

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



**DETERMINACION DE ELEMENTOS MAYORES
E INTERMEDIOS EN CENIZA VOLCANICA**

**OPCION V (CASO TEORICO-PRACTICO)
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO PARASITOLOGO**

PRESENTA EL PASANTE

GABRIEL HUMBERTO ALDACO RODRIGUEZ

040. 2
FAI
1986
C. 5

MARIN, N. L.

NOVIEMBRE DE 1986.



1

2

3

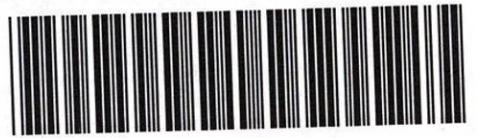
[Faint, illegible text]

93
2
1

040.5
EAL
1986
G.5



C. A. 5915



1080060714

T
5593
A42


Biblioteca Central
Magna Solidaridad
F. tesis

BURDÍ Rangel Fina

UAN
FONDO
TESIS LICENCIATURA

040.552
FA
1986
C. 5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



DETERMINACION DE ELEMENTOS MAYORES
E INTERMEDIOS EN CENIZA VOLCANICA

OPCION V (CASO TEORICO-PRACTICO)
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO PARASITOLOGO

PRESENTA EL PASANTE

GABRIEL HUMBERTO ALDACO RODRIGUEZ

MARIN, N. L.

008944 *[Handwritten signature]*
NOVIEMBRE DE 1986.

AGRADECIMIENTOS

GRACIAS A DIOS.

A MIS PADRES :

Sr. Antonio Aldaco Quintero (Finado)
Sra. Ana María Rodríguez de Aldaco

Con amor y gratitud, a sus esfuerzos y sacrificios
que hicieron posible la culminación de mi carrera.

A MI ABUELA :

Sra. Juana Noriega Vda. de Valle
Con especial cariño.

A MIS HERMANOS :

María del Roble
Gloria
Rosaura
Teresa
Jesús Antonio
Francisco Javier
Ana María

A MIS SOBRINOS

A MIS FAMILIARES :

Por la ayuda brindada durante mi carrera.

AGRADECIMIENTOS

A:

Ing. Ronald Jorge Lecea Juárez

Por su amistad brindada y por su valiosa ayuda en la realización de este trabajo.

Ing. Sergio Puente Tristán

Por su estímulo para llevar a cabo este trabajo.

Todos los maestros que intervinieron en mi realización - como profesionalista.

Srita. Dalila Santos Casso

Por su ayuda en la transcripción mecanográfica de este trabajo.

Todas aquellas personas que intervinieron directa e indirectamente en la realización de este trabajo.

I N D I C E

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	2
MATERIALES Y METODOS	36
RESULTADOS Y DISCUSION	38
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
RESUMEN	42
BIBLIOGRAFIA	43

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

Tomando en cuenta la gran diversidad de fenómenos naturales y factores que afectan el establecimiento y la producción de los cultivos en forma directa o indirecta se hace necesario el estudio de aquellos fenómenos que estando fuera de nuestro alcance afectan favorable o desfavorablemente el desarrollo y producción de nuestros cultivos.

Debido a la escasa cantidad de información de los fenómenos volcánicos y su efecto en la agricultura, se hace necesario la obtención de datos que dilucidan esta influencia.

Dado que en México se presenta una cantidad considerable de volcánes en dormancia parcialmente activos situados en zonas preferentemente agrícolas, como caso particular el volcán situado en la región del estado de Chiapas llamado "el Chinchonal", del cual emanó ceniza volcánica el día 4 de abril de 1982 en cantidades considerables y del cual es objeto de estudio nuestro trabajo. El cual no pretende ser exhaustivo sin caer en lo superfluo, debido a su carácter preliminar; por lo que sienta el antecedente para posteriores estudios.

El presente trabajo se planteó teniendo como objetivos :

- a) Determinación de los elementos mayores e intermedios (P, K, Ca, Mg y S) localizados en ceniza volcánica.
- b) Cuantificación teórica de los elementos en Kg/Ha y su posterior utilización por los cultivos.

REVISION DE LITERATURA

Desde la formación de la tierra hace 4,600 millones de años han existido volcánes de los cuales se ha formado la tierra firme sobre la que vivimos, ríos, lagos y aun parte de la atmósfera que respiramos ha sido derivada de erupciones volcánicas.

De aproximadamente 500 volcánes activos en el mundo de 20 a 30 entran en actividad al año y algunos de ellos pueden tener períodos de dormancia, pero estan activos desde hace 25,000 años.

La violencia de la erupción esta gobernada por la presión ejercida sobre el magma o roca líquida y el gas, que al emerger a la atmósfera se separan; así, los gases constituyen la mezcla gaseosa son vapor de agua, hidrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, dióxido de sulfuro, trióxido de sulfuro, cloro y cloruro de hidrógeno, todo esto en proporciones variables.

Partículas Eyectadas.- Los fragmentos de roca producidos durante las explosiones volcánicas son llamadas Tephra.

Tephra puede ser lava vieja, pero mucha tephra puede ser material magmático nuevo. Tephra puede ser subdividida en pequeñas partículas llamadas Ash, partículas medias (del tamaño de nueces) llamadas Lapilli y partículas grandes llamadas blocks o bombas.

Las partículas Ash no son producto de la ignición, sino

que es lava pulverizada compuesta de cristales, fragmentos de roca o vidrio, o una mixtura de todos ellos. El polvo que es Ash muy fino, en ocasiones viaja grandes distancias hacia ca-pas superiores de atmósfera, causando atardeceres espectaculares, así como puede afectar cambios en el clima. Los blocks son expulsados como fragmentos sólidos.

Los elementos expulsados en general constituyen parte fundamental del equilibrio de vida sobre el planeta ya que así - ha sido siempre desde la formación del mismo (8).

F O S F O R O

El fósforo elemental (P) no se encuentra en estado libre - en la naturaleza, porque su elevada facilidad de oxidación no lo permite. Con todo, son muy comunes los compuestos de fós-foro, por ejemplo, los fosfatos, que se encuentran en numero-sos minerales (15).

El fósforo presenta las siguientes propiedades químicas :

PESO ATOMICO	# ATOMICO	VALENCIA	DENSIDAD	
30.9738	15	+3, +5	1.82	(9)

El fósforo, con el nitrógeno y el potasio, se clasifica - como un elemento nutritivo mayor. Sin embargo, en la mayoría de las plantas se encuentra en menores cantidades que el nitrógeno y el potasio. Se considera generalmente que las plantas absorben la mayoría de ese fósforo en forma de el ion primario

ortofosfato $H_2PO_4^-$. Pequeñas cantidades del ion secundario ortofosfato HPO_4^{2-} son absorbidas. De hecho, la absorción por las raíces de las plantas de $H_2PO_4^-$ es diez veces mas rápida - que la de HPO_4^{2-} (17).

El fósforo es absorbido en su mayor parte en forma de ion monovalente, ortofosfato, $H_2PO_4^-$, conocido generalmente como fosfato. Este es uno de los tres aniones principales absorbidos por las plantas. Los otros dos son : el nitrato y el sulfato. Todos estos iones se encuentran en una proporción notable en la materia orgánica del suelo. El nitrógeno, fósforo y azufre; se combinan fácilmente con otros elementos para formar compuestos orgánicos y en esta forma no son asimilables por las plantas.

Relación de fosfato a nitrato y sulfato. Los iones fosfato difieren notablemente de los iones sulfato y nitrato en cuanto a solubilidad (o actividad). Tanto el ion sulfato como el ion nitrato estan sometidos a elevadas pérdidas por la lixiviación, mientras que los fosfatos estan afectados en una proporción mucho menor. Una concentración elevada o una cantidad excesiva de nitratos disminuye la absorción del fósforo por las plantas (15,4).

Una elevada concentración produce un efecto similar, pero no tan notable. Este fenómeno se debe a la competencia que se establece entre los aniones para penetrar en la planta. Formas de fósforo del suelo.- Aunque se reconoce que el fósforo se encuentra como anión intercambiable, se cree que el

intercambio no es importante en la nutrición de la planta con este elemento. En otras palabras, las raíces de las plantas toman directamente el H_2PO_4^- de la solución en una proporción mucho mayor que el que absorbe por intercambio.

En cualquier momento la cantidad de fosfato que contiene la solución del suelo es muy pequeña: en la mayor parte de los casos es inferior al kg/Ha y, en algún caso determinado, incluso llega a 0.1 kg/Ha (16).

Lipman y Conybeare (1936) calcularon en 0.062% el valor medio del contenido de fósforo de la capa arable de la tierra laborable en E.U.A. y los de la planicie costera del Golfo de México contiene menos 0.017% de fósforo, siendo esta la mayor región con menor contenido de fósforos, para la mayoría de los suelos se estimaron un contenido de fósforos de 0.022 a 0.083% (1).

FACTORES QUE AFECTAN LA DISPONIBILIDAD DEL FOSFORO EN EL SUELO

El análisis de un suelo es una forma rápida y económica de determinar el contenido en fósforo asimilable en un suelo. Sin embargo, existen otros muchos factores que afectan la cantidad de fósforo asimilable. Estos son:

- a) Un pH de 6 a 7.5 en este rango la mayoría de los suelos tiene una disponibilidad del fósforo máxima. Disminuyendo cuando el pH cae por debajo del 6.0 también disminuyendo cuando este valor sube por encima del 7.5.
- b) Un contenido elevado de fósforo en el suelo.
- c) Unas adiciones adecuadas de materia orgánica se puede des

componer en el suelo. Generalmente abonar periódicamente con materia orgánica da como resultado una mejor utilización del fósforo por los cultivos subsiguientes.

- d) Un contenido bajo de sesquióxidos libres en la fracción arcillosa.
- e) Temperatura.- Aunque la velocidad de las reacciones químicas aumenta generalmente con un aumento de la temperatura, la extensión en que este factor influye la disponibilidad del fósforo del suelo bajo condiciones normales de campo, no es bien conocida. Puede señalarse sin embargo, que los suelos con climas cálidos son generalmente más disponibles en fósforo que los suelos de las regiones más templadas.
- f) Presencia de microorganismos.- Los microorganismos del suelo, contribuyen al aprovechamiento del fósforo por las plantas, a consecuencia de los diversos ácidos que producen y que aumenta la solubilidad de los fosfatos que son insolubles o casi insolubles (16,17).

FUNCIONES DEL FOSFORO EN LA PLANTA.-

El fósforo se encuentra en las plantas formando parte de los ácidos nucleicos, fosfolípidos, de los coenzimos NAD y NADP y, lo que es especialmente importante, como parte integrante del ATP. Naturalmente, el fósforo se encuentra en otros compuestos de la planta, pero éstos se consideran menos importantes. En los tejidos meristemáticos de las regiones de la planta, sede de un activo crecimiento, se encuentran

fuertes concentraciones de fósforo, que interviene ahí en la síntesis de nucleoproteínas. Por ejemplo, el fósforo no solo se encuentra en la fracción correspondiente a la molécula de la nucleoproteínas, sino que interviene también, a través del ATP, en la activación de los aminoácidos que intervendrán en la síntesis de la parte proteica de este compuesto. Se cree que además de las proteínas, los fosfolípidos son importantes constituyentes de las membranas celulares. Los coenzimos NAD y NADP tienen un papel importante en las reacciones de oxidación-reducción en donde tienen lugar transferencias de hidrógeno. Procesos metabólicos vegetales tan importantes como la fotosíntesis, glucólisis, respiración y síntesis de ácidos grasos, para nombrar unos pocos, dependen de la acción de estos coenzimos. Es suficiente con que digamos que no hay ninguna duda respecto al papel esencial del fósforo en las plantas (3).

SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE FOSFORO EN LA PLANTA .-

Muchos de los síntomas de deficiencia en fósforo pueden ser confundidos con los de la deficiencia en Nitrógeno. De modo parecido a la deficiencia de Nitrógeno, la deficiencia en fósforo puede provocar la caída prematura de las hojas y la pigmentación antociánica púrpura o roja. A diferencia del Nitrógeno, las plantas que carecen de fósforo pueden presentar zonas necróticas (muertas) sobre las hojas (3).

Los síntomas característicos de falta de fósforo son en las plantas en general: crecimiento lento; a veces enana (10).

Debido a la elevada movilidad del fósforo en la planta y a causa de la tendencia que presenta las hijas jóvenes a privar a la hojas mas viejas de los elementos móviles, en condiciones de deficiencia, las hojas más antiguas son las que suelen presentar los síntomas de deficiencias (3).

La falta de fósforo acarrea sensible disminución en el tamaño y en el número de los cloroplastos de las hojas del café, permaneciendo aislados o reunidos (12).

Los cereales que padecen deficiencia de fósforo se muestran retardados en cada una de las fases de su ciclo vital, desde la emergencia de la segunda hoja hasta el momento de la maduración. Presentan un sistema radicular raquítrico y aún mas raquítricos los tallos y las hojas; éstas tienen un color de un tono verde-grisáceo sucio, produciendo a menudo un pigmento rojo en la base; el ahijamiento está disminuido y también el número de tallos fructíferos (11).

El fósforo es asociado con la pronta madurez de los cultivos, particularmente en los cereales, y su carencia es acompañada por la marcada reducción del crecimiento de la planta. Se le considera esencial en la formación de la semilla, se le encuentra en grandes cantidades en la semilla y frutos (14)'

SINTOMAS DE EXCESO DE FOSFORO EN LA PLANTA.-

El fósforo es comunmente relacionado con la inducción de clorosis férrica. Numerosos estudio realizados, muestran que un exceso de fósforo induce la aparición de clorosis férrica debido a restricciones en la absorción y translocación de fier-

rro. En general, los excesos de fósforo no tienen influencia negativa sobre los cultivos y no se observan efectos tóxicos por este elemento en las plantas (5).

FERTILIZANTES FOSFORADOS.-

Por lo general estos fertilizantes se aplican a los suelos durante o poco antes de la siembra del cultivo que se quiere fertilizar. Una de las razones para explicar este procedimiento es que la disponibilidad del fósforo de los fertilizantes muy solubles, como el superfosfato, es mayor para las plantas inmediatamente después de su aplicación y disminuye con el tiempo (1).

Los fertilizantes fosforados suelen aplicarse en cantidades tales que suministran entre 8-20 Kg de fósforo por hectárea. Sin embargo cuando se aplica con las semillas o cerca de ellas, solo pueden utilizarse 4 o 5 Kg por hectárea. Las aplicaciones de fertilizantes fosforados relativamente solubles rara vez superan el equivalente a 90 Kg de fósforo por hectárea, las de fósforo en forma de fosforita pueden ser mayores pero no se efectúan todos los años (1).

Algunos fertilizantes que contengan fuentes de fósforo se mencionan a continuación :

Guano.- Es un fertilizante manufacturado se le da esta nominación porque solamente se ha cribado, secado y molido antes de venderse. Es un producto natural constituido por los excrementos parcialmente descompuestos de aves marinas, que se han acumulado durante muchos siglos, particularmente en ciertas -

islas tropicales de escasa precipitación pluvial en el Océano Pacífico. La concentración de P_2O_5 varía de 8-15%. En general, excepto donde se produzca localmente, el guano ha perdido importancia como fertilizante (15).

Los fertilizantes fosfatos comercialmente importantes se clasifican según sean tratados con ácidos o por proceso termal; el último constituye con mucho el grupo más importante. Los fosfatos tratados con ácido contienen estos minerales : Acido fosfórico, se fabrica mediante el tratamiento del fosfato mineral con ácido sulfúrico, o bien calentando el fósforo elemento hasta pentóxido de fósforo y haciendo reaccionar éste con agua (11).

El ácido fosfórico grado agrícola, que contiene el 24% de fósforo, se utiliza para acidular el fosfato mineral para convertirlo en superfostato triple.

Acido superfosforico.- contiene un 34% de fósforo en contraste al 24% de fósforo que contiene el ácido no concentrado. El ácido superfosfórico ha sido utilizado primariamente para la fabricación del amoníaco y de los polifastos de calcio.

Ortosulfatos cálcicos.- Los más importantes fertilizantes fosfato consistentes en ortofosfato calcico, son los superfosfatos ordinarios, que contienen del 7 al 9% de fósforo, los superfosfatos triples que contienen del 19 al 33% de fósforo, los superfosfatos enriquecidos, que contienen del 11 al 13% de fósforo, y los superfosfatos triples ordinarios que han sido hechos reaccionar con distintas cantidades de amoníaco

co. Estos últimos se agrupan bajo el término de superfosfato amoniacaes. Los superfosfatos son fertilizantes neutros que no tienen efecto apreciable sobre el pH del suelo, como lo tienen el ácido fosforico y los fertilizantes que contienen amoníaco.

Fosfatos de Amonio.- Algunos de los fertilizantes a base de fosfato amonico mas ampliamente utilizado son el fosfato monoamónico (MAP), el fosfato diamonico (DAP), y el fosfato sulfato amónico.

Los fosfatos de amonico son completamente hidrosolubles . Por último tiene un efecto ácido sobre los suelos a causa del amoníaco que contienen (1).

P O T A S I O

El potasio es uno de los elementos esenciales en la nutrición de las plantas y uno de los tres que por lo común se encuentran en cantidad marcadamente pequeña en el suelo limitando el rendimiento de los cultivos, por esta razón necesita ser añadido regularmente al suelo en fertilizantes (11).

El potasio presenta las siguientes propiedades químicas :

PESO ATOMICO	No.ATOMICO	VALENCIA	DENSIDAD	
39.102	19	+1	0.86	(9)

ORIGEN DEL NOMBRE "POTASIO". -

Todas las plantas poseen cantidades relativamente grandes

de potasio y en las cenizas del fresno blanco (Fraxinus americana), existen un 37%. El nombre de este elemento deriva de la expresión "cenizas de olla" (pot-ash), porque mediante lixiviación de cenizas de madera en grandes ollas se obtenían el carbonato potásico (15).

FORMAS ASIMILARES.- El potasio es absorbido por las plantas en forma de ion K^+ , pero hace mucho tiempo el contenido en potasio de un suelo y de los fertilizantes se expresan en forma de K_2O . Para diferenciar ambas formas se emplea el término potasa para el K_2O y potasio para el K^+ .

El potasio es uno de los tres cationes principales que utilizan las plantas. Es una de las bases retenidas en forma intercambiable por las arcillas y por los aniones orgánicos. Es un catión bastante móvil, tanto en el suelo como en la planta, si bien, como componente de la estructura de un retículo cristalino, es muy inmóvil y relativamente resistente al proceso de meteorización (16).

El potasio es absorbido por las plantas en cantidades mayores que cualquier otro elemento mineral exceptuando el nitrógeno y quizás el calcio. Grandes depósitos en forma de sales de cloruros y sulfatos se hallan en diversas áreas del mundo. En algunos sitios estas sales se hallan en grandes depósitos de varios centenares y algunas veces varios miles de pies debajo de la superficie de la tierra. En otras localidades se encuentran en depósitos salados procedentes del mar o de lagos.

DISTRIBUCION DE POTASIO EN EL SUELO.-

Debido a la resistencia a la meteorización que presentan los minerales que contienen potasio, este elemento es uno de los más abundantes en el perfil del suelo. Durante los largos períodos de meteorización de los minerales se descomponen y sus constituyentes se van eliminando por lixiviación los materiales más resistentes quedan formando parte del suelo. Los minerales que contienen potasio son en general resistentes y, en consecuencia, el horizonte A y D de un suelo bien desarrollado contiene mas potasio que el material primario (6).

A diferencia del fósforo, el potasio se halla presente en relativamente grandes cantidades totales en la mayor parte de los suelos. El contenido en fósforo de la corteza de la tierra es solamente del 0.11% mientras que la cantidad de potasio es del 2.4%. Aunque estas cifras incluyen el total de la corteza terrestre (de la que el que el suelo es solamente una parte), subrayan la relativa abundancia de los dos elementos.

El contenido en potasio de los suelos es variable y puede ir desde tan sólo algunos centenares de kg por Ha en suelos de texturas gruesas formados por piedra arenisca o cuarcita, hasta 50,000 Kg o mas en suelos de textura fina formados por rocas ricas en minerales conteniendo potasio.

El potasio se haya también en el suelo en forma de barros secundarios o minerales: 1) illitas o hidromicas, 2) vermiculitas, 3) cloritas, y 4) materiales interestratificados en los que dos o mas de los tipos precedentes se hayan en una disposición mas o menos aleatoria en la misma partícula (17).

Factores que afectan la disponibilidad del potasio en el suelo. Lawton ha determinado que la aireación de un suelo aumenta la absorción de potasio por las plantas. Por el contrario, la disminución de la aireación, haciendo la estructura mas compacta, tiene como resultado una disminución en la absorción del potasio (15).

Función del potasio en la planta.-

Aunque una deficiencia en potasio puede afectar procesos tan diversos como la respiración, fotosíntesis, aparición de clorofila y contenido en agua de las hojas, el papel específico del potasio en las plantas es desconocido hasta ahora.

Las concentraciones de potasio más elevadas se encuentran en las regiones meristemáticas de la planta (Nason y McElroy, 1963), observaron que parece concordar con los hallazgos de Webster (1953, 1954; 1956) en el sentido de que el potasio es esencial como activador de las enzimas que intervienen en la síntesis de ciertas uniones peptídicas. La acumulación de glúcidos frecuentemente observada durante las primeras fases de la deficiencia en potasio puede ser debida a la alteración en la síntesis de proteínas (Eaton, 1952). Es decir que los esqueletos carbonatados que en condiciones normales intervendrían en la síntesis de proteínas se acumulan en forma de glúcidos. Además de este papel de activador del metabolismo proteico, el potasio puede actuar también como activador de varios enzimas que intervienen en el metabolismo glúcidico. La dominancia apical de potasio que se encuentra en diversas plantas falta o

es débil en condiciones de deficiencia en este elemento (Hewitt, 1963). Esto puede ser debido a trastornos en el brote apical a resueltas de la deficiencia en potasio (3).

Síntomas de deficiencia de potasio.-

Debe hacerse notar que los síntomas de deficiencia no --- siempre se pueden diagnosticar con facilidad. Algunos de - - ellos pueden confundirse con decoloraciones o características anormales producidas por enfermedades o bien pueden deberse a deficiencias de algunos otros elementos o factores del crecimiento vegetal (3).

Por ser el potasio bastante móvil en la planta, sus carencias se manifiestan en primer lugar sobre los órganos de más - edad, es decir en las hojas más bajas, y se traducen en anomalías de pigmentación de las mismas que pasan de ser primeramente verde-azuladas, como en el caso de exceso de nitrógeno, a presentar, al cabo de cierto tiempo, manchas blanquecinas o amarillentas en su ápice o en sus bordes. También se necrosan rápidamente y se desecan prematuramente (4).

Una deficiencia de potasio que generalmente se presenta - en la mayoría de las plantas son "las hojas quemadas". El -- maíz indica su necesidad de potasio por el amarillamiento de las puntas y bordes de las hojas inferiores (3).

A veces, el ápice de la hoja presenta una tendencia a incurvarse hacia abajo y, en el caso de la judía y de la patata, las regiones marginales pueden enrollarse hacia la parte interna en dirección a la superficie superior (Hewitt, 1963). En -

general una planta deficiente en potasio crece achaparrada de bido a un pronunciado acortamiento de los entrenudos.

La deficiencia en potasio en la tomatera provoca la desintegración de las células medulares y revierte en un incremento de la diferenciación del parenquima floemático secundario para dar tubos cribosos y células acompañantes (Lyon y García, 1944) (13).

Síntomas de exceso de potasio en la planta.-

Los excesos de potasio se producen raramente en los suelos normales; resultan corrientemente de una desequilibrio del abo no mineral complementario y son sensibles, sobre todo, en los cereales donde no se aprecian síntomas bien marcados, asistiéndose a veces reducciones del rendimiento (4).

FERTILIZANTES A BASE DE POTASIO.-

Al igual que los fosfatos, los fertilizantes potásicos se otienen de depósitos que se encuentran desde varios centena - res a varios miles de pies por debajo de la corteza terrestre. Los depósitos de potasa se hallan como lechos de islas sólidas a distintas profundidades de la corteza terrestre y también - como salmueras en lagos y mares secos. Las mayores reservas mundiales de sales de potasio se encuentran en Alemania y la URSS. También hay depósitos extensos en el Canadá, Israel y en los Estados Unidos (17).

Sales Potasicas Naturales.-

Los yacimientos de sales potasicas se formaron al evapo - rarse el agua de mar que anteriormente cubría vastas zonas -

de la tierra. Estos minerales nunca se encuentran puros, sino que uno u otro predomina en la mezcla. En los yacimientos aparecen también trazas de boro, bromo, rubidio, amonio y litio.

En los comienzos de la industria europea de la potasa, se molían grandes cantidades de sales en bruto, especialmente sal dura, para emplearlas directamente como fertilizantes. Pronto se vio que las diversas sustancias que contenía el producto bruto, como los cloruros de sodio, magnesio y aluminio, resultaban perjudiciales para las plantas, puesto que inhibían la germinación de las semillas (1).

Sulfato Potásico.-

El sulfato potásico es una sal blanca que contiene del 41.5 al 44.2% de potasio (del 50 al 53.2% de K_2O). Es producido comercialmente mediante un cierto número de procesos.

Sulfato Magnésico Potásico.-

Tal como se vende en los Estados Unidos, este material contiene aproximadamente un 18.3% de potasio (22% de K_2O), un -- 10.8% de magnesio (18% MgO), y un máximo de 2.5% de cloro.

La langbeinita se mezcla con cloruro sódico y potásico. - La proporción de disolución menor de la langbeinita es utilizada como base para la purificación en que la ganga es triturada y un proceso de lavado a contracorriente elimina las sales cloro.

Nitrato Potásico.-

Hay diversos medios de producir el nitrato potásico. Un método reciente patentado hace reaccionar el pentóxido de nitro

geno líquido anhidro con cloruro potásico.

Otras fuentes.- Desechos en la fabricación de los productos de tabaco, consistentes sobre todo en tallos y nervios de hojas de tabaco que son pulverizadas y vendidas para ser utilizadas en la industria de fertilizantes, contienen del 4 al 8% de potasio y del 2 al 4% de nitrógeno. Este producto sirve también como un buen condonador para los productos mezclados.

Un alga marina gigante se halla en grandes lechos extendidos desde la Baja California hasta la península de Alaska. Las plantas crecen rápidamente y los lechos son accesibles.- Parece que esta alga podría proporcionar una considerable cantidad de potasio anualmente. La ceniza, que tiene como máximo un 25% de potasio, es también una fuente importante de iodo. Durante la primera guerra mundial se hizo en California un uso limitado de esta alga gigante como fuente de potasio (17).

CALCIO.-

El calcio (Ca) es más conocido por los compuestos que forma, sobre todo la "cal", cal viva u óxido de calcio (CaO), aunque debemos aclarar que el término cal se aplica también a otros compuestos de calcio. Esto último, como era de esperarse, origina cierta confusión, puesto que no existen dos compuestos cálcicos que se comporten de idéntica manera cuando se añaden al suelo. Por ello es indispensable conocer claramente los compuestos cálcicos, como la cal viva, la cal

apagada (hidratada) o hidróxido de calcio $\text{Ca}(\text{OH})_2$, el carbonato de calcio o caliza (CaCO_3) y el sulfato de calcio (CaSO_4) (1).

El calcio presenta las siguientes propiedades químicas :

PESO ATOMICO	No. ATOMICO	VALENCIA	DENSIDAD	
40.08	20	+2	1.55	(9)

Forma utilizada por las plantas. El calcio al igual que el potasio, es absorbido por las plantas como ion, Ca^{2+} , lo cual se verifica ampliamente de la solución del suelo y posiblemente, en una menor extensión, por el proceso de cambio - por contacto.

Fuente del calcio del suelo.-

El calcio presente en los suelos, a parte del aquel añadido como cal o en materiales fertilizantes, tiene su origen en las rocas y los minerales de los que el suelo está formado. El calcio está contenido en un cierto número de minerales dolimita, calcita, apatita, feldespatos, cálcicos, y anfíboles, para nombrar solo algunos y por su desintegración y descomposición es liberado el calcio.

El papel del calcio liberado es menos complejo que el del potasio. Los iones calcio situados libremente en solución - pueden: 1) Ser perdidos en las aguas de drenaje, 2) absorbidos por organismos, 3) absorbidos en las partículas de barros circundantes, o 4) reprecipitados como un compuesto calcico-secundario, particularmente en los climas áridos. En lo que alcanza el conocimiento, no hay conversión en el suelo del -

calcio a una forma comparable con el potasio fijado o lentamente disponible.

Como regla general los suelos de textura gruesa, en regiones húmedas, formados por rocas pobres en minerales cálcicos, son bajos en su contenido de este elemento (17).

Origen del calcio del suelo.-

El calcio se combina fácilmente con todos los ácidos conocidos formando un vasto número de compuestos, por cuya razón no se encuentra al estado elemental. Sin embargo, en combinación es uno de los principales componentes de la litósfera y ocupa el 5o. lugar entre otros elementos según se sabe la actualidad. Lo que nos interesa es saber cuáles son los compuestos cálcicos que en estado natural son decisivos para la fertilidad del suelo.

Mencionaremos a continuación los cinco grupos principales de minerales de calcio.

Minerales silicios: Comprenden diversos tipos de feldspatos como la anortita, como la hornalenda, termolita, actinolita; los piroxidos como la augita y otros.

Minerales calizos.-

Existen una gran variedad de minerales calizos que se originan en una etapa secundaria una vez que el CaCO_3 se ha formado.

Sulfato de Calcio.-

La forma mas común en que se encuentra el calcio en la naturaleza es el yeso $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. El yeso pulverizado se em

plea en agricultura para mejorar los suelos sodicos salinos y como no abate la reacción de los suelos ácidos, puede usarse también como fuente de calcio aprovechable por las plantas -- siempre y cuando el pH de estos suelos no interfiera (15).

FUNCIONES DEL CALCIO DE LA PLANTA. -

Un papel bien conocido desempeñado por el calcio en las plantas es su participación en las paredes celulares en forma de pectato calcico. La lámina media de las membranas celuló-sicas de las células vegetales esta formada basicamente por pectatos de calcio y magnesio. La extracción parcial de calcio a partir de la lámina media con ácido etilen-diamine-tetraacético(EDTA), que es un quelador, estimula el crecimiento del coléoptilo de Avena (Bennet-Clark, 1956). Se ha supuesto que esta estimulación es el resultado del aumento de plasticidad - provocado por la extracción del calcio unido al pectato. Sin embargo, puede ser también debido a un incremento de la per-meabilidad celular causada por la pérdida del calcio.

Se admite que el calcio es importante en la formación de membranas celulares y de estructuras lipídicas.

También pueden producirse mitosis anormales por efecto de una deficiencia en calcio sobre la estructura de los cromosomas y su estabilidad. Esta hipótesis se basa en la estrecha correlación existente entre la deficiencia en calcio y las -- anomalías cromosómicas (Evesole y Tatum, 1956; Hyde y Paliwal, 1958, Steffenson, 1953,1955) y por la posibilidad de que las partículas de nucleo-proteínas esten unidas entre sí

por cationes divalentes (Mazia, 1954) (3).

SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE CALCIO EN LA PLANTA.-

Los síntomas de deficiencia de calcio son fáciles de observar y muy espectaculares. Las regiones meristemáticas aplicales del tallo, de las hojas y de las raíces resultan fuertemente afectadas y pueden acabar muriendo, por lo cual cesa el crecimiento de estos órganos. Las raíces pueden acortarse, engrosarse y adquirir una coloración parda, como ocurre en las tomateras deficientes en calcio (Kalra, 1956). En general se presenta clorosis junto a los bordes de las hojas jóvenes, y estas zonas acaban sufriendo una necrosis. También es característica de las plantas deficientes en calcio la malformación o distorsión de las hojas jóvenes, siendo el síntoma más fácil de observar la forma ganchuda que presenta la punta de las hojas. Los síntomas de deficiencia suelen aparecer en primer lugar en las hojas jóvenes y en los ápices en activo crecimiento probablemente como consecuencia de la inmovilidad del calcio en la planta (3).

Cuando hay carencia de este elemento se observa, según Wallace, decoloración y enrollamiento de los brotes jóvenes, seguido pronto por una necrosis marginal de las hojas. Estas manifestaciones son evidentes en la col y en la lechuga. Resulta de la movilidad relativa débil del calcio en la planta, siendo los órganos jóvenes los primeramente afectados. En la patata una acusada carencia produce una reducción considerable de la tuberización (Wallace) (4).

El calcio es un mineral extremadamente importante en la nutrición de las plantas. Muchos suelos, particularmente en regiones húmedas contienen este elemento en cantidades tan pequeñas que el crecimiento de las plantas viene limitado. El camino mas obvio para corregir esta deficiencia es mediante la aplicación de cal (calcítica o dolomítica). En el caso de que el calcio sea requerido sin aumento en el pH, como resultaría por el uso de la cal, el yeso es también una fuente satisfactoria de este elemento.

Síntomas de exceso de calcio en la planta.-

El calcio tiene una nefasta influencia (clorosis) que produce el exceso de dicho elemento en algunas plantas.

Las clorosis, que aparecen en presencia de un exceso de calcio, pueden atribuirse a dos causas esenciales :

- Insolubilización del hierro o del manganeso, que puede paliarse por aportaciones de sales solubles.
- Insuficiencia de magnesia con relación a la cal (4).

FERTILIZANTES.-

Los fertilizantes no se fabrican simplemente como suministrantes de calcio. Este elemento es suministrado mas económicamente en aplicaciones periódicas de cal agrícola. En el pasado muchos fertilizantes mixtos contenían aproximadamente el 12% de calcio porque se basaban sobre todo en superfosfato ordinario. El uso aumentado de fosfatos de amonia y ácido fosfórico en la Industria de los fertilizantes, sin embargo está rápidamente reduciendo el contenido en calcio de los fer

tilizantes. Este hecho remarca incluso la importancia del man
tenimiento de un programa adecuado de adición de cal.

Diversos materiales fertilizantes utilizados hoy día, con-
tienen cantidades significantes de calcio, a continuación se -
mencionan (17) :

F e r t i l i z a n t e	Calcio %
Nitrato cálcico	19.4
Mezclas de cal y nitrato amonico	8.2
Cianamida de calcio	38.5
Yeso	22.3
Mineral de fosfato	33.1
Superfosfato ordinario	19.6
Superfosfato triple	14.3

AZUFRE. -

El azufre elemental es un no metal de color amarillo que -
se encuentra distribuido perfectamente en las zonas volcánicas
actuales o que en otras épocas fueron de índole volcánica. -
Hasta hace relativamente poco tiempo todo el azufre del comerer
cio, incluso el que se vendía en los Estados Unidos, provenía
de Sicilia o de los Andes Chilenos, pero en la actualidad se
extraen también de las minas de México, China continental, Jau
pón, La India, República Filipina e Islandia. En los Estau-
dos Unidos los yacimientos en explotación se localizan al Sur
de Utah, aunque existen otros de menor importancia en Califoru

nia. La mayor parte del azufre americano proviene de los cuantiosos yacimientos de Louisiana y Texas. Sin embargo, la reserva mundial no es inagotable y todos sabemos que el consumo cada vez mayor, sin un aumento correspondiente en la producción, a causado no pocos trastornos a la Industria norteamericana de fertilizantes (15).

El azufre (S) presenta las siguientes propiedades químicas:

PESO ATOMICO	No. ATOMICO	VALENCIA	DENSIDAD	
32.6	16	-2	2.07	(9)

Formas asimilables del azufre.-

El azufre se absorbe por las raíces de las plantas casi exclusivamente en formas de ion sulfato SO_4^{2-} . Pequeñas cantidades son absorbidas bajo la forma de dióxido de azufre SO_2 a través de las hojas de las plantas y son utilizadas por la planta; el dióxido de azufre en pequeñas concentraciones, sin embargo, es bastante tóxico. Se ha descubierto que el elemento azufre aplicado en forma de polvo sobre las hojas de los frutales encuentra la manera de introducirse en pequeñas cantidades en el interior de la planta en un intervalo de tiempo relativamente corto, pero no se conoce la manera por la que este material insoluble en agua penetra en la planta.

Como el nitrógeno, la mayoría del SO_4^{2-} se reduce en la planta y el azufre en las formas -S-S y SH. El azufre en forma de sulfato en grandes cantidades puede también ser retenido en los tejidos y en los líquidos celulares sin que se observen daños. Se hallan en cantidades iguales o ligeramente inferio

res que el fósforo en **plantas** tales como el trigo, maíz, soja y patatas, pero en **mayores** cantidades en alfalfa, coles y **na-** **bos** (15).

Formas de azufre en el **suelo**.-

La corteza terrestre contiene aproximadamente un 0.06% de azufre. Se halla presente en forma de sulfuros, sulfatos y - en **convinación** orgánica con Carbono y nitrógeno (17).

El azufre se combina fácilmente con diversos metales **for-** **mando** compuestos no oxigenados que se denominan sulfuros. La principal diferencia entre sulfitos y sulfuros, aparte de su origen, es que los segundos no contienen oxígeno.

Por lo que concierne al suelo, los sulfatos solubles en - **agua** son de lo mas interesante. De ellos el mas importante - es el sulfato de calcio denominado yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), que se encuentra frecuentemente en el suelo (17).

Cuando la materia orgánica es descompuesta por los **micro-** **bios** del suelo se separa la fracción portadora del azufre, ya sea porque la asimilan los microorganismos o porque ciertas - **materias** la descomponen rápidamente hasta la etapa de sulfuro de hidrógeno inorgánico (15).

FUNCION DEL AZUFRE EN LA PLANTA.-

El contenido de las **plantas** en azufre varía considerable- **mente** y puede alcanzar **concentraciones** muy elevadas en las -- **plantas** de la tribu de **la col** (pertenecientes a la familia de **las crucíferas**) su función mas importante y evidente es la -

participación en la estructura de las proteínas como parte integrante de los aminoácidos sulfurados: cistina, cisteínas y metionina.

Cuando hablamos de la función del azufre en las plantas no debemos olvidar las vitaminas sulfuradas como la biotina, y la tiamina así como el coenzimo A. De este modo la función del azufre va ligada en parte a las actividades metabólicas de estas vitaminas. Otra función del azufre se encuentra en los grupos sulfhidrilo que se encuentra en muchos enzimos y que, en muchos casos, son necesarios para la actividad del enzimo. También el azufre establece fuentes que en la molécula proteica, ayuda a los enlaces peptídicos y a los puentes hidrógeno a estabilizar la estructura de la proteína (3).

SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE AZUFRE EN LA PLANTA.-

Los síntomas de deficiencia visibles en azufre son en cierto modo parecidos a los de deficiencia de nitrógeno. Al igual que en las plantas deficientes en nitrógeno, se presenta una clorosis general, seguida en algunas especies por la producción de pigmentos antociánicos (Eaton,1951). A diferencia de la deficiencia en nitrógeno, las plantas deficientes en azufre presentan la clorosis empezando por las hojas mas jóvenes. Sin embargo, en condiciones especialmente severas, todas las hojas pueden sufrir una cierta pérdida de color verde (Gilbert,1951).

En una serie de estudios sobre la deficiencia en azufre -

en la tomatera, girasol, mostaza negra y soja, Eaton (1953; 1941;1942;1951) encontró que en condiciones de deficiencia, se acumulaba almidón, sacarosa y nitrógeno soluble, mientras que los azúcares reductores se encontraban en cantidad inferior a la normal.

Eaton propuso la idea de que el aumento del nitrógeno soluble podía ser debido a la inhibición de la síntesis proteica seguida de un aumento de la actividad proteolítica (3).

No se encuentran con frecuencia deficiencias de azufre en las plantas cultivadas, pues la mayoría de los suelos están bien dotados de sulfatos, pero los síntomas consisten en un amarillamiento generalizado en todas las hojas afectadas (3).

En años relativamente recientes las reseñas de deficiencia de este elemento han mostrado incremento, principalmente a causa de cuatro factores:

- 1.- Incremento en el uso de fertilizantes libres de azufre.
- 2.- Menor uso del azufre como insecticida y fungicida.
- 3.- Menor concentración de los compuestos de azufre en la atmósfera y lluvia a causa del menor consumo de aceites de alto contenido en azufre.
- 4.- Incremento del rendimiento de los cultivos que precisan mayores cantidades de elementos nutritivos esenciales (17).

FERTILIZANTES.-

Muchos de los fertilizantes comunmente empleados, tales como el superfosfato, el sulfato de amonio y el sulfato de po

tasio contienen azufre, de modo que el aplicarlos se incorpora este elemento al suelo. La capa arable normal contiene cantidades considerables de azufre mineralizado; también contiene azufre la materia orgánica que se aplica al suelo con el propósito de aumentar su contenido de hummus (15).

Los estudios comparativos de la eficiencia de las fuentes de azufre no son en absoluto tan numerosos como aquellos que comparan la eficiencia agronómica de los fertilizantes a base de nitrógeno, fósforo y potasio. Los datos disponibles sugieren que cuando el sulfato se considera solamente en cuanto a fuente de azufre, un sulfato es generalmente igual a cualquier otro (siempre teniendo cuidado de que el catión acompañante no sea cinc, cobre o magnesio, cuyas sales deben ser aplicadas parcamente) y que el factor que determine la selección debe ser el costo por unidad de azufre aplicado a la tierra (17).

A continuación mencionaremos algunas de los componentes fertilizantes mas comunes que contienen cantidades significativas de azufre, con su contenido en otros nutrientes para las plantas (17) :

M A T E R I A L	Contenido en nutrientes vegetales (%)				
	N	P ₂ O ₆	K ₂ O	S	OTROS
Acido sulfúrico (100%)	0	0	0	32.7	-
Azufre	0	0	0	100	-
Azufre de cal (seco)	0	0	0	57	43 (Ca)

Azufre de cal (solución)	0	0	0	23-24	9 (Ca)
Sulfato amónico	21	0	0	24.2	
Super fosfato normal	0	20	0	13.9	
Urea-Azufre	40	0	0	10	
Sulfato de potasio	0	0	50	17.6	

M A G N E S I O

El magnesio (Mg) es absorbido por las plantas como ion Mg^{2+} . Al igual que el calcio y el potasio, esta absorción se verifica de la solución del suelo o posiblemente por el mecanismo de cambio por contacto (17).

El magnesio presenta las siguientes propiedades químicas :

PESO ATOMICO	No. ATOMICO	VALENCIA	DENSIDAD
24.305	12	+2	1.74 (9)

Fuente del magnesio del suelo. El magnesio constituye el 1.93% de la corteza terrestre.

El magnesio en el suelo se origina por descomposición de rocas que contengan minerales como la biotita, dolomita, clorita, serpentina, y olivina. En la descomposición de estos minerales, el magnesio se desplaza libremente en las aguas que lo rodean. Este entonces puede ser: 1) Perdidos en estas aguas por percolación, 2) absorbido por los organismos vivientes, 3) absorbido por las partículas de barro circundantes, 4) reprecipitado como mineral secundario. Es de su

poner que este último fenómeno tendría lugar mas fácilmente - en un clima árido (17).

En las rocas eruptivas, metamórficas y volcánicas, participa, con el hierro, en la constitución de numerosos minerales silicatados; micas, turmalinas, piroxenos y anfiboles, peridoto, y olivino. También se encuentra en algunos zeolitas y en los silicatos hidratos, tales como el talco y las serpentina y, finalmente, en las arcillas (16).

Comportamiento del Magnesio en el suelo.-

El magnesio disponible por las plantas en el suelo está en forma cambiable o hidrosoluble. Su comportamiento sigue los mismos principios generales que el calcio y el potasio. La absorción del magnesio por las plantas depende de la cantidad presente, del grado de saturación de magnesio, de la naturaleza de los otros iones combinables, y del tipo de barro. Al igual que el potasio, pero quizás en menor extensión, el magnesio puede hallarse en los suelos en forma algo lentamente disponible, en la que éste se halla en equilibrio con el magnesio combinable.

Los suelos de textura gruesa de las regiones húmedas son aquellos en que la deficiencia de magnesio se manifiesta por regla general. Estos suelos normalmente contienen tan sólo pequeñas cantidades de magnesio cambiable, condición que se agrava por la adición de grandes cantidades de sales fertilizantes que contienen poco o nada de este elemento. El magnesio en estos suelos es liberado por cambios iónicos cuando se

añaden estos fertilizantes, y grandes cantidades de cloruro y sulfato favorecen su eliminación en las aguas de percolación.

En muchas regiones húmedas, en los suelos de textura gruesa, el uso de materiales de alto contenido en calcio puede dar como resultado un desfavorable equilibrio calcio-magnesio y un desarrollo consecuente de síntomas de deficiencia de magnesio en ciertos cultivos en crecimiento sobre estos suelos.

FUNCIONES DEL MAGNESIO EN LA PLANTA. -

Dos funciones esenciales desempeñadas en la planta por el magnesio corresponden a los importantes procesos de la fotosíntesis y del metabolismo glucídico. El magnesio forma parte de la molécula de clorofila, sin la cual la fotosíntesis no podría realizarse. Muchos de los enzimos que intervienen en el metabolismo glucídico necesita magnesio como activador. El magnesio también actúa como el activador para los enzimos que intervienen en la síntesis de los ácidos nucleicos (DNA, RNA) a partir de los nucleótidos polifosfatados. Tanto estas reacciones como las que requieren magnesio en el metabolismo de los glúcidos se realizan con la intervención de un transportador de fosfato. Se ha sugerido que es posible que el magnesio participe en estas transferencias como transportador intermedio (Naxon y McElroy, 1963). En este aspecto, Calvin (1954) ha subrayado que diversos coenzimos, como ATP o el ADP, pueden unirse a la superficie del enzimo mediante un complejo quelador en el que intervendrían el enzimo, magnesio, y el grupo pirofosfato. En muchos casos, el manganeso puede sus

tituir parcialmente al magnesio en su papel de activador en los sistemas enzimaticos mencionados (3).

Además de su intervención en la composición de la clorofila, el magnesio parece estrechamente unido a las emigraciones del fósforo y a la formación de las grasas (4).

SINTOMAS DE DEFICIENCIA DE MAGNESIO EN LA PLANTA.-

Puesto que el magnesio forma parte de la molécula de la clorofila el síntoma mas conocido de deficiencia de magnesio en las plantas verdes será la clorosis de las hojas en los espacios comprendidos entre los nervios.

Este amarillento se hace visible en primer lugar en las hojas basales y se propaga a las hojas mas jóvenes a medida que la deficiencia se va haciendo mas aguda. Esta aparición de los síntomas de deficiencia desde la base en dirección al ápice indica que el magnesio, al igual que el nitrogeno y el fósforo, goza de buena movilidad en la planta. La clorosis suele ir seguida por la aparición en las hojas de pigmentos antocianicos. En una fase mas aguda de la deficiencia, después de la clorosis y de la pigmentación, puede observarse la aparición de manchas necróticas. Estudios anatómicos realizados por Lyon y García (1944) con tomateras cultivadas en condiciones de abundancia o deficiencia de magnesio condujeron algunos resultados interesantes. Un suministro abundante de magnesio provocaba hasta cierto punto una disminución en el desarrollo del floema y un aumento en el tamaño de las células parenquimáticas mas próximas a la endodermis. En

condiciones de insuficiencia de magnesio se observó un desarrollo mas intenso del cloróquima en el cual las células eran más pequeñas pero se encontraban en número mayor y se mostraban bastante densamente cargadas de cloroplastos. También se podrían observar células medulares menores en las mismas condiciones deficientes (3).

Fertilizantes.-

El magnesio es a menudo denominado elemento nutriente secundario, quizás en parte a causa de que grandes cantidades se hallan incidentalmente en algunos fertilizantes. Aunque este elemento puede ser de secundaria importancia en la industria de los fertilizantes, cuyo propósito, históricamente, ha sido suministrar los también llamados nutrientes primarios, nitrógeno, fósforo y potasio, debería recalcar que el magnesio es tan esencial en el crecimiento de las plantas como los elementos mayores nutrientes de plantas. La fuente principal de magnesio es la piedra caliza dolmitica ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), un material utilizado para suministrar calcio y magnesio así como para corregir las acidez del suelo. Cuando el magnesio se requiere en los fertilizantes mixtos se añade un material conocido principalmente por su contenido en magnesio. La piedra caliza dolomítica es la mas ampliamente utilizada por este propósito. El magnesio puede también ser suministrado por materiales tales como el sulfato magnésico o el sulfato magnésico potásico. Aunque los únicos otros materiales producidos específicamente por su contenido en magnesio son el sulfato -

magnésico y la magnesia, que es fabricada mediante la calci-
nación de la magnesita o brucita para dar óxido magnésico (17)

MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en los laboratorios de Edafología y Fertilidad de Suelos de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León ubicada en el campo experimental de Marín, N.L.

Dicho trabajo se realizó durante el mes de Noviembre de 1986.

MATERIALES.-

- 1.- Parrilla eléctrica.
- 2.- Matraces Erlenmeyer de 125 ml.
- 3.- Embudos.
- 4.- Papel filtro # 40.
- 5.- Probeta de 50 ml.
- 6.- Tapones de hule.
- 7.- Tubos de ensaye.
- 8.- Pipetas.
- 9.- Gradilla.
- 10.- Pizeta.
- 11.- Frasco gotero.
- 12.- Balanza.
- 13.- Agua destilada.
- 14.- Cenisa volcánica.

METODOLOGIA UTILIZADA EN LA DETERMINACION DE LOS ELEMENTOS EN LA CENIZA VOLCANICA.-

- 1.- Pesar 25 grs. de la ceniza volcánica en un frasco Erlenmeyer de 125 ml.
- 2.- Agregar 50 ml. de agua destilada y 10 ml. de Hcl 0.5 N.
- 3.- Calentar a una temperatura inferior a la ebullición por 15 minutos.
- 4.- Filtrar y coleccionar por lo menos 10 ml. de filtrado en un frasco limpio o tubo grande.

DETERMINACION DE LA PRESENCIA DE LOS SIGUIENTES ELEMENTOS EN LA SOLUCION OBTENIDA A PARTIR DE LA CENIZA VOLCANICA.-

- a) Calcio.- Transferir 2 ml. del filtrado a un tubo, agregar 5 gotas de Oxalato de Amonio, lo cual indicaría la presencia de Calcio en la ceniza volcánica, mediante la presencia de un color blanco.
- b) Fósforo.- Transferir 5 ml. del filtrado a un tubo de ensa^{ye} y agregar 5 gotas de molibdato de amonio, agitar y se agregan tres gotas de cloruro estañoso, agitar y esperar por un minuto. La presencia del fósforo esta dado por la presencia de un color azul.
- c) Potasio.- Transferir 2 ml. de filtrado a un tubo de ensa^{ye} y agregar 5 gotas de cobaltinitrito de sodio, agitar ; después 10 gotas de alcohol, agitar y esperar por un minuto. La presencia de Potasio es indicada por la presencia de un fino precipitado amarillo.

- d) Magnesio.- Transferir 2 ml. a un tubo de ensaye y agregar 5 gotas de una solución de Hidróxido de Sodio (Na OH), agitar y agregar 3 gotas de reactivo de titanio amarillo. La presencia de Magnesio esta indicada por un color rojizo . (Amarillo no hay Magnesio, Naranja bajo contenido, Rosa o Rojizo es medio o alto en Magnesio).
- e) Sulfuro de/o Azufre.- Transferir 2 ml. del filtrado en un tubo de ensaye y agregar 5 gotas de Cloruro de Bario - - ($BaCl_2$), agitar. Un precipitado blanco de Sulfato de Ba - rio ($Ba SO_4$), indica la presencia de Azufre en la ceniza - volcánica.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los datos obtenidos a partir del análisis fotocolorimetro son los siguientes para los elementos en cuestión :

<u>Elemento</u>	<u>Concentración porcentual</u>
Fósforo	1.00 %
Potasio	1.50 %
Calcio	0.01 %
Magnesio	2.00 %
Azufre	15.00 %

Cálculos de los elementos estudiados que aporta la ceniza volcánica (expresados en Kg/Ha).

Tomando en cuenta una capa de 5 cms. de ceniza volcánica

1) Determinación del volúmen ocupado en 1 Ha.

$$(0.05 \text{ Mts.}) (100 \text{ Mts.}) (100 \text{ Mts.}) = 500 \text{ Mts.}^3 \text{Vol.}$$

Densidad de la ceniza volcánica = 1.052 gr/cm.

$$\begin{aligned} \text{Peso} &= (500,000,000 \text{ cm}) (1.052 \text{ gr/cm}) = 526,000,000 \text{ gr} = \\ &= 526,000 \text{ Kg de ceniza volcánica en 1 Ha.} \end{aligned}$$

2) Determinación de los elementos en Kg/Ha

$$\begin{aligned} \text{a.- Fósforo} &= 526,000 \text{ -- } 100\% \\ &X \text{ -- } 1\% = 5,260 \text{ Kg. de Fósforo} \\ &\text{aportado al suelo.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{b.- Potasio} &= 526,000 \text{ -- } 100\% \\ &X \text{ -- } 1.5\% = 7,890 \text{ Kg. de Potasio} \\ &\text{aportado al suelo.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{c.- Magnesio} &= 526,000 \text{ -- } 100\% \\ &X \text{ --- } 2.0\% = 10,520 \text{ Kg. de Mg} \\ &\text{aportado al suelo.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{d.- Calcio} &= 526,000 \text{ -- } 100\% \\ &X \text{ -- } 0.01\% = 52.6 \text{ Kg. de Calcio} \\ &\text{aportado al suelo.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{e.- Azufre} &= 526,000 \text{ -- } 100\% \\ &X \text{ --- } 15\% = 78,900 \text{ Kg. de Azufre} \\ &\text{aportado al suelo.} \end{aligned}$$

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente análisis

sis se observa la existencia en cantidades relativamente apreciables de los macroelementos (excepción el nitrógeno) y elementos intermedios, los cuales representan un 19.5 de el valor total de elementos que constituyen la ceniza volcánica - por lo que es de suponer que ha pesar de los inconvenientes presentados tanto sociales como de salud y agrícolas, el beneficio a mediano y a largo plazo para esta última será favorable.

No obstante que los perjuicios ocasionados a la Agricultura y Ecología en general fueron grandes por el efecto mismo de la deposición del sedimento volcánico y por el impedimento de la libre difusión de la luz solar, así como otros efectos colaterales.

En base a las determinaciones se observa la aportación de una cantidad considerable de azufre al suelo y se prevee un cambio en el pH del suelo, por lo que es de suponer un viraje en la dinámica poblacional nativa. De acuerdo a esto los organismos que se verán beneficiados aumentando su población serán los hongos en general, y las bacterias del tipo sulfurosas, por lo que será de esperar bajas considerables en el pH del suelo. Así también existirán alteraciones en los ciclos naturales de los parásitos pudiendo aparecer nuevas clases de enfermedades así como desaparecer otras por lo menos hasta que el balance natural se restablezca.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conforme a los resultados obtenidos en el presente trabajo se puede concluir lo siguiente:

Las cantidades aportadas de los elementos en estudio rebasan ampliamente las necesidades fisiológicas de los cultivos. Por lo que es de suponerse que dichas cantidades aportaran - por un tiempo considerable (variable según el elemento) las necesidades de los mismos.

De acuerdo a los cálculos efectuados en relación entre los pesos de la capa de ceniza volcánica y la capa arable del suelo, aquella representa el 14.6 %, por lo que el cambio en los agregados del suelo (estructura) es inminente.

Debido a que el azufre representa el 2.1 % del total del peso de la capa arable suponemos que el pH bajará en forma considerable con los efectos colaterales concomitantes.

De acuerdo con las conclusiones anteriores se recomienda :

- Efectuar un análisis edafológico nutricional de las cantidades de estos elementos en sus formas disponibles. Hacer el análisis de los contenidos de microelementos en la ceniza volcánica.
- Realizar las adecuaciones a los diferentes grosores de material volcánico depositado.

R E S U M E N

El presente trabajo fué realizado en los laboratorios de Edafología y Fertilidad de Suelos de la F.A.U.A.N.L. localizada en el campo experimental de Marín, N.L.

Los objetivos principales de esta práctica fueron : La determinación de los elementos mayores e intermedios (P, K, Ca, Mg y S) localizados en la ceniza volcánica y la cuantificación teórica de dichos elementos en Kg/Ha para su posterior utilización por los cultivos.

En base a los resultados obtenidos en la práctica de laboratorio se observó la existencia en cantidades relativamente apreciables de los macroelementos (excepción el nitrógeno) - así como elementos intermedios, los cuales representan un 19.5 de el valor total de elementos que constituyen la ceniza volcánica. Con la cuantificación teórica efectuada de los elementos en Kg/Ha se puede concluir que las cantidades aportadas de los elementos en estudio rebasan ampliamente las necesidades fisiológicas de los cultivos. Esto conlleva a cambios, en la estructura del suelo.

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

- 1.- Black, C.A.1975.Relación Suelo-Planta. 1a. Edición Tomo II. Editorial Hemisferio Sur, Argentina. pp. 613, 614.
- 2.- Collins-George, N., Daver, B.G., Smiles, D.E.1971. Suelo, Atmosfera y Fertilizantes. Ed. Aedos. Barcelona. pp. 305-310.
- 3.- Devlin, R.M. 1975. Fisiología Vegetal. Ediciones Omega,S.A. Barcelona. pp. 281 - 286.
- 4.- Diehl, R., Mateo Box, J.M., Urbano T, P. 1973. Fitotecnia General. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. pp. 370 - 384.
- 5.- Enríquez R., S.A. 1980. Efecto de la Relación Fe/Mn sobre la sintomatología, Contenido nutrimentales de la Clorofila de 5 AAL, Catalasa y Peroxidasa en la vid (Vitis vinifera) C.V. Malga Roja. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados de Chapingo. México.
- 6.- Foth, H.D. y Turk, L.M. 1975. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Ed. Continental, S.A. México. pp. 343 - 346.
- 7.- Gaucher, G. 1971. Tratado de Pedología Agrícola el Suelo y sus características Agronómicas. Ed. Omega,S.A. Barcelona. pp. 362 - 363.
- 8.- Instituto de Ciencias Geológicas de Gran Bretaña. 1977 - pp. 5 - 15.
- 9.- Petrucci, R.H. 1977. Química General. Ed. por Fondo Educativo Interamericano, S.A. Bogotá. pp. 59, 654 - 655.

- 10.- Rojas G, M. 1972. Fisiología Vegetal Aplicada. Libros - - McGraw-Hill de México, S.A. de C.V. pp. 104 - 106.
- 11.- Russell, E.J. y Russell, E.W. 1959. Las Condiciones del Suelo y el Desarrollo de las Plantas. Ed. Aguilar, S.A. - Madrid. p. 46.
- 12.- Sarasola, A.A. y Rocca de Sarasola, M.A. 1975. Fitopatología Curso Moderno. 1a. Edición, Tomo IV. Editorial Hemisferio Sur, Argentina. p.104.
- 13.- Sivori, E.M., Montaldi, E.R., Caso, O.H. 1980. Fisiología Vegetal. Ed. Hemisferio Sur S.A. pp. 362 - 364.
- 14.- Tamhane, R.V. Suelos: Su Química y su Fertilidad en Zonas Tropicales. 1a. Edición. Ed. Diana, México. pp. 199, - 200, 214 - 216, 286 - 289.
- 15.- Teuscher, H. y Adler, R. 1965. El Suelo y su Fertilidad. Editorial Continental S.A. México. pp. 249 - 273.
- 16.- Thompson, L.M. 1966. El Suelo y su Fertilidad. Editorial - Reverté S.A. Barcelona-Buenos Aires-México. pp. 215-237.
- 17.- Tisdale, S.L. y Nelson, W.C. 1982. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. U.T.E.H.A. México, D.F. pp. 83 - 100, 212 - 332.

