

Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE QUIMICA



Los Metales Pesados en el Mejoramiento de Terrenos

TESIS PROFESIONAL
Que Para Obtener el Título de:
Ingeniero Químico Metalúrgico
P r e s e n t a

José Francisco Nieves Acosta

MEXICO, D. F.

1978



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

CLAS TESIS 1978

AÑO M. t. 308

~~308~~ 307

FECHA _____

PROF. _____



JURADO ASIGNADO ORIGINALMENTE

PRESIDENTE: Alicia Benitez R. de A.

VOCAL: Alberto Obregón Pérez.

SECRETARIO: Ricardo Albarrán Luna.

1er. SUPLENTE: Sergio Palacios.

2° . SUPLENTE: Roberto Rodríguez.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA: San Felipe, Municipio del Valle de Santiago, Gto.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL SUSTENTANTE: José Francisco Nieves Acosta.

NOMBRE COMPLETO Y FIRMA DEL ASESOR DEL TEMA: Alberto Obregón Pérez.

A LA FACULTAD DE QUIMICA
Y A MIS MAESTROS POR EL APOYO
BRINDADO EN MIS ESTUDIOS.

A MIS PADRES.

AGRADEZCO LA AYUDA Y COOPERACION DEL
SR. JOSE HERNANDEZ MEDRANO Y A SU -
ESPOSA LA SRA. MODESTA YEPEZ.
DEL EJIDO DE SAN FELIPE, VALLE DE SAN--
TIAGO, GTO. ESTIMANDO QUE SIN SU APOYO
NO SE REALIZARIA ESTA TESIS.

PROLOGO

El trabajo desarrollado se propone como una forma de orientación entre los campesinos para resolver algunos problemas agrícolas.

Dado esto, con motivo de la aplicación de la relación entre la química de los suelos y el agricultor, tratando de dar la confianza a éste en la solución de los problemas que se les presentan en cultivos de temporal y riego, ya que por años el agricultor ha empleado el mismo método; pero nunca partiendo del análisis de los suelos y las extracciones que de sus componentes hacen las cosechas, que son medios para conocer las cualidades y defectos de los suelos.

Por supuesto es necesario dar a estos análisis su justo valor y no exagerar sobre las utilidades que pueden reportar.

Tomando en cuenta la experiencia del campesino en el tipo de desarrollo de un cultivo, se podrá lograr resolver el problema del agro mexicano.

JOSE FRANCISCO NIEVES ACOSTA.

INDICE

PAGS.

CAPITULO I. GENERALIDADES DE LOS SUELOS

| | |
|--|---|
| Elementos minerales de los suelos | 1 |
| Influencia de la profundidad del suelo en el rendimiento de las cosechas | 4 |
| Ventajas e inconvenientes de mezclar suelo y subsuelo | 4 |
| El agua en los suelos | 5 |
| La atmósfera de los suelos | 7 |
| Los alimentos de las plantas | 7 |

CAPITULO II. NUTRIENTES

| | |
|---|----|
| El ácido fosfórico en los suelos | 9 |
| Relación entre el ácido fosfórico y la fertilidad | 9 |
| El nitrógeno y la materia orgánica en los suelos | 13 |
| Nitrógeno | 15 |
| Desnitrificación | 17 |
| Potasio | 20 |
| El calcio | 24 |
| Magnesio y azufre | 28 |
| Manera de presentarse el magnesio en los suelos | 30 |
| Manera de corregir las deficiencias de magnesio en los suelos | 31 |
| Funciones que el azufre desempeña en los suelos | 32 |

CAPITULO III. PODERES ABSORBENTES DE LOS SUELOS

| | |
|--------------------------|----|
| Adsorción mecánica | 36 |
| Adsorción física | 36 |

Absorción químico-biológica.

| | |
|--|----|
| Característica del poder absorbente de los suelos | 42 |
| Determinación de las bases de cambio | 43 |
| Transformación de los abonos minerales en los suelos | 44 |
| Poder absorbente de los coloides húmicos..... | 45 |

CAPITULO IV. ACIDEZ Y BASICIDAD DE LOS SUELOS

| | |
|--|----|
| Reacción de los suelos y causas que influyen en ella | 47 |
| Influencia de la acidez sobre los microorganismos | 50 |
| Influencia de la reacción sobre elementos nutritivos | 52 |
| Reacción del suelo y los cultivos | 53 |
| Corrección de la acidez mediante el encalado | 58 |

CAPITULO V. SUELOS

| | |
|--|----|
| Suelos anormales | 55 |
| Suelos salinos | 60 |
| Resistencia de algunos cultivos a la salinidad | 62 |
| Mejoramiento de los suelos salinos | 63 |
| Cultivos en los suelos salinos | 65 |
| Suelos alcalinos | 65 |
| Tratamiento para mejorar suelos salinos | 66 |
| Suelos ferruginosos | |
| Cansancio de los suelos | 67 |
| Desinfección de los suelos | 68 |

CAPITULO VI. ANALISIS DE SUELOS AGRICOLAS

| | |
|---|----|
| Toma de muestra | 72 |
| Técnicas de análisis | 72 |
| Fósforo | |
| Potasio | 77 |
| Amonio | 81 |
| Nitratos | 82 |
| Método de Demolon y Barbier..... | |
| Método de análisis indirectos de los suelos | 89 |
| Análisis de tejidos vegetales y las aportaciones de nutrientes por -- los suelos | 89 |

CAPITULO VII. NUTRICION VEGETAL

| | |
|--|-----|
| Teoría mineralista de Liebig | 97 |
| Influencia de los microorganismos sobre la fertilidad de los suelos. .97 | |
| Leyes clásicas sobre nutrición | 98 |
| Ley del mínimo | 100 |
| Interacción entre dos elementos limitantes | 101 |

CAPITULO VIII. CLASIFICACION DE ABONOS

| | |
|---|-----|
| Abonos orgánicos | 107 |
| Estiércol | 108 |
| Cantidades de estiércol obtenido en ganadería | 108 |
| Cuidado del estiércol | 110 |
| Composición del estiércol | 111 |
| Estado de utilización del estiércol | 114 |

| | |
|---|-----|
| Epócas y utilización del estiércol como abono | 115 |
| Influencia del estiércol en suelos | 116 |
| Aprovechamiento como fertilizante | 119 |

CAPITULO IX. ABONOS

| | |
|--|-----|
| Influencia de los abonos sobre la calidad de cosechas | 106 |
| Abonos nitrogenados | 119 |
| Abonos compuestos y complejos | 120 |
| Inconvenientes y ventajas de adquirir abonos mezclados | 121 |

CAPITULO X. OLIGOELEMENTOS

| | |
|---------------------------------|-----|
| Boro | 131 |
| Manganeso | 133 |
| Hierro | 137 |
| Cobre | 139 |
| Zinc | 141 |
| Molibdeno | |
| Experimentación de abonos | |

CAPITULO XI DESARROLLO DEL EXPERIMENTO EN EL EJIDO DE SAN FELIPE, VALLE DE SAN- TIAGO GTO.

| | |
|----------------------------|-----|
| Generalidades | |
| Selección de parcela | |
| Procedimiento | |
| Análisis de muestras | 148 |
| Datos de análisis | 148 |

PAGS.

| | |
|--|-----|
| Cálculos e interpretación de datos | 149 |
| Fertilización | 150 |
| Observaciones | 151 |
| Inversión | 151 |
| Ganancias | 152 |
| Conclusiones | 153 |
| Recomendaciones | 153 |
| Bibliografía | 154 |

CAPITULO I

ELEMENTOS MINERALES DE LOS SUELOS

Los elementos minerales están integrados por quijarros, arenas limos y arcillas, denominaciones que agrupan a partículas de tamaño variable, según las distintas escalas establecidas para definir las y clasificar los suelos.

Arena gruesa. - Cuando abundan las arenas gruesas, los suelos son sueltos, de poca cohesión, muy permeables al agua y al aire y propensos a desecarse.

La arena gruesa es inactiva agrícolamente considerada, no tiene prácticamente poder retentivo para el agua y carece de absorción práctico para los principales fertilizantes aportados por el abono.

No optamos estas propiedades, la presencia de la arena gruesa en proporción adecuada es conveniente por servir para contrarrestar las propiedades opuestas inherentes a los suelos que contienen arcilla en proporciones elevadas.

Arena fina. - Las arenas finas influyen menos en la desecación de los suelos que las gruesas, pero aún muestran esta propiedad en grado suficiente para que se resistan los cultivos en las épocas calurosas o de sequía.

Cuando la arena fina se presenta en proporción superior al 35-40% los suelos son propensos a que se forme en ellos una costra superficial, que se origina cuando después de un período de lluvias vienen fuertes calores o vientos desecadores, al predominar la evaporación del agua de la

superficie de la tierra sobre el movimiento ascendente a través de las capas profundas. Esta costra en parte es beneficiosa por servir de protección contra la pérdida de la humedad almacenada, tiene el inconveniente de poder perjudicar el nacimiento de las plantas durante su período de germinación.

Limo. - el limo posee mayor poder de inhibición para el agua y más resistencia a perderla que la arena fina, presentando cierta dificultad para la circulación de aire entre sus partículas.

En el limo se inician algunas características que son propiedades de las arcillas, entre ellas la retención parcial de elementos fertilizantes.

Arcilla. - Constituyen las arcillas las partes más finas que se originan de la disgregación de las rocas.

En los primeros estudios sobre la naturaleza coloidal de las arcillas se consideran partículas bajo forma más o menos esférica, pero las observaciones modernas con microscopios electrónicos demuestran su aspecto laminar y perímetro poligonal.

En cada partícula de arcilla hay que considerar dos clases de superficie: La externa, del bloquecillo de laminillas que la integran y la interna, debida a la suma de las que poseen las laminillas de cada partícula.

Entre las propiedades características de las arcillas se encuentran la plasticidad o facultad de moldearse cuando están humedecidas, variando con la clase de arcilla; su gran capacidad de adsorción y conservación de agua; su característico agrietamiento y endurecimiento al secarse,

capaz de dañar el sistema radicular de los vegetales; su resistencia a la penetración de los elementos de labranza, de las máquinas de cultivo dejando con frecuencia, grandes terrones difíciles de destruir si los suelos no tienen el tempero apropiado y las importantes propiedades de sus coloides: Absorción del nitrógeno amoniacal, del potasio y del ácido fosfórico del suelo y de los abonos, impidiendo que sean arrastrados por las aguas de infiltración.

Si en los suelos abundan las arcillas, estos son muy propensos a encharcarse, y el exceso de humedad, con la falta de aereación que lleva consigo esta circunstancia, puede ocasionar graves daños a los cultivos.

En ocasiones se ha pretendido achacar a motivos fitopatológicos -- anormalidades parecidas en cultivos de cereales, debidas exclusivamente a haber estado el suelo encharcado largo tiempo, asfixiando a las raíces e impidiendo el natural desarrollo de las mismas originando posteriormente, manifiestos desequilibrios entre las necesidades de las plantas y de el deficiente jugo que les podía proporcionar su reducido sistema radicular, máxime en sus siguientes épocas de sequía.

Cuando escasea la arcilla, el terreno tiene poder retentivo para el agua y para los principios fertilizantes.

Se comprende con lo expuesto, lo esencial de que tan preciado elemento se encuentre en los suelos en proporciones medias y la conveniencia de contrarestar los efectos de su deficiencia o exceso con la aportación adecuada de materia orgánica, que actúa como enmienda en ambos extremos.

INFLUENCIA DE LA PROFUNDIDAD DEL SUELO EN EL RENDIMIENTO DE LAS COSECHAS.

Se ha comprobado que para tipos de suelo de análoga constitución - existe cierta relación entre su profundidad y el rendimiento de sus cosechas, de tal modo que para el mismo cierto cultivo y tipo de tierra, los rendimientos de sus cosechas son mayores en los suelos muy profundos.

Si importancia tiene el estudio del espesor del suelo para plantas herbáceas, mas interés tiene el estudio del espesor del suelo para las plantas herbáceas, más interés lo tiene para las arbóreas. El obvio de esta circunstancia ha dado lugar a fracasos y pérdidas muy lamentables en palmas de plantaciones de frutales mal efectuadas.

Si se tiene presente que las raíces de las plantas penetran a profundidades variables, a veces bastantes mayores que la de las capas del terreno sometido a las labores, aunque éstas sean profundas, claramente se comprende el interés que tiene el estudio de la zona que se designa como subsuelo.

El subsuelo por naturaleza, es más pobre en materia orgánica que el suelo; su población microbiana, notablemente más reducida; el aire y el agua penetra con dificultad y su fertilidad es generalmente inferior a la del suelo.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE MEZCLAR SUELO Y SUBSUELO.

Basta en ocasiones para enmendar un suelo y poder aprovechar riquezas acumuladas en él que de momento son poco productivas para los cultivos de raíces superficiales, con dar una labor profunda capaz de ele-

var el subsuelo y sus elementos calizos así como la materia orgánica que no se descompone por haberse provocado una decalcificación superficial, - debida al arrastre de las aguas de la lluvia.

Junto a estas ventajas, existe la desventaja que es la que puede derivarse al elevar del subsuelo sales perjudiciales acumuladas en él.

Estas razones demuestran que de una manera u otra y por lo general no puede aconsejarse a priori sobre la conveniencia o no de mezclar - las capas de suelo y subsuelo, pero sí señalar la importancia de estudiar-ambos y operar en consecuencia.

EL AGUA EN LOS SUELOS.

El papel del agua sobre la nutrición de los vegetales es fundamental, pues constituye el vehículo por medio del cual absorben los suelos los principios fertilizantes. Así pues, el agricultor debe procurar por cuantos medios disponga, que sus cultivos la tengan en cantidades suficientes - para su buen desarrollo.

Como consecuencia de las lluvias, nieves, riegos o inundaciones, - el agua penetra en los suelos rellenando los huecos o espacios entre las - partículas térreas, pudiendo hacerlo con tal intensidad que al ocuparlo -- por completo expulsa al aire totalmente, circunstancia que perjudica -- grandemente a los vegetales si perdura mucho tiempo.

El agua de los suelos se debe considerar en diversos aspectos: -- Agua llamada de capilaridad, que es retenida por las partículas terreas - por fenómenos de tensión superficial; agua de inhibición o sea la absorbi-

da por las partículas del suelo que actúan similarmente a pequeñas esponjas; agua de higroscopia, que es la que conserva el suelo después de desecarse al aire libre y por último, la llamada agua de constitución molecular de las propias arcillas.

A fin de destruir en la capa superior los tubos capilares formados entre las partículas térreas, el agricultor debe labrar bien sus tierras antes de las épocas de lluvia y dar pertinentes labores superficiales al llegar la primavera.

Con estas labores superficiales se destruyen, además, las malas hierbas y se anula la intensa transpiración que hacen para vivir y desarrollarse.

El poder retentivo del agua en los suelos, no es función exclusiva de sus componentes; en él intervienen también las características generales de los subsuelos. Si estos son impermeables, oponen un freno manifiesto al movimiento descendente de aquella, y por el contrario, si son -- gravosos y ricos en areas de arenas sueltas facilitan la infiltración y desecación de los suelos.

Un subsuelo impermeable, emplazado en comarcas húmedas, puede influir desfavorablemente sobre las cosechas y, en cambio, esta misma clase de subsuelo en zonas áridas, de distanciadas precipitaciones pluviales, obra favorablemente en el sentido de que los vegetales aprovechan mejor las aguas que sobre ellos caen.

LA ATMOSFERA DE LOS SUELOS.

En los suelos hay una atmósfera interior distinta de la exterior. El oxígeno que contiene la primera es ligeramente inferior al de la atmósfera exterior. Esta inferioridad se manifiesta más acentuadamente en los suelos mal drenados.

El anhídrido carbónico abunda más en los suelos que en la atmósfera, como consecuencia de la respiración de las raíces y de las reacciones de oxidación de las materias carbonadas realizadas con la intervención de la población microbiana.

El beneficioso papel del anhídrido carbónico sobre la disolución de materias fertilizantes insolubles en agua pura pero solubles en la carga de anhídrido carbónico, es sumamente ventajoso en la fertilidad de las tierras laborables. Sin embargo, cuando se encuentra en exceso puede originar intoxicación en los vegetales.

De aquí que convenga que los suelos, al igual que deben ser relativamente permeables para el agua, lo sean también para los gases que por su interior circulan.

Las estercoladuras y en general las aportaciones de abonos orgánicos favorecen el desarrollo del anhídrido carbónico.

LOS ALIMENTOS DE LAS PLANTAS.

El análisis de los vegetales demuestra que en su constitución entran diversos elementos. Unos ejercen papeles principales; otros secundarios, y otros denominados óligoelementos, siendo estos los indispensa-

bles para la salud de las plantas, intervienen en proporciones reducidísimas en su alimentación.

Los citados elementos se considerarán bajo tres aspectos:

a) Los que proporciona la atmósfera y no tienen por ello que preocuparse de aportarlos los agricultores: carbono, oxígeno e hidrógeno.

b) Los que toman los vegetales del suelo: ácido fosfórico, nitrógeno, potasio y calcio, pero que debe aportar el agricultor fin de completar la insuficiente cantidad que proporcionan los suelos para lograr abundantes cosechas o para que éstos no se agoten.

c) Los elementos secundarios que frecuentemente encuentren cultivos en los suelos en proporciones suficientes para cubrir sus necesidades: azufre, magnesio y hierro. Moderadamente se va considerando el azufre como elemento principal.

Los óligoelementos boro, manganeso, zinc, cobre y molibdeno etc. que es corriente que se encuentren en los suelos en las exiguas proporciones que requieren las cosechas, y sólo ante la carencia de algunos, acusada por anomalías vegetativas, es prudente que deben ser directamente por los agricultores.

CAPITULO II

EL ACIDO FOSFORICO EN LOS SUELOS

Entre los elementos minerales que precisan asimilar los vegetales para vivir y desarrollarse en apropiadas condiciones, tres de ellos destacan por su primordial función: el fósforo, nitrógeno y el potasio.

El fósforo es de importancia para la vida de los cultivos, de los -- animales y de la especie humana.

Cuando escasea en una región y la alimentación animal y humana se hace a base de los productos de ella, el ganado y la población son de constitución enfermiza, débiles de huesos, de pequeña talla y con pocas energías para el trabajo.

INFLUENCIA DEL ACIDO FOSFORICO SOBRE LOS VEGETALES.

El ácido fosfórico ejerce sobre los vegetales funciones primordiales.

Favorece el desarrollo del sistema radicular, engrosando y fortificando las raíces, con lo cual facilita el ataque a los principios fertilizantes del suelo.

En las leguminosas influye notablemente también en el desarrollo de sus nudosidades, fuente fijadora de nitrógeno atmosférico; y en los cultivos que se explotan por sus raíces y tubérculos como la remolacha azucarera o forrajera, nabos, zanahoria, patatas, etc. incrementa su tamaño y peso.

A los tallos, en particular a los de cereales les da fortaleza y ma-

yor grosor, circunstancia de notable importancia en las zonas y variedades propensas al encamado, muy especialmente si se abonan con fuerte dosis de fertilizantes nitrogenados o si las tierras fueron recientemente estercoladas.

Aumenta el ahijamiento de los cereales, favorece al mismo tiempo la floración e influye marcadamente en la calidad, peso y sanidad de las semillas y frutas, así como en el contenido de almidón en los granos de los cereales y en el de la azúcar en los frutos.

El fósforo tiene la facultad de adelantar la maduración de semillas y frutos, fenómeno de importancia no solo en las zonas de heladas tardías, sino en todas en general, al lograrse mejores cotizaciones en los frutos de principio de temporada.

Las plantas que se desarrollan en terrenos bien provistos de ácido fosfórico son más vigorosas y resisten mejor el ataque de plagas y a las heladas.

Cuando escasea el ácido fosfórico las cosechas se reducen, las plantas quedan raquíticas y su déficit se manifiesta en sus hojas con manchas ocres o púrpuras. Cuando aparecen éstas es ya tarde para suministrar el fósforo al cultivo que las acusan.

Los pastos producidos en zonas deficientes de fósforo, influyen en la talla de estos y en los animales que las ingieren cuyos esqueletos son débiles, y raquíticos.

El ácido fosfórico se encuentra sumamente extendido en la corteza terrestre en proporciones variables, pero por lo general reducida. Todas

las tierras de cultivo acusan su presencia; unas más que otras pero se denota rápidamente y pueden soportar las necesidades de los cultivos durante largos períodos; otras, con riqueza media, precisan mantener un cierto nivel con la fertilización de reserva y otras tan débiles, que si no se le -- agrega son incapaces de cubrir las exigencias medias de los cultivos.

Este se presenta en forma mineral u orgánica: fosfato tricálcico, - férrico, magnésico y aluminicos humos-fosfatos, fitina y yacimientos de acumulación ósea, deyecciones etc.

La influencia del ácido y anhídrido carbónico sobre el fosfato tri-cálcico de los suelos se expresa con la reacción:



Esta reacción demuestra lo favorable que son las estercoladuras y además abonos orgánicos, como fuente de CO_2 , en la movilización del ácido fosfórico de los suelos.

Existen varias causas capaces de aumentar la solubilidad del ácido fosfórico. Este fenómeno se explica porque parte del fosfórico soluble precede de transformación, de las materias orgánicas, debido a las acciones microbianas, y porque las secreciones ácidas de los propios microorga--nismos (ácido acético, fórmico y butírico) facilitan la disolución de los -- fosfatos minerales.

Por esto es recomendable aumentar la flora bacteriana de los suelos con estercoladuras ya que aumenta la solubilidad de los fosfatos minerales.

Cuando las tierras son ricas en fósforo orgánico procedente de la -

composición de la materia orgánica, su asimilación es más fácil que cuando proviene de minerales.

Una de las causas que influyen favorablemente para obtener una o dos cosechas buenas es la fractura de las tierras, aunque no tengan gran fondo.

RELACION ENTRE EL ACIDO FOSFORICO Y LA FERTILIZACION.

Si la riqueza potencial es grande por la rotación de los cultivos y los fenómenos de la transformación de la riqueza potencial se desarrollan con mayor lentitud que la requerida para cubrir las necesidades de las plantas, es imprescindible acudir a la fertilización.

Si la velocidad de transformación fuera capaz de ir cubriendo las necesidades de los cultivos, la explotación sería más o menos normal durante algún tiempo, esto se observa con ciertos tipos de suelos que se cultivan durante varios años sin apreciar la disminución en sus rendimientos, sin tomar en cuenta que son mediocres y por esto deben complementarlos adecuadamente para no obtener pérdidas.

Pero para juzgar sobre la asimilación del ácido fosfórico no basta con ser auxiliar, su determinación analítica; hay que tener igualmente presente las características de los sistemas radiculares de los cultivos que en él van a desarrollarse.

Cuando se tienen raíces sumamente gruesas, se tendrá mayor facilidad para aprovechar los compuestos fosfatados y obtener el máximo desarrollo del vegetal, aunque muchas veces esto funciona al contrario en --

sistemas radiculares débiles, ya que estos son sensibles a los abonos fosfatados, fácilmente asimilables.

Ahora bien, como el fósforo, según se indicó contribuye a fortalecer las raíces, resulta que estos fenómenos causa y efecto se refuerzan. Entre los factores que influyen en la fortaleza del sistema radicular hay - que incluir el calor que puedan almacenar las tierras laborables: calor -- que absorben y retienen con mayor facilidad cuando tienen colores oscuros y orientación favorable para que el sol caliente mayor tiempo.

Otra causa de pérdida que se toma en cuenta, es la erosión del suelo. Las tierras muy erosionadas por su emplazamiento, su pendiente o por estar sometidas a las lluvias torrenciales y de los vientos, sufren el arrastre de sus elementos más finos, precisamente donde existen mayores proporciones de ácido fosfórico en estado apropiado para ser asimilado - por las raíces, empobreciendo con ello el terreno.

Esto no es muy notorio ya que por lo general el fósforo se encuentra generalmente emplazado en cantidad suficiente en las capas medias o profundas.

EL NITROGENO Y LA MATERIA ORGANICA EN LOS SUELOS.

Ambos están muy ligados en relación con los suelos y conviene - por su importancia, analizarlos separadamente.

El nitrógeno tiene una influencia muy marcada en el desarrollo de los vegetales y en la formación de sus proteínas. Por esto debe ser de vital preocupación del agricultor proporcionarlo para mejor rendimiento -

de sus cultivos.

La deficiencia nitrogenada en los suelos lleva consigo diversas anomalías: el sistema radicular de los vegetales se debilita, los cereales ahijan poco, las hojas palidecen, el crecimiento se atenúa e incluso puede detenerse, la floración queda restringida, con el consiguiente reflejo en la maduración del fruto; los cultivos resisten, mal los ataques de los insectos y de las enfermedades; los fenómenos atmosféricos; las heladas, granizadas, sequías, etc.

La materia orgánica que contienen los suelos desempeña un factor muy importante, el de enmienda, modificando las propiedades extremas de los fuertemente arenosos o arcillosos, y el de proporcionar y proveer su destrucción, nitrógeno, ácido fosfórico y potasa principalmente el primero.

Esta se origina principalmente a los restos de vegetales que en ellos se desarrollan, a los microorganismos y a las deyecciones y restos de animales que sobre ellos viven.

Al descomponerse, en adecuadas condiciones, la materia orgánica da lugar a una sustancia negra llamada humus.

La destrucción de los restos orgánicos hasta su humificación se hace por vía aerobia o anaerobia.

La transformación anaerobia se realiza bajo el agua, originándose la materia parda o negruzca característica de los yacimientos de TURBA.

Cuando se alteran períodos de estancamiento de aguas con otros desecados, igualmente alterados se forman las descomposiciones anaero--

bias.

Ambas se producen en terrenos de riqueza variable de cal, pero la fermentación aerobia se verifica más intensamente en los cálizos por--- que la cal permite el desalojamiento de aguas.

Unos de los principales beneficios del humus es el que da el valor retentivo como el de la arcilla, el ácido fosfórico y el potasio son re-tenidos por la tierra en el arrastre del agua de las lluvias o riego fuera del alcance de las raíces.

NITROGENO.

El papel beneficioso de la materia orgánica queda sumamente re-ducida si no se descompone en buenas condiciones, bajo condiciones bien de-finidas.

A esta fuente de nitrógeno, proporcionada por la materia orgánica, se unen las aportaciones que hacen diversos microorganismos que se fijan en la atmósfera y la que realiza las aguas de lluvia arrastrándolo en forma de ácido nítrico del ulido que se forma en el inagotable depósito atmosférico.

El oxígeno influye tan claramente en la combustión de la materia orgánica, que se ha comprobado que el desprendimiento de anhídrido carbónico de los suelos es tanto más intenso cuando más fácilmente penetra el -aire entre sus partículas. De ahí que sea conveniente el laboreo de las tierras recientemente abonadas con materia orgánica sobre todo en los terrenos compactos.

A partir de la buena transformación de la materia orgánica tiene

una humedad óptima variable con el tipo de suelo, oscila entre el 20%.

La nitrificación óptima para la buena transformación de la materia orgánica está dentro de un rango de 25-35° y se paraliza totalmente a 5°.

Además de los citados factores, influye en la actividad de la vida microbiana la constitución mecánica del terreno. Cuanto más dividida están las partículas térreas, mayor es la actividad microbiana. Esta división mecánica debe ir acompañada de adecuados laboreos para que circule con facilidad el aire a través de los suelos.

Influye en la transformación de la materia orgánica las características particulares del producto de que se trate.

La cal facilita la descomposición de la materia orgánica. Basta a veces con encalar un suelo ácido y rico en materia orgánica para que las cosechas se incrementen. Pero, sin embargo cuando la cal está en exceso se paraliza la nitrificación.

La nitrificación. - El amoníaco de los suelos puede provenir del arrastre de las aguas de lluvia, del formado por intermedio de las bacterias partiendo del nitrógeno orgánico y el aportado por los abonos.

En la transformación de nitrógeno amoniacal en nítrico intervienen microorganismos específicos que por la función que desempeñan se agrupan en nitrosos y nítricos.

Los fermentos nítricos actúan sobre el ácido nítrico y en nitrosos, sin oxidar al amoníaco y a las sales amoniacales.

La conversión del ácido nitroso en ácido nítrico por medio de

las bacterias se explica por un fenómeno de simple oxidación:



Para que nitrificación se realice es preciso que se reúnan las siguientes condiciones:

- a) Existencia de fermentos nitrosos y nítricos, los cuales se encuentran en todas las tierras laborales.
- b) Humedad apropiada, entre 18-22% es la indicada.
- c) Oxígeno en cantidad suficiente para facilitar la oxidación del amoníaco.
- d) Temperatura óptima del 25-35° C.

DES NITRIFICACION.

Es fenómeno contrario a la nitrificación; es decir, es la transformación del nitrógeno nítrico en nitritos y otros compuestos oxidados nitrogenados en amoníaco.

Tales transformaciones son consecuencia principal de la actuación de microorganismos anaerobios, aunque de manera secundaria pueden proceder también de reacciones químicas.

Existen múltiples microorganismos desnitrificantes; tanto heterógenos, heterótrofos como autótrofos y son más importantes los primeros.

La desnitrificación puede disminuirse favoreciendo la circulación del aire por medio de las labores.

Los encalados activan, si no son excesivos, la nitrificación, y perjudica a los agentes desnitrificantes.

Al comparar las cuantiosas extracciones de nitrógeno que hacen las cosechas y la cantidad de este elemento que proporcionan los suelos, sobre lo que parece pueden ceder.

Este fenómeno desde el principio hizo pensar que debía existir alguna causa extraña capaz de contrarrestar las pérdidas producidas por las extracciones que hacen los vegetales, así como las originadas por el arrastre de las aguas de infiltración y por lo que dejan en libertad las bacterias de los suelos, descubriéndose la existencia de agentes capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y que es después aprovechado por los vegetales.

Tales fijadores se pueden agrupar en:

Microorganismos aislados, como tales fijadores: simbiosis de bacterias y algas y colonias de microorganismos que aparecen en nudosidades de leguminosas.

Los más importantes fijadores de nitrógeno son el Azotobacter; microorganismo de longitud aprox. de 1.5 y 7.2 micras y 0.6 y 1.2 micras de anchura, dotados de gran movilidad y que abundan en las tierras laborables, en especial si son raíces ricas en carbono.

La presencia de hidratos de carbono y ácidos orgánicos, entre otros productos, es indispensable para que capturen el nitrógeno.

El laboreo de los suelos (que facilitan el contacto de las bacterias con el aire) y la luz (que favorece las condiciones y la multiplicación de las algas) contribuyen a que la simbiosis de algas y bacterias fijan con mayor intensidad el nitrógeno del aire.

Otro medio de suministrar nitrógeno a las plantas y a los suelos son las nudosidades de las raíces de las leguminosas.

Las raíces son las principales donadoras de nitrógeno al suelo por la formación de materia orgánica pero entre muchas otras causas que pueden ser:

Nitrógeno arrastrado por las lluvias (amoniacal principalmente), deyecciones y cadáveres animales.

Abonos orgánicos y minerales.

Fijación de nitrógeno atmosférico (bacterias nitrificadoras).

Restos de vegetales (raíces, hojas).

Pérdidas de nitrógeno que experimentan los suelos por distintas causas.

Arrastre de nitrógeno nítrico a través del suelo.

Extracción por malas hierbas.

Volatilización a la atmósfera.

Desnitrificación.

La cantidad de nitrógeno aportada al suelo por precipitaciones atmosféricas, en forma amoniacal y nítrica, es del mismo orden de magnitud en climas secos que las que extraen las cosechas que en ellos se obtienen, lo que explica la estabilización de cosechas medias, aunque bajas, sin el empleo de fertilizantes nitrogenados, siempre que no se encuentren en deficiencia algún otro factor de producción.

El origen de los compuestos nitrogenados en las precipitaciones acuosas se debe a la síntesis producida por las chispas eléctricas y a las

descargas eléctricas lentas y radiaciones ultravioletas de origen solar.

También contribuyen enviando amoníaco a la atmósfera, aunque en menor cantidad, las fermentaciones producidas en el suelo y ciertas actividades humanas.

El nitrógeno contenido por las precipitaciones de las lluvias podrá producir como máximo una cosecha que lo contenga íntegramente en cuyo caso se igualara el aportado al suelo anualmente con el extraído, suponiendo que el suelo alcanzado tiene el equilibrio nitrogenado.

POTASIO EN LOS SUELOS.

El potasio es un elemento al que no suelen conceder gran importancia muchos agricultores. Actitud errónea en ocasiones y, sobre todo, para los cultivos que llevan consigo elevadas proporciones de hidratos de carbono.

Quizá uno de los motivos de esta cierta apatía para su empleo sea debida a que sus efectos no se manifiesta al exterior tan marcadamente como los ácidos fosfórico y, sobre todo, como el nitrógeno; pero, sin embargo, son sumamente estimables para la formación de los azúcares de las frutas, remolachas y caña de azúcar; de las féculas de las patatas, del almidón en los granos, así como para los cereales que adquieran mayor resistencia al encamado, los frutos tengan mayor peso y mayor conservación, y el tabaco tenga buena combustibilidad, entre otras manifestaciones.

Influencia del potasio sobre los vegetales.

El potasio, que siempre se encuentra en las canizas de los vegetales en proporciones variables entre el medio y el dos y medio por ciento, tiene marcada influencia en el metabolismo del nitrógeno y favorece la formación de las proteínas, que tanto influyen en la valorización alimenticia de los vegetales.

Cuando el suelo tiene deficiencia potásica, se acumula en él ni--trógeno orgánico en forma protéica, y si la deficiencia potásica va acompa--ñada de deficiencia nitrogenada, ambas causas suman sus efectos, origi--nándose una anormal desarrollo vegetativo que deja sentirse notablemente en las características de los frutos.

Si con gran diferencia potásica, se acumula en él en abundancia disponen los vegetales de nitrógeno, se crea un equilibrio o no entre la --formación de compuestos nitrogenados que puede ser intensa y la de los --hidratos de carbono que es reducida.

Otra influencia del potasio se manifiesta en la formación de la -clorofila, aunque no se encuentra directamente en la estructura molecular de ésta, como tampoco forma parte de los citados hidratos de carbono.

Tiene el potasio la particularidad de retrasar la maduración de los frutos, fenómenos que es en determinados climas es muy ventajoso -por poder en ellos aprovechar la acción de las lluvias tardías, muy úti--les para la buena formación de los frutos y semillas.

Los cultivos exigen cantidades muy variables de potasio: la ca--ña de azúcar, el tabaco, los plátanos, la batata, remolacha azucarera y --forrajera, la alfalfa, tréboles, naranjos, coles y gran parte de las plantas

hortícolas son, entre otras, exigentes en potasio.

El maíz y arroz lo requieren en relativa proporción. En el primero, cuando escasea el potasio, se atrofian los últimos granos de la extremidad de las mazorcas, que toma forma puntiaguda en lugar de redondeada.

En las alfalfas y tréboles cultivados en terrenos deficientes en potasio aparecen en sus hojas pequeñas manchas blanquecinas y sus bordes parecen estar quemados. Cuando es el tabaco el que se con estas deficiencias, las hojas más viejas comienzan a retorcerse hacia abajo en sus puntas y por sus bordes, al mismo tiempo que aparecen manchas amarillentas en ellos, que se van extendiendo hasta ocupar gran parte de la hoja, cambiando al poco tiempo su coloración amarilla por otra marrón más o menos acentuada.

Entre otro de los efectos que se observan sobre los cultivos según exploten en terrenos bien provistos o no de potasio asimilable, se tiene que en el desarrollo radicular de el trigo se observa en el grosor del tallo, dándole mayor resistencia para el encamado, señalando por último, que entre los efectos benéficos de el potasio se encuentra el de disminuir la transpiración en los vegetales, factor de gran interés para los cultivos que se desarrollan en las comarcas de escasa precipitación atmosférica y el de dar consistencia a las cañas de los cereales.

El potasio en los suelos. -

El potasio es un elemento fertilizante abundante en los suelos - salvo en los de tipo arenoso, los demás suelen tener grandes reservas al-

macenadas capaces, en su contenido abstracto, de poder hacer frente a -- las necesidades del cultivo en amplios períodos de años, si bien la práctica demuestra que con frecuencia los cultivos en amplios períodos estos -- reaccionan favorablemente a las aportaciones potásicas. Reacción justificada porque el potasio de los suelos está en mayor parte en forma asimilable por los vegetales.

En los suelos hay que considerar tres tipos de potasio:

a) El que se encuentra disuelto en los jugos de ellos, considerado -- como directamente asimilable por las raíces; esta forma potásica generalmente esta en proporción reducida incapaz de cubrir las necesidades -- de los cultivos.

b) El potasio intercambiable, es decir, el que es capaz de ser movilizado del complejo absorbente de los suelos por la acción de otro ión.

Este fenómeno puede producirse, entre otros, por los iones de hidrógeno que segregan las raíces de los vegetales y el ión potasio intercambiable, quedando este último en condiciones de ser asimilado y constituyendo, por tanto, una importancia por ser fuente de nutrición potásica en -- gran número de suelos.

c) El potasio contenido en abundancia en la constitución de numerosos minerales en forma no intercambiable e inprovechable de momento, -- pues para que lo sea tiene que experimentar un largo proceso de transformación y disgregación.

Con esto queda implícitamente señalado que el problema del potasio en las tierras laborables, más que de cantidad, es problema de asimi-

labilidad.

Los suelos emplazados en comarcas lluviosas son especialmente exigentes en potasio, máxime en los suelos sueltos y pobres en coloides.

El agotamiento del potasio en los suelos está derivado de dos causas una, debida a las aguas de infiltración, que aún se acaba de decir es pequeña al año, estos arrastres pueden ser sensibles a lo largo de ellos; y otra, mucho más importante, por la extracción que de este principio -- fertilizante hacen las cosechas.

EL CALCIO EN LOS SUELOS.

El calcio, es difícil que no aparezca en todos los suelos aunque -- sean indicios, formando parte de diversos compuestos.

La proporción del contenido de estos cuerpos (la mayor parte en forma mineral) en los suelos es extremadamente variable, pues mientras algunos tipos sólo lo contienen en reducida proporción, en otros se encuentra en dosis elevadas.

Por lo general las regiones lluviosas tienen suelos pobres en calcio, mientras que en las desérticas es frecuente encontrar elevadas cantidades de él.

Influencia de los compuestos calizos de los suelos.

Los compuestos calizos de los suelos actúan como alimento de los vegetales y como enmienda de los propios suelos.

El papel del calcio como alimento lo evidencia el análisis de las características de las cenizas de los vegetales, en las que siempre aparece-

aunque en proporciones sumamente variables, de unos cultivos a otros.

Cuando escasen el calcio, el sistema radicular se desarrolla deficientemente, las palmas y las plantas son raquílicas, los frutos y las semillas son pobres en él, así como los forrajes en tales condiciones obtenidos, y como consecuencia los ganados alimentados con ellos y la población humana que a su vez consume los productos vegetales y los ganados criados en la comarca, acusan pobreza de calcio en sus esqueletos y deficiente sanidad en sus dentaduras.

La cal, por otro lado, como es bien conocida favorece la desintegración de la materia orgánica, destruye los venenos de los suelos y dificulta el desarrollo de hongos, frenando con ello algunas enfermedades graves para los cultivos, como sucede en los platanares.

La cal, en los suelos, actúa física, química, físicoquímica y biológicamente.

La acción física se manifiesta aglutinando las partículas térreas finas, que, cuando abundan o están sueltas, dificultan la circulación del agua, encharcándose los terrenos, y la del aire comprendido entre arcilla y arena, corrige las propiedades extremas entre estos elementos respecto a la retención del agua en los suelos.

Químicamente interviene en el desarrollo de varias reacciones, entre ellas en la retrogradación de los fosfatos monocálcicos y dicálcicos, transformándolos en tricálcicos, perdiendo con ello solubilidad y, por lo tanto, facilidad de asimilación por los cultivos.

Cuando abunda el calcio puede originarse apreciables movilizaciones del potasio, boro, hierro, manganeso y aluminio, y aunque esto puede ser benéfico por lo que respecta al aluminio, por su acción tóxica para los vegetales, es perjudicial para los otros elementos citados, con lo que puedan aparecer trastornos vegetativos en los cultivos, aunque éstos se estén desarrollando en terrenos que contengan aquellos elementos en proporciones adecuadas.

De aquí que deban vigilarse los encalados para evitar que sean ellos los que eleven el pH de los suelos por encima de 6.5.

La acción fisicoquímica se muestra con el intercambio de bases en virtud del cual retienen los suelos el fósforo, nitrógeno amoniacal y potasio, evitándose su arrastre por las aguas de infiltración.

Biológicamente ejerce la cal una importante función favoreciendo la actividad de proliferación de la vida microbiana y con ello la amonización, nitrificación, fijación del nitrógeno atmosférico y oxidación del azufre.

El calcio en los suelos.

El calcio en los suelos se encuentra bajo la forma de silicato, carbonato, bicarbonato, sulfato, fosfato y nitrato, si bien en esta última forma su proporción es siempre exigua.

Dada la importancia que tiene la cal en el aspecto agrícola, interesa estudiar la decalcificación de los suelos para tratar de aminorarla en lo posible.

Independientemente de las pérdidas directas y naturales que experi

mentan los suelos por la acción disolvente de las aguas, hay que tener en cuenta las originadas al abonarlo con algunos fertilizantes minerales, como sulfato y cloruro amónico, las sales potásicas y el nitrato sódico, que contribuye a la movilización del suelo y del calcio.

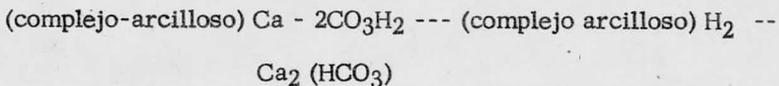
Las sales amoniacaes y las potásicas producen un intercambio entre su amonio y potasio con el calcio del suelo, originándose los sulfatos o cloruros cálcicos correspondientes, que son más fácilmente arrastrados por las aguas de infiltración.

Este fenómeno debe considerarse bajo dos aspectos, según esté el suelo suficientemente provisto de carbonato cálcico o nó.

En el primer caso se realiza el intercambio entre amonio o el carbonato, haciéndose la decalcificación a expensas del carbonato cálcico.

En el segundo, el cambio de las bases se verifica entre amonio o el potasio de la sal originaria con el calcio del complejo arcilloso.

Otra causa de la decalcificación de los suelos es debida a la acción del ácido carbónico sobre los complejos arcilloso-calizos, según esta expresión:



Según la manera de comportarse las plantas en relación con la asimilación del calcio de los suelos, se opta por agruparlas en plantas calcífugas y calcícolas.

Las primeras deben esta propiedad que por poseer facilidad de absorción del calcio si se siembran en terrenos calizos, asimilan cantidades

excesivas que pueden ser nocivas.

Las plantas calcícolas, por el contrario, tienen dificultad para asi milar cantidades de calcio y necesitan terrenos que lo contengan en elevada proporción.

Por lo que respecta a los cultivos corrientes, extraen de los sue los grandes cantidades de calcio como: la alfalfa, tréboles, coles, tabaco, melón, naranjo etc. mientras que el cacahuate, garbanzo, rábano almen-- dro, vid, etc. se caracterizan por las pequeñas asimilaciones que hacen de este elemento.

MAGNESIO Y AZUFRE EN LOS SUELOS.

El azufre no suele faltar, y su empleo principal tiene finalidad de dis disminuir la excesiva basicidad de los suelos.

Al ser el magnesio uno de los componentes de la clorofila, justifi-- ca la necesidad de que los vegetales la encuentren en los suelos en cantida des suficientes. Cuando esto no sucede se acusa una reducción en su forma ción, que lleva consigo una disminución de los fenómenos de fotosíntesis con las naturales consecuencias perjudiciales para el buen desarrollo vege tativo y el buen rendimiento de los cultivos.

Parece ser, por otro lado, que el magnesio favorece la movilizaa-- ción de los fosfatos del suelo y su asimilación por los vegetales, fenóme-- no comprobado por diversos investigadores y entre ellos por BERGER, expe rimentado sobre guisantes, y por TROUG sobre judías.

Las aportaciones excesivas de potasio pueden provocar una insufi-- ciente asimilación de magnesio por las raíces y, con ello, la aparición de insufi

anormalidades vegetativas.

Se supone que este antagonismo entre potasio y magnesio es una consecuencia de que en las hojas hay una tendencia a que la concentración total de sus cationes sea constante con relación a su materia seca, y al proporcionar potasio de manera excesiva, pudiera quedar la concentración de magnesio en las hojas, por bajo de su límite mínimo y aparecer en ellas cloraciones anormales indicativas de esta deficiencia.

Este fenómeno se acusa con mayor frecuencia en los árboles frutales cuando son abonados exageradamente con sales potásicas que, por otro lado, dentro de límites adecuados, le son muy necesarias para la buena calidad de los frutos y para su mejor conservación.

Habiéndose observado que a veces aparecen los síntomas de carencia de magnesio y caída de sus hojas simultáneamente con la maduración de las semillas y frutas, se sospecha que en esta época del período vegetativo hay un traslado del magnesio de las hojas a las semillas y frutos. Contribuye a esta creencia el hecho de que las hojas que en tales épocas acusan los síntomas de falta de magnesio son precisamente las más próximas a los frutos.

CZPEK ha encontrado en la composición de gran número de semillas más magnesio que calcio.

Además de los árboles frutales, las leguminosas: trébol y alfalfa, la remolacha azucarera, las coles y las coliflores, entre otros cultivos, suelen ser muy sensibles a las deficiencias magnésicas. Los cereales, en cambio, son poco sensibles.

MANERA DE PRESENTARSE EL MAGNESIO EN LOS SUELOS.

El magnesio se presenta en los suelos bajo forma de silicatos y de carbonato cálcico-magnésico (dolomita). También puede aparecer en el sulfato y cloruro magnésico que si están en exceso son poco tolerados por los vegetales.

Es frecuente encontrar en los suelos riquezas del tipo de 1 por --- 1,000 de magnesio, pasando a veces en los terrenos calizos del 4 por 1,000. Estas proporciones son consideradas por algunos como suficientes, aunque sobre este punto no se haya llegado a conclusiones definitivas, máxime teniendo en cuenta que se precisa, además de conocer la cantidad total del magnesio contenido en suelos, saber la que está en estado asimilable.

SOLUBILIDAD DE EL MAGNESIO EN AGUA PURA Y CARGADA DE ANHIDRIDO CARBONICO

La solubilidad de los silicatos y carbonatos magnésicos en agua pura es muy reducida: cada litro no llega a disolver un gramo, pero aumenta cuando el agua va cargada de anhídrido carbónico, al igual que se indica para los compuestos fosfatados y potásicos de los suelos, llegando en este caso a disolver a la temperatura de 13° unos 28.5 gramos de carbonato magnésico.

RELACION CAL-MAGNESIO.

Según algunos investigadores, para que el magnesio no ejerza efectos nocivos es preciso que la proporción cal-magnesio sea dos o superior de dos.

Aún cuando estas opiniones no están plenamente comprobadas, deben tenerse presente tales límites y procurar elevar la relación entre am-

bos elementos cuando sea inferior a dos, por medio de encalados, en tanto no quede bien dilucidada esta cuestión.

MANERA DE CORREGIR LAS DEFICIENCIAS DE MAGNESIO EN LOS SUELOS.

Cuando los suelos son por naturaleza deficientes en magnesio, o cuando se produce este fenómeno como consecuencia de grandes lluvias que laven las sales magnésicas solubles, para las cuales no tienen estos poderes absorbentes capaces de retenerla, es preciso hacer aportaciones directas, que pueden ser de sulfato o de carbonato magnésico, agregado al suelo o a los cultivos. En este segundo caso son aconsejables las pulverizaciones con soluciones diluídas de sulfato magnésico.

El empleo repetido de fertilizantes minerales que aporten magnesio es medio, aunque lento, de tener los suelos provistos de este elemento. Los superfosfatos magnesianos, las escorias de desfosforación, el nitrato de Chile, y algunas sales brutas de potasio carnalita, kainita, etc., son fertilizantes que llevan consigo sales magnésicas.

Las deficiencias magnésicas son acusadas por los vegetales de diferente manera. El algodón, por ejemplo, adquiere en sus hojas unas tonalidades púrpuras muy marcadas, permaneciendo verdes las nerviaciones. En el maíz, también permaneciendo verdes las nerviaduras de sus hojas, aparecen entre ellas manchas amarillas listadas en variada extensión a lo largo de hojas, y en la patata, además de marcadas necrosis marginales de las hojas, pequeñas manchas de tonalidades rojo-púrpuras entre las nervaduras. A veces la escasez de magnesio se hace patente por un

decoloramiento de las hojas similar al producto por la falta de hierro (popular clorosis tan conocida en el campo), diferenciándose de ésta porque la clorosis férrica se manifiesta en sus comienzos en las hojas nuevas, -- mientras que la falta de magnesio lo acusan antes las hojas viejas.

FUNCIONES QUE EL AZUFRE DESEMPEÑA EN LOS SUELOS Y EN LOS CULTIVOS.

El azufre en los suelos desempeña un interesante papel como movilizador del fósforo contenido en los fosfatos tricálcico, habiéndose comprobado, que la simple mezcla de fosforita y azufre en polvo, dejada a la acción del tiempo, al cabo de unos meses aumenta notablemente la solubilidad de aquella en los ácidos débiles.

Otro importante papel que sobre los suelos se obtienen con la aportación directa del azufre es el de rebajar la basicidad, fenómeno de gran importancia para buen número de suelos laborales.

El azufre entra a formar parte de las proteínas de los vegetales, y en la constitución de diversas vitaminas.

Las leguminosas y las crucíferas son principalmente exigentes en azufre.

ESTADOS BAJO LOS QUE SE ENCUENTRA EL AZUFRE EN LOS SUELOS Y SU TRANSFORMACION

En los suelos se encuentra el azufre en forma mineral y orgánica.

Entre las primeras destaca, por su mayor abundancia, el sulfato cálcico.

El azufre bajo forma orgánica es con frecuencia más abundante que bajo forma mineral, constituyendo una reserva que va mineralizándose con

variable rapidez según la actividad microbiana de los suelos.

Es difícil determinar la cuantía de la transformación del azufre orgánico en sulfatos directamente asimilables por las plantas, por existir diversos factores que enmascaran los resultados. Para determinar este balance no basta con considerar lo que retiran las cosechas y lo que arrastran las aguas de infiltración, es preciso estimar lo que aportan las estercoladuras, los fertilizantes minerales las aguas de lluvia e incluso para determinados cultivos (vid, patata, frutales), lo que pueden enriquecer el suelo los azufrados con fines preventivos de enfermedades, como igualmente debe considerarse lo que consumen numerosos microorganismos.

Además del azufre orgánico y del que está en forma de sulfatos, hay en los suelos una serie de cuerpos intermedios, productos de oxidaciones y reducciones de diferentes minerales azufrados, que dan como resultado la presencia del azufre bajo la forma de sulfuros, tiosulfatos, tianatos y azufre libre, entre otros.

Los sulfuros aparecen a veces en forma muy notable en los terrenos encharcados y mal aireados.

Los suelos se enriquecen en azufre además de con las estercoladuras y fertilizantes minerales, con la práctica de los ensayos.

BOISCHOT ha demostrado que el azufre de los superfosfatos de calcio da mejores resultados en los patatares que el azufre aportado bajo forma de sulfato amónico o potásico.

Los cultivos tienen tal apetencia por el azufre que exportan, casi tanto de éste como de fósforo.

La descomposición del azufre de los suelos se verifica bajo la influencia de determinados microorganismos, en virtud de los cuales y previa oxidación, pasa a ácido sulfúrico.

Se puede comprobar esta influencia orgánica esterilizando los suelos. En estas condiciones la oxidación se reduce muy intensamente.

El hidrógeno sulfurado, por oxidación microbiana da origen a la formación de SO_2 y SO_3 que combinándose después con algunos metales, calcio, hierro, etc., forma los correspondientes sulfatos.

Si la formación del hidrógeno sulfurado no fuese acompañada de su posterior oxidación y, por el contrario, se acumulase en crecidas proporciones en los suelos, se convertirían éstos en estériles.

Parece ser que la oxidación del azufre es más rápida en los suelos arenosos que en los arcillosos, así como en los que conservan una humedad media constante que en los que tienen grandes oscilaciones de ella.

CAPITULO III

LOS PODERES ABSORBENTES DE LOS SUELOS

Como se sabe, la alimentación de los vegetales se hace casi totalmente a través de sus raíces, que absorben los principios fertilizantes disueltos en las aguas o jugos de los suelos.

También es vulgarmente conocido que las aguas que caen sobre éstos por las precipitaciones atmosféricas o por los riegos, atraviesan en parte las capas laborales, profundizan y se pierden en las corrientes subterráneas.

Tales fenómenos hacen pensar que las aguas arrastran consigo los elementos fertilizantes solubles de los suelos o los que se les agrega en tal estado con los fertilizantes.

Afortunadamente no sucede así con la amplitud que a primera vista parece, pues de otro modo los suelos a través de los siglos desde la formación de la tierra serían totalmente estériles.

DIFERENTES PODERES ABSORBENTES DE LOS SUELOS.

Los suelos están dotados de propiedades de adsorción y absorción, algunas de marcada influencia sobre su fertilidad.

La adsorción es el fenómeno por virtud del cual una substancia en disolución o gaseosa se fija en otra sin que exista cambio en la constitución primitiva de la materia, es decir, la substancia queda fijada análogamente a como sucede con el carbón vegetal al adsorber las materias colorantes o los aceites.

Por absorción se entiende la retención de un cuerpo en la masa o en

su superficie formando parte integrante de ella.

La adsorción puede ser mecánica o física, y la absorción físico-química, química o biológica.

ADSORCION MECANICA.

Si se macera una porción de suelo arcillosos en agua y se decanta sobre papel de filtro, el líquido turbio lo atraviesa conservando su turbidez, pero basta con refiltrar sucesivamente sobre el mismo filtro para ver que se va paulatinamente aclarando el líquido hasta salir limpio. Este fenómeno de retención se debe a la obturación de los poros que realizan las partículas térreas, formando con las anteriormente depositadas un diminuto entramado o filtro más tupido capaz de obstaculizar mecánicamente el paso de las partículas que atravesaron el filtro antes de estar obturado.

ADSORCION FISICA.

Se realiza en los suelos al ponerse en contacto sus partículas con ciertas disoluciones salinas, adhiriéndose éstas a las superficies de aquéllas a modo de barniz.

Haciendo actuar una solución de nitrato sódico sobre una tierra arenosa, se comprueba fácilmente que se adhiere en parte a los granos de arena sin que se realice ninguna química.

Igualmente las partículas térreas son capaces de adsorber materia orgánica de los suelos formando alrededor de ellas una delgadísima capa, que sólo en parte se desprende al ser lavadas por agua quedando otra-

fracción adherida tan fuertemente que las aguas no son capaces de arrastrarla, como se comprueba por calcinación. Al principio las partículas se ennegrecen con la combustión de la materia orgánica, pero después, al desaparecer ésta, se decoloran.

ABSORCION FISICO-QUIMICA.

Way, a mediados del pasado siglo, observó que al hacer pasar los líquidos que escurren de los estiércoles a través de una capa de tierra, el filtrado salía casi limpio de materia orgánica y exento de muchas de sus sales y, en cambio, en los líquidos que habían atravesado la capa de tierra el contenido en calcio era bastante superior al que tenía antes de ser filtrados.

Este fenómeno, que en principio fué inexplicable, se logró decifrar cuando fueron estudiados los sistemas coloidales de los suelos. En efecto, se tiene comprobado que los coloides son complejos reaccionantes que envuelven a modo de tupida red a las finísimas partículas de los suelos. Esta especie de cubierta unas veces meramente superficial y otras algo interior, está constituida por numerosos iones de calcio, magnesio, sodio, potasio e hidrógeno combinados con iones débiles silícicos y húmicos.

Cuando estos complejos se ponen en contacto con disoluciones salinas se realizan entre sí diversos cambios catiónicos.

Si las soluciones son diluídas, como normalmente sucede con las de los suelos, los cambios de bases se realizan en forma equivalente y de manera poco intensa, y únicamente empleando concentraciones fuertes y muy

repetidas sobre porciones muy limitadas de ellos se podrán cambiar totalmente las bases del complejo con las bases de la solución.

La intensidad del cambio de cationes en los suelos depende de diversas causas, entre ellas de la potencia o fuerza comparativa entre sí de los ácidos, de las sales de las disoluciones, del complejo coloidal y de las masas relativas de las bases en aquellas y en éstos.

Way, como consecuencia de sus estudios, formuló las siguientes leyes:

LEYES DE WAY:

Si a un suelo se le agrega una solución de álcali libre se origina una absorción total de él.

Igualmente sucede al agregar a los suelos los líquidos que escurren del estiércol.

Con las soluciones de las sales, sólo hay absorción parcial de ellas. El anión de la sal permanece en la solución y el catión es absorbido cediendo el suelo a la solución una cantidad exactamente equivalente de otro constituyente positivo, en general calcio o sodio.

No hay proporcionalidad entre la cantidad de arcilla y la materia absorbida.

La velocidad de absorción es muy rápida.

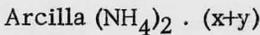
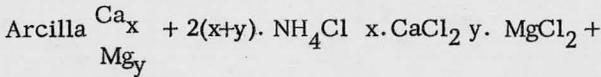
La absorción alcanza, a cierta concentración, un límite superior.

La temperatura no influye en la cantidad de materia absorbida.

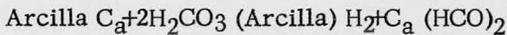
La absorción total y el cambio de bases se produce en compuestos de los ácido silícico aluminico, de una parte, y del sodio y amonio de ---

otra, es decir, en los silicatos dobles hidratados, compuestos de carácter zeolítico que son solubles en ácido clorhídrico.

El fenómeno del cambio de bases puede representarse esquemáticamente por esta expresión:



El ácido carbónico actúa sobre la arcilla cálcica produciendo bicarbonato cálcico, que al ser arrastrado por las aguas de infiltración decalcifica los suelos:



Esta expresión demuestra que al sustituir el hidrógeno activo al calcio intercambiable, el suelo se descalsifica y acidifica.

Las sales potásicas según actúen sobre arcillas cálcicas o exentas de bases, ejercen diferente función:



La cantidad de bases liberadas por los suelos no son equivalentes a las bases que los suelos absorben, debido a que el ión hidrógeno interviene en dichos cambios al igual que los iones metálicos, por lo cual la expresión de uso corriente "cambio de bases" es más apropiado denominarla "cambio de cationes".

Por otro lado, puede haber algunos cambios de aniones, tal sucede con el anión PO_4 , que es también fijado por los suelos de manera similar -

a los cationes de cambio.

HISSINKI ha comprobado que la velocidad del cambio de cationes es tan rápida que en cinco segundos se realiza el 97 por 100 de él, bastando tres minutos de contacto para lograr su totalidad.

La falta de proporcionalidad entre la arcilla y las materias absorbidas queda justificada porque interviene también en el cambio de cationes el humus coloidal.

Para que los cambios de cationes se realicen plenamente es necesario que el conjunto de ellos en la solución y en el complejo absorbente alcancen un nivel suficiente. Si, por ejemplo, una solución del suelo es muy pobre en un catión cambiante, puede haber liberación del mismo por el complejo, y al contrario si la solución del suelo está muy enriquecida, como sucede después de un intenso abonado, el complejo puede enriquecerse en dicho elemento.

Los cambios de cationes se obstaculizan por la excesiva presencia de otros antagonicos, como sucede entre el calcio y el potasio. Los encalados intensos dificultan por sí solos la absorción de la potasa por los suelos.

BAN BEMMELEN agrupó los silicatos de los suelos en dos categorías: los que se descomponen por completo al ser tratados por ácido clorhídrico concentrado en ebullición y los no atacables en estas condiciones. El primer grupo lo supone dotado de bases fácilmente cambiables, y el segundo dotado de bases fuertemente retenidas.

El cambio de cationes es considerado después de la fotosíntesis como la reacción más importante en el dominio de la agricultura (MARSHALL).

ABSORCION QUIMICA.

Bajo este concepto se agrupan las absorciones que se realizan en los suelos como consecuencia de reacciones químicas con la formación de precipitados insolubles o poco solubles.

Así, independientemente de la inmovilización del fósforo de los suelos por los fenómenos de cambio de aniones indicado, existe la inmovilización química exclusivamente. Tal sucede, por ejemplo, cuando el fosfórico soluble al agua (fosfato monocálcico) se pone en los suelos en presencia de carbonato cálcico, pues en tal caso reaccionan ambos químicamente formándose fosfato bicálcico, perdiendo la solubilidad al agua aunque lo sea a los ácidos débiles.

Pero aún hay más: posteriormente puede retrogradarse de nuevo y pasar a fosfato tricálcico, perdiendo la solubilidad a los ácidos débiles, siendo sólo en los ácidos fuertes.

Estos fenómenos de inmovilización que impiden el arrastre del primitivo fosfato monocálcico soluble al agua a través de los suelos son, entre otros, exclusiva función química.

ABSORCION BIOLOGICA.

Se refiere en este aspecto a la que se realiza con la intervención de la población microbiana de los suelos, la que efectúan los insectos, crustáceos, etc., y la de las propias raíces.

La población microbiana, al deestructurar la materia orgánica y consumir los principios fertilizantes de los suelos en sus diversos orígenes, -

impiden sean arrastrados por las aguas a las capas profundas de los suelos.

Con relación al nitrógeno, por ejemplo, indica RUSELL, que un átomo de nitrógeno nunca pierde su valor: en el curso de un solo día puede formar parte de un hongo, del bacilo que lo ha descompuesto, de una ameba que ingiere el bacilo y de una bacteria que descompone la ameba muerta: para todos estos organismos, uno y el mismo átomo de nitrógeno es un alimento perfectamente bueno.

Otro ejemplo de asimilación biológica se tiene en los micorrizas (asociación de raíces y hongos), que tienen un poder de adsorción de principios fertilizantes más elevados que los que presentan las propias raíces del mismo vegetal no infectadas por los hongos.

CARACTERISTICAS DEL PODER ABSORBENTE DE LOS SUELOS.

El poder absorbente de los suelos radica, como se ha indicado, en sus partículas coloidales. Ello no obstante, algunos investigadores (GEDROIZ) opinan que el fenómeno también se realiza en partículas mayores a estas fracciones, aunque con gran lentitud. Para distinguir ambos fenómenos designa "cambio intensivo" al catiónico que realizan las partículas menores, y "extensivo o lento" el de las partículas mayores.

No todos los cationes tienen el mismo poder de sustitución: los divalentes, para una misma concentración de solución, lo tienen mayor que los monovalentes, y dentro de cada grupo aumenta con el peso atómico. El calcio (40, 07) tiene mayor poder de sustitución que el magnesio (24, 32) y ambos mayor que el potasio y el sodio, de los cuales, a su vez, el potasio ---

(39, 10) lo tiene mayor que el sodio (23, 00).

Gracias al poder absorbente de los suelos retienen éstos los principios fertilizantes: ácido fosfórico, nitrógeno amoniacal y potasa, evitando sean arrastrados a través de las capas del terreno.

Influyen de tal manera las bases cambiables sobre la fertilidad, que KNOPP afirmó a mediados del pasado siglo que la cantidad de bases absorbidas por un suelo marca el grado de su fertilidad.

DETERMINACION DE LAS BASES DE CAMBIO.

Existen diversos métodos para la determinación de las bases de cambio de los suelos, aunque con frecuencia no puede tenerse una gran seguridad en los resultados obtenidos por lo complejo del fenómeno, que abarca a los numerosos cationes que se encuentran en aquéllos.

En principio parece que estas determinaciones son de fácil realización, pues se basan, más o menos, en lixiviar repetidas veces una porción del suelo a estudiar por disolución de ácidos débiles o de sales y analizarlos líquidos lixiviados pero existen algunos inconvenientes que pueden originar errores de consideración falseando los requisitos.

Para realizar estas determinaciones se utilizan diferentes soluciones: cloruro potásico o cloruro amónico en soluciones normales; ácido clorhídrico en disoluciones 0, 05 N (para el cambio intensivo) o al 20 por 100 para cambio intensivo y extensivo en conjunto, cloruro bórico, acetato amónico, cloruro sódico, ácido acético N/2, etc.

Pero estos métodos no pueden utilizarse indistintamente para todas las clases de suelos, debiendo tenerse presente para su elección la ausen-

cia o la presencia, y en este caso las diferentes combinaciones existentes, de los carbonatos alcalinotérreos, del yeso y de las sales solubles en general.

Los resultados más precisos se logran cuando los suelos tienen proporciones mínimas de los cuerpos mencionados, y las máximas dificultades, en conjunto, cuando abundan los tres.

Entre las técnicas a seguir para la determinación de los cambios catiónicos, son más numerosas las dictadas para aplicarlas a los suelos desprovistos de sales, yeso y carbonato cálcico: más como en nuestro país es frecuente encontrar en ellos más de uno de estos elementos, no siempre tienen aplicación.

TRANSFORMACION DE LOS ABONOS MINERALES EN LOS SUELOS: FIJACION DEL ACIDO FOSFORICO DEL NITROGENO AMONIACAL Y DEL POTASIO.

Respecto a la transformación y fijación por el suelo del ácido fosfórico agregando por los abonos, ya se ha indicado al tratar de la absorción química cómo se comportan los suelos según sean ricos o pobre en calcio.

La transformación y fijación del nitrógeno en su forma amoniacal es igualmente sencilla y bien conocida.

Cuando a un suelo con carbonato cálcico se le añade sulfato amónico, reaccionan ambos con formación de sulfato cálcico y carbonato amónico y siendo el amoníaco posteriormente fijado y retenido por los coloides minerales y por los húmicos.

Por otro lado, el sulfato amónico, al actuar sobre los coloides de arcilla cálcica, se origina el cambio de bases correspondientes de manera-

análoga a como se indica anteriormente para el cloruro amónico, para -- también ser posteriormente transformado el nitrógeno amoniacal en nitrógeno nítrico.

El sulfato cálcico resultante del cambio de bases al agregar sulfato amónico a los suelos puede ser arrastrado, aunque lentamente, por las aguas de infiltración, con la consiguiente descalcificación.

En cuanto al potasio que bajo las formas de cloruro, sulfato y nitrato se utilizan principalmente como abonos, ya se ha dicho que es fuertemente retenida por los suelos; pero con el potasio ocurre algún fenómeno -- todavía no bien conocido. Al fertilizar un terreno con cloruro o sulfato potásico, se forma cloruro, o sulfato cálcico como consecuencia del cambio de los cationes potásico, del abono, y cálcico, del complejo arcilloso. Pero si se compara el catión potásico añadido con la suma del absorbido y -- del que arrastran las aguas de infiltración, se observa que esta suma es -- menor, lo que parece indicar que parte del potasio se ha transformado en -- algún compuesto potásico insoluble de característica desconocida.

PODER ABSORBENTE DE LOS COLOIDES HUMICOS.

Los poderes de absorción de los coloides húmicos los limitan algunos autores a las bases libres y a los carbonatos alcalinos; pero otros, suponiendo a los coloides húmicos ácidos capaces de descomponer las sales de los ácidos débiles, opinan que después de esta descomposición se apodeuran de sus bases fijándolas en virtud de su poder de absorción.

Fundados en esta hipótesis, hay investigadores que afirman que -- precisamente esta propiedad de descomponer los ácidos débiles y apoderaru

se de sus sales es una de las causas de la acidificación de los suelos al --
quedar libres los radicales correspondientes.

CAPITULO IV

LA ACIDEZ O BASICIDAD DE LOS SUELOS.

Esta característica de los suelos es un factor que se viene estudiando con intensidad desde hace varios años.

En los comienzos de tales estudios se concedió una importancia excesiva a la influencia directa que parecía tener sobre el rendimiento de los cultivos.

Hoy día se estima más que la acción directa, la indirecta que ejerce sobre los complejos fenómenos de movilización o inmovilización de los elementos nutritivos existentes en los suelos, pues según se manifieste en uno u otro sentido, puede contribuir a aumentar o disminuir la fertilidad de las tierras laborales, favoreciendo o perjudicando igualmente el estado sanitario de los cultivos.

REACCION DE LOS SUELOS Y CAUSAS QUE INFLUYEN EN ELLA.

Los suelos poseen una reacción característica natural, ofreciendo cierta resistencia a variarla.

Esta resistencia o "poder amortiguador" es una propiedad en virtud de la cual se oponen a variar su natural concentración de iones de hidrógeno, aunque se les agregue, dentro de ciertos límites, un ácido o una base, y depende de sus facultades absorbentes para disociar iones.

El poder amortiguador de los suelos varía con la riqueza en arcilla y en humus. Cuanto mayor cantidad contenga de estos elementos, mayor resistencia presentan a variar su pH.

Los suelos arenosos, con menor poder amortiguador que los arcillosos y humosos, precisan menores cantidades de cal para contrarrestar su acidez y los abonos influyen más sobre su reacción natural en aquellos que en éstos.

Los suelos se acidifican naturalmente por varias acciones. En primer lugar las aguas de lluvia y riego, disolviendo y arrastrando consigo una cantidad variable pero continua de sodio, potasio, calcio y magnesio, que quedan sustituidos por los hidrogeniones, provocando la consiguiente acidificación.

Por otro lado, la acumulación de materia orgánica a la que no le siga los fenómenos de descomposición correspondiente por cualquiera que sea la causa, comunica, a su vez, a los suelos una acidificación que puede ser intensa.

La primera causa origina una acidificación inorgánica. La segunda una acidificación orgánica.

Las acumulaciones de sales, la abundancia de carbonato cálcico, los riegos con agua salobre, las evaporaciones intensas de las aguas que por capilaridad ascienden en los terrenos y que previamente pasaron por suelos salinos, son otras tantas causas de basicidad del terreno.

Unas y otras influyen sobre la reacción del suelo sin intervención del agricultor, o con su intervención inconsciente, como sucede con los riegos de aguas salobres, o "duras", a las que con frecuencia no les concede gran importancia.

Dentro de ciertos límites se puede, directamente, acidificar o basi-

ficar los suelos con la aportación continuada de abonos, que obren en uno, u otro sentido, si bien estas modificaciones son lentas y requieren largos períodos.

Para disminuir la basicidad, es decir acercarse a la neutralidad e incluso provocar la acidez, se utiliza el azufre, que al oxidarse por la acción de ciertos microorganismos, origina ácido sulfúrico: o el sulfato de hierro que al hidrolizarse también produce este ácido.

Para disminuir la acidez y hasta llegar a la basicidad, se dispone de un medio económico: la adición de cal viva, apagada, si bien hay que ser prudentes en su utilización, por los efectos contraproducentes que pueden originar, en relación con las inmobilizaciones de elementos útiles del suelo, o movilizaciones de algunos que en fuertes dosis pueden ser tóxicos.

Con los valores bajos de pH, es decir, con la acidez, se presenta la insolubilización del fósforo y la ausencia, escasez o inmobilización del calcio. El potasio, el azufre y el magnesio también disminuyen en solubilidad y facilidad de asimilación mientras que el manganeso y el aluminio se movilizan con más facilidad, lo que puede originar trastornos vegetativos, especialmente por lo que se refiere a este último.

Por el otro extremo, es decir, los de pH elevados, inmobilizan el hierro manganeso, cinc, cobre y el boro hasta el pH- 8,5, resultando que aún pudiendo estar en abundancia en los suelos, por su estado de insolubilización, son capaces de originar enfermedades carenciales de estos elementos.

INFLUENCIA DE LA ACIDEZ SOBRE LOS MICROORGANISMOS.

Se ha comprobado que existe cierta relación entre la reacción de los suelos y la actividad de la vida microbiana de los mismos.

WAKSMAN, haciendo variar el pH, pudo observar que a medida que se acidifican va disminuyendo el número de bacterias y aumentando el de hongos, dificultándose la descomposición de la materia orgánica que se acumula bajo forma de humus ácido.

Los límites de tolerancia de la acidez del medio, sobre los microorganismos, varían de unos tipos a otros.

El azotobacter no tolera, según YAMAGATA, valores de pH menores de 5,6, si bien GAYNEY afirma que los suelos con acidez por debajo de 5,9, no son propicios para el desarrollo de este microorganismo, reduciendo aún más los límites de tolerancia, que CHIRSTIENSEN opina que por debajo de pH 6,1 no es posible que pueda vivir el azotobacter.

El *Bacillus radicícola* es más tolerante, resistiendo acideces de pH 3,1 (Fred).

Los nitrosomas reducen el límite de acidez a 3,9: las nitrobacterias requieren, a su vez valores de pH mayores de 3,4 y el *Bacillus subtilis* superiores a 4,2 de pH.

Naturalmente, la acidez de los suelos afecta a la descomposición de su materia orgánica: amonización, nitrificación, desnitrificación, así como a la fijación del nitrógeno atmosférico. Según unos autores, clara y terminantemente, y según otros, con algunas limitaciones.

La amonización según STEINBERG, disminuye mucho con la acidez,

pero en cambio RUSSEL afirma que disminuyendo la acidez con la aportación de carbonato cálcico a un suelo la amonización no aumenta por ello. - Es más, este mismo autor cita que Hesselman ha encontrado, una amonización muy activa en los suelos de los bosques suecos, con pH comprendido entre 4, 5 y 5.

OBSEN indica que los valores óptimos para que el fenómeno de la amonización se desarrolle en las mejores condiciones están comprendidos entre 7 y 8, 5 de pH.

En la nitrificación también hay diferentes criterios. Parece dominar la opinión de que en los medios ácidos ricos en materia orgánica no se realiza, si bien algunos autores han comprobado el fenómeno de la nitrificación en medios fuertemente ácidos. Entre ellos CUTLER, que ha encontrado cuatro especies de microorganismos tolerantes la acidez a pH 4, 8 y capaces de nitrificar las sales amoniacaes.

Parece, sin embargo, que aunque la nitrificación se realiza con alguna amplitud en cuanto a la acidez, sus óptimos se encuentra entre valores de pH comprendidos de 5, 7 a 8.

Respecto a la desnitrificación, están aún menos concretados los efectos de la acidez sobre su desarrollo.

Operando en diferentes medios de cultivo parece ser que la desnitrificación alcanza sus valores óptimos para pH variable entre 8, 2 disminuyendo en intensidad a medida que se separa de ellos, para paralizarse al llegar a los valores máximo y mínimo de 9, 8 y 5, 2, respectivamente.

En cuanto a la influencia de la reacción del suelo sobre la fijación -

directa del nitrógeno atmosférico, ya se ha indicado los límites de tolerancia del Azotobacter. El Clostridium tiene mayor adaptación que aquél a -- los terrenos ácidos, y los Nizobium, aún cuando a veces toleran acideces de pH menor de 4, se desarrollan mejor y muestran más actividad con valores de pH mayores de 5.

INFLUENCIA DE LA REACCION SOBRE LOS ELEMENTOS NUTRITIVOS.

La reacción de los suelos puede influir a veces muy notablemente -- sobre la movilización de sus elementos nutritivos, tanto en los principales como en los secundarios, pudiendo llegar a ser ésta tan intensa que como consecuencia de ella, aparezcan en los cultivos enfermedades carenciales, incluso en suelos ricos en elementos que las provoquen.

TROUG ha recopilado en el gráfico que se inserta las relaciones de la movilidad de diversos elementos según la reacción del suelo.

Por lo que se refiere al nitrógeno, fósforo y potasio, se observa -- que los tres muestran más activos en la zona común de pH entre 6,5 y 7,5, disminuyendo en actividad, por lo que se refiere al nitrógeno, al sobrepasar los límites 6 y 8, iniciándose una inmovilización del fósforo rápida al acidificarse y lenta al basificarse. El potasio es más constante en actividad: sólo acentúa su inmovilidad con la acidez y tanto más cuanto más se aleja -- valor de pH 6.

Con respecto a los oligoelementos, el gráfico muestra lo siguiente:

Azufre, - Su inmovilización se mantiene constante desde pH 6 hacia -- la neutralidad y en toda la zona básica.

Calcio y magnesio. - Desde la neutralidad se va inmovilizando acen-

tuadamente con la acidéz, notándose una muy pequeña tendencia a su inmovilización en la zona de alcalinización muy fuerte.

Hierro. - Tan pronto como se eleva el pH por encima de 6, se notan los primeros síntomas de su inmovilización, que se acentúa paulatinamente con la basicidad.

Manganeso. - Tiene su máxima movilidad en la zona ácida comprendida entre los límites de pH 5 y 6,5. A partir de ellos, por bajo de 5 y por encima de 6,5, comienza su inmovilidad intensamente en ambos sentidos.

Boro. - También tiene una amplia zona de máxima movilidad en las reacciones ácidas, con límites más amplios que el manganeso, puesto que se extiende entre la neutralidad y pH5, iniciándose pasados ambos límites su inmovilización, si bien al llegar el valor de pH en su zona básica, a la alcalinidad fuerte, vuelve a movilizarse.

Cobre y Cinc. - Presentan las mismas características que el boro, sin la particularidad últimamente indicada de este elemento, ya que tanto en el cobre como en el cinc, la inmovilidad se acentúa con el crecimiento de la basicidad.

LA REACCION DEL SUELO Y LOS CULTIVOS.

La gran importancia que se concedió a la reacción del suelo, especialmente al iniciarse el estudio de estas posibles relaciones, ha servido para que se hayan realizado numerosas experiencias encaminadas a descubrir los valores óptimos de aquélla para lograr los máximos rendimientos en los cultivos.

Los resultados no siempre son totalmente coincidentes, entre otros

motivos por no operar todos los investigadores en igual de medios, con las mismas variedades de plantas y en condiciones similares de clima.

No obstante hay ciertas coincidencias que se deben aprovechar para sacar de la explotación de los cultivos el mayor rendimiento posible, bien adaptando éstos a las características de los suelos, bien tratando de modificar, dentro de lo posible, la reacción de suelo por tratamientos enérgicos en el sentido de acidificarlos o basificarlos en corto plazo, o bien paulatinamente con el persistente empleo de fertilizantes que obren siempre en el mismo sentido en que se desee modificar la acidez del suelo.

Como referencia se exponen estados y gráficos de las conclusiones deducidas por diversos investigadores, de cuyo examen, y considerando -- las zonas de coincidencia, se puede tener una orientación sobre su mejor adaptación a los suelos ácidos, neutros o básicos.

CAPITULO V

SUELOS

Reacción del suelo más propicia a diversas plantas cultivadas (Según -
V. IGMATIEFE).

| CULTIVOS | Región óptima en la escala de pH. |
|--|--------------------------------------|
| Agrotis (<i>Agrotis alba</i>)..... | 5,0-, 6.0 |
| Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)..... | 6,2-7,8 |
| Alforfón (<i>Fagopyrum esculentum</i>)..... | () 5,5-7,0 () |
| Algodón (<i>Gossypium hirsutum</i>)..... | 5,0-6,0 |
| Alpiste (<i>Phalaris arundinacea</i>)..... | 6,0-7,0 |
| Altramuz amarillo (<i>Lupinus Luteus</i>)... | () 5,0-6,2 |
| Altramuz azul (<i>Lupinus hirsutus</i>)..... | 5,0-6,0 |
| Altramuz blanco (<i>Lupinus albus</i>)..... | 5,5-7,0 |
| Avena (<i>Avena sativa</i>)..... | 5,0-7,5 |
| Ballico italiano (<i>Lolium italicum</i>)..... | () 6,0-7,0 () |
| Cacahuete (<i>Arachis hypogaea</i>)..... | 5,3-6,6, |
| Caña de Azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>) | () 6,0-8,0 |
| Cáñamo (<i>Cannabis sativa</i>)..... | 6,0-7,0 |
| Cañuela de oveja (<i>Festuca ovina</i>)..... | 4,5-6,0 |
| Cañuela de prado (<i>Festuca pratensis</i>).. | 4,5-7,0 |
| Cebada (<i>Hordeum sativum</i>)..... | () 6,5-8,0 () |

CULTIVOS

Región óptima en
la escala de pH.

| CULTIVOS | Región óptima en la escala de pH. |
|---|--------------------------------------|
| Centeno (<i>Secale cereale</i>)..... | 5,0-7,0 () |
| dáctilo apelonado (<i>Dactylis glomera- ta</i>)..... | 6,0-7,0 () |
| Girasol (<i>Hlianthus annuus</i>)..... | 6,0-7,5 |
| Guisantes (<i>Pisum sativum</i>)..... | 6,0-7,5 |
| Haba (<i>Phaseolus vulgaris</i>)..... | () 6,0-7,5 |
| Habichuelas (<i>Phaseolus vulgaris</i>).... | 6,0-7,5 |
| Lino <i>Linum usitatissimum</i>)..... | 5,0-7,0 |
| Mafz (<i>Zea mays</i>)..... | 5,5-7,5 |
| Mijo (<i>Sorghum vulgare</i>)..... | 5,5-7,5 |
| Nabo (<i>Brassica rapa</i>)..... | 5,5-6,8 |
| Pasto del Sudán (<i>Sorghum vulgare</i> , var. sudanenses)..... | 5,0-6,5 |
| Patata (<i>Solanum Tuberosum</i>)..... | 4,8-6,5 |
| Remolacha (<i>Beta vulgaris</i>)..... | 6,0-8,0 |
| Soja (<i>Glicine max</i>)..... | 6 0-7,0 |
| Tabaco (<i>Nicotiana tabacum</i>)..... | () 5,5-7,5 |
| Trébol blanco (<i>Trifolium repens</i>)... | 5,6-7,0 |
| Trébol encarnado (<i>Trifolium incar- natum</i>)..... | 5,5-7,0 |
| Trébol rojo (<i>Trifolium pratense</i>).... | () 6,0-7 5 |
| Trigo (<i>Triticum vulgare</i>)..... | 5,5-7,5 |
| Veza velluda (<i>Vicia villosa</i>)..... | () 5,2-7,0 |

Las plantas citadas pueden crecer bastante bien en ambientes que tengan media unidad del valor de pH menos o más del correspondiente a la región óptima señalada de la escala, y algunas de ellas pueden tolerar diferencias aún mayores. Si todos los factores son favorables, los cultivos toleran un mayor grado de acidez en tierras muy fértiles que en suelos de escasa fertilidad. El asterisco (*) delante del pH indica que la planta se desarrolla bastante bien cuando la diferencia en el valor pH es inferior al indicado en una unidad completa. Si el asterisco va después del pH indica bastante buen crecimiento, aunque el valor de pH sea superior al indicado en una unidad (IGNATIUS).

Tolerancias de algunos cultivos a la acidez de los suelos según HARTWELL.

| MUY TOLERANTES | TOLERANTES | SENSIBLES | MUY SENSIBLES |
|---------------------|-------------------|--------------|------------------|
| Avena | Alforfón | Berenjena | Alfalfa |
| Cacahuet. | Algodón. | Cebada. | Apio. |
| Centeno. | Fleo. | Coles. | Cebolla. |
| Guisante forrajero. | Fresa. | Coliflor. | Esparrago. |
| Mijo | Maíz. | Meliloto. | Espinaca. |
| Patata. | Ruibarbo. | Melón. | Lechuga. |
| Sandia. | Tomate. | Nabo. | Membrillo. |
| | Trébol encarnado. | Tabaco. | Remolacha. |
| | Veza. | Trébol rojo. | Trébol amarillo. |
| | Vid. | Trigo.z | |

Relación entre la acidez de los suelos y los fertilizantes.

Al absorber las raíces de los vegetales diversos elementos de los componentes moleculares de los diferentes fertilizantes, dejan como residuo en el suelo los restantes, los cuales, según su reacción propia, influyen sobre los suelos acidificándolos, basificándolos, o no afectando sensiblemente sobre su reacción natural en otras ocasiones.

Teniendo presente las características funcionales de los diferentes abonos, la aplicación de los mismos debe ser la adecuada a los variados tipos de los suelos, y en relación evidente con las exigencias de los cultivos.

Si un terreno de reacción fuerte ácida se desea cultivar de trigo y abonarlo además con fertilizante nitrogenado, es más aconsejable hacerlo con cianamida de calcio que, por su basicidad propia, lo dejará a través de los años en condiciones más adecuadas a las exigencias de dicho cultivo, que utilizar un fertilizante nitrogenado de reacción fisiológica ácida.

Es pues, de sumo interés tener en cuenta, al fijar las fórmulas de los fertilizantes, el sentido en que éstos pueden actuar sobre los suelos, especialmente en los arenosos, pobres en coloides minerales y orgánicos, para en lugar de alejar la reacción de los terrenos, de la que requieren los cultivos que en ellos se explotan, tender a acercarla en este sentido.

Este punto, con frecuencia, no lo tiene presente el agricultor, con los naturales perjuicios que a la larga puede originar en sus explotaciones agrícolas.

CORRECCION DE LA ACIDEZ MEDIANTE EL ENCALADO.

Para orientarse sobre la corrección de la acidez de los suelos me-

diante el encalado, pueden seguirse las siguientes normas (1):

1. - Si el pH es superior a 5,5 y el contenido de calcio activo es por lo menos de 100 p.p.m, no se necesita generalmente el encalado.

Si el contenido de calcio activo es inferior al 100 p.p.m. se aconseja el encalado hasta pH 6,50, empleando las siguientes cantidades (en Kilogramos por hectárea) para una capa arabe de 15 cm. de espesor:

| | <u>CaCO₃</u> | <u>CaO</u> |
|------------------------------|-------------------------|------------|
| Tierra arcillosa..... | 4.250 | 2.400 |
| " limosa..... | 3.750 | 2.100 |
| " de consistencia media..... | 3.000 | 1.700 |
| " arenosa..... | 2.250 | 1.250 |

2. - Si el pH es inferior a 5,5 se debe encalar hasta este pH, teniendo en cuenta que para elevar el pH de 4,5 a 5,5 se precisan por hectáreas, para una capa arable de 15 cm. de espesor, las siguientes cantidades de cal (Kg./Ha):

| | <u>CaCO₃</u> | <u>CaO</u> |
|------------------------------|-------------------------|------------|
| Tierra arcillosa..... | 3.500 | 2.000 |
| " limosa..... | 2.750 | 1.600 |
| " de consistencia media..... | 2.000 | 1.100 |
| " arenosa..... | 1.500 | 850 |

3. - Cuando sea necesario elevar el pH de 4,5 a 6,5 se hará en dos -

años sucesivos: el primero, para alcanzar el 5,5, y el segundo, hasta el 6,5.

4.- No se debiera superar el pH 6,5 por muchas causas.

5.- Dentro de los límites de pH señalados se podrán hacer las interpolaciones adecuadas: es decir, que si un suelo limoso tiene pH 5, para elevarlo a pH 5,5 se precisarán 800 Kg. de cal viva.

6.- Se debe tener en cuenta que para ciertos cultivos como patata y tabaco, no debe exceder el pH, respectivamente, de 5,6 y de 6, con el fin de evitar ciertas enfermedades, y que en algún caso, como en el pimentón, se debe elevar hasta 7, siendo éste un caso excepcional.

SUELOS ANORMALES.

Se consideran incluidos en el grupo de suelos anormales para su explotación agrícola a los que aun conteniendo los principales fertilizantes en proporción adecuada, llevan consigo un exceso tan marcado de otros elementos que impiden el desarrollo o dañan tanto a los cultivos, y hacen su explotación antieconómica.

Entre estos tipos se incluyen los salinos, los alcalinos y los ferrosos.

SUELOS SALINOS.

No es posible deslindar exactamente los terrenos salinos de los que no lo son, pues entre éstos y los totalmente inexplotables por exceso de sales, hay una amplia escala en la que los cultivos son o no remuneradores según su resistencia al grado de salinidad.

Los suelos salinos pueden tener diferentes orígenes: proceder de ro -

cas madres; ser debidos a desecación de mares interiores, o inundaciones marftimas; originarse por desbordamientos repetidos de ríos con aguas cargadas de sal, riegos con aguas salobres, ascensiones capilares, etc.

Los suelos alinos están caracterizados por su gran contenido de cloruro sódico, al que acompañan con frecuencia el sulfato sódico y a veces bicarbonato sódico y sulfato magnésico. A las agrupaciones de estos suelos, totales o parciales, se les denomina álcalis blancos.

En general los suelos tienen poco poder absorbente para el Cl y para, el Nat, y por ello, para que se formen estos tipos de suelos se requiere:

a). - Que en el perfil del suelo exista una capa impermeable que impida a las aguas de infiltración su descenso a grandes profundidades o que sean arrastradas lateralmente.

Si la capa impermeable está a menos de dos metros de profundidad, aun cuando las aguas arrastren las sales, vuelven a ascender por capilaridad a la zona radicular.

b). - Es igualmente preciso que el suelo sea llano-al igual que la capa impermeable-, pues en otro caso las aguas de lluvia o riego llevarían las sales a otros lugares, . De ahí que las grandes manchas salobres radiquen en amplios y extensos valles.

c). - La formación de los suelos salinos requiere igualmente que el clima sea seco y árido, dominando la evaporación sobre las lluvias.

Los suelos salinos se contraen, endurecen y agrietan en las épocas de sequía, contacción que perjudica notablemente al sistema radicular de los vegetales, uniéndose este efecto mecánico al tóxico de las propias aguas.

En las épocas lluviosas se encharcan largos períodos de tiempo debido a su escasa permeabilidad.

En las de sequía su laboreo es difícil por la dureza que presentan, y al realizarlo se originan grandes terrones.

En los períodos lluviosos y durante el amplio plazo de tiempo que tardan en desecarse, el laboreo presenta grandes dificultades, adhiriéndose la tierra a los arados, a las ruedas de los tractores y a las caballerías cuando se emplea tracción animal.

Cuando el contenido total de sales llega al 2,5 por 1000 los vegetales se resisten ya francamente y al alcanzar los suelos valores salinos del 3 por 1,000 empiezan a ser prácticamente prohibitivos para el cultivo agrícola, siéndolo ya totalmente al llegar al 5 por 1,000.

El efecto nocivo del exceso de sales en los jugos de la tierra es particularmente dañino, porque cuando la concentración salina pasa de ciertos límites, el agua del suelo alcanza una tensión osmótica mayor que la que posee el jugo celular de los pelos absorbentes radiculares, y con ello se produce el perjudicial fenómeno de que en lugar de absorber agua las raicillas, ceden la suya propia, se desecan y hacen que la planta muera.

Con relación a la riqueza en sal de los suelos, SIGMOND los agrupó por sus contenidos totales de sales y el particular de carbonato sódico.

RESISTENCIA DE ALGUNOS CULTIVOS A LA SALINIDAD.

Los vegetales acusan la presencia de cloruros en su constitución y, por lo tanto, precisa los encuentren en los suelos, siempre que no lo estén en exceso.

Entre los cultivos que mayor existencia presentan a la salinidad, están el arroz, la alfalfa, remolacha, espárragos, algodón, nabos, palmera, datilera, etc.

Por el contrario, son muy sensibles a la salinidad la patata, alubias, veza, naranjos, perales, manzanos, albaricoqueros, melocotoneros y ciruelos, entre otros frutales.

El trigo, cebada, avena, vid y olivos se encuentran entre los cultivos que tienen una adaptación media a los contenidos salinos de los suelos.

Conviene tratar especialmente de la resistencia del algodón sobre salinidad de los suelos, por la importancia que está alcanzando este cultivo.

El algodón en general resiste contenidos salinos que muchos cultivos no pueden soportar, especialmente son resistentes los de tipo egipcio.

En terrenos de regadío de agua dulce de buena permeabilidad, ha obtenido resultados positivos, aun con porcentajes tan elevados como el 7 por 1.00 de riqueza salina expresada en cloruro sódico.

MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS SALINOS.

Para mejorar los suelos salinos se utilizan diversos medios. Unos se reducen a su lavado con aguas exentas de sal, siempre que se puedan establecer adecuadas y bien estudiadas redes de desagüe, si bien este procedimiento no siempre es adaptable, es más, hasta puede ser contraproducente.

Otros medios seguidos en algunas comarcas españolas, consisten en extender una capa de arena sobre ellos, de unos 10 centímetros de espesor, que al dificultar la evaporación del agua interior frena igualmente la elevación de las sales de las capas profundas a la zona de las raíces.

Facilita también la explotación de los suelos salinos el aplicarles - - grandes cantidades de estiércol, u otras materias orgánicas, así como las - - aportaciones de sulfato amónico.

Se han ensayado el sulfato cálcico, y hasta la cal apagada, pero sus - - resultados no han sido siempre satisfactorios.

SIGMOND de las siguientes reglas para los tratamientos de los sue - - los salinos:

Cuando éstos se encuentren en su primera fase de evolución, o sea - - cuando aún no se ha verificado la alcalinización de su complejo absorbente, - - su tratamiento indicado es el lavado.

Si los suelos se encuentran en estado tal en que además de tener infil - - trado salino el catión sodio se ha introducido en el complejo absorbente, el - - tratamiento debe ser doble: lavado de sus sales sódicas y cambio de bases de sodio por calcio.

En los suelos en que las sales han sido lavadas de tal modo que el - - suelo no contenga más de 0.15 por 100 del total de sus sales (entre comple - - jo y disolución), se consideran dos casos: a). - Que el pH sea superior a &, - en cuyo caso es recomendable el enyesado, y b). - si el pH es igual o inferior a este valor, los encalados y las estercoladuras suelen dar resultado.

En relación con este problema de la salinidad se debe indicar que a - - veces el agricultor convierte secanos en regadíos sin realizar previos estu - - dios sobre la conveniencia o no de realizar estas mejoras, encontrándose en ocasiones con desagradables sorpresas, porque las aguas, aun exentas de sa - - les, pueden provocar acumulaciones por arrastre de las capas profundas a - - las superficiales, lográndose con ello tan sólo convertir medianos secanos -

en malos regadíos.

Tampoco es nada raro que se establezcan regadíos sin previamente analizar las aguas que se alumbran en las propias fincas, o que se toman de los cauces, y que pueden llevar sales en proporción tal que aun cuando en principio sean aceptables, su acumulación repetida, si el suelo no drena bien, origina suelos salinos allí donde no los había.

Con relación a este punto vamos a exponer el medio de clasificar las aguas que se utilicen para el riego según su contenido.

CULTIVOS A EXPLOTAR EN LOS SUELOS SALINOS.

Para iniciar la explotación de los suelos salinos debe partirse de los cultivos que tengan mayores probabilidades de éxito, y en este sentido se tienen dos muy típicos: el arroz y la alfalfa. El primero, por las cualidades ya señaladas en este sentido, y la segunda porque verdaderamente se le considera como mejoradora de los saladares, bien porque al fijar cantidades elevadas de sales disminuye la toxicidad del medio; porque la materia orgánica que deja la roturación del alfalfar al levantarlo, o enterrarlo en verde, mejora las condiciones físicas del mismo; porque sus profundas raíces pueden nutrirse de capas situadas por debajo de la capa impermeable, con menores contenidos salinos; o porque éstas faciliten el desalado por desagüe.

SUELOS ALCALINOS.

Se caracterizan por su contenido en carbonato sódico, cuyas soluciones, atacando al humus, lo disuelven en parte, dando lugar a la formación de una papilla oscura que, al evaporar su parte líquida, ennegrece el sitio donde se acumula.

El origen del carbonato sódico en estos tipos de suelo es confuso. - -
 Unos suponen que puede formarse obrando el cloruro sódico sobre el carbona -
 to de calcio; otros, que el cloruro sódico reacciona con los silicatos zeoliti -
 cos y origina arcillas sódicas, las que al actuar sobre el carbonato cálcico -
 producen carbonato sódico y arcilla cálcica.

TRATAMIENTOS PARA MEJORAR LOS SUELOS ALCALINOS.

Los tratamientos que se aplican para mejorar las cualidades de los -
 suelos alcalinos se basan en sustituir el sodio del complejo absorbente arci -
 lloso por el calcio que proporciona un enyesado, arrastrando el sulfato sódico -
 formando después por medio de lavados, previo el establecimiento de re -
 des de desagüe.

Simultáneamente con este tratamiento se procurará la disminución de
 la basicidad propia con aportaciones de azufre, pulverizado con aplicaciones,
 de sulfato amónico como abono nitrogenado, así como el aporte de fuertes es -
 tercoladuras.

Se consideran incapaces de toda clase de cultivos los suelos que acu -
 san ya un contenido de un 1 por 1.000 de carbonato sódico.

SUELOS FERRUGINOSOS.

Bajo el concepto de suelos ferruginosos se agrupan los que son ricos -
 en sales ferrosas.

Las sales férricas son necesarias para los vegetales.

Generalmente los suelos contienen suficiente cantidad de hierro para
 atender a las necesidades de los cultivos, y cuando éstos acusan carencia de
 él, más que a deficiencias se debe a que los excesos de cal lo inmovilizan.

Los suelos ricos en sales ferrosas son propios de las regiones pantanosas de difícil aereación.

Es aconsejable para su tratamiento facilitar el desague y dar adecuadas labores para igualmente facilitar la circulación del aire.

CANSANCIO DE LOS SUELOS.

Sabido es que cuando se explota un terreno en rotación de cultivos los rendimientos de las cosechas son mayores que cuando se hacen dos o más siembras seguidas de plantas de una misma especie.

Esta característica comprobada en diferentes cultivos, se hace muy patente en especial en la alfalfa, atribuyéndose a diferentes causas:

A que las raíces expelen toxinas que siendo inocuas para las plantas de especie diferente, son nocivas para la suya, calculándose la duración de la toxicidad análoga a la de la formación de ellas, es decir, al tiempo que permanecen en actividad las raíces que las originan; a sustancias tóxicas procedentes de descomposición de las materias orgánicas de los suelos; a que la repetición de cultivos lleva consigo la formación de una inadecuada flora bacteriana y, entre otras, a la acción ejercida por los protozoos destructores de bacterias útiles (amonizantes, nitrificantes y fijadoras del nitrógeno).

Con respecto a este último punto se puede forzar el desarrollo de tales bacterias beneficiosas con el empleo de antisépticos: sulfuro de carbono, tolueno, etc.

RUSSELL ha observado que esterilizando con vapores de tolueno durante un breve plazo un suelo, las bacterias beneficiosas se multiplican con gran intensidad sobrepasando notablemente en su número a las existentes en

la tierra primitiva y manteniéndose esta notable mejoría durante más de doscientos días.

Tales hechos indican que, independientemente de la eliminación de las toxinas nacidas de las bacterias, existen otros motivos capaces de cansar - los suelos.

Deduca RUSSELL, que los protozoos son causa manifiesta de tal esterilización, pues ha observado que el aumento de las bacterias coincide con la disminución o supresión de los protozoos.

Hay autores, sin embargo, que opinan que en los suelos en su estado natural la influencia de los protozoos sobre las bacterias es muy dudosa.

DESINFECCION DE LOS SUELOS.

Dos clases de desinfección deben considerarse; la natural y la artificial.

Comprende la primera la acción directa de las raíces, que con su poder oxidante contribuye a la destrucción de las toxinas, y la acción que sobre tales sustancias ejercen los microorganismos beneficiosos.

Cuando no son suficientes estas desinfecciones se acude a las artificiales, bien por la acción del calor (quema de rastrojos, "rozas" y "hormigueros"), bien aplicando productos químicos: sulfuro de carbono, sulfato de cobre, el hipoclorito cálcico, permanganato potásico, sulfuro cálcico, etc. Esta última desinfección es sumamente rara y excepcional.

COMO TIPO DE ORIENTACION SE INDICAN LAS DOSIS QUE SE SUELEN
ENSAYAR:

| | |
|----------------------------|-----------------|
| Sulfuro de carbono..... | Unos 300 Kg/Ha. |
| Azufre..... | " 200 " |
| Sulfato de cobre..... | " 100 " |
| Hipoclorito cálcico..... | " 100 " |
| Permanganato potásico..... | " 50 " |
| Sulfuro cálcico..... | " 250 " |

C A P I T U L O VI

ANALISIS DE LOS SUELOS AGRICOLAS

Los componentes de los suelos agrícolas y las extracciones que de ellos hacen las cosechas pueden conocerse por medio de los correspondientes análisis, si bien no siempre es posible relacionar de manera categórica ambas circunstancias.

Los análisis de los suelos agrícolas son medios indispensables para conocer sus cualidades y, con ellas, sus defectos.

Ahora bien, a estos análisis hay que darles el justo valor e importancia que tienen y no exagerar sobre las ventajas que pueden reportar.

Muchos suponen que con conocer las cifras que proporcionan los diferentes tipos de análisis: mecánico, físicoquímico de los suelos es suficiente para que con aquéllas y con las de la composición de las cosechas poder fijar de manera concreta los elementos fertilizantes que se precisa aplicar a cada suelo para obtener de ellos grandes cosechas.

Desgraciadamente no siempre se logran espectaculares rendimientos. Quedan en pie muchas incertidumbres y reacciones incontroladas que hacen el problema muy complicado.

Buena prueba de ello son los continuados trabajos y las variadas técnicas que sucesiva e ininterrumpidamente se realizan y establecen para descubrir las relaciones existentes entre las características de los suelos y los rendimientos de las cosechas.

El que todavía no exista clara y categórica relación entre los resultados de los análisis y la fijación adecuada de los fertilizantes no debe sorprender

der, pues no hay que olvidar que el binomio suelo-cultivo constituye un enlace orgánico y al igual que sucede con las personas y con el ganado, no siempre los organismos de unas y otras responden a los regímenes de alimentación y tratamientos que médicos y veterinarios les fijan para regenerarlos o corregir anomalías en su nutrición, crecimiento y vitalidad para desarrollarse y reproducirse.

Mas no por ello deben considerarse los actuales métodos de análisis de los suelos como inútiles, pues aparte de que en numerosísimas ocasiones son verdaderamente eficaces, en otras lo son totalmente.

Un elevado contenido en materia orgánica y una fuerte reacción ácida del terreno, datos ambos perfectamente proporcionados por los análisis, aconsejan dar un racional encalado que al disminuir la excesiva acidez crea un medio apropiado para la movilización de la materia orgánica y con ello se aumenta la fertilidad que en potencia - pero inactiva - contiene tal tipo de suelo.

Si el análisis de un suelo indica que contiene riquezas en cloruro sódico en las cercanías de los límites tolerables de los cultivos, a su vez pone sobre aviso de la conveniencia de no emplear en su fertilización sales brutas potásicas ni fertilizantes sódicos.

En relación con esta peligrosa circunstancia salina, si el análisis manifiesta que en el perfil de un suelo hay acumulaciones progresivas salinas - según las capas van descendiendo, igualmente manifiesta los daños que sobre él, y sobre su explotación económica pueden sobrevenir si se implanta un riego, máxime si las aguas empleadas llevan a su vez en disolución cloruro -

sódico, aunque sea en reducidas proporciones.

Otros muchos ejemplos podrían citarse de circunstancias perfectamente acusadas por los análisis de los suelos, pero se juzga que basta con las exuestas para que quede justificado la conveniencia de analizar los suelos, - - análisis que, como se ha indicado, pueden permitir asegurar manifiestos incrementos sobre su explotación.

Actualmente existen y se aplican diferentes métodos para analizar los suelos, pero cualquiera que sea el que se utilice, operación previa a todos, - es la buena toma de muestra del suelo, para que sea fiel reflejo de la constitución del mismo, y el análisis proporcione cifras adecuadas sobre su composición media al técnico especialista encargado de la interpretación de los resultados, y de fijar las fórmulas de abono más adecuadas a los cultivos que - se deseen explotar.

TOMA DE MUESTRAS DE TIERRA PARA SU ANALISIS.

1a. Se comenzará por dividir la superficie del terreno objeto del desmuestre en parcelas de naturaleza aparentemente uniforme, basándose para ello en su aspecto altura, ladera, valles, color, etc., desarrollo de la vegetación y naturaleza de ésta, resistencia al laboreo, etc. Cada una de estas - parcelas debe demuestrearse separadamente, siempre que su superficie sea - de tal tamaño y naturaleza que pueda ser fertilizada o corregida separa - mente.

2a. La toma de muestras se efectuará después de la recolección y, naturalmente, antes de abonar, no siendo necesario realizar un análisis todos - los años, siendo en general suficiente hacerlo cada tres o cinco años.

3a. Se tomará una muestra media de cada parcela homogénea, siempre que la extensión de ésta no exceda mucho de dos hectáreas. En caso contrario se tomará una de cada dos hectáreas.

La muestra media de "suelo superficial" se tomará mezclando volúmenes de tierra aproximadamente iguales al de una cucharada sopera o proporcionales, tomados hasta una profundidad de 15 centímetros en quince o veinte lugares diferentes uniformemente repartidos. Previamente se habrá quitado la hojarasca, rastrojo, etc., que no debe figurar en la muestra.

La muestra media de "subsuelo", representativa, debe de formarse por la mezcla de muestras parciales del mismo volumen, tomadas en tres o cuatro sitios de la misma parcela homogénea, distribuidas uniformemente a una profundidad de 15 a 35-40 centímetros.

En los suelos dedicados a plantas pratenses la muestra de suelo superficial debe de tomarse sobre los 5 centímetros superiores.

En los suelos destinados al cultivo arbóreo las muestras deberán de tomarse más profundas, además de la del horizonte superficial, de acuerdo con el desarrollo alcanzado por el sistema radicular.

Una de las formas de elegir los lugares en que se deben tomar las muestras parciales que se han de mezclar para formar la muestra media puede verse en la figura 35. Los números 1 al 20 corresponden a muestras parciales de suelos, y en las designadas, 4, 8, 12 y 19, se han tomado además muestras parciales de subsuelo.

4a. Para el desmuestre se puede utilizar una pala, un tubo de desmuestre, una barrena o una sonda de martillo tipo Parker.

En la figura 36 se representa, de izquierda a derecha, la forma de hacer el desmuestre con una barrena, con un tubo de desmuestre y con una pala.

5a. Se envasan separadamente el suelo superficial y el subsuelo, colocando en las bolsas o sacos, interior y exteriormente, etiquetas que sirvan para la identificación. Lo corriente es enviar 200 gramos de tierra, salvo casos especiales.

No obstante, si se trata de tierras muy pedregosas, se deberá tomar una muestra mayor y determinar in situ el porcentaje aproximado del volumen ocupado por los bloques, cascajo, etc.

A veces se siguen estas otras normas para las tomas de muestras de tierras:

Una vez limpia la superficie del suelo para separar lo ajeno a su constitución natural, si lo hubiera, se abre por medio de azada un hoyo o zanja de paredes verticales hasta aproximadamente un metro de profundidad, si el subsuelo lo permite, y si no hasta donde sea posible.

Con el auxilio de la propia azada con que se opera se raspan las capas en que se noten diferencias de color, recogiendo por separado lo de cada una de las diferentes capas, midiéndose su espesor o profundidad, dato que se remitirá al laboratorio con la correspondiente muestra y con cuantos datos se conozcan sobre las particularidades de los suelos y de los cultivos que se deseen explotar, de manera similar a los señalados para las tomas de muestras en las instrucciones oficiales.

Estos hoyos se repetirán en distintas direcciones por las parcelas a analizar y en proporción a su extensión, mezclándose entre sí las muestras -

tomadas de las capas de análogas profundidades, y separado de cada mezcla - medio o un kilo que se envía al laboratorio.

ANÁLISIS DE LOS SUELOS AGRICOLAS.

Hasta casi terciado el actual siglo el análisis de los suelos con fines - agrícolas se hacía previo ataque por ácido nítrico en ebullición mientras no - cesase el desprendimiento de vapores nitrosos y en cuya disolución se deter - minaba el ácido fosfórico y el potasio. El nitrógeno se determinaba, a su vez, directamente previo ataque de la muestra por ácido sulfúrico, posterior des - tilación en medio básico y, por último, valoración del nitrógeno amoniacal - desprendido.

Con estos procedimientos se consideraban las tierras suficientemente provistas de tales elementos fertilizantes cuando contenían un 1 por 1.000 de ácido fosfórico expresada en $P_2 O_5$: un 2 por 1.000 de potasio, expresado - en K_2O y un 1 por 1.000 de nitrógeno (N).

Estas cifras pueden indicar más o menos los contenidos totales de es - tos elementos, pero nada dicen respecto a su estado de asimilabilidad por las raíces, lo que ha dado lugar a que se apliquen otros procedimientos analíti - cos más en consonancia con la realidad. Métodos rápidos de análisis de los - suelos. (Según técnicas de C. H. SPURWAY, C. TAMES Y T. PERAL, (1).

Determinación de los elementos "activos" o fácilmente solubles Opera - ción previa para esta determinación es la preparación del extracto del suelo, el cual se obtiene, según C. H. SPURWAY, del siguiente modo:

En un tubo de 17 mm de diámetro y 100 mm de longitud, aforado a 2 - y 13 ml. se pone tierra hasta la marca 2 ml., agregando agua destilada has -

ta los 13 ml. y una gota de ácido acético diluido (este reactivo se obtiene diluyendo un volumen de ácido acético puro con tres de agua destilada), agitando bien durante un minuto aproximadamente. Se filtra la disolución recogiendo el filtrado en tubos apropiados de 15 mm., de diámetro y 75 de longitud, con fondo plano y aforados al 1 y 2 ml.

FOSFORO.

Para determinar el fósforo activo se agregan cinco gotas de disolución de molibdato (1) a 1 ml., del extracto del suelo, agitando y agregando seguidamente un trozo de papel de estaño puro (de 10 X 15 milímetros aproximadamente), agitando nuevamente. El color aparece casi instantáneamente y desaparece de modo gradual, por lo que debe examinarse a los veinte-treinta segundos de haberse agregado el estaño. Si el color que se obtiene en el primer ensayo es demasiado intenso para poderse comparar, se repite el ensayo diluyendo el extracto original: dos o tres veces es generalmente suficiente.

Si el contenido de fósforo excede de 25 partes por millón de la disolución (p p m), aparece un color amarillo débil al agregar la disolución de molibdato. Caso de ocurrir esto, es necesario diluir cinco, diez o más veces hasta que no sea perceptible dicho color, pues de no hacerlo, los resultados son inaceptables.

Se evalúa el fósforo comparando el color obtenido con los reproducidos sobre la lámina que se inserta.

| <u>ppm</u> | |
|------------|------------------|
| 0 5..... | Verde muy claro. |
| 1, 0..... | Verde intenso. |
| 2, 5..... | Azul celeste. |
| 5, 0..... | Azul prusia. |

Con el fin de facilitar la identificación de los colores, ha ideado TA - - MES la comparación con líquidos estables, empleando disoluciones m/15 de - fosfatos monopotásicos y bisódico (SORENSEN) y el indicador azul de bromoti mol.

Observaciones: Para expresar las ppm de P en ppm de $P_2 O_5$ se multi - plica por 2, 3.

Multiplicando por 5 las ppm de fósforo se obtiene los miligramos de - fósforo contenidos en 1.000 g., de tierra.

Multiplicando los miligramos de fósforo en 1.000 g de tierra por 1, 80, se obtiene el número de kilogramos por hectárea a 15 cm de profundidad.

POTASIO.

Técnica la. (suelos que no contienen yeso no conjuntamente caliza y - sulfatos muy solubles). - Se agregan tres gotas de disolución de cobaltinitrito - sódico (1) a 1 ml del extracto del suelo, se agita y se agrega lentamente, de - tres en tres gotas, 1 ml de alcohol etílico puro de 95 por 100 (donde no se en - cuentra alcohol de esta clase para usos científicos, puede emplearse una par - te de éter y dos partes de alcohol metílico), agitando después de cada adición de reactivo. Un precipitado amarillo indica la presencia de potasio. En los -

casos en que se sospeche que la muestra contiene grandes cantidades de potasio, se agitan después de agregar la disolución de cobaltinitrito sódico y se calienta el tubo en la mano aproximadamente un minuto. Un precipitado amarillo indica aproximadamente 70 ppm (partes por millón) o más de potasio. (Hay que tener en cuenta que este examen no puede hacerse en presencia de más de 50 partes por millón de amonio, por lo que, en el caso de producirse una reacción extraordinariamente fuerte, debería ensayarse también el amonio). El examen debe hacerse al minuto.

Como resultado del ensayo se logran las siguientes conclusiones:

| ppm | Kg por Ha 15 cm |
|----------------------------|--------------------|
| 3 Ningún precipitado..... | 27 |
| 5 Ligeramente turbio..... | 45 |
| 10 Ligero precipitado..... | 90 |
| 20 Fuerte precipitado..... | 180 |

Para distinguir entre 0 y 5 ppm se hace un ensayo en blanco con agua destilada. Una vez agregados los reactivos, se ponen los dos tubos (0 y 5 ppm), conjuntamente frente a un fondo negro. En estas condiciones se hace visible el enturbiamiento producido en el tubo que contiene 5 ppm.

ANALISIS DE FOSFORO
(SEGUN C. H. SPURWAY)
COLORES POR COMPARACION

Kg/Ha/15 cm = Kilogramos por hectárea y
15 cm de profundidad.

F O S F O R O (P)

| ppm | | Kg/Ha/15 cm | Color |
|-----|---|-------------|---------------|
| 0,5 | (activo) deficiente (reserva) | 4,5 | Azul claro |
| 1 | (activo) deficiente (reserva) | 9 | Azul verdoso. |
| 2,5 | (activo) normal (reserva) deficiente | 22,5 | Azul cielo. |
| 5 | (activo) moderadamente elevado (reserva) normal | 45 - | Azul intenso. |



ANALISIS DE LOS NITRATOS
 (SEGUN C. H. SPURWAY)
 COLORES POR COMPARACION

ppm = partes por millón en el extracto del suelo

Kg/Ha/15 cm = Kilogramos por hectárea y

15 centímetros de profundidad.

NITRATO (NO_3)

| ppm | | Kg/Ha/15 cm | | Color |
|-----|------------|-------------|---|-------------|
| 2 | Deficiente | 18 | | gris tenue |
| 5 | Deficiente | 45 | | gris claro |
| 10 | Normal | 90 | — | gris opaco |
| 25 | Normal | 225 | — | gris oscuro |

ANALISIS DEL AMONIACO
(SEGUN C. H. SPURWAY)
COLORES POR COMPARACION

ppm = partes por millón en el extracto seco.

Kg/Ha/15 cm = Kilogramos por hectárea y

15 cm de profundidad.

AMONIACO (NH_4)

| ppm | Kg/Ha/15 cm | Color |
|-----|-------------|-----------|
| 2 | 18 | Crema |
| 10 | 90 | Naranja |
| 25 | 225 | — Rojo |
| | Precipitado | |

Para distinguir entre 10 y 20 ppm se coloca el fondo del tubo sobre -- una letra negra cuyo trazo sea de 0,75 mm de grueso y su tamaño sea de 3 - mm. Con 10 ppm la letra se va débilmente, mientras que con 20 ppm no se - distingue.

Multiplicando por 1,2 se expresan los resultados en K_2O .

Técnica 2a. (Suelos que contienen yeso). - Se toman 2 ml del extracto en un tubo de 15 mm, se agregan 4 ml del alcohol absoluto y se agita enérgi - camente. Se filtran 3 ml en un tubo de 15 mm, evaporando a sequedad, pri - mero en baño María y después en baño de arena. Se redissuelve el residuo en 1 ml. de agua destilada, continuando la precipitación del potasio como se in - dica en los suelos no yesosos. Esta técnica se aplica también a los suelos ca - lizos que contienen sulfatos muy solubles.

NITRATOS.

Se pone una gota de extracto en una placa de ensayo de porcelana, con 12 cavidades -, agregando seis gotas de disolución de difenilamina (se prepa - ra disolviendo 0,03 g de difenilamina en 25 centímetros cúbicos de ácido sul - fúrico puro. Se altera con el tiempo y si se observa que tiene color rosa, par - do azul, no puede utilizarse). Se agita con una varilla de vidrio. El color se - produce a los cinco minutos. Si el color es más oscuro que el oscuro de la - carta, se agregan cuatro gotas de agua a una de extracto colocada en la pla - ca, tomando ambas clases de gotas con un mismo cuentagotas medicinal; se - agita y se toma una gota, repitiendo el tratamiento con la citada disolución - de difenilamina (disolución cinco veces). Si el color es aún demasiado fuerte, se repite, usando nueve gotas de agua (dilución diez veces). Para obtener re -

sultados seguros, debe limpiarse el cuentagotas cada vez que se use.

AMONIO.

Se ponen tres gotas de extracto del suelo en la placa de ensayo y se agrega una gota de reactivo Nessler. El color se produce rápidamente y la lectura se hace en uno o dos minutos.

Determinación del contenido de nitratos y amonio. - Se evalúa comparando el color obtenido con los reproducidos en las láminas adjuntas, para lo cual, si el ensayo se hizo en tubo, se coloca el tubo sobre el papel blanco adyacente al color y se mira la solución en el tubo longitudinalmente.

Si el color se desarrolla en la placa de ensayo, se compara directamente con la lámina de colores.

Las cifras de las láminas de colores indican partes por millón en el extracto del suelo y kilogramos por hectárea/ 15 cm en volumen, para los suelos minerales y orgánicos, en la relación una parte del suelo a seis partes de agua en volumen, condiciones en que se ha operado la extracción.

Observación. - La extracción de la disolución del suelo se hace en la relación en volumen aproximado de una parte de suelo a seis de agua destilada. En el caso de que los colores resultaran más intensos que los máximos de las láminas se diluyen el extracto del suelo el número de veces necesario para que quede comprendido entre estos últimos.

Como es natural, si la dilución se ha hecho en la relación de uno a dos o uno a cuatro por ejemplo, será preciso multiplicar las lecturas de las láminas por 2 o por 4.

Determinación de los elementos de reserva fósforo y potasio. Opera -

ción previa es la preparación del extracto de la tierra, que se hace poniendo de ésta la cantidad precisa para llevar hasta la marca 2 ml., en un tubo análogo al empleado para preparar el extracto de los elementos "activos", agregando después agua destilada hasta los 13 ml, y nueve gotas de ácido clorhídrico diluido (formando con un volumen de ácido clorhídrico y tres de agua destilada. Recubrase con parafina la parte del tapón de goma, si se usa, que esté en contacto con el líquido), agitando un minuto y filtrando en seguida la disolución.

Fósforo de reserva. - Se pone 1 ml del extracto del suelo en un tubo de fondo plano y se agregan una o dos gotas de disolución de hidróxido sódico (esta disolución se forma disolviendo 5 g de hidróxido sódico en barras en 100 ml de agua destilada), con agitación hasta que se forme un precipitado neto. Seguidamente se agregan cinco gotas de la disolución de molibdato que se indicó al determinar el fósforo "activo" agitando, y un trozo de papel de estaño, también análogo al allí indicado, agitando nuevamente.

Se comparan los colores obtenidos con la misma lámina señalada para la determinación del fósforo "activo", deduciéndose así las ppm del fósforo en reserva.

Potasio de reserva. - Técnica la. (Suelos que no contienen yeso ni conjuntamente caliza y sulfatos solubles). - Se toma 1 ml del extracto en un tubo de 15 mm (fondo plano), agregando una gota de hidróxido sódico (este reactivo es igual al empleado para determinar el fósforo de reserva) y agitando el tubo. Si se forma un precipitado, se aclara la disolución agregando una o dos gotas (según se precise) de ácido acético (un volumen de ácido acético puro

con tres de agua destilada). A continuación se adicionan tres gotas de disolución de cobaltinitrito sódico (la misma solución empleada para determinar el potasio "activo"), agitando y gota a gota con agitación, alcohol etílico (también análogo al allí empleado), hasta la marca de los 2 ml del tubo. Un precipitado amarillo indica la presencia de potasio. En los casos en que se sospecha que la muestra contiene grandes cantidades de potasio, se agita después de agregar la disolución de cobaltinitrito sódico y se calienta el tubo en la mano aproximadamente un minuto. Un precipitado amarillo indica aproximadamente 70 ppm o más de potasio. Hay que tener en cuenta que este examen no puede hacerse en presencia de más de 50 ppm de amonio, por lo que en el caso de producir una reacción extraordinariamente fuerte, debería ensayarse también el amonio. El examen debe hacerse al minuto.

Como resultado del ensayo se logran conclusiones análogas a las que se expusieron en la determinación del potasio "activo".

Para distinguir entre 0 y 5 ppm se hace un ensayo testigo con agua destilada. Una vez agregados los reactivos, se ponen los dos tubos (0 y 5 ppm) conjuntamente frente a un fondo negro. En estas condiciones se hace visible el enturbiamiento producido en el tubo que contiene 5 ppm.

Para distinguir entre 10 y 20 ppm se coloca el fondo del tubo sobre una letra negra cuyo trazo sea de 0,75 mm de grueso y su tamaño de 3 mm. Con 10 ppm la letra se vé débilmente, mientras que con 20 ppm no se distingue.

Multiplicando por 1,2 se expresan los resultados en K_2O .

Si fuera preciso, se hacen en el extracto del suelo las diluciones oportunas.

Técnica 2a. (suelos que contienen yeso). - Se toman 2 ml del extracto - en un tubo de 15 mm agregando dos gotas de la citada dilución de hidróxido - sódico. Si se forma un precipitado, se aclara la disolución agregando dos a - cuatro gotas de ácido acético (en la concentración señalada para la técnica - la.). Se agregan 4 ml de alcohol absoluto, agitando enérgicamente y filtran - do. Se toma la mitad del volumen que ocupará el líquido antes de filtrar, en - un tubo de 15 mm, evaporando a sequedad, primero, en baño maría y des - pués en arena. Se disuelve el residuo en 1,1 ml de agua destilada y se conti - núa la precipitación del potasio con el cobaltinitrito sódico, como se indica - en el caso anterior.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS CON ESTOS ANALISIS.

Para interpretar los resultados obtenidos con estos métodos rápidos - de análisis de los suelos, TAMES ha formado el siguiente estado, en el que - relaciona las riquezas de fósforo y potasio de reserva con las reacciones de - los suelos, indicando las fertilizaciones de fondo y de reposición para los - cultivos de secano y regadío.

AGUA Y ELEMENTOS NUTRITIVOS EXTRAIDOS POR LAS COSECHAS

| C O S E C H A | Kg por cada 10 quintales métricos de cosecha, <u>in</u> cluidos los residuos exportados. | | | | |
|-----------------------|---|------|-------------------------------|------------------|------|
| | H ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO |
| Trigo..... | 400 | 30,0 | 11,9 | 16,6 | 5,4 |
| Centeno..... | 430 | 25,6 | 13,5 | 23,0 | 6,7 |
| Cebada..... | 345 | 25,0 | 8,3 | 27,7 | 4,7 |
| Avena..... | 362 | 28,0 | 11,3 | 30,8 | 7,9 |
| Arroz..... | 246 | 16,0 | 6,6, | 12,0 | 4,6 |
| Mafz..... | 474 | 26,6 | 14,9 | 39,8 | 11,0 |
| Haba..... | 309 | 51,7 | 15,9 | 39,1 | 15,4 |
| Vezo..... | 351 | 60,0 | 13,4 | 16,0 | 22,5 |
| Soja..... | 324 | 74,3 | 14,7 | 70,6 | 29,9 |
| Patata..... | 1.520 | 8,3 | 3,2 | 10,3 | 12,8 |
| Remolacha..... | 1.174 | 4,0 | 1,2 | 5,4 | 1,6 |
| Nabo..... | 1.189 | 2,7 | 1,1 | 3,7 | 1,9 |
| Zanahoria..... | 1.045 | 3,5 | 1,3 | 3,7 | 0,9 |
| Lino (semilla)..... | 117 | 32,8 | 13,5 | 10,0 | 2,7 |
| Tabaco (hojas)..... | 180 | 34,8 | 6,6 | 40,9 | 50,7 |
| Forrajes en fresco... | 800 | 5,0 | 1,3 | 4,1 | 3,0 |

NORMAS SOBRE FERTILIZACION POTASICA

| K EN RESERVA | CULTIVO (1) | CASO No. | FERTILIZACION DE FONDO Kg/ de K ₂ O/Ha | FERTILIZACION DERESTITUCION Kg de K ₂ O/Ha |
|-----------------|----------------|-------------|--|---|
| Más de 20 | Secano | 1 | No es necesaria | No es necesaria |
| | Regadfo | 2 | No es necesaria | 125 |
| Entre 10 y 20 | Secano | 3 | No es necesaria | 25 |
| | Regadfo | 4 | 50/año durante 4 años | 125 |
| Menos de 10 | Secano | 5 | 25/año durante 4 años | 25 |
| | Regadfo | 6 | 50/año durante 8 años | 125 |

(1) Se debe considerar que los cultivos en zonas húmedas tienen las mismas necesidades que los de regadfo.

(2) Las cantidades que figuran en esta columna son aproximadas. Para determinarlas con mayor exactitud pueden utilizarse los datos de extracción de K por las cosechas que figuran en el cuadro arriba indicado.

METODO DE DEMOLON Y BARBIER PARA CONOCER LAS NECESIDADES DE LOS SUELOS EN ACIDO FOSFORICO.

Este método está basado en lo siguiente:

Si se toman 100 g de tierra desecada al aire y se agitan durante dos horas en presencia de 1,000 ml de ácido acético al 1 por 100, al que se les adiciona previamente una cantidad variable y conocida de P_2O_5 comprendida entre 0 y 50 mg por litro, el análisis de la concentración final de la solución demuestra que cuando la solución de ácido acético no contiene P_2O_5 o lo contiene en reducidas proporciones, se enriquece ésta en P_2O_5 cedido por la tierra; pero si se hacen otros tratamientos con soluciones de ácido acético que lleven riquezas crecientes de P_2O_5 la tierra cede cada vez menos P_2O_5 llegando a un momento en que para una concentración determinada de P_2O_5 en la solución acética, ésta no toma nada del que contiene la tierra: es más pasando de este límite, es decir, para concentraciones mayores, la solución acética, en lugar de tomar P_2O_5 del suelo, lo que hace es cedérselo.

La concentración de la solución acética en P_2O_5 que ni cede ni toma este elemento de la tierra, la denominan los autores "concentración crítica de equilibrio", habiendo observado que cuando la "concentración crítica de equilibrio" es inferior a 3 mg por litro, los suelos tienen necesidad elevada de abonos fosfatados; cuando está comprendida entre 3 y 30, la necesidad es variable, pero siempre positiva, y cuando es superior a 30, no precisan los suelos abonos fosfatados.

METODOS DE ANALISIS INDIRECTOS Y FISIOLOGICOS DE LOS SUELOS.

Método de NEUBAUER. - Es un medio indirecto de conocer la fertili -

dad de los suelos, consistente en analizar plantitas de centeno cultivadas sobre ellos, operando de la siguiente manera:

Se pesan 100 g de la tierra someramente tamizada y se entremezclan con 50 g de arena cuarzosa calcinada, tratada por un ácido enérgico y perfectamente lavada.

Los 150 g del conjunto tierra-arena se ponen en un vaso de unos 12 cm de diámetro y 7 de altura regando con 20 ml de agua pura.

Sobre la mezcla formada se añaden 180 g de arena análoga a la anteriormente preparada, volviendo a regar con 40 ml de agua.

Preparado así el vaso, se colocan en su superficie 100 g de centeno, previamente desinfectados, cubriéndolos con 70 g de la citada arena y regando nuevamente con 20 ml de agua pura.

Se preparan otros vasos análogos, pero sin llegar nada de la tierra que se estudia, a fin de que sirvan de testigo, al mismo tiempo que nos proporcione el poder germinativo del centeno sobre medio inerte, y plantitas de centeno, que valgan de control para su análisis comparativo.

Colocados todos los vasos en estufa en ambiente templado, se recolectan las plantitas a los dieciocho días, procurando recoger todo el sistema radicular, para lo cual se añadirá previamente al arranque de aquellas, agua en abundancia al objeto de que la tierra no oponga resistencia al tirar de las plantitas.

El conjunto de éstas se pone sobre un tamiz de mallas de tamaño suficiente para que puedan pasar por ellas las partículas de arena y tierra que las raíces lleven adheridas, y se les somete a la acción de un chorro de agua

que separe de ellas toda la materia mineral extraña.

El análisis correspondiente proporciona los contenidos en ácido fosfórico y en potasa de las plantas de centeno cultivadas con la tierra objeto de estudio y los mismos elementos obtenidos en las plantas testigos. La diferencia entre aquéllos y éstos indica el ácido fosfórico (P_2O_5) y el (K_2O) extraídos por las plantas de la tierra sometida a estudio.

Según NEUBAUER, se considera que la tierra está suficientemente provista de ácido fosfórico cuando las plantitas de centeno extraen por lo menos 8 mg de este elemento, y suficientemente dotadas de potasa cuando extraen, por lo menos, 24 mg de K_2O .

Cuando la germinación de las semillas de cada vaso es inferior a 95, debe repetirse el análisis.

Método del "Azotobacter". - Para aplicar este método se comienza por tamizar los suelos a fin de separar las piedrecillas que pudieran llevar agredoles a continuación el agua suficiente para poder amasar la tierra con un peso de almidón correspondiente al 5 por 100 del peso de la tierra.

Con la masa así preparada, se llena una caja de PETRI, pasando sobre la superficie de aquélla una lámina de vidrio humedecida, a fin de alamarla, y se le coloca en cámara húmeda de 25-28°.

Se prepara análogamente otra caja a la que, además del almidón se le añade tantos centímetros cúbicos de solución al 10 por 100 de fosfato disódico como gramos de almidón se agregaron.

En otra caja análoga a la primera se añade carbonato cálcico pulverizado en proporción de 1 por 100 de peso de la tierra, y, por último en otra

cuarta caja, además del almidón se agregan conjuntamente las referidas dosis de fosfato disódico y carbonato cálcico.

Todas las cajas se inoculan con azotobacter, aun cuando no siempre es precisa esta operación.

En las condiciones de humedad y temperatura señaladas se observará a los dos o tres días que sobre la superficie de la masa terrestre se desarrollan colonias de azotobacter.

Si estas colonias aparecen en la caja que lleva sólo la tierra y el almidón, indica que está aquella bien provista de ácido fosfórico y de calcio.

Si no aparece en dicha caja, pero si en la que se agregó el fosfato disódico, la tierra está provista de calcio, pero falta de ácido fosfórico.

Cuando se desarrollan las colonias del azotobacter en la caja a la que se le agregó carbonato, pero no aparece en las anteriores, es este elemento el que precisa el suelo.

Por último, si solamente se forman las colonias en la caja a la que se le agregó el fosfato disódico y el carbonato cálcico conjuntamente, la tierra objeto de análisis requiere ambos elementos.

LOS ANALISIS DE LOS TEJIDOS VEGETALES Y LAS APORTACIONES DE NUTRIENTES POR LOS SUELOS.

Actualmente están intensificándose los estudios encaminados a conocer los principios fertilizantes que ceden los suelos y las épocas en que estas cesiones se hacen más patentes y necesarias, analizando los tejidos de los vegetales en pleno período de actividad.

Lo más frecuente es realizar estos análisis sobre los limbos de las

hojas, aun cuando también se efectúan sobre los pecfolos e incluso sobre las -
propias raíces.

A estos medios de análisis se les hacen muchas objeciones, algunas -
fundamentadas en la circunstancia de que la composición natural de los tejidos
vegetales es diferente según se van desarrollando, así como que la carencia o
el exceso de un elemento nutriente puede influir en la asimilación de otro, en-
mascarándose, siquiera sea parcialmente, el comportamiento de los suelos.

Algunos estiman estos análisis como más significativos cuando mar - -
can una composición deficitaria en los elementos nutrientes.

Pero aun teniendo presente estas salvedades, modernamente se les - -
concede gran importancia e interés, no sólo en cuanto proporcionan la compo-
sición en sí de las hojas en un momento determinado, sino que muestran igual
mente la variación que éstas presentan a través de su vida activa desde su - -
brote hasta que termina la maduración de semillas, o frutos.

En el actual estado de estos estudios se aprecia quizá, como de mayor
interés para conocer el estado de nutrición de una planta, la composición de -
las hojas en la época que aproximadamente marque la mitad del período de de
sarrollo del ciclo vegetativo de la planta objeto del estudio.

En la realización de los análisis foliares se siguen distintos procedi -
mientos, algunos de los cuales se van a relacionar.

Para la determinación del fósforo, THORNTON fragmenta en pequeños
trozos el tejido vegetal, lo pone en un tubo de ensaye y lo trata con molibdato-
amónico en ácido clorhídrico, en presencia de cloruro estano, observando -
la intensidad del color obtenido, que muestra igualmente la intensidad con - -

que el fósforo ha sido asimilado por el vegetal.

HOFFER emplea la difenilamina como reactivo para conocer el nitrógeno, aplicando unas gotas de ella en el corte del tejido objeto del estudio, en que la aparición de una coloración verde-amarillenta indica que hay deficiencia nitrogenada; pero si el color que aparece es azul oscuro muestra suficientemente abastecimiento de este elemento.

El contenido potásico se puede conocer con la técnica empleada por PURDUE, consistente en tratar el tejido vegetal, suficientemente dividido, por una disolución de nitrito sódico y cobalto, en presencia de alcohol etílico, agitado y viendo la turbiedad que presenta el líquido a los dos minutos de agregar el alcohol. Cuando mayor sea aquélla, más cantidad de potasio contiene el tejido vegetal.

C A P I T U L O VII

LA NUTRICION VEGETAL Y LOS ABONOS

Al tomar vegetales de los suelos la mayor parte de los elementos nutritivos que precisan para vivir y desarrollarse, debe ser preocupación constante de los agricultores la manera de proporcionarles, al alcance de sus raíces, -- los alimentos que los suelos por su naturaleza no son capaces de suministrar.

Estudiadas, siquiera someramente, las características de los suelos, -- los elementos nutritivos que llevan consigo y los defectos que algunos presentan, se ocupará a continuación de los diferentes medios de que puede disponer el agricultor para elevar la fertilidad natural de sus propias tierras de labor.

A través de los siglos se han sucedido diversas teorías relacionadas con las maneras o medios que tienen los vegetales de tomar de los suelos los elementos que necesitan para su nutrición.

En principio se llegó a suponer que las raíces de las plantas absorbían directamente las pequeñas partículas térreas y las sales que tenían para servirse de ellas como alimento.

Después se comprobó que agregando al suelo deyecciones del ganado o -- humanas mejoraban notablemente los rendimientos de los cultivos, manteniéndose la creencia de que las sustancias orgánicas contenidas en los estiércos -- les constituían el secreto de la fertilidad, creencia que al arraigarse profundamente, inició la llamada teoría del humus.

De tal manera interesó esta teoría, que se llegó a considerar por algunos como nocivo para las plantas incluso las materias minerales que constituían -- las cenizas de los vegetales, pensándose que sólo eran el agua y las substan--

cias orgánicas los alimentos que precisaban para su vida y desarrollo.

Esta teoría de la ineficacia de las sustancias minerales quedaba, sin embargo, simultáneamente combatida por otras basadas en prácticas culturales que por entonces se realizaban, como la incineración de los rastrojos para devolver al suelo las materias minerales que habían extraído los vegetales durante su desarrollo.

PALISSY, en el siglo XV, llamó la atención sobre la importancia de ésta asegurando que gracias a ella se restituía a la tierra la "sal" que se habían -- llevado los cultivos, aumentando con ello la fertilidad de las tierras agotadas.

Por aquella época, VAN HELMONT realizó unas experiencias que impresionaron notablemente.

Puso en vasija de loza 200 libras de tierra previamente desecada al horno y regándola con cantidad suficiente de agua, introdujo en ella una rama de sauce de cinco libras de peso, protegiendo la superficie del tiesto con una lámina de hierro atravesada por el sauce y recubierta de papel de estaño, al objeto de protegerla contra el polvo que pudiera caer sobre la tierra.

Durante los cinco años que duró la experiencia fué agregando el agua necesaria para mantener la humedad adecuada y, al cabo de este tiempo, extrajo la planta de sauce con sus raíces y la pesó, comprobando que había aumentado su peso primitivo en 164 libras.

Extrajo después la tierra del tiesto, la desecó nuevamente al horno, la pesó y observó que sólo había perdido dos onzas, sacando la consecuencia de -- que si con una pérdida de suelo tan pequeña se había conseguido un aumento -- tan grande en el peso del sauce, este aumento pensó, se debía exclusivamente al agua que había agregado durante los cinco años que había durado la experiencia.

TEORIA MINERALISTA DE LIEBIG.

Posteriormente a esta simplista y errónea deducción se sucedieron otras teorías más o menos aceptadas, hasta llegar a mediados del pasado siglo, en que el químico alemán LIEBIG estableció la suya, que vino a revolucionar las que hasta entonces se habían aceptado, incluso la predominante teoría del humus.

Supuso LIEBIG que la alimentación de las plantas era exclusivamente mineral, sin tener en ella influencia la parte orgánica. Pensando que en el aire existe una provisión inagotable de ácido carbónico, opinó que éste era la fuente de la cual se aprovechaban las plantas para cubrir sus necesidades en este elemento, unida a la del ácido carbónico que se forma en el suelo, que igualmente es absorbido por las raíces como complemento del que las hojas toman de la atmósfera.

LIEBIG llegó a afirmar que si el terreno contiene suficiente álcalis, fosfatos y sulfatos, no carece de nada, teniendo que tomar las plantas únicamente el amoniaco del aire para completar su ciclo vegetativo.

Con la teoría mineralista de LIEBIG se llegó a pensar que el rendimiento de una cosecha o disminuye en razón directa de la proporción de substancias minerales contenidas en el suelo o agregadas bajo forma de abono.

INFLUENCIA DE LOS MICROORGANISMOS SOBRE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS.

Mediado el pasado siglo, después de los descubrimientos de PASTEUR se comprobó la beneficiosa influencia que sobre la fertilidad de los suelos ejercen diversos microorganismos en ellos contenidos o recibidos por aportaciones de materias orgánicas.

SCHLOESING Y MUNTZ, al hacer pasar aguas residuales por filtros de arena y caliza, observaron que si bien durante un cierto tiempo unos veinte días la riqueza en amoniaco que dichas aguas contenían antes y después del filtrado eran constantes, no sucedía lo mismo pasado este plazo, notándose entonces una disminución de la riqueza amoniacal y un aumento en el de la riqueza notrogenada bajo forma nítrica.

Extrañados que este fenómeno requiriese el plazo citado, pensaron que tal transformación no era debida a los fenómenos de oxidación química, sino que -- debía existir alguna causa desconocida y que requería ese tiempo para actuar.

Suponiendo pudiera ser atribuída a la acción microbiana de determinados organismos existentes en las aguas residuales o en las tierras que se utilizaban como filtro, provocaron una esterilización por medio del cloroformo, comprobando que con esta operación se detenía el fenómeno de la transformación amoniacal en nítrica, así como que se reanudaba el agregar a los suelos esterilizados otros sin esterilizar.

Casi al mismo tiempo que estos estudios, demostró WARINGTON que los compuestos nitrogenados del suelo pueden ser en corto plazo transformados en nitratos.

Como consecuencia de éstos y otros trabajos posteriores ha quedado claramente comprobada la influencia que la vida microbiana de los suelos tiene -- sobre su fertilidad.

LEYES CLASICAS SOBRE NUTRICION: LEY DE RESTITUCION.

Los análisis de los vegetales demuestran que en ellos se encuentran diversos productos minerales extraídos de los propios suelos: algunos como el -

fósforo, nitrógeno, potasio, calcio y azufre en dosis relativamente crecientes: otros, como el hierro, magnesio, manganeso, cobre, boro, sodio, cloro, etc., en cantidades reducidas.

Como consecuencia de las extracciones que hacen los cultivos, los suelos se empobrecen, acusándose este fenómeno con intensidad variable, según su -- riqueza potencial, pero en todos los casos con la consiguiente disminución lenta o rápida de los rendimientos de las cosechas.

Para aminorar tales efectos se recurre al barbecho, a las cosechas alternas, a las labores culturales, y sobre todo, a restituir al suelo para mantener su fertilidad los elementos que de él extraen las cosechas, habiéndose establecido la ley de la restitución, que afirma que para conservar la fertilidad de los suelos es indispensable restituirles todos los elementos nutritivos que las co-- sechas se hayan llevado de ellos.

En principio fué aceptada tal y como se estableció esta ley, mas posteriormente se comprobó su insuficiencia al observar que independientemente de las - extracciones de las cosechas, se verifican en los suelos otros aumentos o dis-- minuciones en su composición, a veces muy apreciables, ajenos a los propios- cultivos.

Tal sucede con las pérdidas que sufren debidas a la erosión, a las aguas de infiltración y arrastre superficial de las partes altas a las bajas, a lo que - consumen las malas hierbas y los organismos que pueblan los suelos, a los enriquecimientos subsiguientes a descomposiciones de restos de plantas y animales, al nitrógeno que aportan las aguas de lluvias, etc.

Las restituciones son más o menos urgentes de realizar según la riqueza "potencial" del suelo, y la facilidad de su transformación en riqueza asmi- lable o actual, pues si aquélla es elevada puede, como en algunos casos se ha-

comprobado, pasar gran número de años sin tener que hacer fuertes aportaciones de elementos fertilizantes y sin que se acuse grandemente la disminución de los rendimientos de las cosechas.

LEY DEL MINIMO.

Esta ley, la estableció LIEBIG, indicando que las cosechas son proporcionales - en condiciones normales de cultivo a - la cantidad del elemento fertilizante asimilable que se encuentra en menor proporción en el terreno. Por ejemplo: si un cultivo requiere 90 kilogramos de ácido fosfórico, 85 de nitrógeno y 50 de potasio para formar una determinada cosecha y sólo encuentra a su disposición 45 de ácido fosfórico, aunque contenga las dosis señaladas para el nitrógeno y el potasio, el rendimiento de la cosecha se reduce a la mitad de lo que sería si dispusiese de todas las primeras cantidades, no aprovechando en este caso más que el 50 por 100 de sus exigencias nitrogenadas y potásicas.

Aún habiéndose comprobado que esta ley no es exacta, ha servido de base para deducir consecuencias interesantes.

De manera esquemática se ha representado y vulgarizado esta ley del mínimo por la cantidad de agua que puede contener una cuba cuyas paredes equivalen a los elementos nutritivos, con distintas alturas, proporcionales a la riqueza del suelo en cada uno de ellos. El nivel del agua que contiene la cuba lo fija la pared más baja, y al mismo tiempo marca la cosecha que en esas condiciones es factible de obtener del suelo. Basta con elevar esta pared hasta el nivel de la inmediatamente superior para que la cosecha aumente y quede proporcional a estas paredes, y así sucesivamente.

Aun cuando no existe verdadera proporcionalidad entre los incrementos

de los diversos principios fertilizantes y los rendimientos de las cosechas, se tiene comprobado que entre determinados límites, a medida que aumentan las aportaciones de elementos fertilizantes carentes o deficientes en los suelos, las cosechas van también aumentando, pero una vez pasados aquellos, a incrementos aún crecidos, corresponden pequeñísimos incrementos de cosechas, -- circunstancia que hay que tener presente para hacer económico el empleo de los fertilizantes.

INTERACCION ENTRE DOS ELEMENTOS LIMITANTES.

Cuando los elementos limitantes son dos, puede suceder que la adición de ambos en conjunto ejerzan un efecto superior, igual o inferior a la suma de los que se logran con la adición aislada de cada uno de ellos, y entonces hay interacción positiva, nula o negativa entre dichos elementos.

Con relación a estos fenómenos expone RUSSELL, a modo de ejemplo, que en una serie de experimentos de fertilización realizados en Rothamsted, en los cuales se determinó la respuesta de las patatas a aportaciones de estiércol, sulfato amónico, cloruro potásico y superfosfato en todas las combinaciones posibles de estos fertilizantes, se encontró que, en ausencia de estiércol, las patatas dieron un rendimiento más elevado a la aportación de nitrógeno si están adecuadamente provistas de potasio que si lo están pobremente y, similarmente, que dan un rendimiento mayor al potasio si las disponibilidades de nitrógeno son adecuadas. Así, pues en el ejemplo dado existe una interacción positiva entre estos dos fertilizantes, el nitrógeno en ausencia de potasio incrementa el rendimiento en una tonelada: el potasio, en ausencia de nitrógeno, incrementa el rendimiento en 6, 27 Tm., y si se añaden los dos el rendimiento se incrementa en -

10. g Tm., lo cual supone 3.53 Tm. más que las sumas de las respuestas al nitrógeno y potasio por separado ($16,27 = 7,27$ Tm.). Por el contrario, supuesto que se haya suministrado suficiente cantidad de potasio el nitrógeno da un incremento que oscila entre 4,52 y 4,77 Tm. por hectárea, tanto si se aplicó estiércol como si no, mientras que el estiércol dió un incremento entre 7.53 y 7.78 Tm. por hectárea, háyase o no aplicado nitrógeno.

Estas dos substancias actúan, por tanto, independientemente la una de la otra, de suerte que no existe interacción entre ellas. El potasio y el estiércol proporcionan un ejemplo de una interacción negativa: en presencia de suficiente nitrógeno y aplicados solos, el potasio incrementa el rendimiento en 9.79 Tm. y el estiércol en 16.82 Tm. por hectárea, pero los dos unidos solamente lo incrementan en 17.57 Tm. Así, la respuesta al potasio en presencia de estiércol es solamente de 0.75 Tm. y la interacción negativa entre los dos es de 9.03 Tm. de hecho, en estos experimentos el estiércol aporta todo el potasio-necesitado por las plantas.

C A P I T U L O VIII

CLASIFICACION DE LOS ABONOS

Pueden agruparse bajo amplios conceptos:

Atendiendo a su origen, en orgánicos de origen natural, o minerales, -- incluyéndose en este grupo los orgánicos de origen sintético.

Por sus elementos se pueden considerar en tres aspectos: simples, compuestos y complejos. Los primeros sólo llevan un principio fertilizante que -- como tal se cotice: los compuestos y complejos llevan por lo menos, dos. El -- el grupo de los compuestos se incluyen aquéllos que se forman por mera mez -- cla mecánica de dos o más abonos simples. En el de los complejos, los que -- forman combinación química. También se suelen incluir en este grupo los pro -- cedentes de mezclas, pero que llevan consigo alguna materia que adhiere en -- forma de gránulos los diferentes ingredientes originales.

Los abonos simples se subdividen en nitrogenados, fosfatados y potási -- cos. Los nitrogenados, a su vez, pueden ser de origen mineral o sintético.

Atendiendo a su reacción fisiológica se agrupan en fisiológicamente áci -- dos, neutros o básicos, según la manera de comportarse con los suelos y plan -- tas. Si al ser asimilados sus principios activos dejan en el suelo componentes -- básicos o ácidos que al reaccionar con los suelos los basifican o acidifican, se dice que tienen reacción fisiológica básica o ácida.

En este sentido MAYER agrupa en fisiológicamente ácidos, el sulfato -- amónico, sulfato potásico y cloruro potásico: fisiológicamente neutros, el su -- perfosfato de cal y el nitrato potásico, y fisiológicamente básicas, el nitrato - sódico y el carbonato potásico.

KAPPEN, aceptando en parte esta clasificación, incluye al nitrato potásico entre los de reacción fisiológicamente básica y aumenta este grupo con el nitrato de calcio.

DEMOLON, por otra parte, considera abonos de reacción fisiológicamente ácida los sulfatos, cloruro, nitrato y fosfatos amónicos: neutros, las sales-potásicas, superfosfatos, fosfatos naturales, nitrato potásico y nitrato cálcico, y de acción fisiológicamente básica, la cianamida cálcica, escorias THOMAS, basifosfatos, nitrato sódico y estiércoles.

AGRUPACION DE LOS ABONOS ATENDIENDO A SU ORIGEN Y CONSTITUCION

| | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| Estiércoles..... | Estiércol natural |
| | Estiércol artificial |
| | Abonos verdes |
| | Algas |
| ORGANICOS.... | Guano |
| | Gallinaza |
| | Murcielaguina |
| | Residuos de pescado |
| | Harina de pescado |
| | Orujos |
| Otros abonos de origen natural..... | Basuras de población |
| | Materias fecales |
| | Aguas de alcantarillado |
| | Turbas |

| | |
|-----------------|-------------------------------------|
| | Sangre desecada |
| | Harina de carne |
| | Cuernos pulverizados |
| | Pezuñas |
| | Residuos de lanas |
| | Cuero en polvo |
| | Residuos de tenerías |
| | Residuos fabricación calzados, Etc. |
| Compuestos..... | Hierro. |
| | Cobre. |
| | Zinc. |
| | Molibdeno. |

CAPITULO IX

A B O N O S

| | | |
|--|--|---|
| | Minerales | Arcilla fosfatada, Coproilitos. Apatito. Fosforita. Superfosfatos de calcio. Escorias de desfosforación Fosfatos bicálcicos. Basifosfatos. |
| Fosfatados..... | | |
| | De origen orgánico.... | Fosfatos de huesos crudos Idem id. desengrasados. Idem id. desgelatinados. Superfosfatos de huesos. Fosfatos precipitados. |
| | Nítricos... | Nitrato sódico. Idem cálcico. Idem potásico. |
| | Amoniacales | Sulfato amónico. Cloruro amónico. |
| Minerales orgánicos fosfatados y orgánicos de origen sintéticos. | Organicos de origen sinté- tico. Con dos cla- ses de nitró- geno..... | Cianamida cálcica Urea. Nitrato amónico. Amoni- tratos. Nitrato-sulfato amónico. Nitrato potásico amoniacal Calurea. |
| Nitrogenados... | Nitrogenados y fosfatados- a la vez.... | Leunafos. Nicifós. Diamofós. |
| | Sales brutas. | Carnalita. Kainita. Silvinita. |
| Potásicos | Sales purifi- Cadas..... | Cloruro potásico. sulfato potásico. |

| | |
|----------------|---------------------|
| Otros ferti- | Carbonato potásico. |
| zantes potási- | Cenizas de madera. |
| cos..... .. | |

| |
|-----------|
| Azufre. |
| Magnesio. |
| Boro. |

Otros abonos y oligoelementos manganeso.

ABONOS ORGANICOS: ESTIERCOL.

El estiércol natural es entre los diversos abonos orgánicos el más popular y apreciado por los agricultores. Durante siglos y siglos ha sido casi el -- único medio que tenían para fertilizar los terrenos laborables. La mecaniza-- ción de las explotaciones agrícolas, al disminuir los animales de trabajo agrí-- cola, ha llevado secuela el que haya sufrido un notable descenso la producción de estiércol, aún con la contrapartida del aumento de la explotación de ganado de renta.

ABONOS ORGANICOS.

Se caracterizan por su componente principal: materia orgánica, a la que acompaña una activa población microbiana que paulatinamente la vá desintegrando. Llevan además los abonos orgánicos, aunque en pequeña proporción, los - tres principales elementos fertilizantes; nitrógeno, ácido fosfórico y potasio, así como diversos activadores de crecimiento, hormonas, fitohormonas y --- apreciables dosis de oligoelementos.

Los abonos orgánicos actúan sobre los suelos como fertilizantes y como enmiendas, disminuyendo la excesiva cohesión de los compactos, aumentando- la de los sueltos o arenosos e incrementando el poder retentivo para el agua y el absorbente de los principios fertilizantes.

ESTIERCOL

El estiércol natural está constituido por los excrementos sólidos y líquidos de ganado y las materias que se emplean como cama de éstos para proporcionarles lecho blando y para que empapen sus deyecciones.

Los estiércoles recientes o frescos, es decir, según se retiran de cuerdas, establos o apriscos etc., debidamente amontonados, entran en fermentación y se transforman en estiércol hecho.

CANTIDAD DE ESTIERCOL OBTENIDO EN UNA EXPLORACION AGRICOLA - GANADERA.

Interesa conocer los pesos que pueden producirse de estiércol en una explotación agrícola-ganadera, así como el volumen que éstos ocupan, datos necesarios para calcular la capacidad de los estercoleros.

La cantidad de estiércol que puede producir una explotación depende del número de cabezas mayores y menores (incluidas las aves), de la cantidad de ganado en estabulación fija o variable de la cama que se asigne por la cabeza, de la propia alimentación y edad del ganado y del período que se guarde para retirar el conjunto cama-deyecciones.

Como varias de estas circunstancias son diferentes de unos años a otros, aun dentro de una misma explotación, sólo con cierta aproximación puede calcularse el estiércol que es capaz de producirse en las explotaciones agropecuarias.

Sin embargo, para que sirva de orientación, se van a exponer algunas cantidades encontradas por diferentes investigadores obtenidas en distintas comarcas, anteponiendo unos datos de sumo interés sobre los diferentes pesos por metro cúbico, de la descomposición de los estiércoles en diversos estados.

CASCON:

| | |
|--|------------------------|
| Estiércol recién sacado de la cuadra, establo, aprisco y cochiguera, todo mezclado. | 375 Kg./m ³ |
| El mismo a medio consumir. | 610 " |
| Muy bien conservado y en condiciones de llevarlo a la tierra | 830 " |

CRUZ LAPAZARAN:

| | |
|--|-------|
| Estiercol fresco (caballar y vacuno). | 355 " |
| Estiercol fresco lanar. | 453 " |
| Estiércol mezcla vacuno, caballar, lanar y porcino más restos vegetales y hojas de árboles cincuenta y dos días de fermentados. | 722 " |

BOUSSINFALT:

| | |
|---|-----------|
| Estiercol muy pajoso al salir del establo. | 300/400 " |
| Estiercol bastante fresco y bien apisonado. | 700 " |
| Estiercol medio consumido. | 800 " |
| Estiercol muy consumido, húmedo y apisonado. | 900 " |

En relación con la cantidad de estiércol que puede producir una granja, - CASCON, después de siete años de experiencias en la granja agrícola de Palencia, encontraron los siguientes datos:

| | VACUNO | CABALLAR | LANAR | CERCA |
|---|--------|----------|--------|--------|
| Peso medio de la cama por tonelada de peso del ganado. | 4.096 | 3.304 | 4.716 | 6.366 |
| Estiercol producido. | 19.196 | 17.114 | 25.666 | 31.885 |
| Relación peso vivo al estiércol producido. | 1:19,1 | 1:17,1 | 1:25,6 | 1:31,8 |
| Relación cama a estiércol. | 1;4,7 | 1;5,1 | 1;5,4 | 1;5,0 |

Es decir, que el peso del estiércol es aproximadamente equivalente a cinco veces el peso de la cama.

STOECKHARDT calcula el estiércol obtenido sumando las materias secas de los forrajes con las de las camas y multiplicando la suma obtenida por los siguientes coeficientes.

| | |
|----------------------|-----|
| Ganado caballar..... | 1.4 |
| " Vacuno | 2.3 |
| " Lanar | 1.3 |
| " Cerda.. .. | 2.5 |
| Bueyes de labor..... | 1.6 |

Wolff, basándose en que la cantidad de materia seca que de los forrajes expulsan los animales, se cifra aproximadamente en el 50 por 100 de la ingerida y en que la materia seca de las camas pasa íntegramente a los estiércoles, deduce que la producción de éstos es la suma de estas dos cantidades más el agua para los ganados estabulados.

Ahora bien, como los estiércoles en buen estado de descomposición contienen un 75 por 100 de agua, quiere decir que por cada unidad de materia seca hay tres unidades de agua, y que el peso definitivo del estiércol se obtendrá multiplicando por 4 el peso de su materia seca total, o sea multiplicando por 4 la suma de la mitad de la materia seca de los forrajes con la materia seca de las camas.

CUIDADO DEL ESTIERCOL EN EL ESTERCOLERO

Con frecuencia se abandonan los estiércoles a la acción desecadora de los vientos y de los rayos solares, que tanto perjuicio pueden acarrearles paralizándolos su fermentación por falta de humedad, en las épocas calurosas y a los repetidos lavados de las aguas de lluvia, sin aprovechar los líquidos que escurren de ellos, sumamente beneficiosos para la buena transformación de los estiércoles.

Pero si el abandono resulta perjudicial, los tratamientos inadecuados lo son tanto como aquél. Así, la práctica de deshacer los montones de estiércol para que se "aereen" y después volverlos a formar, acarream más daño que beneficio por la desecación que provocan, por las pérdidas amoniacaes que -- lleva consigo esta operación, y por provocar una invasión de hongos, que originan los "blancos del estiércol" consumidores de gran cantidad de principios fertilizantes del propio estiércol.

Si el estiércolero está emplazado en comarca lluviosa, precisa dotarlo de adecuada cubierta. Si lo está en comarcas secas y calurosas debe ser, por el contrario, descubierta y como esto tiene el inconveniente de que la acción solar puede desecarlos excesivamente, se constituirá a la sombra de árboles o, en su defecto, se cubrirá el estiércol con capas delgadas de paja, de ramajes o simplemente de tierra, mejor arcillosa que arenosa.

En las comarcas en que sea factible da buen resultado cubrir los estiércoles con capas de turba, aunque sea de poco espesor.

COMPOSICION DE LOS ESTIERCOLES

La composición de los estiércoles varía con la clase de ganado, con la alimentación a que está sometido, con las camas que se ponen en los establos, cuadras, etc.

Como tipo meramente de orientación se exponen los contenidos medios de elementos fertilizantes de diversos tipos de estiércol, según GROS, en el siguiente estado:

RIQUEZA MEDIA EN ELEMENTOS FERTILIZANTES DE DIVERSOS TIPOS DE
ESTIERCOL (KG POR TONELADA DE ESTIERCOL).

| ESTIERCOL | MATERIA SECA | NITROGENO | ACIDO FOSFORICO | POTASA |
|-------------------------------|--------------|-----------|-----------------|--------|
| Estiércol de caballo..... | 325 | 6.7 | 2,3 | 7.2 |
| " " vacuno..... | 182 | 3.4 | 1.3 | 3.5 |
| " " cerda..... | 272 | 4.5 | 2.0 | 6.0 |
| " " lanar..... | 384 | 8.2 | 2.1 | 8.4 |
| " mixto de granja, fres co | 250 | 3.9 | 1.8 | 4.5 |
| " " "consumido | 250 | 5.0 | 2.6 | 5.3 |

MAMCHEMKOV y ROMASHKEVICH, estudiando la composición del estiércol sometido a los tres siguientes tratamientos: dejarlos abandonados más o menos extendidos, amontonarlos tan pronto como eran extraídos o dejándolos parcialmente abandonados hasta que sufrían fuertes elevaciones de temperatura, en cuyo momento los amontonaban debidamente (método de KRANTZ), sacaron las consecuencias de que en los estiércoles procedentes del primer tratamiento se producían pérdidas muy notables de nitrógeno, ácido fosfórico y potasio, el nitrógeno con tal intensidad que desapareció casi la totalidad del amoniaco; en los sometidos al segundo tratamiento no se perdió prácticamente nada de ácido fosfórico y la pérdida del nitrógeno se redujo notablemente, y en los del tercero se observaron pérdidas comprendidas entre los dos anteriores.

Los estiércoles pueden tratarse opuestamente, en caliente y en frío, entendiéndose por caliente aquellos que se obtienen estratificando las aportaciones tan pronto como sus temperaturas alcanzan 60 a 65°, y por fríos aquellos que se prensan enérgicamente al llegar al estercolero para que sus temperaturas no pasen de los 30°, aunque siempre sean próximas a este límite.

Kranz, autor del método de transformación en caliente, comienza por formar con el estiércol un montón de 90 cm de altura, que deja en reposo has-

ta que alcanza la temperatura de 60° , lo que sucede próximamente a los cuatro días, en cuyo momento apisona enérgicamente la masa y sobre ella extiende -- otra capa también de 90 cm, que deja en reposo hasta lograr la citada temperatura, para después prensarla, repitiendo las operaciones hasta que el monton alcanza cuatro metros de altura. En estas condiciones lo deja los cuatro o cinco meses que dura su transformación, obteniendose una masa negruzca, -- untuosa, en la que los productos que constituían la cama son fuertemente transformados.

Según HESSE, la preparación del estiércol por el método de KRANZ no -- presenta ninguna ventaja sobre el procedimiento en frío o de prensado inmediato en estado húmedo, que, por otra parte, es más cómodo y menos engorroso de realizar.

Se ha comprobado (GLATHE) que si bien el calentamiento de la masa de estiércol por el primer procedimiento destruye gran número de bacterias aerobias y produce un abono de reacción alcalina, el estiércol preparado a temperaturas inferiores a 30° origina una fermentación ácida en la que su influencia sobre la mortalidad de las bacterias aerobias es todavía más intensa que la obtenida por el tratamiento en caliente.

Otros se inclinan por el tratamiento intermedio siguiente: al llegar el -- estiércol al estercolero, apelmazarlo andando un obrero sobre el montón, y -- tan pronto como se observe que se eleva fuertemente la temperatura --alrededor de los 60° --, darle un riesgo con los líquidos sucios de los estiércoles frescos -- en vías de transformación o, en su defecto, con agua. Al apelmazar el estiércol y regarlo se dificulta la salida del anhídrido carbónico, lo que obstaculiza el -- desprendimiento del amoníaco que se origina en la volatilización del carbonato

amónico.

Al formar los montones de estiércol, corrientemente no se pasa de los dos metros de altura, y cuando, por virtud de la fermentación se reduce ésta a metro y medio, prácticamente se ha transformado el estiércol fresco en estiércol en buenas condiciones para ser empleado como fertilizante. Es recomendable, cuando se forman los montones sobre plataforma, hacerlo de manera que queden sus caras laterales en corte casi vertical y que éstas se aprieten para impedir la entrada del aire dificultando con ella la rápida elevación de la temperatura.

ESTADO EN QUE DEBE SER UTILIZADO EL ESTIERCOL.

Raramente se utiliza el estiércol en estado fresco, entre otras razones - porque ni se dispone de una vez de la cantidad precisa, ni las tierras están largos períodos en condiciones de recibir esta clase de aportaciones, ni los estiércoles frescos reúnen cualidades apropiadas para ser así empleados. Sin embargo, como en ocasiones hay quien, no obstante los inconvenientes, los lleva directamente desde los establos, cuadras, etc., al campo, conviene exponer algunas normas generales para estas aplicaciones.

Sólo se emplearán en comarcas dotadas de humedad apropiadas, calurosa, y cuando se extiendan con cuatro o cinco meses de anticipación a la siembra, enterrándolos con una labor que no sea muy profunda.

Mejor es utilizar el estiércol semihecho, estado en que se ha solubilizado parte de las materias hidrocarbonadas, transformándose el resto en la tierra de labor que lo ha de recibir. Prácticamente puede fijarse este estado como ya se dijo cuando la altura del montón de estiércol fresco se ha reducido a través del tiempo en un 25 por 100.

EPOCAS Y MANERAS DE ESTERCOLIZAR

Para fijar las épocas de estercolizar se tendrá en cuenta las condiciones del clima, la clase de cultivos a que se aplica, el estado del estiércol, los tipos de los suelos y el sistema de explotación; secano o regadío.

Cuando se trate de comarcas medianamente secas, convendrá extender el estiércol antes de la siembra. En las muy húmedas, se esparcirá tres meses antes de la siembra del cultivo que primero se quiere beneficiar.

En el cultivo de la remolacha no conviene aplicar el estiércol directamente: es preferible hacerlo al cultivo que le precede en la rotación de cosechas para prevenirse, en parte, contra la probredumbre de su raíz.

En los terrenos fuertes, arcillosos, que nitrifican lentamente y que por gozar de gran poder absorbente no son de temer grandes pérdidas por arrastre de determinados principios fertilizantes, las estercoladuras pueden ser fuertes, distanciadas, hechas por bastante anticipación a las siembras y con estiércoles que estén más bien adelantados en su grado de descomposición.

Por el contrario, cuando se trate de tierras sueltas, arenosas, que nitrifican rápidamente y poseen poco poder absorbente, las estercoladuras deben ser frecuentes para aminorar las posibles pérdidas y lograr el máximo aprovechamiento de los estiércoles, pudiendo emplearse éstos más enterizos que en el caso de los terrenos arcillosos.

Los suelos calizos movilizan rápidamente la materia orgánica, y por ello les conviene más las estercoladuras frecuentes y débiles que las grandes y distanciadas.

Por último, cuando se trate de tierras pobres en cal, ácidas con pH inferior a 5.5, o con tendencia a la acidez, las estercoladuras irán acompañadas

das de adecuadas enmiendas calizas que activen y favorezcan la descomposición de las materias orgánicas que aportan los estiércoles.

En cuanto a la manera de aplicar los estiércoles, conviene guardar ciertas normas, para el caso de no disponer de máquina distribuidora de estiércol que es como mejor se distribuye. Al llegar éstos a las parcelas que se han de beneficiar, se les deja distribuidos en pequeños montones hasta llevar la totalidad de la masa que componga la estercoladura, procediéndose enseguida a extenderlos y enterrarlos con labor de arado o grada. Debe desecharse la costumbre de dejar los montones de estiércol abandonados a la acción de los agentes atmosféricos, que si en épocas calurosas los desecan, en las lluviosas los lavan, depreciándoles intensamente en ambos casos y originando infiltraciones en el terreno que lo enriquecen por zonas, con perjuicio de la uniforme fertilización. Los rodales que se observan en los campos sobre los lugares en que estuvieron detenidos los montones de estiércol son prueba de ello.

Por su cómoda distribución los montones deben formarse de manera que disten entre sí unos siete metros, con líneas de igual separación.

IVERSEN, después de realizar más de 50 ensayos para conocer el tiempo más conveniente que deben mediar entre el momento que es extendido el estiércol y el que es enterrado, deduce que el enterramiento inmediato obra mucho más beneficiosamente que cuando se deja pasar tiempo entre ambas operaciones, aunque los plazos sean tan cortos como seis horas, veinticuatro horas y cuatro días.

INFLUENCIA DEL ESTIERCOL EN LA CONSTITUCION DE LOS SUELOS.

Los abonos orgánicos en general y el estiércol en particular, actúan sobre los suelos como enmienda de los mismos, modificando sus propiedades -

físicas y físicoquímicas: compacidad, permeabilidad, higroscopicidad, contenido en agua asimilable calor de combustión, pH.

El Dr. EN FENG CHEN ha realizado en el Instituto de Agronomía de la Universidad de Konigeberg interesantes trabajos encaminados a determinar la descomposición de la materia orgánica basándose en medidas de las propiedades físicas de los suelos.

Operando sobre diferentes tipos de éstos: arenosos, limosos y turbosos típicos o mezclados entre sí, encalados o sin encalar, ha visto que es posible seguir la descomposición de la materia orgánica midiendo la higroscopicidad de los suelos estercolados, que disminuye en cualquier clase de estiércol como consecuencia de la combustión de su materia orgánica.

Con las medidas del calor de combustión del suelo obtuvo los mismos resultados, comprobando que disminuye durante el curso de la vegetación, siendo esta disminución más rápida en los suelos permeables y encalados.

También comprobó que la permeabilidad de los suelos estercolados se veía más afectada en algunos tipos de ellos, poco en otros y prácticamente inalterable en los turbosos.

El poder retentivo para el agua crece con las dosis de estiércol, pero esta propiedad resulta tanto menos marcada cuanto la capacidad propia del suelo es más elevada.

La higroscopicidad, la capacidad de retención del agua y el contenido en agua asimilable siguen logarítmica en función de las dosis de estiércol.

Observó igualmente que el pH del suelo se eleva con la cantidad de estiércol aplicada.

Además de las funciones que ejerce el estiércol como enmienda de los

suelos, su papel como alimento es muy interesante por la aportación de principios fertilizantes que lleva consigo. Una estercoladura de 20.000 kilogramos por hectárea, de un estiércol del tipo medio de 5 por 1.000 de nitrógeno, 2,5 por 1.000 de ácido fosfórico y 5 por 1.000 de potasio aporta 100 kg de nitrógeno, 50 kg. de P_2O_5 y 100 kg de potasio (K_2O), que si pudiesen estimarse en el mismo grado de asimilabilidad que los fertilizantes minerales de uso corriente, equivaldría a 500 Kg de sulfato amónico de 20 por 100. 250 Kg de superfosfato de cal de 20 por 100 en P_2O_5 y 200 Kg de cloruro potásico de 50 por 100 en K_2O .

Estas cantidades son muy apreciables, pero no se encuentran en estado de inmediata asimilación y no se pueden equipar directamente con los fertilizantes minerales en cuanto a su comportamiento a corto plazo, aunque con el tiempo se transformen y cedan tales elementos al descomponerse las complejas moléculas orgánicas. La lentitud de tales transformaciones se manifiesta en los efectos de los estiércoles sobre cosechas sucesivas.

Las materias húmicas en general, y en particular las solubles en agua de los estiércoles, contribuyen igualmente a justificar sus buenas cualidades, ejerciendo entre ellas una estimulante influencia en el desarrollo radicular (VOJCIECHOWSKY).

Interesa tener en cuenta, además del nitrógeno que lleva consigo el estiércol, el que es capaz de fijar directamente de la atmósfera. Se ha comprobado (DHAR Y MUKHERJI) que la mezcla de estiércol con tierra, expuesta a la luz solar en el corto plazo de seis horas, ya muestra indicios de haber fijado nitrógeno. Los citados experimentadores, mezclando 500 g de tierra con 100 g de estiércol de vaca, observaron que al cabo de ciento treinta días ha -

ha aumentado su contenido en nitrógeno en un 54 por 100. En experiencias llevadas a pleno campo con aplicaciones de 62 toneladas métricas de estiércol -- por hectárea, el aumento de nitrógeno en un mes llegó hasta un 17 por 100.

APROVECHAMIENTO DIRECTO COMO FERTILIZANTE DE LOS LIQUIDOS DE LOS ESTIERCOLES.

Los líquidos que escurren de los estiércoles y los obtenidos en los establos, independientemente de servir para el riego de las masas de estiércol en fermentación, se utilizan directamente como fertilizantes, pero como por su concentración pueden jercer trastornos en zonas de acumulación, se aconseja diluirlos, extendiendo su volumen en cinco veces el volumen de agua.

Se aplican o bien regando con cubas-regaderas móviles sobre ruedas o simplemente por regueras convenientemente establecidas, siendo muy aconsejable dar inmediatamente después del reigo una ligera labor superficial que lo entierre someramente; de no hacerlo así, las pérdidas de nitrógeno amoniacal pueden llegar hasta el 50 por 100 (WESTED e INVERSEN).

Cuando se aplique a praderas y pastizales hay que tomar la precaución de hacerlo en época en que no pascen el ganado, pues por el desagradable sabor que comunica a las plantillas en los primeros períodos de su aplicación, el -- ganado repele su consumo.

ABONOS NITROGENADOS

Los abonos nitrogenados con una sola clase de nitrógeno, se agrupan en tres amplios conceptos; nitrogenados nítricos, amoniacales u orgánicos de ori gen sintético. Los primeros pueden ser naturales o fabricados. Los restantes son obtenidos industrialmente.

Los fertilizantes nitrogenados con más de una clase de nitrógeno, todos son producidos artificialmente.

NITRATO SODICO

Puede ser obtenido por purificación de los caliches acumulados en los yacimientos o fabricados sintéticamente.

Por lo que respecta a los primeros, en la naturaleza existen diversas acumulaciones: Chile, Perú, Colombia, Africa del Sur, etc., pero entre ellos destacan por su importancia los yacimientos chilenos.

Se encuentran éstos emplazados en grandes antiplanicies, ordinariamente entre los 500 y 2,500 m. sobre el nivel del mar, en zonas comprendidas entre las cordilleras de la costa y los Andes, constituyendo amplias extensiones desérticas, áridas, de extremada sequía y azotadas por vientos asoladores.

ABONOS COMPUESTOS Y COMPLEJOS

Los abonos compuestos y los combinados aportan, por lo menos, - dos elementos nutrientes principales, simplificando las fertilizaciones de los cultivos.

Se podrá discutir si los abonos compuestos se deben adquirir en el comercio de fertilizantes o fabricarlos el agricultor, pero lo que está fuera de dudas es que, salvo casos muy concretos, todos los suelos y todos -- los cultivos deben fertilizarse con fórmulas que aporten los tres elementos: nitrógeno, fósforo y potasio, por lo que de una manera o de otra precisa su aportación en los suelos.

Los abonos compuestos están constituidos por otros simples que -- aportan uno o más principios fertilizantes, bien bajo la forma mineral exclusivamente, bien bajo la orgánica de origen sintético o bien como consti-

tuyentes de materias orgánicas naturales.

En los abonos combinados químicamente cada una de las partículas tienen la misma composición centesimal, siendo, por lo tanto, homogéneos en su totalidad y en cada una de sus partículas, mientras que los compuestos pueden o no serlo, según el cuidado puesto en su fabricación.

Es frecuente expresar la riqueza de los abonos combinados por --- tres cantidades. Ejemplo: 10-14-8. Con ello se indica explícitamente los - porcentajes que contienen de nitrógeno, de ácido fosfórico (P_2O_5) y de potasa (K_2O).

Cada vez se va extendiendo más el empleo de los fertilizantes combinados, por las comodidades que presenta su uso en la distribución, para lograr fertilizantes homogéneas y para evitar falsificaciones.

La generalización del empleo de los abonos compuestos o comple-- jos es muy de desear, pues con ellos se habitúa el agricultor a hacer abonos completos y no deja sus cultivos faltos de ningún elemento fertilizante.

INCONVENIENTES Y VENTAJAS DE ADQUIRIR LOS ABONOS MEZCLADOS

El agricultor encuentra en la adquisición de los abonos compuestos- indudables ventajas, pero con ellas van algunos inconvenientes.

Si las mezclas son confeccionadas por buenos industriales, que utilizan adecuadas máquinas mezcladoras y ponen especial cuidado en mez-- clar constituyentes que no reaccionen con pérdidas de riqueza o con desva- lorización en calidad de los componentes en su conjunto, su empleo es cómodo y ventajoso.

El adquirir las fórmulas preparadas evita al agricultor tener que estar presente ante sus obreros para que estos realicen la mezcla cuidadosamente, dentro de lo posible, máxime al tener que efectuarla a mano.

Por otro lado, la adquisición de los abonos compuestos le resulta más sencilla y cómoda que tener que adquirir los componentes en distintos orígenes, cosa frecuente en muchos lugares.

Al lado de estas ventajas deben tenerse en cuenta los siguientes inconvenientes.

En el comercio de abonos compuestos ha habido numerosos abusos por comerciantes poco escrupulosos, amparándose en la denominación genérica de "abonos completos" y "abonos compuestos".

Unos y otros no siempre llevan sus elementos fertilizantes en la cantidad y "calidad" que de momento precisan las condiciones particulares de los suelos o cultivos a que se aplican o, al contrario, llevan alguno en exceso, recargando la explotación en gastos que de momento no son precisos, como sucede, por ejemplo, si se aplica en cantidad un abono rico en nitrógeno a un suelo que se piense cultivar de cereal de secano y ha sido estercolado fuertemente el año anterior, o va, por ejemplo, detrás de leguminosas enterradas en verde. Con ello puede producirse un encamado, con los naturales perjuicios que este fenómeno origina en la recolección, muy especialmente si no se hacen previamente fuertes aportaciones de abonos fosfatados y potásicos.

Los abonos compuestos, como es natural, tienen cotización más elevada que la que resulta de la adquisición de los componentes simples y co-

mo ello pudiera haber lamentables abusos, debe asegurarse, antes de dedicarse a la compra de aquéllos, que sus precios son los adecuados.

Por otro lado, el agricultor, al fabricarse sus abonos compuestos, tiene la oportunidad de entremezclarlos con productos orgánicos de su propia finca, que le dan ocasión de producir abonos orgánico-minerales de condiciones más adecuadas a los exclusivamente orgánicos o exclusivamente minerales.

LA INFLUENCIA DE LOS ABONOS SOBRE LA CALIDAD DE LAS COSECHAS

A los fertilizantes los suelen apreciar y valorar en general los agricultores, exclusivamente por el aumento de producción de las cosechas y todo cuanto no sea lograr más peso para una misma superficie, o para determinado número de árboles frutales no lo toma en consideración. Sin embargo, el abonado siempre es útil.

El abonado siempre es útil, aún en los casos que no produzca "aparente" aumento de cosecha, o éste aumento no sea espectacular.

Esta afirmación se justifica bajo dos aspectos: uno, porque debe tenerse presente el efecto residual en los suelos, y otro, por las acciones secundarias, pero de gran importancia, que escapan a la observación del agricultor. Respecto al primer punto hay que tener presente que en el incremento de las cosechas juegan importantes papeles otros factores. Pues si indudablemente es preciso que las raíces tengan a su alcance abundantes cantidades de principios fertilizantes, sin los cuales no es posible buenos rendimientos, es igualmente indudable que no basta con esto: sequías, vientos asoladores, heladas, semillas degeneradas, enfermedades, plagas y --

otras causas pueden dar al traste con cultivos bien provistos de fertilizantes.

Pero, aún en estos casos de deficientes cosechas, los fertilizantes no se pierden totalmente ni dejan de prestar apreciables servicios. Parte de ellos habrán sido asimilados por las raíces del cultivo que se abone y de éstas lo tomarán, después de su descomposición, las futuras cosechas: parte, aunque pequeña por serlo ella, se lo habrá llevado la cosecha a la que se aplicó y el sobrante, abundante si se abonó intensamente, no se pierde para siempre, ya que los coloides del suelo, minerales y orgánicos, con sus fuertes poderes absorbentes lo retienen, y posteriormente, a su vez, juegan dos papeles, o bien, cediéndolos paulatinamente a las futuras cosechas, o al considerarse dichos coloides "saciados" en sus cambios catiónicos, dejan en libertad a los cationes que lleven las nuevas aportaciones de abonos, sin efectuar con ellos nuevos cambios de bases, o reduciéndolos intensamente en comparación a los que efecturían de estar el suelo empobrecido o desabastecido de ellos.

Cierto es también que parte de los principios fertilizantes se pierden a través de las aguas de infiltración, pero estas pérdidas son inapreciables respecto al ácido fosfórico, al nitrógeno amoniacal y al potasio. Únicamente el nitrógeno nítrico puede ser arrastrado, más este arrastre, so pena de que intensas y continuadas lluvias hagan un enérgico lavado, tampoco es de tanta intensidad como corrientemente se piensa - salvo en terrenos fuertemente arenosos - pues el nitrato, que normalmente desciende, puede, a su vez, ser nuevamente elevado a las capas de las raíces por ascensos ca-

pilares, con las aguas de lluvias o con las de riegos.

El otro aspecto a que se refiere para justificar la permanente utilidad de los abonos, es el que se refiere a la mejora de la calidad de los productos agrícolas: aumento de los principios activos o de los elementos característicos contenidos en las raíces, tubérculos, semillas, frutos, -- partes herbáceas; mayor contenido de fósforo, proteínas, azúcares, almidones, féculas, calcio, etc.; mayor resistencia al encamado; mejor conservación de los frutos; el adelanto o retraso en la maduración (puntos ambos interesantes), mejor combustibilidad del tabaco y aumento de su nicotina y otros factores, son influidos y mejorados con el abonado.

INFLUENCIAS GENERALES DE LOS ABONOS SOBRE ECONOMIA DE AGUA Y LA FOTOSINTESIS

Cuando un cultivo está bien fertilizado transpira menor cantidad de agua por unidad de cosecha para desarrollarse y completar su ciclo vegetativo.

Este fenómeno, virtualmente conocido, ha sido comprobado por -- TOMBESI con relación a los fertilizantes fosfatados y nitrogenados, operando en suelos de estructura física óptima, con pH = 7, 8 y en suelos ricos en potasio para que ésta no fuera factor limitante.

Sus experiencias, realizadas con maíz de caña alta y baja y con cebada, le demostraron que el consumo de agua por unidad, con todas las demás condiciones idénticas, disminuía notablemente con el aumento del contenido de ácido fosfórico y nitrógeno en los suelos.

Por otra parte, con el empleo de mucho nitrógeno las plantas se hacen más vulnerables a las enfermedades, especialmente a los ataques de --

hongos. Y por ello, si se rebasan ciertos límites en las dosis de nitrógeno, se pierde en rendimiento y en calidad.

Se utilizan corrientemente, como abonos nitrogenados, el sulfato amónico, de buen resultado cuando el terreno tiene suficiente cal; la ciana mida cálcica, excelente para el lúpulo; y el nitrato amónico cálcico, cuyo empleo se va extendiendo mucho en los últimos años.

La acción del ácido fosfórico sobre el lúpulo, no es tan manifiesta como la de la potasa o el nitrógeno; pero está demostrado que la falta o escasez del mismo, se traduce en una disminución del rendimiento, pues los conos son más abiertos, menos finos, tienen poca lupulina y escaso aroma.

Si el terreno tiene suficiente cal, se recomienda el empleo de superfosfato. Las escorias Thomas, de efecto más lento que el superfosfato, están muy indicadas en terrenos ligeros y pobres en cal, siendo particularmente interesante su contenido en algunos elementos menores.

El lúpulo necesita cal, para que la potasa pueda producir sus beneficiosos efectos. En terrenos pesados es donde resulta más eficaz la adición de cal. El mejor efecto diagregador se consigue con la aplicación de cal viva y molida, sin apagarla previamente.

El lúpulo también necesita magnesio y otros elementos menores.

El estiércol constituye el abono fundamental del lúpulo. Con abonos minerales exclusivamente, se pueden obtener buenas cosechas; pero éstas mermarán después de cierto tiempo. La estercoladura, por abundante que sea, no puede satisfacer todas las necesidades alimenticias del lúpulo. La asociación del estiércol con abonos químicos, constituye la forma mejor de abonado.

Una estercoladura anual de 30,000 kilos por hectárea, aplicada en el otoño, es la base de una buena fertilización. Su efecto se completará con los siguientes abonos químicos:

| | |
|------------------------|-----------|
| Escorias Thomas | 500 Kg/Ha |
| Sulfato de potasa..... | 300 " |
| Cianamida cálcica..... | 250 " |

Esta fórmula se estima muy recomendable, para emplear en otoño, en terrenos pobres en calcio como son la mayoría de los que se dedican al cultivo del lúpulo.

Si se trata de terrenos que contengan suficiente calcio, pueden sustituirse las escorias por superfosfatos de calcio el sulfato potásico, por cloruro: y emplear como abono nitrogenado el sulfato amónico, o el nitrato amónico-cálcico. En este caso se emplearán en primavera antes del recalce. En cualquier caso, el abono nitrogenado no debe incorporarse de una vez, sino repartirlo en dos o tres veces.

Cada cuatro años conviene encalar, empleando de 2,000 a 3,000 kilos de cal viva por hectárea. En terrenos ligeros, se emplearán cantidades más pequeñas, pero con más frecuencia. Los encalados se practicarán, preferentemente, en el otoño.

CAPITULO X

OLIGOELEMENTOS

Como se indica, además de los principios fertilizantes principales existen otros cuerpos complementarios que ejercen notoria influencia sobre la sanidad y rendimiento de los cultivos y que cuando se encuentran en los suelos - en cantidades demasiado reducidas o, aun estando en proporción suficiente, se hallan inmovilizados, se originan enfermedades carenciales en los cultivos - que pueden reducir notoriamente sus rendimientos e incluso provocar la muerte en los vegetales atacados.

En la amplia denominación de oligoelementos, elementos menores, o elementos trazas, se agrupan diferentes cuerpos que ejercen sobre los vegetales, funciones no siempre bien determinadas, pero que cuando aquéllos no se encuentran o están inmovilizados en los suelos se acusan diversas alteraciones que los dañan con intensidad variable, disminuyendo los rendimientos de los cultivos e incluso provocando la muerte de los vegetales más afectados.

Entre dichos cuerpos se cuentan el boro, manganeso, hierro, cobre, cinc, molibdeno, yodo, etc.

Estas carencias, con frecuencia, son difíciles de diagnosticar por haber, síntomas muy parecidos entre los que producen varios de los cuerpos mencionados, así como por la circunstancia de que pueden originarse trastornos análogos derivados de enfermedades de origen microbiano en accidentes meteorológicos: asfixia de las raíces por prolongadas inundaciones en épocas de abundantes lluvias, etc.

Tales dificultades de diagnóstico se complican aún más cuando las alte-

raciones fisiológicas son producidas por la carencia de más de uno de los elementos menores.

Al estudiar cada uno de los oligoelementos y a la vista de los efectos más o menos claros que cada uno ejerce sobre los cultivos, se indican los tratamientos adecuados a los mismos: unos, de aplicación directa a las hojas: otros, para extender sobre el suelo, y otros, basados en inyecciones, en troncos y ramas.

Pues bien, fundados en los efectos que se logran por los tratamientos primeros, cuando las carencias se sospeche puedan ser de más de uno de los oligoelementos, se introducirán diversas ramas durante veinticuatro horas, en distintas y sendas soluciones sencillas de los sulfatos que más adelante se indican o en soluciones de ellos mezclados (con las concentraciones que luego se exponen, observando, pasados unos veinte días de dichas sumersiones, el efecto que las soluciones han hecho sobre las hojas de las ramas tratadas.

Por ejemplo, si se dudase si las clorosis de unos frutales se deben a deficiencias de hierro o de manganeso, o de ambas a la vez, se introducirían unas ramas en solución de sulfato ferroso, otras en solución de sulfato de manganeso y otras en estas dos soluciones mezcladas, comprobando en el plazo indicado el efecto que se acusa en las diferentes ramas tratadas.

Modernamente en el comercio de fertilizantes van apareciendo, progresivamente y de manera acentuada, diversos abonos y materias preparados que proporcionan uno o varios oligoelementos, como consecuencia de mezclas previas.

Estos productos, que en ocasiones son de utilidad, en otras, pueden resultar contraproducentes por no necesitarlos los suelos en los que se aplican y al aumentar su contenido y no ser arrastrados sus excesos por las aguas de infiltración pudieran acumularse en el suelo en cantidades nocivas, prácticamente imposibles de reducir más que a través de muchos años y repetidas mezquinas cosechas.

No hay que olvidar que al requerir los cultivos sólo pequeñas cantidades de tales elementos, es sumamente frecuente que los suelos los contengan en cantidad suficiente, en especial cuando son estercolados con normalidad, y cuando son fertilizados racionalmente con otros abonos orgánicos y con ciertos fertilizantes minerales que aportan indirectamente varios de dichos oligoelementos con sus principios principales: el superfosfato de calcio, las escorias de desfosforación, el nitrato de Chile y las sales potásicas, entre otros, llevan al suelo diversos de aquéllos cuyo uso repetido puede contrarrestar posibles deficiencias. Determinados anticriptogámicos; sulfato de cobre y otros, al dar los respectivos tratamientos fitosanitarios, también contribuyen a proporcionar al suelo los oligoelementos que llevan consigo.

Por todo ello, sin negar eficacia al empleo de los productos con oligoelementos que pueden obrar en ocasiones oportunamente para combatir deficiencias de los suelos, es aconsejable asesorarse antes de su empleo por un técnico para conocer si efectivamente existe carencia en el suelo al que se piensa aplicar y si la posible carencia es efectivamente la que corresponde al producto que se desea utilizar.

Una norma adecuada que debía exigirse a estos preparados sería la de que además de señalar las cantidades efectivas de microelementos que contienen en 100 partes del producto, se indicase en sus instrucciones las regiones o comarcas en los que es aconsejable su empleo.

B O R O

Experimentalmente se ha demostrado que el boro tiene marcada y beneficiosa influencia sobre diferentes procesos biológicos de los suelos, especialmente sobre la buena nitrificación y asimilación del nitrógeno nítrico, así como sobre las fotosíntesis orgánicas.

Según SCHUMCKER, el boro influye favorablemente en la fecundación de los vegetales, BOBKO y ZERLING ha comprobado en más de 25 cultivos que el boro aumenta considerablemente la germinación del polen y, con ello, los granos germinados.

Las deficiencias de boro pueden ser origen de ciertas enfermedades de los cultivos: "pobredumbre del corazón" de la remolacha, "cogollo amarillo" de la alfalfa, "corazón negro" de los nabos, "acorchado" de las manzanas y otras.

Las leguminosas, en general, son cultivos en los que tiene importancia la aplicación del boro al suelo por activar el desarrollo de sus bacterias y del conjunto de sus nudosidades.

La vid, coliflor, tomate, melón y nabo requieren también la presencia de boro en cantidad suficiente. En cambio, los cereales parecen poco sensibles a esta deficiencia. MORRIS sostiene que el boro tiene un efecto estimulante y evita la caída prematura de la fruta.

La alfalfa puede contener hasta 100 ppm en materia seca, no pasando de 5 ppm en la cebada.

En los terrenos calizos se acusan más las necesidades de boro que en los pobres en cal.

Los síntomas de deficiencia del boro varía según las plantas. En la mayoría son más afectados los tejidos de crecimiento.

Por lo general son difíciles de comprobar en muchos casos, por coincidir algunas alteraciones con las producidas por otras deficiencias. La confirmación de una supuesta carencia de boro puede lograrse por medio del análisis de los tejidos afectados, y viendo cómo reaccionan éstos ante tratamientos directos por medio de pulverizaciones.

A modo de orientación se indicarán algunas manifestaciones que se originan cuando el boro escasea.

En la remolacha las hojas se desarrollan menos intensamente, toman colores amarillentos y se oscurecen después. La corona de la remolacha se ennegrece y pudre, así como la raíz propiamente dicha. En el tabaco las hojas toman color más pálido en sus bases, los tallos se retuercen en sus extremos, muriéndose las yemas terminales. En los agrios mueren las hojas a partir de sus extremos, así como los brotes jóvenes. Los frutos se deforman engrosándose y embasteciéndose su piel. En el maíz aparecen en sus hojas rayas blanquecinas o amarillentas, retorciéndose las hojas por sus puntas. Las alfalfas acusan la deficiencia en boro, enrojeciéndose o amarilleándose sus hojas superiores y mermándose intensamente su desarrollo total.

Para corregir las deficiencias de boro se agrega este elemento al suelo bajo las formas de bórax y ácido bórico principalmente, o por medio de fertilizantes minerales que los contengan.

Cuando un suelo es sometido a enérgicos encalados capaces de elevar su pH a valores superiores a 6, puede manifestarse una insuficiencia de boro asimilable, bien debido a que la cal fije el boro en estado insoluble, bien porque al activar la cal la vida microbiana del suelo la reserva de boro se agote.

Los suelos de origen volcánico, así como los que están gran tiempo encharcados, frecuentemente acusan deficiencias de boro.

Cuando el contenido de boro de los suelos soluble en agua caliente es inferior a 0,35 ppm, ya que suelen acusar deficiencias en este elemento por los cultivos.

La dosis de aplicación de los compuestos de boro para corregir las deficiencias de los suelos varían con los cultivos y debe tenerse muy presente que cuando éstas son excesivas pueden proporcionar trastornos contraproducentes a su aplicación.

Para contrarrestar las deficiencias de boro en los suelos se pueden hacer aplicaciones de ácido bórico, bórax o boratos. Los tres adecuados para extender directamente a los suelos, pero cuando se hagan los tratamientos por medio de pulverizaciones sobre las hojas, es preferible emplear el ácido bórico, que aporta mayor cantidad de boro soluble.

M A N G A N E S O

El manganeso es necesario para la formación de la clorofila y para-

que se desarrolle normalmente el importante fenómeno de la fotosíntesis, - sin el cual no sería posible la vida.

Sin embargo, los vegetales sólo necesitan pequeñísimas cantidades de manganeso, que normalmente encuentran en suficiente proporción en -- los suelos.

El manganeso contenido en éstos facilita la oxidación de la materia orgánica, circunstancia muy estimable, sobre todo en los suelos que radican en comarcas muy lluviosas y que son propensos a estar gran parte de tiempo encharcados, con tendencia a formar materias tóxicas que por oxidación pierden esta mala cualidad.

En los suelos se encuentra el manganeso en formas soluble o inso-- luble, pudiendo existir en cantidad suficiente para las necesidades de los -- cultivos y sin embargo, manifestarse carencias en los mismos por su estado inactivo.

El contenido de los suelos varía, en general, entre 0,01 y 0,3 por -- 100.

En los cultivos, según BEESON, apenas excede en algunas centési-- mas del 1 por 100 del peso seco de ellos.

Las exigencias de los vegetales en manganeso quedan cubiertas co-- rrientemente aún cuando los suelos contengan algo menos de 100 ppm aunque en algunos casos y cultivos deba sobrepasarse este límite.

Los cuales fuertemente alcalinos, por naturaleza o como consecuen-- cia de intensos encalados, suelen presentar deficiencias en manganeso acti-- vo, aún cuando el total sea capaz por su cantidad de atender las necesida--

des de los cultivos.

También puede manifestarse esta anomalía en los ricos en materia orgánica y en los encharcados largos períodos de tiempo.

Los suelos turbosos y muy ácidos, a los que se eleva fuertemente su pH, por intensos encalados, son propensos a acusar deficiencias de manganeso.

Por abajo de pH 6,5 no es frecuente exista deficiencia de él; por eso todo lo que tienda a acidificar los suelos: aportaciones de azufre, sulfato de hierro y fertilizantes fisiológicamente ácidos, favorecen la movilización del manganeso inactivo.

La deficiencia de manganeso se manifiesta en los vegetales de hojas anchas por una característica clorosis en la que permanecen, sin embargo, verdes las nervaduras. Los agrios son propensos a esta deficiencia, especialmente los mandarinos.

En las gramíneas se acusan las manchas en forma de estrías y motas.

A veces la deficiencia de manganeso se acusa en pequeñas manchas necróticas, aunque pueden producirse éstas por otras causas.

Los árboles frutales son especialmente sensibles a las deficiencias de manganeso de los suelos, notándose este fenómeno con más intensidad en las épocas húmedas, al contrario que lo que ocurre con los cultivos herbáceos, que acusan más intensamente este fenómeno en los períodos de sequía.

Cuando los cereales se desarrollan en terrenos con deficiencia de

manganeso, aparecen en los sembrados zonas aisladas o en bandas donde se deja sentir el fenómeno, en lugar de acusarse uniformemente por cada la extensión sembrada.

En los trigos las hojas toman una coloración verde pálida, que se convierte después en amarillenta. En las cebadas aparecen pequeñas manchas oscuras.

En las patatas las hojas se estrechan y abarquillan en forma de canalón, apareciendo en ellas manchas necróticas, a veces hasta en las nervaduras.

Para aumentar el manganeso asimilable en los suelos que acusan de deficiencia se emplean los siguientes medios, aislados entre sí o combinados:

- a) Aportaciones directas a los suelos de sulfato o acetato de manganeso.
- b) Aplicación directa a los árboles introduciendo en taladros hechos en sus troncos o ramas principales, cristales o barritas de sulfato de manganeso.
- c) Pulverizaciones foliares con soluciones apropiadas, según después se indican.

Si se emplea el primer medio, se aplican dosis variables entre 25 y 35 kilos por hectárea. Excepcionalmente se han utilizado hasta dosis diez veces mayores.

Las aplicaciones directas se hacen más sensibles si van acompañadas de aportaciones de fertilizantes fisiológicamente ácidos, azufre en flor o sulfato de hierro.

El sistema de aplicaciones directas al terreno de sales de manganeso son de efectos lentos, aunque muy duraderos.

El segundo método señalado se aplica haciendo taladros en troncos y ramas de un poco menos de un centímetro de diámetro, en el conjunto de los cuales se introduce la sal de manganeso en dosis variables entre 0, 25- a 70 gramos por árbol, taponando a continuación.

El mejor medio para combatir las deficiencias de manganeso es el tercero indicado, es decir, las pulverizaciones foliales con disolución de concentraciones variables según la naturaleza de las hojas. Las duras y leñosas pueden soportar soluciones con contenido de un 4 por 100 de sal, especialmente si las pulverizaciones se aplican por atomizadores.

Para las aplicaciones a las remolachas la concentración debe ser inferior al 3 por 100. En la patata no se pasará del 0, 5 por 100, y en los frutales es aconsejable reducir aún más ésta, debiendo siempre operarse por bajo del 0, 3 por 100.

Unas veces se corrigen las deficiencias de manganeso con una sola pulverización, pero en otras deben darse dos o más, según reaccione el sistema foliar.

H I E R R O

Las deficiencias de hierro la acusan los cultivos por intensas decoloraciones de sus hojas, que se originan por producirse alteraciones en sus clorofilas, en cuya formación parece ser interviene el hierro, dándole a aquéllos no siempre la clorosis es debida a la falta de hierro, pues pueden originarla determinados parásitos de sus raíces, así como causas fisiológi-

cas: asfixia de las raíces por prolongadas inundaciones o por falta de alreación en terrenos demasiado compactos y faltos de laboreo.

Normalmente los suelos están suficientemente dotados de hierro para atender las necesidades de los cultivos, pero lo que a veces ocurre es - que a pesar de ello, el hierro puede adquirir un estado de inmovilización - que impide su absorción por las raíces y con ello aparecer la clorosis denominada férrica.

Cuando los suelos son muy ricos en cal, por su constitución natural o por haberse sometido a intensos encalados, se puede inmovilizar el hie-- rro, fenómeno que también puede originarse en ocasiones si el contenido de manganeso de los suelos es elevado.

Según RUSSELL, las deficiencias de potasio y los abonados excesivos con fosfatos neutros o calizos son causa que pueden inducir a que se -- presenten deficiencias de hierro.

A veces, simplemente con rebajar los valores elevados de pH de los suelos puede bastar para movilizar el hierro que contienen en forma inasimilable, pero en otras ocasiones se acude además a las aportaciones directas a los suelos de sulfato de hierro; moderadamente se están ensayando y utilizando determinados compuestos orgánicos de hierro derivados de distintos ácidos orgánicos, generalmente del ácido etileno diaminotetracético (quelatos), más fácilmente asimilables que las sales inorgánicas; aplicaciones directas a los troncos y ramas de disoluciones de sulfato de hierro y a pulverizaciones a las hojas con soluciones de él.

Generalmente las aplicaciones directas de sulfato de hierro al sue-

lo no suelen ser demasiado eficaces, pues si existen alguna causa de inmovilización del hierro que naturalmente contienen los suelos, inmovilizará igualmente el que se agregue si aquéllas no se atenúan o desaparecen.

El medio de combatir la carencia de hierro con aplicaciones de sa les a troncos y ramas consiste el embadurnar durante el invierno los cortes que originan las podas, o son especialmente realizados con este fin con soluciones de sulfato ferroso al 30 por 100.

Quizá el medio más eficaz para combatir la clorosis férrica sea el de las pulverizaciones foliares realizadas con soluciones que contengan por cada 100 litros uno de sulfato ferroso. A estas soluciones a veces se les -- agrega medio kilo de cal por cada 100 litros.

En el caso particular de la vid, tan castigada a veces por la cloro-- sis férrica, recomienda MARCILLA podar las cepas antes de que se des-- prendan las hojas, dando a continuación, inmediatamente, es decir, con -- las heridas recientes, en cada corte originado, embadurnando bien una solución de sulfato ferroso hecha a razón de 30 g. de él en 100 litros de agua. En invierno las capas cloróticas deberán recibir de 300 a 400 gramos de -- sulfato ferroso extendiendo alrededor de cada cepa. En verano se pulveriza-- rán con solución de sulfato ferroso que contenga 200 g por 100 litro de agua repitiéndose los tratamientos hasta que se vea reverdecer la cepa.

C O B R E

Cuando los suelos no son capaces de proporcionar las pequeñas cantidades de cobre que los cultivos precisan, se acusan ciertas alteraciones, -- unas veces en forma de clorosis y otras por diferentes anomalías que-

se manifiestan, conservando el color verde natural de las hojas y hasta -- intensificándose precisamente su coloración verdosa.

Cuando escasea el cobre se puede producir en las ramas jóvenes de los árboles frutales acusados marchitamientos, especialmente en sus extremos. Algunos suponen que la falta de cobre puede provocar la gomosis en los frutales agrios.

Por lo general, los suelos contienen cobre en proporciones inferiores a 50 ppm en estado apropiado para satisfacer las pequeñas necesidades de los cultivos en este elemento.

Las carencias de cobre en los suelos se pueden contrarrestar con - aportaciones directas de sulfato de cobre o con pulverizaciones a los propios cultivos.

En el primer caso las dosis vienen a oscilar entre 10 a 50 kilos por hectárea. Hay que ser prudente con estas aplicaciones, pues aún la inferior podría ser peligrosa en los suelos de tipo arenoso. En el segundo se utilizan soluciones de sulfato de cobre en dosis del orden de las empleadas para formar el clásico caldo bordelés, es decir, de uno a dos kilos de sulfato de cobre por cada 100 litros de agua, añadiendo además cal del orden de la mi tad del sulfato de cobre que se ponga en la solución.

Estas aplicaciones, que tienen, naturalmente, su función anticriptogámica, dejan una parte de la solución en las hojas y ramos, pero otra porción cae directamente al suelo y junto con la que se desprenda posteriormente de las hojas tratadas, o éstas puedan llevar consigo al desprenderse, si ven para corregir las deficiencias que presenten los suelos, en cobre.

Z I N C

Aunque se considera también el zinc como elemento menor indispensable para el buen desarrollo y sanidad de los cultivos, corrientemente están los suelos suficientemente abastecidos de él en estado activo.

Los cítricos son unos de los cultivos que más acusan esta deficiencia. Los melocotoneros y el maíz también son sensibles a ella.

Según JOHNSTON, cuando los agrios tienen carencia de zinc se producen en sus hojas pequeñas manchas en forma de motas, que se pueden -- combatir pulverizando con disoluciones de sulfato de zinc de 0.5 a 1.25 por 100; introduciendo cristales de esta sal en taladros hechos en sus troncos o ramos, o distribuyéndolo en el suelo sulfato de zinc en proporción de 15 a 30 kilos por hectárea, a los que no lo inmovilicen.

Cuando se encalan los suelos o tienen gran riqueza en cal, es más -- fácil que se acusen las deficiencias de zinc, que puede quedar bloqueado -- sin producir efectos favorables aún conteniéndolos en cantidad apropiada.

Los suelos que están sometidos a estercolados racionales no muestran deficiencias de zinc.

M O L I B D E N O

Quizá sea el molibdeno el elemento menor de estudio más moderno -- y como consecuencia de ello, el que las experiencias realizadas y las deduc -- ciones de ellas derivadas sean poco conocidas y aplicadas.

Estos últimos años y en diversos países, se realizan con intensidad numerosas experiencias para tratar de concretar la función que el molibde -- no desempeña sobre los cultivos los contenidos de los suelos y los medios,

en su caso, de subsanar las posibles deficiencias.

Del estado actual de estos estudios parece deducirse que el molibdeno no influye favorablemente sobre la fijación de nitrógeno atmosférico por -- las leguminosas.

Los síntomas que se originan en los cultivos que no disponen de molibdeno son aún inciertos. En el tomate aparece en sus hojas inferiores un moteado característico al de una necrosis en los márgenes de aquéllas coinciendo con encurvamientos de sus bordes, cayéndose después las flores sin llegar a fructificar (ARNON Y STOUT). En los agrios se forman en sus hojas una serie de manchitas amarillas acompañadas de caídas prematuras de las hojas, y en las coliflores las hojas se deforman, deduciéndose su desarrollo grandemente.

Para contrarrestar las deficiencias de molibdeno se aplica éste bajo forma de molibdeno sódico o amónico, pero en dosis tan reducidas como el tipo de medio a un kilo por hectárea, para evitar los efectos contraproductivos que pudieran originarse de aplicar dosis mayores.

OTROS OLIGOELEMENTOS

Además de los estudiados, se consideran por distintos autores otros oligoelementos que por ser menos frecuentes y estar menos estudiados, solo se citarán como referencia: aluminio, arsénico, berilo, bromo, cesio, - cobalto, flúor, germanio, plomo, torio, yodo, etc.

EXPERIMENTACION DE ABONOS

El formular la fertilización más apropiada a cada suelo y cultivo basado sólo en los análisis de aquellos y en las necesidades de estos, no es --

lo suficientemente adecuada. Los análisis son indispensables, pero deben ir siempre unidos a la inmediata experimentación.

Los análisis de los suelos y la experimentación sobre ellos son dos prácticas que deben ir enlazadas para obtener de los abonos los máximos--beneficios. Ni los análisis de los suelos pueden suplir a la experimentación ni ésta debe comenzarse sin realizar previamente aquéllos.

Ya se indicaron las grandes orientaciones que el análisis de los suelos reportan sobre la adecuada fertilización de los mismos, teniendo a su vez en cuenta las necesidades de los cultivos, el sistema de explotación y las características del clima, pero no obstante las ventajas de aquéllos, -- las deducciones que reportan son solamente de orientación y aunque en el estado actual de la ciencia deben juzgarse como indispensables, no son contundentes y precisan ir siempre acompañados de la correspondiente experimentación, que basada en aquéllos, puede ahorrar trabajo, tiempo y dinero para deducir la fórmula de abonado más adaptada, técnica y económicamente, al suelo propio y al cultivo explotado.

Para comprobar el efecto aislado de un abono, o de varios que pre-senten un mismo principio, bajo distintas formas se utilizan tiestos con -- arena silíceo, tratada por un ácido enérgico, lavada y calcinada, obteniéndose así un soporte inerte para la planta, al que se agrega el fertilizante, - cuya acción se quiere estudiar, que se riega con un líquido nutritivo, exento de este elemento.

Al mismo tiempo, se hacen pruebas comparativas testigos, es decir, con la misma preparación del tiesto y el mismo líquido nutritivo, pe-

ro sin añadir a los tiestos en que se realizan estas pruebas testigo, el fertilizante que se estudia.

Los resultados obtenidos en los tiestos sometidos a la acción de los fertilizantes comparados con los de las pruebas en blanco, muestran los efectos que sobre el cultivo que se ensaya produce el elemento que se estudia.

Este procedimiento elemental, sólo sirve para determinados estudios generales y fundamentales: más apropiado es operar con la propia tierra de la finca que se quiere fertilizar, con tipos de suelos perfectamente definidos, o sobre los existentes de las comarcas en las cuales se quieran divulgar los medios más perfectos de fertilizarlas.

La experimentación en tiestos constituye un importante medio de comprobación del efecto de los abonos, que permite multiplicar grandemente el número de ensayos en la misma tierra natural, evitando muchos tanteos posteriores, y sirviendo para "emplazar", en ocasiones, los límites entre los cuales se deben comenzar las experiencias en pleno campo.

Por medio de los tiestos se opera, prácticamente, con tierra uniforme, sin temor a la heterogenicidad que pueda presentar el campo, teniendo también la gran ventaja de controlar la humedad. Para ello, conviene que, o bien se sitúen en cobertizos con cubierta, o en plataformas móviles sobre railes, para tenerlos al aire libre y guardarlas de noche, o cuando amanece lluvia.

Poseen esta experiencias sin embargo, algunos inconvenientes, como son los de variar la porosidad natural del suelo y algunas propiedades inhe-

rentes a ella-permeabilidad para el agua y los gases, por ejemplo y suprimir la influencia del subsuelo.

Presentan, en cambio, sobre las realizadas en pleno campo la ventaja de que con ellas se protegen las plantas contra las irregularidades de los agentes atmosféricos - lluvias, sequías, heladas, calores extremados, vientos desecadores, etc. -, capaces de influir tan grande y desfavorablemente sobre los cultivos en pleno campo, que anulen los efectos de los productos estudiados, con la consiguiente pérdida de tiempo y trabajo.

En cada tiesto, según su capacidad, se cultivarán distinto número de plantas, siendo aconsejable que éstas dispongan de análogas superficies a las que ocuparían en el suelo en cultivo normal.

Los tiestos que se utilizan para estos estudios son de barro cocido, vidrio, gres, uralita o similares, metálicos de hierro, galvanizados de chapa muy fina para que poseen poco, zinc, etc.

Si el material fuera atacable por los ácidos o bases que puedan llevar las aguas de los suelos o los productos utilizados como fertilizantes, deberán ser barnizados o protegidos con sustancias inertes a unos y otros.

Normalmente, se utilizan los tiestos de forma cilíndrica, troncocónica o prismática, habiendo más tendencia a elegir esta última forma por la mayor facilidad de su acoplamiento en las plataformas.

C A P I T U L O XI

DESARROLLO DE EL EXPERIMENTO EN EL EJIDO DE SAN FELIPE.

INTRODUCCION.

Con respecto al aspecto del suelo por observación directa, presenta una gran variedad de colores, desde un café claro hasta el negro que denota que esa tierra es característica de terreno fangoso.

Hay tipos de terrenos provistos de abundante arcilla, mientras que otros están constituidos solamente por elementos finos acumulados mecánicamente por el arrastre de agua y viento.

Existen los que parecen estar exclusivamente formados por materia orgánica exenta de materia mineral, mientras que otras muestran la total ausencia de la primera.

Según el color existen las diferentes orientaciones que indican que el suelo presenta características propias de desecación y de erosión por lluvias y arrastre del viento (planicies). Estas condiciones influyen en el aumento de su población microbiana, en la germinación y desarrollo de vegetales.

En el lenguaje de los campesinos se clasifican los suelos como: fangoso, salitroso y el de cascajo (arcillosos); para ellos, el terreno que presenta mayor dificultad es el salitroso que corresponde a un pH bajo ó también tiene el pH alto producido por concentración de algunas sales, que pueden provenir del agua de regadío.

Cuando el pH es bajo, es notoria su acción cuando se siembra ya que aparecen zonas de crecimiento raquítico de los vegetales, hasta que se secan sin haber crecido arriba de 15 cm, lo que constituye una pérdida para el agri

cultor y en el caso de que el pH sea alto, se puede observar a simple vista -- que la planta crece normalmente pero el fruto es pequeño y esto ocasiona que el agricultor tenga que vender como rastrojo.

SELECCION DE LA PARCELA.

Se partió de un terreno que presentaba características poco deseables para la siembra de el maíz y frijol, tiene una superficie aproximadamente de media hectárea, situada en planicie, teniendo la cualidad de que se podía regar lo cual se aprovechó para el desarrollo de este experimento.

El clima de esta región es templado seco, que es muy propicio para este tipo de cultivo.

Este terreno, en opinión de los campesinos, en años pasados daba una cosecha cada 2 años muy deficiente ya que la manera de abonarla no era la indicada, de esto se llegó al agotamiento del suelo hasta considerarlo deficiente para el cultivo.

PROCEDIMIENTO.

Se procedió a tomar muestras, después de hacer una clasificación gráfica del terreno. Dada la característica del terreno de tener una capa de tierra de 15 - 30 cm, las muestras se tomaron a esta profundidad, tratando de eliminar partículas mayores de una pulgada para obtener un cribado de 200 - mallas, esto se hizo para obtener un tamaño de partícula homogéneo. El paso siguiente fue pasarlo a bolsas y etiquetar según su clasificación, obteniendo se un total de 20 muestras, la cantidad en peso fue de 100-200 g que, según la técnica mencionada, es la cantidad óptima para los análisis.

ANALISIS QUIMICOS DE LAS MUESTRAS.

Se efectuaron tomando el criterio de que si se sembraban maíz, frijol, sorgo, cebada y trigo, solo se tenia que analizar fósforo, potasio, amonfaco nitrato, boro y azufre; éste último dada la situación del terreno en Guanajuato siempre esta presente en gran cantidad.

Este dato fué extraído de la clasificación por elementos de las tablas de la Secretaria de Agricultura y Ganaderia y de Guanos y Fertilizantes de México. Tomando en cuenta que estos son los principales nutrientes de este tipo de cultivos.

Los análisis efectuados en la Facultad de Quimica de la UNAM, dieron una relación de datos de nitratos, amonfaco, fósforo y potasio muy deficientes.

DATOS DE LOS ANALISIS QUIMICOS

Contenidos en partes por millon.

| Fósforo | Potasio | Nitratos | Amonfaco | Mstra. |
|---------|---------|----------|----------|--------|
| 0.3 | 0.1 | 1 | 1 | 1 |
| 0.2 | 0.2 | 2 | 1 | 2 |
| 0.2 | 0.2 | 2 | 0 | 3 |
| 0.3 | 0 | 0 | 0 | 4 |
| 0.5 | 0 | 0 | 0 | 5 |
| 0.1 | 0 | 0 | 1 | 6 |
| 0.0 | 0.3 | 0 | 1 | 7 |
| 0.2 | 0.2 | 0 | 0 | 8 |

| Fósforo | Potasio | Nitratos | Amonfaco | Mstra. |
|------------|------------|----------|----------|--------|
| 0.4 | 0.1 | 1 | 2 | 9 |
| 0.3 | 0.1 | 0 | 2 | 10 |
| 0.2 | 0.2 | 1 | 2 | 11 |
| 0.1 | 0 | 0 | 1 | 12 |
| 0.1 | 0.1 | 0 | 0 | 13 |
| 0.0 | 5 | 3 | 0 | 14 |
| 0.0 | 4 | 3 | 3 | 15 |
| 2.3 | 1.3 | 2 | 1 | 16 |
| 1 | 2.1 | 1 | 0 | 17 |
| 3 | 1.8 | 1 | 0 | 18 |
| 2 | 0.1 | 5 | 1 | 19 |
| <u>0.1</u> | <u>0.1</u> | <u>4</u> | <u>4</u> | 20 |
| 11.3 | 15.9 | 26 | 20 | |

Cálculos: para cálculo de totales en P/pm de nutrientes.

fosforo

$$\frac{11.3}{20} = 0.565 \text{ pm.}$$

potasio

$$\frac{15.9}{20} = 0.795 \text{ pm}$$

nitratos

$$\frac{26}{20} = 1.3 \text{ pm.}$$

amoniaco

$$\frac{20}{20} = 1 \text{ pm}$$

Para expresar las ppm de P en ppm de P_2O_5

$$(0.565) \cdot (2.3) = 1.29$$

ppm de potasio en ppm de K_2O

$$(0.795) (1.2) = 0.954$$

Equivalencias de ppm en Kg por Ha

P^{5+}

1.29 aprox. 11.6 Deficiente

K^+

0.954 " 7.95 Deficiente

NO_3^-

1.3 " 11.7 Deficiente

NH_4^+ 1 " 9 Deficiente

FERTILIZACION.

Conocidos los fertilizantes que entran racionalmente a formar parte de un abono compuesto, se precisa escoger los que, aportando elementos análogos, los suministran a menor precio.

Fijadas las proporciones de cada uno de los principios fertilizantes que han de contener los abonos compuestos, facilmente se determina, en relación con la riqueza de los productos a mezclar, las proporciones en que deben aportarse los fertilizantes simples que deben dar los principios activos.

Se formó un abono compuesto tomando en base la indicada por Guanos- y Fertilizantes de:

| N | P | K |
|-----|----|---|
| 120 | 40 | 0 |

Esta no resulto ser la indicada, ya que por experiencia de los agricul-

tores solo sirve para terrenos con 1 a 2 metros de tierra.

La fórmula que se empleó en este experimento fue la de:

| | | | |
|----|----|----|---------------|
| N | P | K | |
| 60 | 40 | 30 | por media Ha. |

Cálculos:

de donde:

$$\text{Kg N} = \frac{n \times 100}{C}$$

n - es el número de N de la fórmula

C - es la riqueza del fertilizante.

Riquezas de los fertilizantes.

urea - 46% de N

Superfosfato de amonio - 52% de P₂O₅

Cloruro de potasio - 60% de K₂O

Empleando la fórmula:

$$\text{Kg N} = \frac{60 \times 100}{46} = 130$$

$$\text{Kg P} = \frac{40 \times 100}{52} = 77$$

$$\text{Kg K} = \frac{30 \times 100}{60}$$

estas cantidades se emplean en la siembra, y en la escarda se emplea las mismas cantidades pero eliminando el potasio.

Al notar la deficiencia en el crecimiento del maíz después de un mes, se agregaron 50 Kg de nitrato de amonio.

OBSERVACIONES.

La cantidad de estiércol fue de 3 ton.; su manejo consistió en colocar-

lo en una pila de 4x4x2 m. para fermentar, en la bajada del agua a través del estiércol aprovechándose solo el jugo de fermentación antes de sembrar.

Posteriormente se sacó el estiércol de la pila y se colocó en el terreno para ser revuelto con la tierra para la preparación de ésta para sembrar, - el objetivo al poner el estiércol fue con el fin de generar materia orgánica.

La semilla empleada para la siembra es variedad de un híbrido preparado por PRONASE en la variedad H- 309 que es la indicada para la altura de Salamanca y Valle de Santiago Gto.

La ventaja del empleo de la semilla era su resistencia a la sequedad, - pero entre en las desventajas es que es demasiado tardía en su maduración, - pero en opinión de los campesinos es buena para el forraje en la alimentación del ganado por tener tallo grueso.

INVERSION

| | |
|----------------------------------|----------------|
| Costo de semilla de maíz ----- | \$ 400.00 |
| Costo de semilla de frijol ----- | \$ 160.00 |
| total | <u>460.00</u> |
| Costo de fertilizantes ----- | \$ 670.00 |
| total | <u>1130.00</u> |

GANANCIA

| | |
|---|-------------------|
| Costo de 2 ton. de maíz \$ 2360.00 ----- | \$ 4720.00 |
| Costo de 120 Kg. de frijol a \$ 10.00 ----- | \$ 1200.00 |
| total | <u>\$ 5920.00</u> |
| Forraje ----- | \$ 1000.00 |
| total | <u>\$ 6920.00</u> |
| | - \$ 1130.00 |
| Ganancia neta ----- | <u>\$ 5790.00</u> |

Los valores de semilla y fertilizante varían en precio, pero en el tiempo que se realizó el experimento eran los precios indicados de inversión.

CONCLUSIONES:

El resultado de este experimento a nivel de producción, se calculó en un 80% que en opinión de los campesinos se puede considerar satisfactorio.

RECOMENDACIONES:

El terreno experimentado para la siembra del frijol se consideró muy propicio para este cultivo.

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

Obras generales consultadas

Thompson L. M., Suelos, orígenes, constitución y clasificación
Edit. Omega., Barcelona, (1966).

Rusell E., Condiciones de suelos,
Edit. Aguilar, Madrid, (año).

Fernandez L. M., Conservación de suelos, Tesis,
Chapingo Méx., (año)

Primo Y. E., y J. M. Carrasco, Análisis de suelos y fertili-
zantes, Edit. Alhambra, Madrid, (año)

Arozamena I. C., Suelos, Enciclopedia práctica del agricultor,
Hall A., Suelos Edit. Agurilar., Madrid, (año)

Foth H., Fundamentos de la ciencia del suelo, Centro
de ayuda técnica regional, México, (1975).

Paterson J.B.E., Suelos y abonado en Horticultura,
Manuales de técnica agropecuaria, Zaragoza, (1970).