorbido por la microflora existente en el suelo, siendo deficiente para las plantas superiores.

La relación C:N de los materiales orgánicos, indica el grado de descomposición de la materia orgánica, utilizándose también para expresar el contenido relativo de nitrógeno e indicando si existe una deficiencia de este.

(13)

Una relación C:N de 10:1 ó menos indica, una etapa evanzada de descomposición, existiendo de esta manera suficiente nitrógeno para los requerimientos de las plantas superiores. Una proporción amplia de C:N 35:1 ó más, indica poca descomposición y nitrificación lenta. Para contrarrestar este problema se puede apresurar la descomposición de la materia orgánica, -

mezclandola con una pequeña cantidad de sulfato de amonio.

La cantidad de nitrógeno disponible, depende de la cantidad inicial de este, en los diferentes materiales que forman la materia orgánica; por ejemplo, el "humus" del suelo contiene una relación C:N 10:1 lo que indica un contenido elevado de nitrógeno.

A continuación se da una lista de materiales orgánicos que proporcionan diferentes cantidades de nitrógeno y carbono. Estos resultados son aproximados ya que estas proporciones dependen del grado de descomposición, del clima y del tipo de suelo.

Materia Orgánica	% C	% N	Proporción C:N
alfalfa	39	3.0	13:1
estiercol podrido	--	--	20:1
trebol dulce verde	40	2.5	16:1
trebol dulce maduro	39	1.7	23:1
paja de avena	40	0.5	80:1
paja de cebada	--	--	30:1

Tabla No. 7 (16)

A medida que la materia orgánica se descompone, gran parte del carbono, del hidrógeno y del oxígeno son liberados en forma de dióxido de carbono (CO_2) y agua y los nutrientes son absorbidos por las plantas. De esta manera se va perdiendo o eliminando la materia orgánica existente en determinados suelos.

Es necesario mantener un buen porcentaje de materia orgánica en el

suelo. Conforme se va degradando y eliminando es recomendable suministrar más residuos orgánicos, que en su mayoría pueden ser los mismos residuos del cultivo anterior, ó el estiércol de los animales o cualquier desperdicio orgánico.

La fertilización con abonos verdes, consiste en enterrar por medio del arado cosechas que se hallan en determinado estado de desarrollo. Las principales plantas que se usan son: las leguminosas de rápido desarrollo, debido a que ellas contienen una mayor cantidad de nitrógeno.

La acción del abono verde sobre un suelo se ejerce en distintas formas.

- Físicamente.- Este abono suelta la tierra, agrega materia orgánica, las hace porosas, lo que les permite retener mayor cantidad de humedad y evita la erosión.
- Químicamente.- Agrega a los suelos al descomponerse, elementos fertilizantes que absorbio durante su vida la planta que se entierra.
- Biológicamente.- Se estimula y aumenta la acción de los microorganismos del suelo.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS VEGETALES

La tierra que contenga un alto grado de fertilidad y condiciones físicas favorables, aportará los nutrientes que necesite un cultivo, en proporciones y cantidades correctas para su mejor crecimiento y rendimiento.

Los elementos minerales que las plantas absorben, son materia prima, que junto con la energía solar, son utilizados para elaborar sus alimentos y construir sus tejidos.

Entre estos elementos, existen 16 que son indispensables para que el desarrollo y la producción de las plantas sea normal, por lo que se les ha nombrado "elementos esenciales", debido a que si se excluye alguno de ellos impide que la planta (ó animal) complete su ciclo de vida, o por lo menos se limitará el crecimiento de la planta, aunque existan en cantidades abundantes los demás elementos.

Los elementos esenciales se han clasificado en diferentes términos de acuerdo a la cantidad que las plantas requieran de ellos, y algunos autores afirman que ciertas especies de plantas utilizan más de estos 16 elementos para su desarrollo.

Macronutrientes		Micronutrientes	No nutrientes pero indispensables
Nutrientes 1ª	Nutrientes 2ª		
nitrógeno (N)	calcio (Ca)	hierro (Fe)	hidrógeno (H)
fósforo (P)	azufre (S)	manganeso (Mn)	
potasio (K)	magnesio (Mg)	cloro (Cl)	
oxígeno (O)		zinc (Zn)	
carbono (C)		cobre (Cu)	
		boro (B)	
		molibdeno (Mo)	

Tabla No. 8

Manera de como las plantas obtienen sus alimentos

Las plantas a través de las hojas, tallos y raíces absorben del agua y del aire; carbono, nitrógeno y oxígeno, y del suelo los demás nutrientes, en las siguientes formas iónicas.

Macronutrientes		Micronutrientes		No nutrientes pero indispensable	
Elemento	Forma iónica	Elemento	Forma iónica	Elemento	Forma iónica
carbono	CO_2	hierro	Fe^{++} ; Fe^{+++}	hidrógeno	H^+ , H_2O
oxígeno	OH^- , $\text{CO}_3^{=}$	manganeso	Mn^{++}		
nitrógeno	$\text{SO}_4^{=}$, CO_2	cloro	Cl^-		
	NH_4^+ , NO_3^-				
potasio	K^+	zinc	Zn^{++}		
fósforo	H_2PO_4^-	cobre	Cu^{++}		
calcio	Ca^{++}	boro	$\text{BO}_3^{=}$		
magnesio	Mg^{++}	Molibdeno	$\text{MoO}_4^{=}$		
azufre	$\text{SO}_4^{=}$				

Tabla No. 9

Las hojas de las plantas asimilan por medio de sus estomas el carbono y el oxígeno en forma de CO_2 así como también pequeñas cantidades de agua sin embargo todas las plantas se alimentan principalmente, mediante la absorción de los nutrientes del suelo a través de sus raíces.

Estos nutrientes penetran en la raíz de la planta en forma de aniones y cationes, provenientes de la solución del suelo ó de las partículas coloidales orgánicas e inorgánicas.

Durante el desarrollo de la planta, se llevan a cabo dos pasos en la ingestión de iones.

El primer paso, es la absorción de cationes por los coloides del pectato de calcio (85) de la pared celular, que compone los pelos de la raíz, cediendo dos iones de hidrógeno (H^+) por cada ión divalente, y un ión del mismo elemento por cada ión monovalente de las partículas coloidales del suelo. La absorción de aniones, se efectúa de la misma manera, solo que los aniones de la solución del suelo se intercambian con iones OH^- ó HCO^- de las raíces de las plantas.

El segundo paso, es la transformación de los iones absorbidos a través del protoplasma, a la savia celular. Esto se lleva a cabo mediante moléculas transportadoras que se combinan con los iones y pasan a través de la membrana celular para depositar el ión en las vacuolas. Este transporte requiere de la energía metabólica de la respiración, permitiendo así la absorción de iones contra un gradiente osmótico de concentración, cada ión o grupo de iones necesita un transportador específico, que se rige por la cantidad de oxígeno presente, de ahí la función selectiva de absorción en las raíces.

La absorción más rápida de los nutrimentos ocurre cerca de la punta de las raíces nuevas, ya que la velocidad de respiración es mayor en ese lugar.

La capacidad de absorción de una planta depende de la superficie de sus raíces. Así un suelo deficiente para algunas plantas puede ser fértil para otras que tengan un sistema radicular mejor. En la absorción de los elementos nutritivos por las raíces, hay que tener en cuenta que las plantas los absorben a diferentes velocidades y selectivamente, pero un equilibrio nutricional inadecuado, una cantidad insuficiente o excesiva de cualquier elemento, puede reducir los rendimientos, causar tendencia a las enfermedades, encañado ó madurez tardía de los cultivos, en algunos casos absorben demasiadas sustancias que llegan a ser tóxicas.

El desarrollo tanto de las plantas como de las raíces, lo mismo que

la habilidad para extraer elementos nutricionales del suelo, dependen en tal grado de:

- 1) La concentración de iones nutrientes en el suelo.
- 2) De la porosidad del suelo, que permite una buena aereación y una rápida difusión del oxígeno y eliminación del CO_2 a la atmósfera.
- 3) De la humedad, que permite la movilidad y difusión de iones, para que entren en contacto con la superficie de las raíces.
- 4) De las condiciones físicas del suelo, de las cuales depende la densidad y distribución de las raíces.
- 5) De la exposición de las hojas a la luz solar, de la cual depende la energía para la respiración.

La aparición de síntomas de deficiencia en las plantas son siempre causadas por niveles bajos en el contenido de cierto elemento en el suelo, si no porque se encuentran en forma no disponible para la planta o por el exceso de otra, o por otros elementos que afectan la absorción del primero, o cacionado por el pH del suelo o por otras propiedades físicas ó químicas del mismo. Por ejemplo; un alto contenido de calcio inhibe la absorción de hierro y manganeso, este efecto se puede contrarrestar agregando al suelo un compuesto químico como el sulfato de amonio que disminuye la actividad del calcio y aumenta la solubilidad del hierro y manganeso para que de esta manera puedan ser absorbidos por las plantas.

El contenido o proporción de cada elemento esencial en el suelo redanda en el tipo de cultivo que se puede desarrollar satisfactoriamente, para poder obtener los máximos rendimientos de producción, ya que como se sabe diversos vegetales requieren diferentes cantidades de elementos esenciales para su desarrollo.

Las propiedades nutritivas de un suelo, no pueden permanecer estables a medida que las plantas retiran iones nutrientes de la solución y de los co-

loides del suelo, es necesario reincorporarlos mediante el intercambio catiónico, con los minerales del suelo y con la descomposición de la materia orgánica. Sin embargo la renovación de los elementos esenciales es lenta, por lo tanto es necesario utilizar fertilizantes químicos, para suministrar la cantidad de elementos nutricionales que un suelo necesita para determinado cultivo.

La utilización de fertilizantes químicos se debe realizar mediante un análisis previo del suelo, como medida para averiguar que no tiene el suelo y la cantidad de elementos nutritivos que se pueden agregar.

En el mercado existe una gran variedad de fertilizantes, tanto simples (un solo nutriente), como compuestos (2 ó 3 nutrientes) con la especificación del contenido de cada elemento en determinada cantidad de fertilizante. Es muy conveniente que el agricultor conozca la concentración del fertilizante, para que pueda determinar la cantidad correcta de nutriente que ha ya de aplicarse por hectárea. (2)

Efectos fisiológicos de los nutrientes esenciales

Cada uno de los elementos nutricionales utilizados por las plantas, tienen un papel específico en el desarrollo, crecimiento y producción de los vegetales. (57)

El carbono, oxígeno e hidrógeno (C, O e H), son muy importantes en la síntesis de carbohidratos, proteínas y grasas. Estos elementos son los principales constituyentes de los compuestos vegetales.

El nitrógeno (N), es la base de la edificación de los tejidos vegetales, forma parte esencial de las moléculas de proteínas, ácidos nucleicos, -

clorofila y otros compuestos menos comunes, pero igualmente importantes como los aminoácidos, amidas y alcaloides. Se acumula principalmente en los tejidos de las plantas jóvenes. En condiciones adecuadas favorece un lozano crecimiento del follaje y contribuye a un buen desarrollo del tallo. El nitrógeno tiene una gran movilidad dentro de la planta, la cual le permite transferirse de las partes viejas a las partes nuevas de la misma planta.

Cuando el nitrógeno escasea, generalmente las plantas tienen mal desarrollo, menor altura, producto de entrenudos cortos. Las hojas se van decolorando hacia un verde cada vez más amarillento, se hacen raquíticas y pequeñas. Los tallos y ramas tienden a endurecerse y a volverse quebradizos. En estado de deficiencia acentuada se produce la defoliación y la dormancia o inclusive la muerte de las yemas jóvenes, se reduce la floración así como el tamaño y rendimiento de frutos que por lo general presentan una coloración intensa.

El exceso de nitrógeno causa que se produzcan plantas muy frondosas con hojas grandes de color verde obscuro. Rápida elongación del tallo con entrenudos largos. El tejido de los tallos y sobre todo el de las hojas se vuelve más succulento y tierno. La formación de flores se ve retardada y disminuida en su número. Es característica de exceso de nitrógeno la poca resistencia que presentan las plantas a enfermedades y heladas.

El fósforo (P), está presente en los ácidos nucleicos y juega un papel preponderante en la transformación de energía química, es también constituyente de diversas proteínas del protoplasma, tiene importancia en el proceso de síntesis de almidones a través de azúcares, así como en el proceso de reducción de nitratos, ejerce también un efecto amortiguador (Buffer) sobre la acidez del jugo celular.

El fósforo, apresura la germinación de las semillas, ayuda al enraizamiento de los vegetales, determina la formación de las flores, abrevia la maduración de las cosechas, hace crecer rápidamente a los cultivos, junto con la cal ayuda a establecer un equilibrio de las soluciones de la planta, dando consistencia a los tallos, mejorando la calidad de las cosechas y aumentando la

resistencia a las enfermedades. En los cereales forma tallos fuertes, que evitan el acame y finalmente en la forma de fosfato, elimina las sustancias tóxicas combinándose con ellas y ayuda a promover la actividad bacteriana.

Cuando las flores ó frutos tienen marcada tendencia a caerse, a permanecer verdes largo tiempo, cuando los granos no adquieren el peso normal ó quedan pequeños, cuando domina el follaje con disminución de flores y frutos, hay necesidad de aplicar fósforo. En los cereales, la deficiencia de fósforo, se manifiesta usualmente por decoloraciones rojas, purpuras o de tonos cafés, escaso desarrollo en el sistema radicular y una necrosis que empieza en el apice de las hojas.

Los síntomas por exceso de fósforo, presentan una dificultad en la absorción de nitrógeno y posteriormente puede provocar deficiencia de hierro u otros elementos menores (Mn, Cu, Zn).

El potasio (K), es elemento indispensable en la producción de almidones, azúcares, fibras, leña, etc., juega un papel importante en la neutralización de los ácidos orgánicos, en la síntesis de proteínas. Aparentemente, es esencial en el principio del proceso de absorción de nitratos.

El potasio da a las plantas una resistencia especial contra los efectos de las heladas y de las sequías, porque disminuye la posibilidad de congelación de los jugos vegetales, bajo la influencia de los fuertes fríos y hace que durante la sequía la evaporación de los jugos intracelulares sea más lenta, además las plantas adquieren más resistencia a los ataques de las enfermedades.

Cuando los terrenos son deficientes en potasio, los frutos son demasiado agrios, las cascarras de los cítricos demasiado gruesas, los tallos son quebradizos, la papa presenta deformaciones, y en general un empobrecimiento de la cantidad de azúcar en todos los vegetales.

El exceso de potasio puede dar lugar a síntomas de ligera deficiencia de magnesio, nitrógeno y calcio.

El azufre (S), es constituyente de aminoácidos, grasas, protefmas, enzimas y coenzimas participantes en el metabolismo de hidratos de carbono. El azufre estimula el desarrollo de raíces, la formación de semillas y la formación de nódulos.

La deficiencia de azufre es similar a la de nitrógeno. Las plantas se retrasan en su crecimiento y se vuelven de color verde claro ó amarillo.

El calcio (Ca), es un elemento constituyente de la pared celular, participa en la neutralización de ácidos orgánicos, actua como agente desentoxicante e impulsa la producción de semillas así como aumenta la rigidez de la paja, fomenta el desarrollo rápido de la raíz.

La deficiencia de calcio se presenta como una deformación y desintegración de la porción terminal de la planta, disminuye la síntesis neta de ácidos nucleicos, aumenta los nucleótidos solubles.

El magnesio (Mg), es un elemento activo en la síntesis enzimatica, es parte de la molécula de la clorofila y ayuda en la absorción del fósforo en los vegetales, desempeña un papel esencial en muchas reacciones enzimáticas, principalmente en la reacción de fosforilación. El magnesio ayuda también en el traslado de los hidratos de carbono, y regula la absorción de otros nutrientes.

La deficiencia de magnesio ayuda a producir clorólisis por deficiencia de clorofila, presentandose una decoloración característica en las hojas, algunas veces, se presenta una defoliación prematura en las plantas.

El hierro (Fe), es esencial para la formación de la clorofila, aunque no sea parte de su constitución, participa en reacciones de oxido-reducción de varias reacciones metabólicas, como en la síntesis de protefmas.

Las plantas deficientes de hierro, tienen hojas de color amarillo claro y en caso de deficiencia severa, las plantas resultan delgadas y débiles y no

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

producen floración ni fructificación normal. El desarrollo queda muy retardado y la planta puede morir.

El manganeso (Mn) actúa como catalizador en las reacciones de oxidoreducción en conexión con el metabolismo, junto con el hierro y el nitrógeno. El manganeso es activador de muchas enzimas, está relacionado también con la síntesis de la clorofila.

La deficiencia de manganeso origina clorósis, en algunas plantas presenta enanismo retardando la maduración. En los cereales, los síntomas son más aparentes en el estado de plántulas, especialmente durante el tiempo frío. En las hojas se presentan manchas irregulares de color verde pálido a gris, entoscándose durante su crecimiento.

El zinc (Zn) es constitutivo de varias enzimas, participando de esta manera en numerosas reacciones enzimáticas, ayuda en la formación de las hormonas del crecimiento.

Las plantas deficientes de zinc, son achaparradas, cloróticas y muestran bandas blancas características, a lo largo de la nervadura central de las hojas nuevas. Las hojas de frutos de hueso y las de la vid, se tornan pequeñas, los nogales se vuelven amarillos. Y en general las hojas de las plantas se vuelven moteadas y con manchas.

El cobre (Cu) en las plantas participa en la síntesis de la clorofila y en ciertas reacciones de producción de energía, como la respiración y la fotosíntesis, influye en la permeabilidad de la membrana celular y en el proceso por el cual el nitrógeno en forma de nitratos, es reducido a la forma amoniacal por las plantas.

La deficiencia de cobre, afecta la fase reproductiva del desarrollo vegetal. Los síntomas característicos en cereales incluyen: crecimiento atrofiado, marchitez de la punta de las hojas y falta de polinización de las flores.

Todo esto redundará además en que las plantas están propensas al ataque de insectos y enfermedades.

El boro (B) al parecer, actúa como regulador de la proporción K/Ca, que está relacionado también con la absorción de nitrógeno. El boro es necesario en la división celular. No se sabe con certeza cómo es el funcionamiento del boro en reacciones enzimáticas. Está implicado en la absorción del calcio y su empleo es eficaz para las plantas.

La deficiencia de boro tiende a aumentar la pérdida de fósforo en las raíces de las plantas y se cree que regula el crecimiento de algunas partes de las plantas. Se ha observado también que la síntesis de proteínas se debilita.

El molibdeno (Mo) está relacionado con el metabolismo del nitrógeno en las plantas, forma parte del sistema de la reducción del nitrógeno a nitratos para la síntesis de aminoácidos. La fijación del nitrógeno en las leguminosas, también depende de la presencia del molibdeno.

La deficiencia de este elemento, ocasiona una acumulación elevada de nitratos, interfiriendo en la biosíntesis de proteínas.

El cloro (Cl) se cree que funciona como regulador de la presión osmótica y en el equilibrio catiónico, se cree también que el cloro es esencial en el proceso fotosintético.

Este elemento rara vez es deficiente en el crecimiento de las plantas.

MÉTODOS ANALÍTICOS

El análisis químico, se ha usado desde hace muchos años, con el fin de conocer las características y composición de los suelos. Es necesario conocer algunas condiciones químicas del suelo, tales como pH, la cantidad de nutrientes en forma asimilable, principalmente nitrógeno, fósforo y potasio; la concentración de sales solubles y el contenido de materia orgánica.

Toda prueba química, deberá ser comparada con los resultados obtenidos en el campo, para determinar su grado de correlación y por medio de esto, establecer los límites de respuesta o sea, los valores analíticos bajo los cuales, puede esperarse una respuesta positiva y ventajosa en el campo, o si el nutriente en estudio se adicionará al suelo en forma de fertilizante.

Con el fin de conocer las propiedades físicas y químicas, se debe determinar: La textura, el pH, la densidad aparente, el color mediante análisis físicos y fisicoquímicos; la concentración de sales solubles (Ca^{++} , Na^+ , K^+ , SO_4^- , HCO_3^- y Cl^-), cationes intercambiables (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+), fósforo y materia orgánica, mediante análisis químicos.

Como preparar la muestra del suelo para el análisis

- 1º Dividase el terreno de cultivo en secciones. Ningún campo es igual en todas las partes que lo integran, aún en los de características bastante uniforme, se necesitarán muestras del suelo de cada 6 u 8 hectáreas. Todos los sitios de un terreno tienen diferentes tipos de suelo y hay algunos en los que se han hecho tratamientos especiales en materia de fertilizantes, deberán mues

trearse y analizarse separadamente de los sitios que no estén en esas condiciones.

- 2º Tomese muestras de la tierra después de pasar el arado y antes de que se aplique fertilizantes, las muestras no deben estar excesivamente húmedas ni demasiado secas.
Las muestras del suelo, consisten en una bolsa o caja que contenga 20 trozos de tierra coherente, manejable, tal como se extrae con la barrena de agrónomo o un sacabocados de 2 ó 3 centímetros de diámetro, para formar trozos de 20 centímetros de altura o longitud (ó usese una pala de hoja angosta). Formese tajadas de 15 mm de grosor, de 20 centímetros de longitud, recortese los lados de cada tajada para dejar una tira de 25 mm de anchura y vaciense las tiras en bolsas de plástico o en cubetas, por separado.
- 3º Las muestras del suelo deben ser secadas al aire a temperatura ambiente durante un mínimo de veinticuatro horas.
- 4º Las muestras antes de analizarse se desmoronan, pulverizan y mezclan bien y se pasan a través de un tamiz que tenga orificios de 2 mm de diámetro. Etiquetese las muestras, anotando nombre, - dirección de la muestra, profundidad y el número.

Los resultados de los análisis del suelo solo serán tan acertados como buenas sean las muestras que se extraen y el método que se utilice para su análisis.

Análisis Mecánico

El análisis mecánico de suelos, tiene como primer objetivo la determinación de la textura de los mismos, es decir la distribución por tamaño de las partículas aisladas que los forman. Los métodos más utilizados internacionalmente son: el de la "pipeta de Robinson" y el del "densímetro", ambos basados en la diferente velocidad de sedimentación que presentan las distintas fracciones; arcilla, limo y arena.

El método de la pipeta (56) aprovecha que las partículas superiores de 20μ (arena) se sedimentan a un tiempo aproximado de 5 min, a 20°C y que las partículas de diámetro medio superior a 2μ (limo) se sedimentan en el transcurso de 8h a partir del comienzo de la sedimentación, quedando únicamente en suspensión la arcilla, se puede conocer el contenido de arena, limo y arcilla de un suelo, tomando alícuotas con la pipeta de Robinson de cada porción ó capa que se forma en el resipiente sedimentante.

El método que más se utiliza y al que se hace referencia, es el método del densímetro de Bouyoucos. (56)

Método del Densímetro

La densidad de una suspensión depende de la cantidad de materia suspendida, por lo que siguiendo la evolución de dicha densidad con el tiempo de sedimentación, puede determinarse la distribución de tamaños de partículas.

La concentración de sólidos totales en la suspensión (g/L) indicada por la escala del densímetro a los cuarenta segundos después de la agitación, corresponde a partículas de diámetro menor de 20μ (arcilla y limo) y la indicada a las dos horas, corresponde a partículas de diámetro menor de 2μ (arcilla).

Por tanto, la lectura realizada a las dos horas indica directamente la concentración de arcilla en la suspensión y restando esta cantidad de la correspondiente a los cuarenta segundos, se obtiene la concentración de limo. El contenido de arena se calcula por diferencia entre el peso total del suelo y el peso del conjunto de arcilla y limo.

Material:

un densímetro Bouyoucos
un agitador mecánico
un vaso metálico
tres probetas Bouyoucos
un cronómetro
dos termómetros
una pipeta de 10ml

Reactivos:

- Solución dispersante de hexametáfosfato sódico.

Se disuelven 37g de metafosfato sódico y 7,94g de carbonato de sodio en 300ml de agua destilada y se diluye hasta 1litro con agua destilada. El metafosfato sódico puede prepararse calentando fosfato monosódico a 650°C.

Procedimiento

- 1.- Se pesan 50g de suelo, desecado al aire y tamizado a través de una malla de 2mm. (NOTA: Si la muestra contiene mucha materia orgánica, es necesario tratar esta con agua oxigenada y calor. En el caso de que la muestra presente un contenido elevado de sales, se procede a realizar lavados continuos con agua destilada.)

- 2.- Se coloca el suelo en la copa de la batidora y se añaden 10ml de la solución dispersante y agua destilada hasta que la superficie del líquido quede a unos 6cm sobre el fondo de la copa.
- 3.- Se dispersa mediante agitación durante cinco minutos.
- 4.- Se vierte el contenido en una probeta Bouyoucos, arrastrando con el frasco lavador todas las partículas. Se completa con agua hasta la marca.
- 5.- Se agita la probeta tapada, durante un minuto a fin de homogenizar el contenido.
- 6.- Se deja la probeta sobre la mesa, al tiempo que se dispara el cronómetro. Se introduce el densímetro cuidadosamente en la dispersión y a los cuarenta segundos del cese de agitación se toma la lectura del densímetro.
- 7.- Se saca el densímetro de la suspensión y se deja sedimentar este.
- 8.- Al cabo de dos horas del momento del cese de la agitación se vuelve a introducir el densímetro y se toma la medida del densímetro.

Calculos:

Datos:

c = Medida del densímetro a los cuarenta segundos

c' = Medida del densímetro a las dos horas

t = Temperatura inicial que por lo general es de 20°C

t' = Temperatura de la suspensión a las dos horas

0.36 = Factor de corrección por grado de diferencia de temperatura

$$X = \frac{c (t - 20) 0.36}{50} 100 = \text{Porcentaje de limo + arcilla}$$

$$Y = \frac{c' (t' - 20) 0.36}{50} 100 = \text{Porcentaje de arcilla}$$

$$X - Y = \text{Porcentaje de limo} \quad 100 - X = \text{Porcentaje de arena}$$

Color y Densidad aparente del Suelo

La determinación del color, se realiza mediante la notación de colores - de Munsell. (42)

Este método relaciona las propiedades de la luz, como son: la intensidad, valor y matiz. El matiz se refiere a la longitud de onda dominante o al color de la luz; el valor, algunas veces llamado brillantez, se refiere a la can tidad total de luz. La intensidad es la pureza de la longitud de onda de la luz dominante.

La notación de colores de Munsell es una designación sistemática con letras y números de cada una de las tres propiedades de la luz.

Procedimiento:

En dos tubos de ensaye se toman dos muestras de suelo, una debe ser seca y la otra muestra húmeda. El color del suelo se determina directamente mediante la comparación con los cuadros descriptivos de color estandar, obteni dos mediante el método Munsell.

La masa (peso) por unidad de volumen de suelo seco es la Densidad apa rente del suelo.

El volumen considerado incluye las partículas sólidas del suelo y el espa cio poroso. Se mide en g/L, en el sistema Métrico.

Procedimiento:

Se pesan 10g de suelo y se colocan en una probeta de 10ml, se mide el volumen que ocupa y se hacen los cálculos con la fórmula de:

$$d_{ap} = \frac{m}{v}$$

Determinación del pH del Suelo

Puede realizarse potenciométrica o coloriméricamente. (25) La lectura del pH mediante el potenciómetro supera en exactitud a los métodos colorimétricos, los cuales ofrecen la ventaja de no requerir un aparato especial.

La medida del pH de una tierra, exige su humedecimiento previo, se ha aceptado como recomendable el punto de saturación con agua. Así pues, la lectura del pH se realiza normalmente sobre la muestra tamizada (por tamiz de 2mm), en el punto de saturación.

Material:

un medidor de pH con electrodo de vidrio y otro de calomel
cuatro vasos de 100ml
una varilla de vidrio
una pizeta

Reactivos:

solución de cloruro potásico 1 N
solución tampón de pH 7
agua destilada

Procedimiento:

- 1.- Se colocan 40g de suelo en un vaso de 100ml
- 2.- Se añade, sin agitar, pequeñas cantidades de agua destilada, procedente de la pizeta, hasta que toda la masa quede completamente humedecida y luego, cuidadosamente unas gotas más, hasta que la superficie brille ligeramente.
- 3.- Después, se agita el suelo con una varilla de vidrio y se añaden unas gotas de agua para que se forme una pasta suave que apenas fluya para

llenar el espacio libre dejado por la varilla.

- 4.- En este momento, se introduce cuidadosamente, los electrodos en la pasta así preparada, de forma que quede sumergido su extremo inferior, pero que no lleguen a tocar el fondo del vaso.
- 5.- Se gira ligeramente el vaso a izquierda y derecha, con el fin de que los electrodos queden bien humedecidos y se eliminen las burbujas de aire.
- 6.- Se deja reposar un minuto y se lee el pH en el potenciómetro.
- 7.- Se gira cuidadosamente el vaso a izquierda y derecha, se remueve cuidadosamente el suelo que rodea a los electrodos, con una varilla de vidrio fino y se vuelve a leer el pH anotándose la lectura cuando se mantenga constante .

Calculos:

El pH se obtiene directamente del potenciómetro.

Contenido de Materia Orgánica

El método (24) propuesto se basa en la oxidación de la materia orgánica del suelo con dicromato de potasio y posteriormente se valora el exceso de dicromato añadido, con sal ferrosa.

Material:

una estufa regulada a 105°C
dos pesasustancias
dos matraces Erlenmeyer de 500ml
una pipeta de 10ml
una pipeta de 1ml
una probeta de 10ml
un matraz aforado de 1000ml
un agitador magnético
una bureta de 50ml
dos pinzas de bureta
un soporte
un desecador

Reactivos:

- Acido fosfórico al 85%
- Acido sulfúrico concentrado
- Solución de dicromato potásico 1 N

Se pesan 60g de dicromato potásico, se secan durante más de dos horas en una estufa a 105°C y se enfría en desecador. Se pesan 49.04g del producto seco, se pasan a un matraz aforado de 1000ml, se disuelven con agua destilada y se diluyen hasta el aforo.

- Solución de difenilamina

En un vaso de 250ml de vidrio, se vierten 20ml de agua destilada, se añaden lentamente 100ml de ácido sulfúrico concentrado y se deja enfriar.

En un vaso de 250ml se pesan 0.5g de difenilamina, se añade a este vaso la solución de ácido sulfúrico y se agita con una varilla de vidrio hasta que se disuelva la difenilamina.

e) Sulfato ferroso 0.5 N

Pesar 140g de sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), pasarlo a un matraz aforado de 1000ml y disolver con agua destilada, añadir 40ml de ácido sulfúrico concentrado, enfriar y aforar a un litro con agua destilada.

(cuando se use este reactivo es necesario estandarizarlo como se indica en seguida).

A 5ml de dicromato potásico, se le agregan 7.5ml de H_2SO_4 , se deja reposar 30 min, se agregan 100ml de agua, 2.5ml de H_3PO_4 y 0.5ml de difenilamina. Se titula con el sulfato ferroso hasta el vire de violeta - oscuro a verde.

El factor de la solución de sulfato ferroso se deduce del volumen consumido para reducir el dicromato de potasio.

$$F = \frac{\text{ml de dicromato de potasio}}{\text{ml de sulfato ferroso}}$$

Procedimiento:

- 1.- Se pesa 1g de suelo, de contenido normal de materia orgánica (2g en el caso de suelos muy pobres en materia orgánica, ó 0.5g en el caso de suelos muy ricos).
- 2.- Se transfiere el suelo pesado a un matraz de 500ml.
- 3.- Añadir 10ml de dicromato de potasio 1 N, y se agita.
- 4.- Se añaden 20ml de ácido sulfúrico concentrado.
- 5.- Se agita suavemente durante treinta segundos y se deja reposar treinta minutos.
- 6.- Una vez transcurridos los treinta minutos, se agregan 200ml de agua des

- tilada y 10ml de ácido fosfórico al 85% y se enfría al chorro de agua.
- 7.- Se agrega 1ml de la solución de difenilamina y se valora cuidadosamente con la solución de sulfato ferroso 0.5 N hasta que el color violeta obscuro vire a verde manzana, agitando durante la valoración con agitador magnético.

Calculos:

Porcentaje de materia orgánica. (% MO)

$$\% \text{ MO} = \frac{V - (V_1 \times N \times F) \times 1.3 \times 1.72 \times 0.003}{\text{peso de muestra}} \times 100$$

Donde:

- V = ml de dicromato de potasio 1N utilizado
- V₁ = ml de sulfato ferroso empleado en la valoración del dicromato de potasio que no ha reaccionado con el suelo.
- N = normalidad del sulfato ferroso (0.5N)
- F = factor del sulfato ferroso.
- 0.003 = es el peso miliequivalente de carbono
- 1.3 = es el factor de corrección a 100% de efectividad del método, suponiendo que el método solo se efectúa en un 77%.
- 1.72 = es el factor que se basa en el supuesto caso de que la materia orgánica del suelo, tiene el 58% de carbono y que todo el dicromato de potasio es consumido por este.

Capacidad de Intercambio Catiónico

La capacidad de intercambio catiónico de un suelo, es la cantidad de cationes que pueden ser cedidos por la solución del suelo y absorbidos de ésta por las plantas, y se expresa en miliequivalentes por 100g de suelo.

Los métodos analíticos para esta determinación se basan en el desplazamiento de los cationes de intercambio, con una solución acuosa de una sal, tal como, acetato de amonio, acetato sódico o cloruro bórico y posteriormente extracción y valoración del catión intercambiable. (15)

Método del acetato amónico

Material:

una bureta de 50ml
 un matraz aforado de 1000ml
 dos matraces Erlenmeyer de 250ml
 una centrifuga
 una probeta de 100ml
 una probeta de 500ml
 un potenciómetro para medir pH
 una pipeta de 25ml
 un soporte
 dos pinzas de bureta
 dos tubos de centrifuga de 50ml
 un vaso de 1 litro
 un gotero

Reactivos:

- a) Solución extractora de acetato de amonio 1 N

Diluir 57ml de ácido acético glacial en 400ml de agua destilada y agregar 68ml de hidróxido de amonio a esta solución, ajustando el pH a 7 con ácido acético glacial o hidróxido de amonio y aforar a 1000ml con

agua destilada.

- b) Alcohol etílico al 95%
- c) Indicador mixto

Disolver 0.1g de rojo de metilo y 0.5g de verde-bromocresol en 100ml de alcohol etílico al 95% y ajustar el pH de la solución a 4.5 con NaOH o HCl.

- d) HCl 0.1 N

A 100ml de agua destilada se agregan 8.02ml de HCl al 36%, se agita y se afora con agua destilada a un litro. Determinar su normalidad con carbonato de sodio.

- e) Cloruro de sodio al 10%

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

- f) Óxido de magnesio U.S.P.

- g) Ácido bórico al 4%

Pesar 40g de ácido bórico y disolver en 500ml de agua destilada, calentar a ebullición, enfriar y aforar con agua destilada a un litro.

Procedimiento

- 1.- Se pesan 4g de suelo de textura media o fina, ó 6g para suelos de textura gruesa.
- 2.- Se coloca la muestra en un tubo de centrifuga de 50ml, se agregan 25 ml de la solución extractora de acetato de amonio 1 N, se agita y se deja reposar 30 minutos.
- 3.- Se centrifuga a 2000rpm, hasta que el líquido esté claro, generalmente para este paso se necesitan 5 minutos.
- 4.- Se decanta el líquido pasandolo a un matraz aforado de 100ml y se afora con agua destilada.

(Este es el extracto que se utilizará en la determinación de Ca, Mg, - Na y K).

- 5.- El suelo que queda como precipitado, se lava 4 veces con 30ml de alcohol etílico, usando la centrifuga para lavar el suelo.
- 6.- El suelo se transfiere a un matraz Kjeldhal, agregándose 40ml de solución de cloruro de sodio al 10%, 0.5g de magnesia calcinada y 150ml de agua destilada.
- 7.- Se destila, recibiendo el destilado en un matraz Erlenmeyer que contenga 40ml de ácido bórico al 4% y unas gotas de indicador mixto. Cuando se tengan aproximadamente 250 a 300ml de destilado, se retira el matraz y se titula con HCl 0.1 N hasta el vire del indicador.

Cálculos:

$$\text{C.I.C. meq/100g} = (V \times N)_{\text{HCl}} \times \frac{100}{g}$$

Donde:

g = gramos de muestra

NOTA: El método anterior se utiliza cuando el suelo contiene poca cantidad de carbonatos.

En el caso de que la muestra provenga de suelos calizos es necesario tratarla antes con una solución de ácido clorhídrico diluido para eliminar los carbonatos como CO_2

Determinación de Calcio y Magnesio Intercambiables

La determinación de calcio y magnesio presente en un suelo, es posible realizarla mediante el empleo de un método volumétrico basado en la complejometría, usando EDTA como titulante.

Material:

balanza analítica
una bureta de 50ml
dos matraces Erlenmeyer de 250ml
dos matraces aforados de 1000ml
dos matraces aforados de 100ml
una pipeta de 25ml
dos pinzas para bureta
un soporte

Reactivos:

a) Solución de EDTA 0.01 M

Pesar 3,722g de la sal disódica del ácido etilen-diaminotetracético, pasarla a un matraz aforado de 1000ml, disolver con agua destilada y aforar a 1 litro con agua destilada. La Molaridad del EDTA se determina utilizando carbonato de calcio, calculandose en terminos de los mg de carbonato de calcio que reaccionan (como Ca^{2+}) con un ml de EDTA.

b) Solución reguladora pH = 10

Se disuelven 68g de cloruro de amonio en 200ml de agua destilada, se agregan 570ml de hidróxido de amonio conc., y se afora la solución a 1000ml con agua destilada.

c) Hidróxido de sodio al 10%

Disolver 10g de NaOH libre de carbonatos, en la mínima cantidad de

agua y aforar a 100ml con agua destilada.

- d) Indicador de calceína.
- e) Indicador de eriocromo negro T.

Procedimiento:

- 1.- De la solución filtrada en la determinación de C.I.C. (paso No. 4) se toma una alícuota de 10ml y se pasa a un matraz aforado de 100ml aforando con agua destilada.
- 2.- En un matraz de 250ml se toma una alícuota de 25ml de la solución anterior y se diluye con agua destilada.
- 3.- Se agregan 10ml de solución reguladora pH = 10 y se agrega una pequeña cantidad de eriocromo negro T como indicador.
- 4.- Se titula con EDTA 0.01 M hasta el vire de color rojo vino a azul, determinándose tanto calcio como magnesio en esta titulación. Se realiza una segunda titulación para la determinación específica de calcio.
- 1.- Se toma otra alícuota de 25ml de la solución aforada a 100ml, se trasvasa a un matraz Erlenmeyer de 250ml y se diluye con agua destilada.
- 2.- Se le agregan 10ml 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 este quede "enmascarado" para que el calcio sea titulado.
- 3.- Se agrega el indicador calceína y se titula con la solución de EDTA 0.01 M hasta el vire de incoloro a rojo, quedando de esta manera determinado únicamente el calcio.

Calculos:

$$\text{Ca meq/100g} = (V_2 \times M)_{\text{EDTA}} \times \frac{\text{aforo}}{\text{alícuota}} \times \frac{100}{g}$$

$$\text{Mg meq/100g} = (V_1 - V_2) \times M \times \frac{\text{aforo}}{\text{alicuota}} \times \frac{100}{g}$$

Donde:

V_1 = volumen de EDTA utilizado en la primera determinación (titulación de Ca y Mg)

V_2 = volumen de EDTA utilizado en la segunda determinación (titulación de Ca)

M = Molaridad de EDTA

aforo = 100ml

alicuota = 10ml

g = 4 gramos de muestra

Determinación de Sodio y Potasio

El potasio y el sodio, en pequeñas cantidades, son difíciles de determinar por métodos analíticos. Sin embargo, la fotometría de llama permite medir con exactitud, contenidos inferiores a una parte por millón (1 ppm) de potasio o de sodio en suelos.

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:

flamómetro
balanza analítica
matraz aforado de 1000ml
matraz Erlenmeyer de 250ml
pipetas de 1, 5, 10 y 20 ml
probetas de 1000ml
vasos de precipitado

Reactivos:

- a) Solución extractora de acetato de amonio pH = 7
(Descrita en la determinación de C.I.C.)
- b) Solución estandar de potasio

Pesar 1.910g de KCL en un vaso de precipitado y disolver con agua destilada, pasar a un matraz aforado de 1000ml y aforar con agua destilada. Esta solución contiene 1g 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 100ml. Estas soluciones contienen 10, 20, 50 y 100 ppm respectivamente de potasio. Se toman con las pipetas 1, 2 y 5 ml alicuotas de la solución que contiene 100 ppm de potasio y se aforan con acetato de amonio. Estos volúmenes contienen 1, 2 y 5 ppm de potasio.

c) Solución estandar de sodio

Se pesan 2.545g de NaCl en un vaso de precipitado y se disuelven en 50 ml de agua destilada se pasan a un matraz aforado de 1000ml y se diluye con agua destilada hasta el aforo. Esta solución contiene 1g de sodio por litro (1000 ppm de sodio). Se toman con las pipetas de 1, 2 y 5 y 10 ml alicuotas de la solución antes obtenida y se aforan con acetato de amonio pH=7 a 100ml. Estas soluciones contienen 10, 20, 50 y 100 ppm de sodio respectivamente.

Se toman con las pipetas de 1, 2 y 5 ml, alicuotas de la solución que contiene 100 ppm de sodio y se aforan con acetato de amonio pH = 7. Estos volúmenes contienen 1, 2 y 5 ppm de sodio respectivamente.

Procedimiento:

De la solución filtrada en la determinación de C.I.C. (paso No. 4) se toma una alicuota de 10ml 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 estandar que contienen 1, 2, 5, 10, 20, 50 y 100 ppm de potasio.

Calculos:

Representar sobre papel milimétrico, la lectura medida en el flamóme--

tro de las soluciones estandares de concentraciones conocidas de potasio en el eje de las ordenadas (% Absorción o Emisión). En el eje de las abscisas se representa la concentración de potasio en un rango de 0 a 100 ppm.

Interpolar la lectura obtenida en el flamómetro de la muestra de suelo a la concentración de ppm de potasio conocida.

$$\text{ppm de K} = \frac{\text{ppm de K leído en la curva patrón}}{\text{gramos de muestra}} \times \text{alícuota}$$

$$\text{meq de K/100g de suelo} = \frac{\text{ppm de K} \times 100}{39.1 \times \text{gramos de muestra}}$$

Determinación de sodio

A otro diez mililitros de la solución filtrada en la determinación de C.I.C. (paso No. 4) se les 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 la muestra y de las soluciones estandar a 589 nm.

Calculos:

Representar sobre papel milimétrico, la lectura medida en el flamómetro de las soluciones de concentración conocida de sodio en el eje de las ordenadas (%Absorción o Emisión). En el eje de las abscisas representar en un rango de 0 a 100 ppm de sodio.

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

$$\text{ppm de Na} = \text{ppm de Na leído en la curva patrón} \times \frac{\text{ml de alicuota}}{\text{gramos de muestra}}$$

$$\text{Na meq/100} = \frac{\text{ppm de Na}}{22.98} \times \text{peso de muestra} \times 100$$

Determinación de Fósforo

Los cultivos intensivos y repetidos agotan el fósforo asimilable, además tanto el fósforo que hay en el suelo como el aportado por los abonos, forma en su mayor parte compuestos insolubles de difícil asimilación. Por todo esto la determinación de la fracción asimilable del fósforo tiene el mayor interés.

Para la determinación de fósforo se utilizan por lo general el método de Olsen para suelos alcalinos y el método de Bray-Kurtz para suelos ácidos, basados en métodos colorimétricos para determinar el fósforo, contenido en un suelo.

Metodo de Olsen para suelos alcalinos. (32)

Material:

un colorímetro
 dos vasos de 1000ml
 dos matraces Erlenmeyer de 50ml
 un embudo de 8cm de diámetro
 una pipeta de 5ml
 una pipeta de 1ml
 un matraz aforado de 500ml
 un matraz aforado de 1000ml
 un vaso de precipitado de 500ml
 papel whatman núm. 40

Reactivos:

- a) Solución de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) 0.5 M

Se pesan 42g de NaHCO_3 y se disuelven en 800ml de agua destilada. Se ajusta el pH a 8.5 con NaOH 1N. Se diluye hasta 1 litro y se vuelve a ajustar el pH a 8.5

b) Solución de ácido cloromolibdico

En un matraz Erlenmeyer se pesan 15g de molibdato de amonio y se disuelven en 250ml de agua destilada. Se calienta cerca de 45°C y se filtra para quitar cualquier impureza.

Se enfría la solución y se añaden 350ml de HCl 10 N, lentamente y agitando rápidamente. Se afora a un litro con agua destilada. Esta solución debe renovarse cada dos meses.

c) Solución de ácido cloroestano

Se disuelven 25g de cloruro estano en 50ml de HCl concentrado. Se afora a 500ml con agua destilada. Esta solución queda aproximadamente 0.2 M y debe prepararse en el momento que se va a utilizar.

Procedimiento:

- 1.- Se pesan 2.5g de suelo, se pasan a un matraz Erlenmeyer de 250ml y se agregan 50ml de solución de bicarbonato de sodio 0.5 M y un poco de carbón activado a la solución, se agita el matraz durante treinta minutos.
- 2.- Se filtra la suspensión a través de papel Whatman núm. 40. Se añade más carbón activado si el filtrado es oscuro y se vuelve a filtrar.
- 3.- Se toman 5ml de filtrado y se colocan en un tubo de ensaye. Se agregan HCl gota a gota hasta que no haya desprendimiento de CO₂ y se agita.
- 4.- Se agrega 4ml de ácido cloromolibdico y 1ml de ácido cloroestano se agita y se afora a 25ml con agua destilada.

El extracto esta listo para que se lea la concentración de fósforo, utilizando un filtro de 640 mμ.

Curva patrón de fósforo

Para preparar la curva patrón de fósforo, se utilizan 0.0439g de KH_2PO_4 los cuales se pasan a un matraz aforado de 1000ml y se disuelven con poca -- cantidad de agua, ya disuelto se completa con agua destilada hasta el aforo. Esta solución contienen 10 ppm de fósforo.

En matraces aforados de 25ml se ponen distintas cantidades de la solución patrón de fósforo de tal manera que en cada uno haya 1. 2. 5. 10 y 20 ppm de fósforoppm de fósforo. Se agrega a cada matraz 4ml de ácido cloromolfdico se agita. Se añade también 0.5ml de ácido cloroestano y se agita. Se diluye con agua destilada y se agita.

A los diez minutos se lee la absorción óptica a 640 mμ.

Cálculos:

Representar sobre papel milimétrico las lecturas obtenidas en el colorímetro de las soluciones estándares de concentraciones conocidas de fósforo (en el eje de las ordenadas la Absorción y en el eje de las abscisas la concentración en ppm de fósforo).

Las ppm de fósforo en la muestra problema se obtienen interpolando la Absorción de esta muestra, obtenida en el colorímetro sobre la curva patrón de fósforo.

$$\text{ppm de P} = \frac{\text{ppm de P leído en la curva patrón}}{\text{alicuota}} \times \frac{\text{aforo}}{\text{alicuota}} \times \frac{\text{ml de extracto}}{\text{g de muestra}}$$

Método de Bray-Kurtz para suelos ácidos

Material:

un frasco de color ambar
una probeta de 500ml
dos pipetas de 5ml
una pipeta volumétrica de 2ml
dos matraces Erlenmeyer de 100ml
papel Whatman núm. 42

Reactivos:

- a) Solución de NH_4F 0.03 en HCl 0.025N
- b) Acido cloromolibdico
Se prepara igual que en el método Olsen
- c) Acido cloroestano

Se disuelven 10g de SnCl_2 en 25ml de ácido clorhídrico. Esta solución se guarda en frasco color ambar.

Para trabajar diariamente se toma 1ml y se diluye a 330ml con agua - destilada.

Procedimiento:

- 1.- En un matraz Erlenmeyer se pesan 2g de suelo, se le agregan 20 ml de la solución de cloruro de amonio y se agita durante un minuto.
- 2.- Se filtra la suspensión usando papel Whatman núm. 42. Se toma una alícuota de 2ml del filtrado, se agregan 5ml de agua destilada y se agita.
- 3.- Se agregan 2ml de ácido cloromolibdico se agita e inmediatamente se agrega 1ml de ácido cloroestano y se agita.

Después de 6 min y antes de 20 min se procede a leer en el colorímetro usando un filtro de 660 mμ.

Curva patrón de fósforo

Para realizar la curva patrón de fósforo, se prepara una solución de KH_2PO_4 igual a la preparada en el método Olsen, posteriormente se miden diferentes alicuotas que den como resultado 0.25, 0.50, 1.00, 1.50, 2.00 y 2.50 ppm de fósforo.

De estas muestras patrón se obtienen sus absorciones colorimétricas usando un filtro de 660 mμ.

Calculos:

Se representa sobre papel milimétrico las lecturas obtenidas de las muestras patrón de fósforo. (En el eje de las ordenadas la Absorción y en el eje de las abscisas la concentración de fósforo en ppm)

La concentración (ppm) de fósforo de la muestra problema se obtiene interpolando la Absorción de dicha muestra sobre la curva patrón de fósforo.

$$\text{ppm de P} = \frac{\text{ppm de P leído en la curva patrón}}{\text{aforo}} \times \frac{\text{ml de solución extractora}}{\text{g de muestra}} \times \text{alicuota}$$

$$\frac{\text{aforo}}{\text{alicuota}}$$

Determinación de Sales Solubles

La salinidad de un suelo constituye la concentración de todas las sales solubles contenidas en el mismo y está relacionada con la conductividad y con la presión osmótica.

Una salinidad excesiva es un factor limitante para el desarrollo de los cultivos.

El método más usado para determinar la salinidad del suelo se basa en una medida de la conductividad eléctrica de un extracto acuoso del mismo.

Material:

dos vasos de polipropileno de 500ml
 un embudo Büchner de 5cm de diámetro
 un matraz Kitazato de 250ml
 papel Whatman núm. 40
 bomba de vacío
 un termómetro
 celda de conductividad
 un puente de Wheatstone

Procedimiento:

Extracción de las sales solubles

- 1.- se pesan 225g de suelo y se agrega agua destilada para preparar una pasta saturada, agitando con una espátula.
- 2.- De vez en cuando la muestra debe consolidarse golpeando el recipiente - con cuidado sobre la mesa de trabajo.

Al saturarse la pasta, esta 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 los suelos con alto contenido de arcilla.

Después de mezclarse, debe dejarse reposar la muestra durante una hora ó toda la noche en el caso de suelos altamente arcillosos y comprobar el criterio de saturación. (La pasta no debe acumularse agua en la superficie, perder su brillo o endurecerse durante el reposo).

Si la pasta ha perdido brillo o se ha endurecido, es necesario mezclar nuevamente agregando agua.

La pasta saturada se coloca en un embudo Büchner con papel filtro y se aplica vacío. Si el extracto se turbio se puede decantar o pasar nuevamente al suelo y filtrar.

Se coloca el filtrado en la celda de conductividad y se mide la conductividad, con el puente. Se mide la temperatura a la que se realiza la medida de la conductividad para realizar la corrección oportuna.

Cálculos:

Corrección por temperatura

$$\text{Conductividad a } 25^{\circ}\text{C} = C_t \left[1 - 0.02 (25 - t) \right]$$

Donde:

C_t = Es la conductividad medida a la temperatura ambiente

t = Es la temperatura a la que se realizó la medición

25 = Es el valor de la temperatura a la cual se esta haciendo la corrección

0.02 = Es el factor de conductividad que indica el aumento de la misma al aumentar un grado la temperatura

Conductividad corregida x K (celda) = Resistividad (ohm)

$$\text{Conductividad (en mohm)} = \frac{1}{\text{Resistividad (ohm)}}$$

Donde:

$$K = \frac{L}{C}$$

- L = La conductividad específica de la solución de KCl 0.1 N
0.01288 mohm/cm
- C = Es la conductividad medida de esta solución

Determinación de Aniones Solubles

El extracto de saturación obtenido en el método anterior (Determinación de la salinidad de un suelo) se utiliza también para la determinación de los aniones solubles (carbonatos, bicarbonatos, cloruros y sulfatos).

Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos

Material:

una probeta de 5ml
una pipeta de 5ml
una microbureta de 2ml
un matraz aforado de 1000ml
un vaso de precipitado de 200ml
dos matraces Erlenmeyer de 100ml

Reactivos:

- a) Fenolftaleína al 1% en etanol al 60%
- b) Anaranjado de metilo al 0.01%
- c) Acido clorhídrico 0.01 N

Se miden aproximadamente 4.25ml de HCl concentrado y se afora a un litro con agua destilada y se determina su factor de normalidad, con carbonato de sodio anhídrido y anaranjado de metilo como indicador.

Procedimiento:

Para evitar que los carbonatos y bicarbonatos del extracto se precipiten cuando este se guarda, se debe agregar una solución que contenga 1000 ppm

de hexametáfosfato de sodio en la proporción de una gota por cada 25ml de extracto.

- 1.- Se toman 5ml de extracto de saturación y se pasan a un matraz Erlenmeyer de 100ml.
- 2.- Se agrega una gota de fenolftaleína y si la solución toma un color rosa, se titula con HCl 0.01 N.
- 3.- La valoración debe realizarse con una microbureta de 2ml, hasta que desaparezca el color.
- 4.- En el momento que desaparezca el color, se toma el volumen de HCl utilizado y se designa como A.
- 5.- A esta misma muestra se agregan 2 gotas de anaranjado de metilo y se agita.
- 6.- Se titula nuevamente hasta la primera coloración canela, esta nueva lectura se designa como B.

Cálculos:

$$\text{meq/L de CO}_3^{=} = \frac{2A \times N \times 1000}{\text{ml de extracto}}$$

$$\text{meq/L de HCO}_3^{-} = \frac{(B - 2A) \times N \times 1000}{\text{ml de extracto}}$$

Donde:

N = Normalidad de ácido clorhídrico

Determinación de Cloruros

Material:

un matraz aforado de 100ml
un matraz aforado de 1000ml
una pipeta de 5ml
dos matraces Erlenmeyer de 125ml
una probeta de 100ml
una bureta de 50ml
un soporte
unas pinzas para bureta

Reactivos:

- a) Solución de cromato de potasio al 5%

Se disuelven 5g de cromato de potasio en 50ml de agua

Se agrega gota a gota AgNO_3 1 N hasta que se produzca una precipitación estable ligeramente roja

Se filtra y se diluye a 100ml con agua destilada

- b) Solución de nitrato de plata 0.005 N

Se pesan 0.85g de nitrato de plata y se disuelven en 200ml de agua destilada

Se afora a un litro con agua destilada y se guarda en un frasco color ambar. Se determina su factor de normalidad con NaCl y cromato de potasio como indicador.

Procedimiento

- 1.- Se toma una alícuota de un ml del extracto de saturación en un matraz Erlenmeyer de 125ml
- 2.- Se agregan 4 gotas de cromato de potasio y se agita

3.- Se titula con la solución de nitrato de plata 0.005N hasta un color rojizo que sea estable.

Calculos:

$$\text{meq/L de Cl}^- = \frac{(V_1 - V_2) \times N \times 1000}{\text{ml de alicuota}}$$

Donde:

V_1 = ml de AgNO_3 gastado en la determinación de cloruros de la muestra problema

V_2 = ml de AgNO_3 gastados para titular una muestra como blanco

N = Normalidad del AgNO_3

Determinación de sulfatos

Material:

un matraz aforado de 100ml
un matraz aforado de 1000ml
un vaso de precipitado de 250ml
una pipeta de 1ml
una pipeta de 5ml
un colorímetro

Reactivos:

- a) Acido clorhídrico 1N
- b) Cloruro de bario al 20%
Se disuelven 20g de cloruro de bario en 100ml de agua destilada
- c) Sulfato de sodio 10 meq/L
Se pesan 0.35515g de sulfato de sodio y se colocan en un matraz de un litro y se afora con agua destilada

Procedimiento:

- 1.- Se toma un ml del extracto de saturación en un tubo de ensaye
- 2.- Se agrega un ml de la solución de cloruro de bario al 20% y se agita
- 3.- Se agrega un ml de HCl y se lleva a 5ml con agua destilada
- 4.- La solución resultante se lee en el colorímetro con un diluto de 445 mu antes de 5min, para evitar que flocule el precipitado de sulfato de bario.

Calculos:

La concentración de sulfatos se determina por interpolación de la gráfica que se hace, tomando distintas alícuotas de la solución tipo de sulfato de sodio, agregando los mismos reactivos que para el extracto (muestra problema).

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

CONCLUSIONES

Mediante el presente estudio se ha podido comprobar que en nuestro País, se puede cultivar satisfactoriamente el grano de cebada, ya que cuenta con regiones de características propias para su cultivo, como son las regiones altas del Bajío en donde la mayor producción de cebada se concentra en esta área.

En toda la República Mexicana, existen áreas con las mismas características, por lo cual se puede incrementar la producción para cubrir las necesidades de consumo interno y hasta se puede pensar en la posibilidad de exportar cebada de buena calidad y generar divisas al País.

Sin embargo en algunas regiones donde es factible el desarrollo de cebada, los propietarios de las parcelas, se resisten a cambiar de cultivo, por pensar que no les es provechoso o por continuar con una tradición familiar de sembrar otro cultivo, sin tomar en cuenta que pueden obtener mayor producción, sin el riesgo de perder la cosecha por falta de agua o por condiciones climáticas extremas.

Como se sabe la cebada es resistente a la sequía y a las "heladas" por lo tanto es la mejor opción de cultivarse en regiones con climas extremos, en suelos con problemas de sales y cuando se presenta un temporal tardío.

En los últimos años la producción de cebada maltera (la de mayor importancia) a sido totalmente cubierta por la producción nacional, lo que indica que México es autosuficiente en este producto.

Tomando en cuenta que la siembra no necesita grandes esfuerzos, se podría enfocar el cultivo a la producción de cebada "desnuda" (para el consumo humano) que en realidad tendría más importancia nutricional que la cebada maltera o forrajera. Además se podrían implantar industrias procesadoras de alimentos que tengan como base el grano de cebada y de esta manera desarrollar más fuentes de empleo.

RECOMENDACIONES

Para tener un rendimiento elevado y buena calidad en la producción de granos de cebada, es necesario tomar en cuenta las propiedades del suelo, realizando periódicamente un análisis para determinar sus características químicas y físicas y así poder señalar sus deficiencias y corregirlas lo más pronto posible y de esta manera, preparar el terreno para el próximo cultivo.

El tipo de suelo más propicio para cultivar cebada, debe tener las siguientes características y contener la cantidad de nutrientes que a continuación se señalan. (*)

Textura:	Loam Arenoso	
Temperatura:	Entre 5 - 32°C siendo 29°C la temperatura óptima	
pH:	Mínimo	Máximo
% M.O.	6	8
C.E. (mmhos/cm)	1.8	2.4
Densidad aparente g/cm ³	1.52	1.74
	Crítico	Promedio
N (%)	0.4	1.2
P (%)	0.08	0.33
K (%)	0.75	1.5
Mg (%)	-	0.14
Ca (%)	-	0.36
S (%)	0.05	0.24
Na (%)	-	0.03
Fe (ppm)	20	70

Mn (ppm)	18	35
B (ppm)	4	10
Cu (ppm)	4	7
Zn (ppm)	14	26
Mo (ppm)	0.3	0.6

Además de todo lo anterior, es necesario tomar en cuenta otras condiciones, tales como la cantidad de agua necesaria que se tiene que suministrar durante el período de cultivo, de tal manera que para el ciclo de primavera - se tenga en promedio una precipitación de 600mm y para el ciclo de invierno de 800mm, así como respetar las fechas de siembra y la variedad que se va a utilizar, para evitar problemas con las "heladas" que disminuyen la producción o en casos extremos propician una pérdida total del cultivo. Sin embargo to do esto está en función de las condiciones de temporal de cada año, ya que la naturaleza es difícil de predecir y nunca se sabe a ciencia cierta cuando se presentarán las lluvias y como serán los cambios climatológicos.

(*) Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS
 Campo Experimental del Valle de México

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Agricultura de las Américas
Cal es quizá lo que falta
23 [3] 18-19 (1977)
- 2.- Agricultura de las Américas
Cuide que sus cultivos no padescan hambre ni sed
24 [12] 12-15, 60 (1975)
- 3.- Agricultura de las Américas
Fertilice contra la sequía
26 [8] 21-23 (1977)
- 4.- Agricultura de las Américas
La labranza de conservación
34 [2] 14-23 (1985)
- 5.- Agricultura de las Américas
El riego y la salinidad del suelo
33 [3] 20-24 (1984)
- 6.- Alanís, J.L. M.
Efecto de la fertilización y densidad de siembra en el rendimiento
y calidad maltera de la cebada de temporal en los valles altos de
Puebla,
Agricultura Técnica en México 11 [2] 141-150 (1985)

- 7.- Arvizu, J. A. (Corresponsal)
Habrá precios de garantía solo para los granos alimenticios
El Universal Año LXXIII Tomo CCXC 21 y 24 (1989)
- 8.- Borjón, L. P.
Clases de agua en el suelo y su disponibilidad
El Agricultor Mexicano, Tomo LXX 2 2-5 (1965)
- 9.- Bowen, J. E.
Hierro alimento elemental para plantas y animales
Agricultura de las Américas, 30 [3] 36-39 (1981)
- 10.- Bowen, J. E. y Kratky, B. A.
El estiércol y el suelo
Agricultura de las Américas, 35 [9] 11-15 (1986)
- 11.- Bowe, J. E. y Kratky, B. A.
Mejor almacenamiento de semillas
Agricultura de las Américas, 34 [2] 15-18 (1985)
- 12.- Carter, M. R.
Effect of soil management on some chemical, physical, and
biological properties of a solonchic soil
Soil Science, 138 [6] 411-416 (1984)
- 13.- Christensen, B. T.
Wheat and barley straw decomposition under field conditions.
Effect of soil type and plant cover on weight loss, nitrogen
and potassium content.
Soil Biol. Biochem., 17 [5] 691-697 (1985)

- 14.- Conyers, M. K. and Davey, S. G.
Observations on some routine methods for soil pH determination,
Soil Science, 145 [1] 29-35 (1988)

- 15.- Chapman, H. D. and Pratt, P. F.
Métodos de análisis para suelos, plantas y agua
Primera Edición
Editorial Trillas
México (1981)

- 16.- Delorit, R. J. y Ahlgren, H. L.
Producción Agrícola
Primera Edición
Compañía Editorial Continental, S. A.
México (1982)

- 17.- Departamento de Agricultura de IOWA STATE UNIVERSITY
Manual de Agricultura
Primera Edición
Compañía Editorial Continental, S. A. de C. V.
México (1982)

- 18.- Duchaufour, P.
Edafogénesis y Clasificación
Primera Edición
Editorial Masson, S. A.
Barcelona (1984)

- 19.- Esparza, C.F. C.
América: Primera variedad de cebada de grano desnudo en México
Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas
México (1973)

- 20.- Figueroa, J.D. C.
Determinación del grado de confiabilidad del grano flotante como
indicador de calidad de cebada
Agricultura Técnica en México, 9 [2] 115-124 (1983)
- 21.- Franco, M. N.
Logros y aportaciones de la investigación agrícola en los cultivos
de Cebada, Avena y Triticale
S. A. R. H. - I. N. I. A. (1983)
- 22.- Griffith, L.
El fósforo elemento nutritivo vital de reacción y amenudo escaso
en el suelo
Agricultura de las Américas, 35 [9] 16-21 (1986)
- 23.- Guadiana, R. E. y Díaz, Z. M.
Gufa para cultivar cebada de temporal en el Estado de México
C. I. A. N. O. - I. N. I. A. - S. A. R. H. (1983)
- 24.- Gupta, R. K., Bhumbra, K. D. and Abrol, P. I.
Effect of sodicity, pH, Organic Matter and Calcium Carbonate on
the dispersion behavior of soils.
Soil Science, 137 [4] 245-250 (1984)
- 25.- Gupta, R. K., Sef Van Den Elshout and Abrol, P. I.
Effect of pH on zinc absorption-precipitation reactions in an alkali soils
Soil Science, 143 [3] 198-203 (1987)
- 26.- Gupta, U. C. and Cutcliffe, J. A.
Residual effect of boron applied to Rutabaga on subsequent
cereal crops.
Soil Science, 133 [3] 155-159 (1982)

- 27.- Hall, D. H., et. al.
Chemical control of seed-borne diseases of wheat and barley.
California Agriculture, 14-15 May (1978)
- 28.- Hammond, H. B.
Elementos de Conservación del Suelo
Primera Edición
Fondo de Cultura Económico
México (1965)
- 29.- Herrera, A. J.L., Navarro, F. M.
Rumorosa 82: Nueva variedad de cebada para el Valle de Mexicali.
S. A. R. H. - I. N. I. A. - C. I. A. N. O.
Campo Agrícola Experimental del Valle de Mexicali (1983)
- 30.- Holtzclaw, K. M., et. al.
Improved selective dissolution method for determining calcite and
dolomite in soils.
Soil Science, 142 [2] 63-68 (1986)
- 31.- Impulsora Agrícola México
Soy el grano de cebada
Impulsora Agrícola, S. A.
México (1977)
- 32.- Jackson, M. L.
Análisis químicos de suelos
Tercera Edición
Ediciones Omega, S. A.
Barcelona, España (1976)

- 33.- Jara, F. A.
Manual de Toxicología y Tratamiento de Intoxicaciones con
Plaguicidas agrícolas
Asociación Mexicana de la Industria de Plaguicidas y Fertilizantes, A. C.
México, D. F. (1985)
- 34.- Kay, M., et. al.
Métodos de producción intensiva de vacuno de carne; alimentación
a base de cereales,
Editorial Acribia
Zaragoza, España (1971)
- 35.- Kellogg, E. C.
Soil Stufy for Sound Agriculture
Agriculture in the Américas, III [12] 223-227 (1943)
- 36.- Langer, R. W.
Aprenda a cultivar
Primera Edición
Editorial Diana
México, (1981)
- 37.- Lechler, P. J., Roy, W. R. and Leininger, R. K.
Mejor and trace element analysis on 12 reference soil by
inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry
soil Science, 130 [5] 238-241 (1980)
- 38.- Lees, P.
El Cu indispensable para la vida,
Agricultura de las Américas, 29 [12] 14-16 (1980)

- 39.- Lees, P.
Drenaje del Suelo
Agricultura de las Américas, 34 [2] 6-8 (1985)
- 40.- Lehninger, A. L.
Bioquímica
Segunda Edición
Ediciones Omega, S. A.
Barcelona, España (1981)
- 41.- Levesque, M. P. and Mathur, S. P.
Soil tests for copper, iron, manganese and zinc in Histosols:
The influence of soil properties, iron, manganese and zinc
on the level and distribution of copper.
Soil Science, 142 [3] 153-162 (1986)
- 42.- Millar, C. E., Turk, L. M. y Foth, H. D.
Fundamentos de la Ciencia del Suelo
Primera Edición
Compañía Editorial Continental, S. A.
México (1975)
- 43.- Miramontes, B. J. M.
Evaluación de 6 variedades de cebada (*Hordeum Vulgare* L.) bajo
condiciones de Apodaca Nuevo León, durante el ciclo Invierno-Primavera 1983-84
Tesis profesional
Monterrey N. L. (1984)

- 44.- Miranda, F. M.
Algunas propiedades del suelo
El Agricultor Mexicano, LXIX [2] 18-19 (1965)
- 45.- Molina, J.L. C.
La cebada cervecera; Calidad, cultivo y nociones sobre
fabricación de malta y cerveza,
Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación,
Madrid, España (1987)
- 46.- Mora, R. N.
Efecto de la temperatura y del fotoperíodo sobre la sistematología y
la transmisión por semilla del virus Mosaico estriado de la cebada,
Tesis Profesional
Chapingo, México (1988)
- 47.- Navarro, M., Maldonado, U. y Narváez, I.
Recomendaciones para el cultivo de la cebada en el Bajío
Centro de Investigaciones Agrícolas de el Bajío
I. N. I. A. (1963)
- 48.- Nuñez, R. A.
Captación de lluvia y conservación de la humedad del suelo en la
producción de cebada bajo condiciones de temporal
Tesis profesional
Chapingo, México (1982)
- 49.- Olmos, G. B.
La calidad de la cebada maltera
Impulsora Agrícola
México, D. F. (1983)

- 50.- Olmos, G. B.
El cultivo de la cebada maltera de temporal
Impulsora Agrícola
México, D. F. (1983)
- 51.- Patrick, F.
Introducción a la ciencia del suelo
Primera Edición
Publicaciones Culturales, S. A.
México, (1978)
- 52.- Parsons, D. B.
Trigo, Cebada, Avena
Primera Edición
Editorial Trillas
México, (1986)
- 53.- Phelps, A.
Sigale la pista al pH
Agricultura de las Américas, 35 [2] 26-27 (1986)
- 54.- Piccioni, M.
Diccionario de Alimentación Animal
Primera Edición
Editorial Acribia
España (1980)
- 55.- Prieto, V. G.
La sal de la Tierra
Agricultura de las Américas, 35 [8] 12-16 (1986)

- 56.- Primo, E. Y.
Vol. 1 Química Agrícola
Primera Edición
Editorial Alhambra, S. A.
México, (1979)
- 57.- Pomeranz, Y.
Modern Cereal Science and Technology
VCH, Publishers, Inc.
New York, New York (1987)
- 58.- Pomeranz, Y. and Munck, L.
Cereals: A renewable resource the american association of cereal,
Chemists, Inc.
St. Paul, Minnesota (1981)
- 59.- Ramos, A. L.
Combate de maleza con herbicidas en cebada de temporal
Tesis profesional
Chapingo, México (1970)
- 60.- Richter, G.
Fisiología del metabolismo de las plantas
Primera Edición
Compañía Editorial Continental, S. A.
México (1980)
- 61.- Riojas, E. G.
Principales enfermedades de la cebada en México
I. N. I. A. (1980)

- 62.- Riojas, E. G.
El cultivo de la cebada en el Estado de Puebla
Campo Agrícola Experimental del Valle de México
I. N. I. A.
- 63.- Rojas, L.A. C.
Nutrición vegetal, abonos y análisis del suelo
Agricultura Tropical, VII [5] 39-41 (1951)
- 64.- Rojas, M. G.
Manual Teórico-Práctico de Herbicidas y Fotorreguladores
Segunda Edición
Editorial Limusa, S. A. de C. V.
México, (1984)
- 65.- Rodríguez, F. S.
Fertilizantes-Nutrición vegetal
Primera Edición
A. G. T. Editor, S. A.
México, (1982)
- 66.- Salinas, J. G.
Efecto de radiación gamma (Co 60) sobre el poder diastásico y
contenido de proteínas en generaciones tempranas de cebada
Tesis Profesional
Chapingo, México (1970)
- 67.- Sánchez, F. C. y Escalante, E. R. R.
Un sistema de producción de plantas: Hidroponía
Universidad Autónoma de Chapingo, (1981)

- 68.- S. A. R. H.
Anuario Estadístico de la Producción Agrícola, (1987)
- 69.- S. A. R. H. - I. N. I. A.
Ciclos de cultivo; Diagramas de las principales especies
vegetales, con las cuales se efectua investigaciones agrícolas en México
México, (1982)
- 70.- S. A. R. H.
Manual de Agroquímica, Químicos-Farmacéuticos, Alimenticios y
Biológicos-Veterinarios,
Dirección General de Sanidad y Protección Agropecuaria y Forestal,
México (1988)
- 71.- Servicio de Conservación de Suelos; Departamento de Agricultura de
los E. U. A.
Manual de Conservación de Suelos
Primera Edición
Editorial Limusa
México, (1980)
- 72.- Salunkhe, D. K., Chavan, J. K. and Kabam, S. S.
Postharvest Biotechnology of Cereals
C.R.C. Pres. Inc.
Florida (1985)
- 73.- Soto, J.J. V.
Efecto de fertilización (NPK) y densidad de siembra de cebada
(Hordeum Vulgare L.)
Tesis Profesional
Chapingo, México (1982)

- 74.- Stallings, J. M.
El suelo su uso y mejoramiento
Novena Edición
Compañía Editorial Continental, S. A.
México, (1981)
- 75.- Stark, N. and Zuuring, H.
Predicting the nutrient retention capabilities of soils
Soil Science, 131 [1] 9-18 (1981)
- 76.- Tamhane, R. V., et. al.
Suelos su química y fertilidad en zonas tropicales
Primera Edición
Editorial Diana, S. A.
México, (1978)
- 77.- Teuscher, H. and Adler, R.
El suelo y su fertilidad
Primera Edición
Compañía Editorial Continental, S. A.
México, (1981)
- 78.- Thompson, M. L.
El suelo y su fertilidad
Primera Edición
Editorial Riverté, S. A.
México, (1976)
- 79.- Toy, T. J. and Shay, D.
Comparision of some soil properties on natural
and reclaimed hielstopes,
Soil Science, 143 [4] 264-277 (1987)

- 80.- Urbina, R. A.
El cultivo de trigo y cebada en el Bajío y zonas semejante en los
Estados de Queretaro, Michoacán, Jalisco y S. L. P.
I. N. I. A./Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío
México, (1970)
- 81.- Villa, M. C.
Potencial de agua en la hoja; conductancia, estomática y producción
de materia seca en el cultivo de cebada (*Hordeum Vulgare L.*) en
función de la disponibilidad de agua en el suelo.
Tesis Profesional
Chapingo, México (1987)
- 82.- Vlamis, J. et. al.
Zinc and cadmium uptake by barley in field plots fertilized seven
years with urban and suburban sludge,
Soil Science, 139 [1] 81-86 (1985)
- 83.- Wagatsuma, T. and Yamasku, K.
Relationship between differential aluminum tolerance and plant-induced
pH change of medium among barley cultivars
Soil Sci. Plant Nutr., 31 4 521-535 (1985)
- 84.- Wagenet, R. J. and Miller, R. W.
El nitrógeno del suelo
Agricultura de las Américas, 34 [2] 16-29 (1984)
- 85.- Weiz, P. B. y Luller, M. S.
Tratado de Botánica
Primera Edición
Compañía Editorial Continental, S. A.
México, (1979)

- 86.- Wessen, B. and Berg, B.
Long-Term decomposition of barley straw: chemical changes and
ingrowth of fungal mycelium
Soil Biol. Biochem., 15 [1] 53-59 (1986)
- 87.- Zamora, M.R. D.
El virus mosaico estriado de la cebada (V.M.E.C.) en México,
Tesis Profesional
Chapingo, México (1986)
- 88.- Zillinsky, F. J.
Guía para la identificación de enfermedades en cereales
de grano pequeño,
Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo
El Batán, México (1984)