

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE
MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

TECNICAS ANALITICAS PARA LA
CARACTERIZACION DE ROCA FOSFORICA
UTILIZADA COMO MATERIA PRIMA EN LA
FABRICACION DE FERTILIZANTES Y LA
APLICACIÓN DE ESTOS EN EL CAMPO

Informe de práctica profesional

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
QUIMICO

Presenta

FERNANDO FLORES GONZALEZ

MEXICO, D.F.

2006



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado:

Presidente Prof. GRACIELA MULLER CARRERA

Vocal Prof. MARIA DE LAS MERCEDES
MARGARITA MEIJUEIRO
MOROSINI

Secretario Prof. JESUS GONZALEZ PEREZ

1er sup. Prof. MARIA RAMIREZ MAYA

2do sup. Prof. MARTHA RODRIGUEZ PEREZ

Tema desarrollado en Fertilizantes Mexicanos.

Asesor del tema: M en C. Graciela Muller Carrera.

Supervisor técnico: Ing. Martha Rodríguez Pérez.

Sustentante: Fernando Flores González.

A mis padres:

Sr. Raúl Flores Galván.

Sra. Hortensia González Cano.

Con gran cariño.

A mis hermanos:

Elvia, Raúl, Carlos y Elsa.

A mis hijas:

Maria Fernanda, Elvia Elizabeth,
Grecia y Raquel.

1 OBJETIVO	6
2 INTRODUCCIÓN	7
3 CLASIFICACION DE FERTILIZANTES	8
4 CONDICIONES DEL SUELO PARA LA APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES	22
5 METODOS Y EPOCAS DE APLICACIÓN DE LOS FERTILIZANTES	28
6 PARTE EXPERIMENTAL TECNICAS ANALITICAS UTILIZADAS PARA EL CONTROL DE LA ROCA FOSFORICA	48
7 DISCUSION	60
8 CONCLUSIONES	61
9 BIBLIOGRAFÍA	62
APENDICE	64
ABREVIATURAS	75

1 OBJETIVO

El objetivo del presente trabajo reside en dar a conocer las técnicas analíticas utilizadas en el control de la roca fosfórica al producir fertilizantes fosfatados y contempla aspectos generales sobre recomendaciones dadas a los agricultores acerca del uso y aplicación de fertilizantes (Estas actividades fueron desarrolladas en el Departamento de Experimentación de la Subgerencia de Investigación de la Gerencia de Planeación de Fertilizantes Mexicanos).

1 INTRODUCCION

Las metodologías utilizadas en la caracterización de las materias primas mas importantes (roca fosfórica) utilizadas en la fabricación de fertilizantes a fin de determinar el uso adecuado de la misma; y las recomendaciones proporcionadas a los agricultores para el uso correcto de los fertilizantes esta ultima actividad desarrollada en coordinación con personal de la gerencia de campo son abordadas en esta tesis.

En la actualidad, debido al vertiginoso crecimiento de la poblacion, sigue siendo necesario tambien incrementar la produccion de alimentos en una proporcion directa al aumento demografico.

Generalmente se ha elegido, para aumentar la producción de alimentos, incrementar los rendimientos de producto por unidad de superficie; es decir, aumentar los productos por hectárea. Para lograrlo se ha recurrido a un estudio profundo de los efectos de la aplicación de nutrientes a los cultivos, en combinación con el uso de variedades de semillas mejoradas, sin perder de vista los factores del clima, del suelo, además de los biológicos que afectan a la planta en su desarrollo.

El uso y aplicación de los fertilizantes proporcionan los nutrientes requeridos por las plantas, reviste una gran importancia en la producción de alimentos, pues con esto se pretende asegurar la supervivencia del género humano. Actualmente no todos los núcleos de población disponen de estos productos o de los conocimientos para su aplicación correcta.

El uso de los fertilizantes en si no origina altos rendimientos en los cultivos, sino que se deben a la aplicación de una adecuada tecnología agrícola, la cual involucra especialidades como investigación agronómica, manejo adecuado del suelo, utilización de insumos y desarrollo sociocultural de las comunidades agrícolas.

1 CLASIFICACION DE FERTILIZANTES

Se considera fertilizante al producto que incorporado al suelo o aplicado a los vegetales o a sus partes, suministra en forma directa o indirecta sustancias requeridas por aquellos para su nutrición, para estimular su crecimiento, para aumentar su productividad o para mejorar la calidad de producción.

Existen varias clasificaciones de fertilizantes, destacando por su importancia las siguientes:

- De acuerdo con su naturaleza.
 - Orgánicos
 - Inorgánicos
- Por el tipo de nutrientes que contengan
 - Nitrogenados
 - Fosfatados
 - Potasicos
- Por el requerimiento de la planta
 - Macro nutrientes
 - Micro nutrientes
- Por su aspecto físico.
 - Sólidos
 - Fluidos

SEGÚN SU NATURALEZA

Aunque algunos autores empleen el término abonos y fertilizante, indistintamente, se debe destacar la diferencia.

Los orgánicos no solo actúan como fertilizantes al suministrarle nutrientes a los suelos, sino que, además, actúan como mejoradores de las propiedades físicas de estos.

Los inorgánicos solo actúan como fertilizantes.

Abonos orgánicos

La mayoría de los abonos orgánicos, de origen animal o vegetal, contienen varios tipos de nutrientes (particularmente N y P, así como pequeñas cantidades de K y micro nutrientes), cuya concentración es sin embargo, menor que la de los fertilizantes minerales. A pesar de ello, los abonos orgánicos no deberán valorarse únicamente por su contenido de nutrientes, sino también por su efecto en las propiedades del suelo: la materia orgánica aumenta la actividad microbiana, mejora su estructura, aireación y capacidad de retención de humedad. Además, también actúa como regulador de la temperatura del suelo, retarda la fijación del ácido fosfórico mineral, y suministra los productos de descomposición orgánica que incrementa el crecimiento de la planta.

Asimismo los abonos orgánicos representan una fuente de suministro lento y uniforme de nitrógeno que influye para lograr una mejor producción de cosecha por unidad de superficie cultivada. En virtud de estas propiedades los abonos orgánicos crean las condiciones necesarias para un mejor aprovechamiento de los nutrientes inorgánicos. Los abonos orgánicos más importantes, de acuerdo con su procedencia, son los siguientes:

Estiércol
Composta
Leguminosas
Turba

Estiércol.

Es el abono doméstico de mayor importancia constituido por las excreciones sólidas y líquidas de los animales. Sin embargo, en el estercolero el estiércol fresco debe someterse a la putrefacción, mediante la cual se experimenta una serie de procesos químicos y biológicos. La composición de la materia inicial es variable según la especie animal, la alimentación y el régimen de vida de los animales.

El excremento contiene compuestos de nitrógeno, de fósforo y de potasio; la orina es pobre en fósforo y contiene principalmente compuestos de nitrógeno y de potasio. Además una parte considerable de las heces consiste en bacterias: en el ganado vacuno cada gramo de heces contiene varios miles de millones de aquéllas.

El estiércol más importante, con mucha diferencia, es el de la vaca, que representa cuantitativamente la mayor parte del estiércol de establo obtenido. Es rico en agua y en componentes mucosos, tiene calidad pastosa

y se califica de estiércol frío por la lentitud de su descomposición. En cambio, el estiércol de caballo tiene menos agua, se descompone rápidamente y se califica como estiércol caliente. Aún más seco es el estiércol de oveja, por lo que se llama igualmente estiércol caliente. Un estiércol frío es el de cerdo que, también en lo demás, es parecido al de vaca.

Aunque la composición del estiércol depende del tipo de alimentación vegetal o animal en la práctica suelen mezclarse, unos con otros.

Como mezcla absorbente del estiércol se emplean, en general, las camas de turba, musgo, hojas de árbol, etc. Una buena cama debe tener buen poder de absorción y de fijación de las excreciones líquidas. La **tabla No. 1** nos da una idea de la composición de la orina, las heces y el estiércol fresco de distintos animales.

Composta

En la producción agrícola y de jardinería se produce un gran número de sustancias que no se utilizan para la alimentación del hombre y de los animales, pero tampoco pueden usarse para la nutrición de las plantas, como son: el bagazo de caña de azúcar, lodos, basuras, hierbas, cenizas, etc. Con el tratamiento de los materiales citados se obtienen compostas que se conocen como estiércoles artificiales, y pueden emplearse en lugar del estiércol del establo.

Leguminosas

También se conocen como abonos verdes las plantas cultivadas que se entierran para enriquecer el suelo con sustancias orgánicas y nitrógeno. En general, se emplean leguminosas, porque son ricas en compuestos nitrogenados; constituyen una fuente de nitrógeno orgánico; liberan y movilizan las sustancias minerales del suelo; incrementan la actividad microbiana; abastecen al subsuelo con materia orgánica; y por último, son medios de defensa contra la erosión.

Turba.

Es obtenida por la descomposición natural de residuos vegetales que cubren la superficie del suelo. Este manto incrementa la penetración de las raíces en capas superiores del suelo, cuya riqueza en nutrientes es mayor.

Ello conduce también al mejor aprovechamiento de los nutrientes de los fertilizantes.

Fertilizantes inorgánicos

Los fertilizantes inorgánicos contienen uno o más nutrientes, que están contenidos en forma concentrada y fácilmente soluble. Casi la totalidad de ellos contiene una cierta cantidad de nutrientes secundarios, como por ejemplo: sulfatos, cloruros, calcio, etc. que, en parte, favorecen también el crecimiento de la planta.

Tabla no. 1 Composición de las excreciones recientes (orina, heces) y del estiércol fresco de distintos animales.

Orina, heces, Estiércol fresco	Agua %	Materia orgánica %	N Total %	N Soluble %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	CaO %
Orina reciente:							
Ganado vacuno	92.5	3.0	1.00	1.00	0.10	1.50	0.03
Caballo	89.0	7.0	1.20	1.20	0.05	1.50	0.15
Oveja	87.5	8.0	1.50	1.50	0.10	1.80	0.30
Cerdo	94.5	2.5	0.50	0.50	0.05	1.00	0.02
Heces recientes:							
Ganado vacuno	80.0	18.0	0.30	0.05	0.20	0.10	0.10
Caballo	75.0	23.0	0.55	0.06	0.30	0.33	0.23
Oveja	68.0	29.0	0.60	0.05	0.30	0.20	0.40

POR EL TIPO DE NUTRIENTE QUE CONTIENEN

Nitrogenados.

Fosfatados.

Potásicos.

Nitrogenados.

El nitrógeno no se halla en las rocas ni en los minerales primarios de la corteza terrestre. Todo el nitrógeno del suelo proviene de la atmósfera, a través de los procesos de fijación que producen la combinación de este elemento con el hidrógeno o el oxígeno. La atmósfera contiene casi el 78 % de nitrógeno; sin embargo, no puede ser utilizado directamente por las plantas superiores, ya que requiere la previa combinación con hidrógeno o con oxígeno. Los fertilizantes nitrogenados se pueden caracterizar de acuerdo con la forma en que se presente este elemento; a saber:

Fertilizantes nítricos (nitrato de sodio, nitrato de calcio, nitrato de potasio).

Fertilizantes amoniacales (sulfato de amonio, cloruro de amonio, soluciones amoniacales).

Fertilizantes amidos (urea).

Los fertilizantes nitrogenados inicialmente se obtuvieron de fuentes orgánicas como la sangre, los desechos de animales o vegetales, y mediante la siembra de leguminosas. Además como fuentes adicionales de nitrógeno también se obtiene de, el guano, el nitrato de sodio natural de Chile, el sulfato de amonio subproducto del gas de hulla y la cianamida cálcica. Como consecuencia de la síntesis del amoníaco la producción de fertilizantes nitrogenados se incrementó notablemente.

En la actualidad se dispone de una gran variedad de fertilizantes nitrogenados como el sulfato de amonio (20.5 % N); cloruro de amonio (24% N); urea (46 %N); fosfato diamónico (18 % N) y derivados del ácido nítrico, como el nitrato de amonio (33.5 % N); el nitrato de calcio (15. 5 % N); y los nitro fosfatos, además de las fórmulas complejas NPK.

En nuestro país el mayor consumo de fertilizantes nitrogenados corresponde al amoníaco anhidro, sulfato de amonio, urea, nitrato de amonio y el fosfato diamónico. El sulfato de amonio es el producto que más se consumió en un principio, debido a las importaciones del mismo y porque fue el primer fertilizante nitrogenado que se produjo en el país. Posteriormente, la necesidad de usar fertilizantes nitrogenados de mayor concentración (por ciento de nitrógeno por fórmula), trajo consigo la

producción y consumo de la urea y el amoníaco anhidro, aunque este último sólo se aplica en zonas donde la mecanización está bastante avanzada.

En términos generales los fertilizantes nitrogenados son bastante solubles en agua; en el suelo se hidrolizan y se descomponen en amoníaco (NH_3), ión amonio (NH_4^+), nitritos (NO_2^-) y nitratos (NO_3^-). Los NO_2^- rápidamente se transforman en nitratos por oxidación. El NH_4^+ es absorbido por algunas plantas, aunque más comúnmente se transforman en NO_3^- .

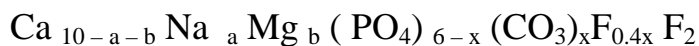
Las reacciones de los fertilizantes nitrogenados tienen efectos residuales que es necesario considerar. El nitrato de amonio, sulfato de amonio, cloruro de amonio y fosfato mono amónico incrementan la acidez del suelo. La reacción inicial del fosfato diamónico tiene un efecto alcalino, en tanto que la del nitrato de potasio, nitrato de sodio y nitrato de cobre es neutra. Al aplicar la urea la reacción inicial de hidrólisis tiene un efecto alcalino.

Fosfatados.

La materia prima para la obtención de la mayoría de los fertilizantes derivados del ácido fosfórico son los fosfatos naturales (rocas fosfóricas), principalmente la fosforita y la apatita: por su composición las apatitas se diferencian en fluorapatitas e hidroxilapatitas. Los fosfatos naturales se evalúan principalmente por su contenido de P_2O_5 .

La roca fosfórica es el material conformado por minerales fosfatados del grupo de las apatitas y otros minerales llamados accesorios o ganga. Las variedades de apatita más importantes son la francolita y la fluorapatita, presentándose la primera en yacimientos de origen sedimentario, que son de mayor abundancia y la segunda, en aquellos de origen ígneo.

La composición del material apatítico puede representarse de acuerdo a la siguiente fórmula:



El producto considerado en esta forma se clasifica en los siguientes tipos y grados de calidad.

a) Tipo I.- roca fosfórica de aplicación directa al suelo, con un grado de calidad.

- grado A.- roca fosfórica de 20.1% P_2O_5 mínimo (44BPL).

b) Tipo II.- roca fosfórica para producción de fertilizantes, con dos grados de calidad.

- grado A.- roca fosfórica para producción de ácido fosfórico con 30.0 % P_2O_5 mínimo (66BPL).

- grado B.- roca fosfórica para producción de superfosfatos con 32.0 % P_2O_5 mínimo (70 BPL).

BPL es la abreviatura de “Bone Phosphate of Lime” que corresponde a la manera comercial de indicar el contenido de fosfato tricalcico ($BPL = \% P_2O_5 * 2.185$).

Semejante al caso de los fertilizantes nitrogenados, los fosfatados se pueden subdividir en dos grupos según sea la forma de combinación y grado de aprovechamiento que presente en P_2O_5 .

Fertilizantes solubles en agua:

Superfosfato simple (16-20% de P_2O_5) superfosfato triple (43-49 % de P_2O_5).

Fertilizantes fosfatados solubles en ácido cítrico o citrato de amonio:

Escorias básicas; fosfato dicálcico (39 % de P_2O_5).

El superfosfato simple (20 % P_2O_5) fue el primer fertilizante fosfatado que se produjo en el país. Al iniciarse la producción de ácido fosfórico fue posible obtener productos diferentes al superfosfato simple, como el superfosfato triple (46 % P_2O_5), el fosfato diamónico (46 % P_2O_5) y las fórmulas complejas NPK. Actualmente los fertilizantes fosfatados de mayor consumo son el fosfato diamónico, superfosfato simple y superfosfato triple.

El mayor consumo corresponde al fosfato diamónico, debido principalmente a su elevado contenido de fósforo (46 % P_2O_5), a su mayor disponibilidad. Además contiene otro nutriente: el nitrógeno, en una concentración del 18 %. Existen también otros compuestos fosfatados que se usan actualmente, como los pirofosfatos (fosfatos condensados) (95 % P_2O_5) y los poli fosfatos.

La asimilación de los fertilizantes fosfatados por las plantas depende de su solubilidad, del pH y de la presencia de hierro, aluminio y calcio en el

suelo. En los suelos con pH menor de 6.5 y mayor de 7.5, los fosfatos se fijan con mayor rapidez; por el lado ácido esa fijación es rápida si hay aluminio y hierro. Por el lado alcalino la fijación es buena con el calcio.

En suelos con tendencia fuerte a la fijación de fosfatos el empleo de fosfatos menos solubles resulta ventajoso a causa de su reacción lenta con las partículas del suelo.

Potásicos.

Los fertilizantes potásicos se caracterizan por presentar su potasio en forma soluble en agua y de ser de fácil asimilación para la planta. No obstante, a este nutriente se le clasifica según el contenido de potasio y clase de anión que lo acompaña. Su contenido potásico se da, convencionalmente, en forma de óxido o sea, K_2O . Los tipos de mayor importancia son:

KCl (50 - 60 % de K_2O).

K_2SO_4 (48-52 % de K_2O).

En México la demanda de potasio se satisface principalmente a partir del sulfato de potasio (50 % K_2O) y el cloruro de potasio (60 % K_2O), los cuales se aplican, sin combinar como mezclas físicas o bien como fertilizantes complejos. El consumo de fertilizantes potásicos es menor en comparación con el de los fertilizantes nitrogenados y fosfatados, debido a la naturaleza de los suelos del país, y a las cantidades que de ellos requieren las plantas, por lo que no se usan en forma general en todos los cultivos. Además del sulfato de potasio y el cloruro de potasio hay otros fertilizantes potásicos como el carbonato y bicarbonato de potasio (68 % y 47 % K_2O respectivamente), nitrato de potasio (44 % K_2O), los sulfatos de potasio y magnesio (26 % a 30 % K_2O). Siendo el cloruro de potasio el de mayor consumo.

El suelo puede tener una gran cantidad de potasio, sin embargo, sólo una porción pequeña es asimilable por las plantas. Las condiciones óptimas del suelo para fijar el potasio se dan en un pH ligeramente alcalino o neutro.

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DE REQUERIMIENTO DE LA PLANTA

Considerando los elementos que las plantas requieren en mayor o menor proporción o bien, que más frecuentemente escasean en la superficie arable se clasifican en:

Macro nutrientes y Micro nutrientes.

Macro nutrientes. - Estos se dividen en mayores y menores.

Macronutrientes.

Los nutrientes que las plantas requieren en mayor cantidad son: nitrógeno (N); fósforo expresado como anhídrido fosfórico o pentóxido de fósforo (P_2O_5); y potasio, expresado como óxido de potasio (K_2O).

Nitrógeno.

Es un componente de los aminoácidos que, junto con el magnesio, son los únicos elementos en la molécula de la clorofila. Una deficiencia de ellos puede causar clorosis; es decir poco contenido de clorofila. El crecimiento de la planta está asociado con la adecuada dosificación de nitrógeno, ya que juega un papel importante en la división celular de la planta. Una deficiente nutrición de nitrógeno limita el crecimiento de los cultivos; sin embargo una cantidad excesiva puede causar acumulaciones no proteínicas de nitrógeno, produciendo concentraciones tóxicas de nitratos.

Fósforo.

Aunque la planta no requiere grandes cantidades de éste elemento en comparación con el nitrógeno, su ausencia limita el crecimiento de la planta. Tiene influencia en muchas funciones vitales como la fotosíntesis, la utilización de azúcares y almidones, y en procesos de transferencia de energía. La calidad y facilidad de maduración de las semillas está ligada a la buena nutrición de fósforo. Las plantas jóvenes absorben fósforo muy rápidamente; adecuadas cantidades de él incrementan el tamaño de las raíces.

Potasio.

El potasio es el tercer nutriente mayor de las plantas. Actúa como un catión libre; es decir, no forma parte de compuestos, como el nitrógeno y el fósforo. Es esencial en procesos como la fotosíntesis y en el periodo de formación de la fruta, además de dar resistencia a la planta a las enfermedades en la época de invierno. Desempeña un papel importante en la transformación de los azúcares y otros productos, además de ser necesario para la formación de aminoácidos y proteínas.

Micro nutrientes.

El calcio y el magnesio tienen la función de actuar como bases para neutralizar la acidez de los fertilizantes, en tanto que el azufre se emplea, por su efecto acidificante, en los fertilizantes alcalinos. Reduciendo la acidez del fertilizante se incrementa la actividad microbiana, además de

que el calcio disminuye la solubilidad y toxicidad de elementos como el manganeso, cobre y aluminio.

El azufre es absorbido por las plantas como ión sulfato $(SO_4)^{2-}$, cuya deficiencia en las plantas produce efectos similares a la falta del nitrógeno, ya que es un componente importante de las proteínas y de otros compuestos.

Micro nutrientes

Estos son el boro (B), zinc (Zn), hierro (Fe), molibdeno (Mo), manganeso (Mn), cobre (Cu). El efecto de cada micro nutriente en la planta es complejo. En términos generales juegan un papel importante en el metabolismo y en la función genética de la planta. La deficiencia de boro, entre los micro nutrientes, es la que con mayor frecuencia ocurre en los cultivos agrícolas, su presencia es necesaria en las partes de la planta donde se verifica una activa división celular. La disponibilidad y asimilación de boro, cobre, hierro, manganeso y zinc aumenta en suelos que tienen un pH entre 5 y 7.

CLASIFICACIÓN EN FUNCIÓN DEL ASPECTO FÍSICO.

De acuerdo a su aspecto físico, los fertilizantes se clasifican en sólidos y fluidos.

Fertilizantes sólidos.

Estos se pueden presentar en forma de gránulos o polvos.

En polvo.

En algunos casos es conveniente que el fertilizante se presente en forma de polvo, para que se distribuya bien en el suelo, con objeto de obtener mejores resultados y mayor aprovechamiento. Lo anterior es deseable para fertilizantes poco solubles; además es recomendable que se mezclen perfectamente con el suelo, para que al reaccionar con el se hagan más fácilmente asimilables por las plantas. En todos los demás casos en que no existe el problema de solubilidad no es recomendable el uso de los fertilizantes en polvo.

En gránulos.

Los fertilizantes granulados presentan buenas condiciones para su manejo y distribución, tanto manual como mecánica. Estos productos vienen normalmente, recubiertos con sustancias que los protegen de la humedad, evitando su apelmazamiento o disolución durante el manejo. Dentro de esta se distinguen dos tipos de productos, de acuerdo con el equipo usado para

su obtención: granulados y aperdigonados. Los granulados, se obtienen en tambores rotatorios y los aperdigonados en torres. El aspecto exterior de los gránulos es más irregular que el de los aperdigonados, mientras que el tamaño de los últimos es más uniforme.

Fertilizantes fluidos.

Con este nombre se denomina a los fertilizantes líquidos, que son empleados en sustitución de los sólidos donde se cuenta con los medios para su transportación y aplicación, se requieren tanques y conductos apropiados para ello, la producción y el empleo de los fluidos ha adquirido gran importancia, debido a que presentan varias ventajas sobre los sólidos como son : homogeneidad en su composición química, no presentan problemas de segregación o apelmazamiento, se pueden aplicar con plaguicidas o herbicidas cuando se requiera en los cultivos.

Tanto los fertilizantes fluidos como los sólidos, pueden contener uno, dos o tres nutrientes mayores, es decir, tener la fórmula NPK en las proporciones requeridas por el agricultor. Desde el punto de vista agronómico, los fertilizantes fluidos son adecuados para todos los cultivos; sin embargo, su uso se justifica solamente en donde se tenga que aplicar en grandes extensiones de cultivo, con equipo mecanizado y a poca distancia de la planta productora de dichos fertilizantes.

Se producen dos tipos de fertilizantes fluidos:

Los líquidos claros y las suspensiones.

Líquidos claros.

Son todos los fertilizantes que no contienen sólidos en suspensión y, en general, son disoluciones de sales solubles en agua, a excepción del amoníaco y del agua amoniacal.

Amoníaco anhidro. - Puede ser aplicado al suelo como tal o bien con el agua de riego. Contiene de 81 % a 82 % de nitrógeno y es el fertilizante de más alta concentración de nitrógeno. Su aplicación requiere de un alto grado de capacitación técnica en el agricultor, de una nivelación adecuada del terreno y de la disponibilidad de maquinaria apropiada. La aplicación directa del amoníaco anhidro es una práctica generalizada en las zonas más tecnificadas del país.

Las disoluciones nitrogenadas se preparan a partir de amoníaco de nitrato de amonio o en forma separada o en combinación. De acuerdo a su presión de vapor se clasifican en:

Sin presión y
Con presión.

Sin presión las disoluciones que no contienen amoníaco libre o solo en pequeñas cantidades. A temperaturas normales la presión de vapor debida al amoníaco que contienen es nula.

Con presión las disoluciones de amoníaco en agua o en disoluciones de urea de nitrato de amonio o la combinación de éstas. De acuerdo a su presión de vapor se clasifican en: de presión baja (menores de 1.4 Kg./cm²), de presión media (de 1.4 a 7.0 Kg./cm²) y de presión alta (mayores de 7.0Kg./cm²) a 40°C.

Suspensiones.

Estos fertilizantes contienen parte de sus componentes en forma líquida y parte en suspensión en forma sólida. A menudo se emplean los términos "fertilizantes en suspensión" y "fertilizantes en pasta" en forma intercambiable para designar a todos los fertilizantes líquidos que contienen sólidos en suspensión. Sin embargo, estos productos tienen diferencias importantes que es necesario conocer. Los fertilizantes en suspensión son mezclas líquidas de materiales sólidos y líquidos, en los cuales los sólidos no sedimentan rápidamente y pueden resuspenderse fácilmente mediante agitación. En la fabricación de estos productos a menudo se emplean ciertos tipos de arcillas como agentes suspensantes.

Los fertilizantes en pasta son mezclas líquidas de materiales sólidos y líquidos, en las cuales los sólidos sedimentan rápidamente en la ausencia de agitación, para formar una capa firme que es difícil resuspender.

Los fertilizantes en suspensión se obtienen básicamente de tres maneras que se conocen como:

El de mezclado caliente, que implica la reacción de neutralización de ácido fosfórico con el amoníaco, con adición o sin ella, de materias primas suplementarias;

El de mezclado semicaliente, mediante el cual se obtienen fosfatos de amonio de la reacción directa del ácido fosfórico y del amoníaco, en tal proporción que se requiere poco enfriamiento.

Por último el de mezclado frío consiste en una operación de mezclado generalmente de cloruro de potasio y dos disoluciones bases. En esta no se genera calor de reacción.

Fórmulas complejas.

Son productos que contienen nitrógeno, fósforo y potasio preparados mediante reacción química de compuestos nitrogenados en fosfatados y un agregado físico de compuestos potásicos.

Normalmente las fórmulas se obtienen en forma de gránulos, donde todos ellos tienen una composición química similar. Una de las ventajas del uso de estos productos consiste en que contienen los dos o tres nutrientes mayores de las plantas en un solo producto. En estos productos por ejemplo la fórmula 13-13-13, el primer número se refiere al por ciento de nitrógeno total (N), el segundo al por ciento de fósforo como pentóxido de fósforo (P_2O_5) y el tercero el por ciento de potasio como óxido de potasio (K_2O).

En la actualidad se elaboran fórmulas con proporciones de nutrientes muy variadas, como: 1-1-1, 2-1-1 y 1-2-1 por ejemplo las fórmulas 15-15-15, 20-10-10 y 15-30-15, todas ellas en función de las necesidades del agricultor, fijadas por la recomendación de dosis que se le ha señalado.

Mezclas físicas.

Son productos, como su nombre lo indica, resultado de una mezcla de dos o más productos fertilizantes que contiene cualquiera o todos los nutrientes. En la elaboración de las mezclas físicas, se toman en cuenta la compatibilidad, tanto del tamaño como del comportamiento químico de los productos, ya que si no se hace se presentan separaciones físicas entre ellos, que pueden afectar la homogeneidad de la fórmula.

En consecuencia la distribución de los nutrientes en el cultivo no sería equitativa, o bien ocurrirían reacciones químicas entre ellos para formar compuestos no solubles, que difícilmente serían asimilables por la planta. De acuerdo a lo anterior en la preparación de las mezclas físicas deben considerarse las reglas citadas a continuación o bien guiarse por **la figura 1**.

No mezclar los fertilizantes fosfatados con los compuestos que contengan cal pues ello insolubiliza el pentóxido de fósforo.

Durante la aplicación la mezcla de fertilizantes debe conservar su homogeneidad por ejemplo: el fosfato diamónico con el sulfato de amonio.

No mezclar los fertilizantes amoniacales con los compuestos alcalinos, con la cal, ya que ello puede ocasionar pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco libre.

Cloruro de potasio	Sulfato de potasio	Sulfato de amonio	Nitrato de amonio	Nitrato de potasio y sodio	Nitrato de calcio	Cianamida de calcio	Urea	Superfosfato simple o triple	Fosfato de amonio	Escorias basicas	Carbonato de calcio
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



Fertilizantes que pueden mezclarse



Fertilizantes que pueden mezclarse inmediatamente antes de usarse



Fertilizantes que no se pueden mezclar (por razones químicas)

La harina de hueso puede mezclarse con todos los fertilizantes.

Figura 1.- Compatibilidad de los fertilizantes

4 CONDICIONES DEL SUELO PARA LA APLICACIÓN DE FERTILIZANTES.

En el marco de la tecnología agrícola, para la aplicación de los fertilizantes, deben considerarse dos aspectos esenciales en la producción de los cultivos: el ecológico y el genético. El primero se halla relacionado con el medio ambiente de las plantas como el suelo, el clima y los organismos. El genético está ligado a la capacidad intrínseca de las plantas para producir cosechas.

Suelo.

Las propiedades del suelo y los efectos de la fertilización guardan estrechas relaciones; la correcta dosificación de los fertilizantes contribuye esencialmente al aumento de la fertilidad del suelo. La finalidad de cada tratamiento fertilizante no es solamente la de alcanzar un aumento temporal de los rendimientos, sino de mantener y mejorar, simultáneamente, la fertilidad del suelo.

Para tal fin se deben considerar los siguientes parámetros:

Reacción del suelo (pH).

Los valores del pH comprendido entre 6 y 7, resultan ser los más favorables para el aprovechamiento de la mayoría de los nutrientes. Sin embargo, es necesario tomar en consideración las exigencias específicas de las plantas. El buen encalado del suelo y el cambio de pH que ello ocasiona son necesarios para la obtención de una favorable respuesta a los fertilizantes.

En los suelos ácidos deberá dárseles prioridad a los fertilizantes alcalinos (cal nitro, escorias básicas, harina de hueso, fosfatos); en tanto que los suelos de reacción alcalina habrán de emplearse, preferentemente, fertilizantes ácidos (sulfato de amonio, nitrato de amonio, superfosfatos).

El efecto y el aprovechamiento de muchos nutrientes, particularmente del fósforo y de los nutrientes menores, depende ampliamente del pH prevaleciente en el suelo. Dentro de los límites de intensa acidez el fósforo se precipita en forma de fosfato de hierro o aluminio irreversible; en tanto que dentro de los límites de alcalinidad hay peligro de que sea fijado en forma de fosfato tricálcico. En suelo de reacción alcalina los fertilizantes

amoniacales son capaces de producir efectos tóxicos, debido al desprendimiento de amoniaco libre.

Textura del suelo.

La textura hace referencia a la proporción relativa, que hay en un suelo de partículas minerales clasificadas por tamaño, de mayor a menor; de las que se establecen tres fracciones: arena, limo y arcilla. Empero, la fracción de arena se subdivide en cinco grupos. En consecuencia, resultan en total siete grupos de tamaños que se designan como separados del suelo. Las distintas combinaciones entre arena, limo y arcilla forman los diferentes tipos de textura. Si en el suelo hay mayor proporción de elementos gruesos, como la arena, se tendrá un suelo de textura gruesa; si predominan los elementos finos como la arcilla, se hablará de textura fina. Cuando un equilibrio entre los tres tipos de partículas, o al menos hay dos en gran proporción, se denominan suelos francos, que son los más adecuados para el cultivo y el uso de los fertilizantes.

Humedad del suelo.

La humedad, considerada como la capacidad del suelo para retener el agua, es un factor importante en el crecimiento de los microorganismos y en la velocidad de descomposición de la materia orgánica; además, favorece la disolución de los fertilizantes y de esa manera las plantas pueden absorber los nutrientes contenidos en estos productos. Aunque el estado de humedad del suelo varía constantemente se pueden distinguir los siguientes tipos:

Suelo saturado. - Se da cuando el agua ocupa todos los espacios libres del suelo, lo que ocurre después de un riego o de una lluvia. En caso de que el suelo no sea muy permeable o si se tiene mucha pendiente, el agua escurrirá por la superficie sin ser aprovechada y causará daños al suelo al arrastrar (erosión) las partículas de la superficie. Tal estado no es conveniente para el desarrollo de los cultivos, ya que las raíces carecen de aire para su respiración.

Capacidad de campo. - Cuando por gravedad el suelo ha eliminado toda el agua en exceso, tiene entonces la máxima cantidad de agua que es capaz de retener, pues ocupa los micro poros, en tanto que el aire ocupa los macro poros. Este es el óptimo estado para la aplicación de los fertilizantes, ya que el agua diluye la cantidad máxima de los nutrientes contenidos, que pueden ser fácilmente aprovechados por las plantas.

Suelo semihúmedo. - Este es el caso más frecuente. El suelo tiene una humedad inferior a la capacidad de campo, debido a la evaporación transpiración. La superficie del suelo se halla seca por efecto de la evaporación y cada vez es menor la cantidad de agua que rodea las partículas del suelo.

El uso de fertilizantes se limita, para el mejor aprovechamiento de nutrientes por las plantas, al regadío del suelo. El punto óptimo de humedad varía entre 50 a 100% de la capacidad de campo del suelo. La humedad está íntimamente ligada a la textura del suelo y desde este punto de vista, los suelos arcillosos son los más adecuados.

Muestreo adecuado para clasificar el tipo de suelo.

Todas las condiciones del suelo anotadas se determinan mediante un análisis realizado a una muestra representativa de cierta área de terreno.

Para que los análisis de suelos ofrezcan garantías deben cumplirse las dos condiciones siguientes:

- a) Que la muestra sea representativa, lo mejor posible, de la parcela o zona a estudiar.
- b) Que los métodos de análisis que se utilicen estén suficientemente respaldados por experiencias con diferentes cultivos, de modo que haya una relación directa entre el resultado de análisis y la respuesta al cultivo. En tal caso, si el resultado del análisis nos dice que el suelo es pobre en fósforo, esto debe indicar que la cosecha, en un determinado cultivo, aumentará o responderá considerablemente a la aplicación de fertilizantes fosfatados.

Toma de muestras. - A fin de obtener una muestra representativa del suelo en estudio se deberán considerar las reglas siguientes:

1. - Profundidad. - Para la mayor parte de los cultivos la muestra se tomará entre 25 y 30cm. de profundidad; para praderas y céspedes entre 5 y 10cm. En otros cultivos de raíces profundas y árboles, conviene tomar muestras del suelo entre 0 y 30 cm. y del subsuelo entre 30 y 60 cm.; ambas se deberán almacenar por separado.
2. - Herramienta. - Se empleará una barrena o media caña y si no se dispone de ella se puede utilizar una pala. La herramienta se deberá limpiar cada vez que se tome una muestra nueva.

3. - Superficie. - No deberá tomarse la muestra que represente una superficie mayor de cuatro hectáreas. Deberán elegirse zonas uniformes, tomando muestras distintas

para las que difieren en producción, color y textura del suelo, haciendo recorridos sobre la parcela en zigzag o formando cuadros.

4. - Precauciones. - No tomar muestras en lugares especiales: canales, zonas erosionadas, límites de campo o lugares donde se depositó estiércol, cal, fertilizantes, etc.

5. - Composición de la muestra. - Hacer en cada zona elegida, de doce a veinte tomas de igual cantidad de muestra y mezclarlas bien sobre un plástico, para reducir la muestra total que represente al conjunto.

Análisis requerido de las muestras

Las determinaciones que se realizan, normalmente, son las siguientes:

-Textura.

-PH.

-Conductividad eléctrica.

-Materia orgánica.

-Nutrientes: N, P, K, Ca, Mg y otros en caso necesario.

Pueden considerarse, además, problemas especiales, como la salinidad, el exceso de sodio, la toxicidad por ciertos elementos, etc.

Clima.

El clima influye de manera determinante sobre el aprovechamiento de los fertilizantes, debido a la luz solar, la humedad y temperatura del suelo y del ambiente.

Temperatura.

La velocidad con que transcurren los procesos metabólicos depende de la temperatura reinante. Las condiciones óptimas de temperatura bajo las que se presentan el anabolismo y el catabolismo, varían de acuerdo al tipo de planta de que se trate. En ello, además de la temperatura absoluta, es de gran importancia, la relación que guardan entre si las temperaturas diurnas y nocturnas.

En general, en las regiones donde las temperaturas diurnas son elevadas, mientras las nocturnas son bajas (suponiendo que los factores restantes sean favorables), la planta puede emplear mayores cantidades de fertilizantes que en las zonas donde predominan elevadas temperaturas nocturnas. En el caso de muchos cultivos tropicales, especialmente el arroz, se ha comprobado que la dosis óptima de nitrógeno es mayor en las regiones frías.

Precipitaciones.

Desde el punto de vista de la planta, una fertilización en forma sólida puede ser únicamente efectiva, cuando los nutrientes son disueltos por el agua, puesto que los vegetales los asimilan solamente de la fase líquida. Cada suelo, así como cada planta que dispone de una precipitación pluvial natural limitada, puede aprovechar solamente una cantidad de fertilizantes equivalente a la lluvia recibida.

Si las lluvias superan los 1000mm, la posibilidad de sequía es tan poco probable que el empleo de fertilizantes carece de riesgo. Sin embargo, el empleo de fertilizantes se ha visto limitado por las sequías periódicas en las zonas entre 750 y 1000mm. Un suelo que recibe tal cantidad de agua es mucho más fértil que el de más de 1000mm. El empleo de fertilizantes en zonas de precipitación inferior a 650-750mm se halla limitado al suelo con riego. Toda cantidad de fertilizantes que exceda de los límites correspondientes deja de tener valor, ya que la insuficiencia de agua impide la correcta absorción y traslación de los nutrientes por los vegetales. Si la planta cuenta con posibilidades de ser irrigada será mayor la cantidad de nutrientes que pueda asimilar.

Luz solar.

La luz solar suministra la energía que requiere la planta para sus reacciones metabólicas o sea, para la síntesis de los carbohidratos a partir del bióxido de carbono y del agua, bajo la acción de los nutrientes. Sin embargo, la asimilación de ciertos nutrientes, especialmente el potasio, no suele modificarse con el cambio de intensidad luminosa. Por otro lado, la deficiencia de luz resulta ser, con frecuencia, un factor a considerar para la dosificación del nitrógeno. El fósforo y el potasio actúan hasta cierto grado

en forma contraria al nitrógeno, pues permite a la planta realizar un mejor aprovechamiento de la luminosidad.

Planta.

La planta se halla muy relacionada con las características genéticas de la variedad de que se trate, ello determina que no todas las plantas se comporten de la misma manera en condiciones determinadas.

Por ejemplo, existen plantas que absorben del suelo grandes cantidades de nitrógeno e inclusive lo toman del aire con ayuda de bacterias nodulares para satisfacer sus necesidades nutritivas. Existen también plantas que no tienen respuesta adecuada a la fertilización.

Actualmente la genética brinda nuevas variedades con mayor capacidad de producción, de más calidad, más resistencia a las enfermedades, pero más delicadas y más exigentes de nutrientes.

En este caso, en la tecnología agrícola se ha recurrido al desarrollo de variedades altamente productivas que, combinadas con los mejores métodos de cultivo y fertilización, se logra alta producción.

5 METODOS Y EPOCAS DE APLICACIÓN.

La experiencia demuestra que los fertilizantes son tan importantes como los métodos y épocas adecuadas para su aplicación. De no seguir una metodología correcta, el efecto de los fertilizantes podría ser prácticamente nulo en la productividad agrícola. Esto último es de particular importancia para los suelos con bajo contenido de nutrientes, así como para aquellos cultivos, cuya necesidad de nutrientes está limitada a un determinado periodo de tiempo.

Método de aplicación.

Los principales factores que intervienen para definir y seleccionar el método de aplicación son: las condiciones del suelo y el estado físico de los fertilizantes.

Las condiciones del suelo: pH, textura, humedad, deben de estar bien definidas para una apropiada selección en el método de aplicación a seguir.

Fundamentalmente, se pueden diferenciar cuatro métodos de aplicación:

- Distribución uniforme sobre la superficie total (al voleo).
- Localización de los fertilizantes en franjas (bandas) o en receptáculos en el suelo (colocación).
- Aspersión de disoluciones fertilizantes en las plantas.
- Inyección en el suelo o en las plantas.

De acuerdo con el fertilizante que se aplique, cada uno de estos cuatro métodos podrá tener ventajas y desventajas para el cultivo. En el caso de una aplicación intensiva, la combinación de los cuatro métodos puede proporcionar frecuentemente mejores resultados.

Distribución uniforme sobre la superficie total (al voleo).

Este método se aplica en donde la densidad de población de cultivos es alta y las plantas no forman hileras, por lo que sus raíces ocupan una extensa área del subsuelo. Asimismo es aplicable en suelos de alta fertilidad y cuando las necesidades en nutrientes también sean altas.

En cuanto a los nutrientes, deben aplicarse los fertilizantes nitrogenados fácilmente solubles; los fosfatados poco solubles y los potásicos en donde se tengan suelos francos. La aplicación de fertilizantes puede hacerse

manualmente o con máquinas cuando se están usando sólidos **Figura 2.** o en agua de riego a flujo controlado cuando se están usando líquidos.

Aplicación en banda de los fertilizantes o en receptáculos en el suelo.

Este método se aplica en donde las plantas o semillas están o serán sembradas en matas, y hay entre ellas una separación considerable formando hileras **Figura 3.** El método se emplea cuando la fertilidad del suelo es baja y éste tiende a fijar los fertilizantes, en especial los fosfatados y los potásicos. La aplicación de los fertilizantes sólidos puede hacerse a mano **Figura 4** o con máquinas **Figura 5,** de tal manera que su colocación sea a una distancia apropiada de la planta. Sin embargo, cuando se estén utilizando fertilizantes líquidos, su aplicación se debe hacer a flujo controlado **Figura 6.**

Aspersión en las plantas de disoluciones fertilizantes

El método se emplea cuando la aplicación de los nutrientes en especial el nitrógeno y el potasio, se ha retrasado y los requerimientos de estos son bajos, se emplea, para lograr una acción rápida en la planta. En algunas ocasiones se aprovecha para aplicarse con fungicidas y parasiticidas **Figura 7.** Los fertilizantes que se empleen deben de estar en disolución y aplicación mediante aspersiones manuales o mecánicas y automatizadas (avionetas). **Figura 8.**

Inyección en el suelo o en las plantas

Este método se utiliza en el suelo **Figura 9** cuando se desea localizar el fertilizante en un sitio específico para que las raíces de la planta puedan absorber los nutrientes, o cuando las necesidades son mínimas en los nutrientes, en especial micro nutrientes, se aplican en forma similar a la del suero, en el tallo, en la hoja o pecíolo. **Figura10**



Figura 2.- Aplicación mecánica de los fertilizantes sólidos

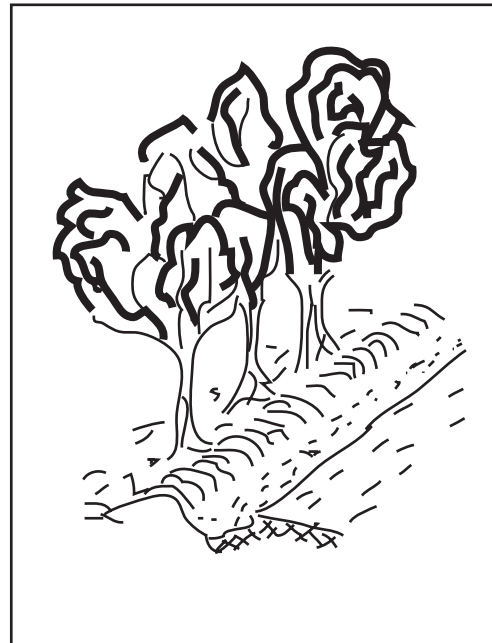
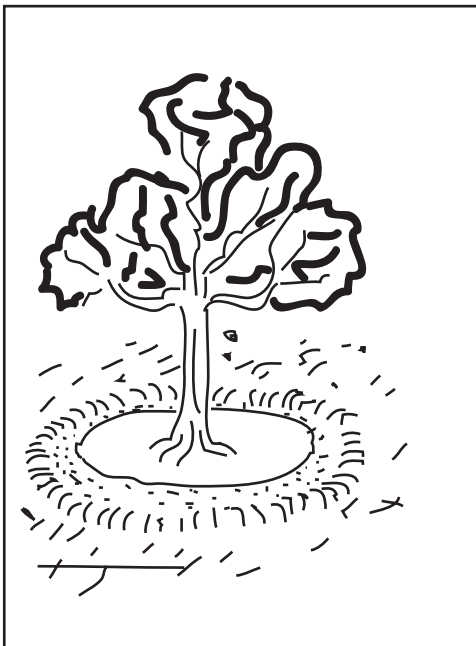
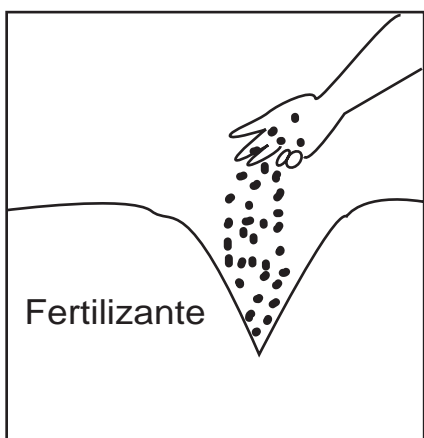
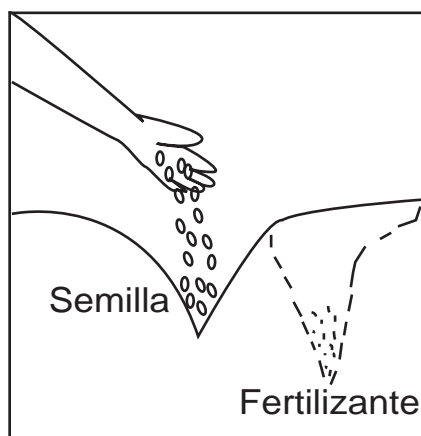


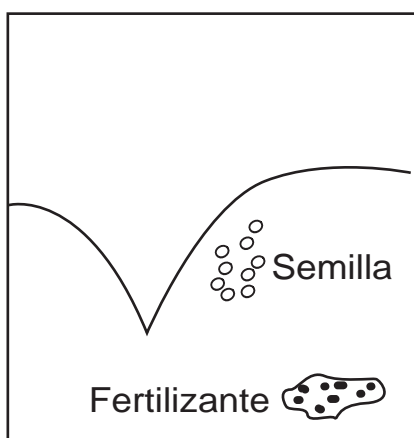
Figura 3.- Colocación en banda del fertilizante.



Primer paso.- Hacer un surco y colocar el fertilizante.



Segundo paso.- Hacer otro surco para tapar el fertilizante y colocar la semilla



Tercer paso.- Tapar la semilla.

Figura 4.- Aplicación manual de fertilizante en receptáculos.

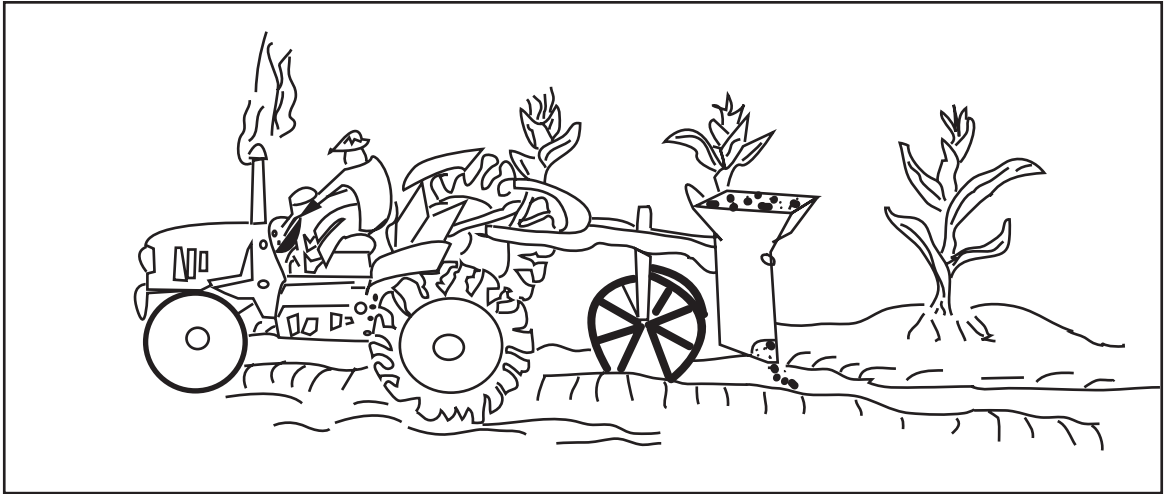


Figura 5.- Aplicación mecánica, en banda, del fertilizante.

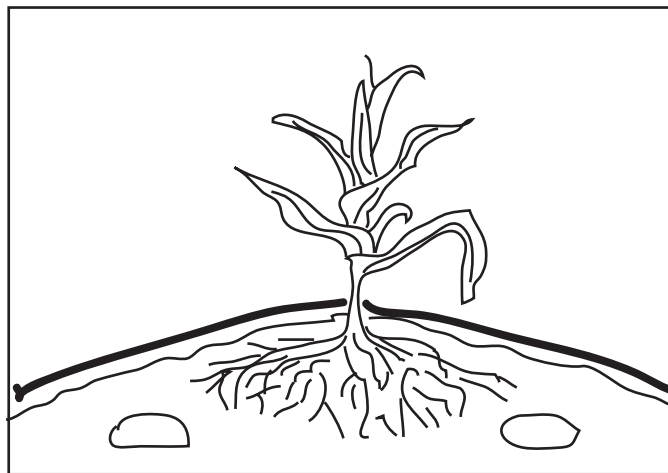


Figura 6.- Localización del fertilizante en receptáculos



Figura 7.- Aplicación de fertilizantes en disolución por aspersión

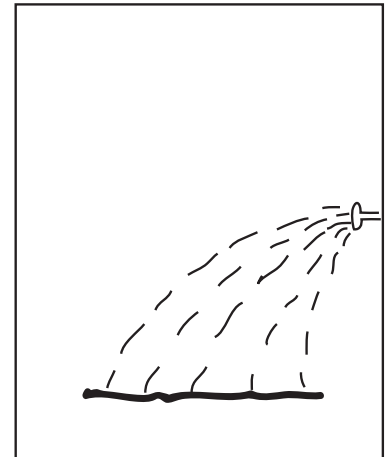
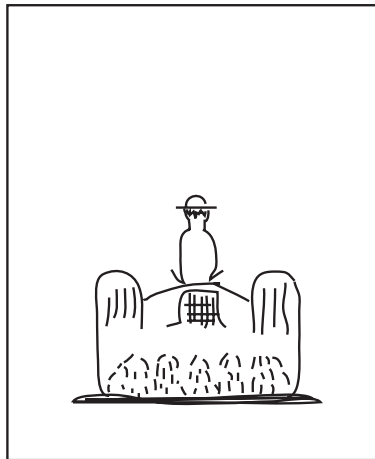
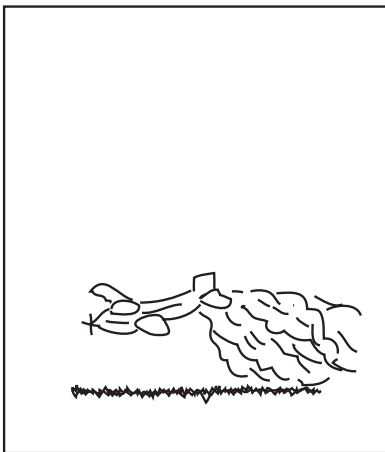


Figura 8.- Aplicación mecánica de disoluciones fertilizantes

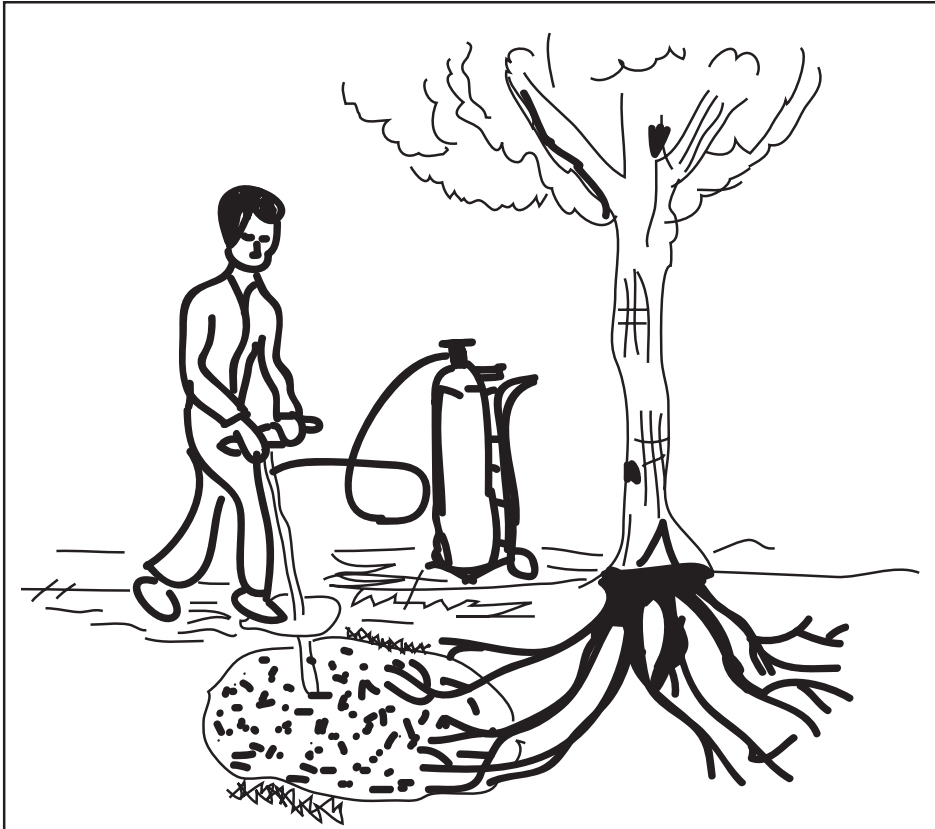


Figura 9.- Inyección de fertilizante en el suelo

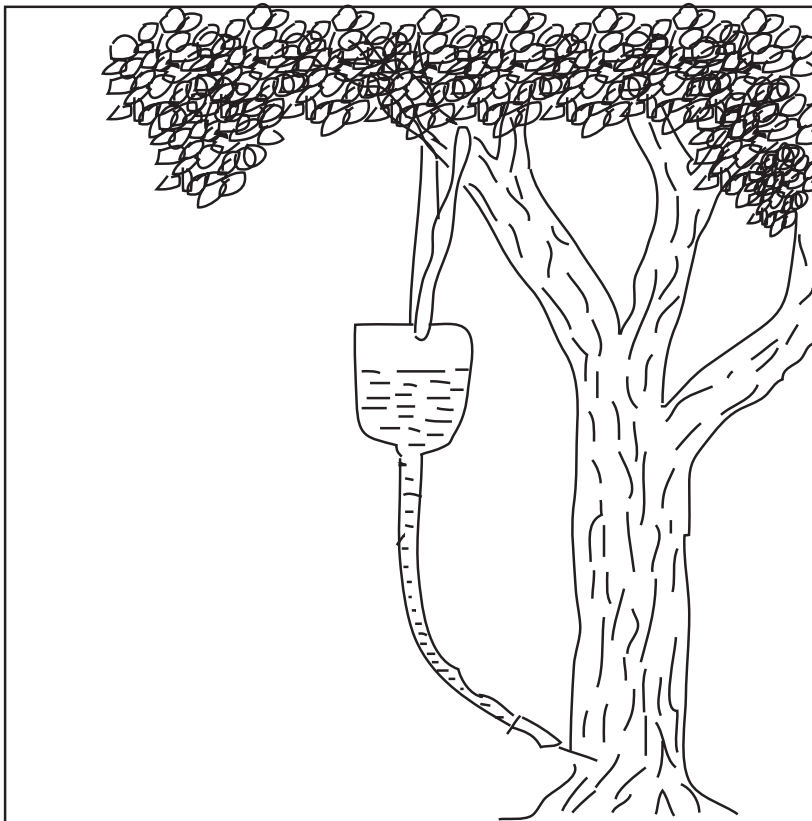


Figura 10.- Inyección de fertilizante en el tallo

Épocas de aplicación

Debido a las diferentes funciones que ejercen los nutrientes en las plantas, así como a su distinta capacidad de movilización en el suelo y al hecho de no ser siempre requeridos por las plantas a un mismo tiempo, resulta imposible determinar una regla general al respecto. El fósforo, especialmente importante en el desarrollo inicial de la planta y en la formación de raíces, deberá estar presente en el suelo, siempre que sea posible, en cantidades suficientes antes de la siembra o del trasplante.

El nitrógeno requerido para el desarrollo vegetativo, presenta una fácil movilidad en el suelo, especialmente en la forma de nitrato; se puede aplicar ventajosamente poco antes de la iniciación del crecimiento principal. Aún mejores resultados da su suministro en cobertera en pequeñas dosis. El potasio ocupa una posición intermedia entre ambos nutrientes; se puede aplicar de acuerdo con la clase de planta y el nivel de su dosis, tanto antes de la siembra, como en la cobertera.

Para la mayoría de los suelos y de los cultivos, el mejor camino a seguir resulta una aplicación de fondo, antes de la siembra o de la plantación, con fósforo, potasio y una pequeña dosis de nitrógeno. A ésta le seguirá una fertilización tardía y adicional de nitrógeno en cobertera.

En los casos donde tengan que suministrarse fertilizantes completos con alto contenido de nitrógeno será preciso ajustar su época de aplicación de manera que este elemento alcance su efecto óptimo. Como ya se ha mostrado en los aspectos anteriormente citados acerca de la época de aplicación de los fertilizantes, este problema se encuentra estrechamente relacionado con el método de aplicación a seguir. Independientemente del método usado el fertilizante no debe de estar en contacto con la semilla o la planta, ya que podrían sufrir daños. La humedad debe de ser la encargada de disolver y poner en contacto al fertilizante con la planta.

La semilla frecuentemente es protegida para favorecer su germinación cubriéndola con pesticidas y bactericidas y también con proteínas las cuales al ser ingeridas por bacterias hongos u otros microorganismos activan la forma toxica para ellos.

MAIZ.

El maíz necesita para su desarrollo determinadas cantidades de elementos minerales y sus carencias en la planta se manifiesta cuando algún nutriente mineral esta en defecto o exceso.

Se recomienda un suelo rico en P y K en cantidades de 0.3 Kg de P en 100 Kg de fertilizante y también un aporte de N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento del vegetal.

El fertilizado se efectúa en función de las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue una fertilización rigurosa en todas las zonas por igual. No obstante se fertiliza moderadamente en la primera época de desarrollo de la planta hasta que tenga entre 6 y 8 hojas.

A partir de esta cantidad de hojas se recomienda fertilizar de:

N: 82%

P₂O₅: 70%

K₂O: 92%

Durante la formación del grano de la mazorca el fertilizado debe ser mínimo.

Se deben realizar para el cultivo de maíz una fertilización en cantidades de 825 Kg /ha durante las labores de cultivo.

Los fertilizados de cobertura son aquellos que se realizan cuando aparecen las primeras hojas de la planta y los más utilizados son:

Nitrato amónico de calcio. 500 Kg / ha.

Urea. 295 Kg / ha.

Solución nitrogenada. 525 Kg / ha.

Es importante abonar ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente.

Nitrógeno (N) : la cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicada va desde 20 a 30 Kg de N por ha.

Un déficit de N puede afectar la calidad del cultivo. Los síntomas se ven más reflejados en aquellos órganos fotosintéticos, las hojas que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas.

Fósforo (P): sus dosis dependen igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El fósforo da vigor a las raíces.

Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien.

Potasio (K): debe de aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son mas elevadas de 135 – 160ppm.

La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.

Otro elementos: boro (B), magnesio (Mg), azufre(S), molibdeno (Mo) y zinc (Zn). Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta.

Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella.

En el **apéndice A** se muestran los cálculos necesarios para la formulación adecuada del o de los fertilizantes a utilizar.

PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS DE LOS FERTILIZANTES CONVENCIONALES Y SU RELACION CON LA EFICIENCIA AGRONOMICA.

Las propiedades físicas de los fertilizantes son de gran importancia tanto desde el punto de vista de su efectividad agronómica, como en lo relativo a sus características de aplicación, transporte y almacenamiento.

Una buena cantidad de problemas que se presentan con los fertilizantes, tales como la compactación y excesiva higroscopicidad, son el resultado de inadecuadas propiedades físicas.

Generalmente los procesos de manufactura prevén diferentes técnicas para proporcionar condiciones físicas favorables en los fertilizantes.

Por otra parte, el conocimiento de ciertas propiedades de naturaleza química básica en los productos fertilizantes, permite entender algunas particularidades inherentes a su comportamiento agronómico y constituyen un buen punto de partida en lo tocante a la identificación de una tecnología apropiada para mejorar la eficacia de la fertilización.

El objetivo de esta parte es revisar las principales propiedades químicas y físicas básicas de los fertilizantes, en relación con su eficiencia agronómica

PROPIEDADES FISICAS

Granulometría.

Antes de 1950 la mayoría de los materiales fertilizantes se fabricaban en polvo o en cristales finos. Como resultado, tenían un manejo engorroso y eran muy susceptibles a sufrir compactación durante su almacenamiento, lo cual significaba un trabajo largo y tedioso para romper los agregados y dejar el producto en condiciones de ser aplicado, el advenimiento y generalización de la granulación ha mejorado notablemente las condiciones de manejo y almacenamiento de los fertilizantes. Asimismo, la granulación ha hecho posible las aplicaciones aéreas de los fertilizantes y la aplicación del sistema "bulk blending" en la preparación de mezclas de fertilizantes granulares tecnología que disminuye la tendencia a la segregación

La determinación del tamaño de partículas y su distribución es importante y se aplica con frecuencia en los análisis de rutina, por los laboratorios de control de calidad de las industrias productoras de fertilizantes, sin embargo, su importancia varía de un producto a otro.

Así, es conocido que los materiales fertilizantes con muy baja solubilidad en agua deben tener un tamaño de partícula fino para asegurar su disolución en el suelo y su adecuada utilización por las plantas, en este caso estarían la roca fosfórica las escorias básicas, el fosfato di cálcico, las cales y las dolomitas la finura requerida por estos materiales produce polvosidad que dificulta su manejo.

La importancia del tamaño de partícula en los fertilizantes de alta solubilidad radica en el hecho de que la rapidez de disolución está relacionada inversamente con el tamaño del granulo, lo cual es fundamental cuando se trata de fabricar fertilizantes nitrogenados de lenta liberación por otra parte, está demostrado que un tamaño de partícula superior a 5 mm, conduce a una mejor eficiencia de los fertilizantes fosfatados de alta solubilidad, tales como los superfosfatos y los fosfatos de amonio, cuando son aplicados a suelos altamente fijadores de fosfatos.

Sin embargo el efecto de la granulometría sobre la eficacia de los fertilizantes hidrosolubles es muy variable y depende de factores como las características del suelo, especie cultivada, naturaleza del fertilizante y tecnología de uso del mismo.

Se puede decir que la relación tamaño de partícula solubilidad del P y su efecto sobre la eficiencia de los fertilizantes fosfatados hidrosolubles no es

clara y tiende a desaparecer en la medida que aumenta la disponibilidad de P en el suelo.

Por otra parte, la granulometría también puede jugar un papel importante en lo concerniente al comportamiento agronómico de los fertilizantes nitrogenados. Así, la utilización de ureas granuladas y súper granuladas puede determinar un incremento en su eficiencia, en comparación a la urea "aperdigonada" comúnmente usada en nuestro medio, al respecto, en investigaciones realizadas se demostró que la pérdida de N por volatilización a partir de la urea fue más rápida cuando se utilizó urea "aperdigonada" o de granulo pequeño en tanto que el proceso se retardo significativamente a medida que se aumento el tamaño del gránulo. Este efecto se puede explicar por:

- a) Una menor tasa en el proceso de hidrólisis enzimática de la urea, a medida que aumenta el tamaño de la granulación.
- b) Un incremento en la tasa de difusión vertical de la urea y del amonio liberado, debido al incremento en el gradiente de concentración. Así, el amonio, al moverse hacia un horizonte más profundo, queda protegido de la acción de la volatilización.

CONSISTENCIA DEL GRANULO.

Las partículas del fertilizante deben tener suficiente estabilidad mecánica, con el objeto de mantener un comportamiento normal durante las labores de manejo sin que los gránulos se rompan y formen polvo.

A efecto de lo anterior, se conocen tres distintos tipos de consistencia mecánica reconocidos como deseables:

- a) Resistencia al rompimiento.
- b) Resistencia a la abrasión.
- c) Resistencia al impacto.

DENSIDAD APARENTE.

La densidad aparente se define como el peso de un fertilizante por unidad de volumen a granel.

La determinación de esta característica es importante para calcular el tamaño de los empaques, determinar la capacidad de almacenamiento en bodegas o vehículos de transporte y, algunas veces, para la calibración de

dosificadores volumétricos de abono, en el **cuadro 1** se muestran los rangos de densidad aparente de algunos productos fertilizantes.

HUMEDAD RELATIVA CRÍTICA.

La humedad relativa crítica de un fertilizante se define como la humedad de la atmósfera por encima de la cual el material absorbe espontáneamente humedad. Todas las sales solubles, incluidas los fertilizantes tienen humedades críticas características, algunas de cuyas cifras se indican en el **cuadro 1**.

Es muy recomendable que un material fertilizante tenga una alta humedad relativa crítica, ya que esto permitirá que pueda ser expuesto y manejado en lugares con mayores niveles de humedad atmosférica, sin que el producto se humedezca pierda fluidez y más tarde se compacte.

La humedad relativa crítica de un fertilizante determina en gran proporción el tipo de empaque (grado de protección a la humedad) requerido en cada caso y es también determinante del nivel de manejo y almacenamiento a granel a que puede someterse.

Sin embargo, no debe sobrestimarse la importancia de esta propiedad por ejemplo, algunas veces la humedad relativa crítica suele interpretarse erróneamente como una medida universal de la tendencia a la compactación de un fertilizante. Se debe considerar que si el producto es empacado en bolsas a prueba de humedad o si la pila de almacenamiento a granel es protegida con una cubierta plástica, la humedad atmosférica es efectivamente excluida y la humedad relativa crítica será de poca importancia. En estas circunstancias la compactación, cuando ocurre, estará ligada a otros factores.

PROBLEMAS FISICOS.

Los principales problemas físicos que pueden presentarse en los fertilizantes convencionales, con el consecuente efecto sobre su eficacia agronómica, son la segregación y la compactación o apelmazamiento.

SEGREGACION.

La segregación ocurre cuando las partículas o gránulos individuales, de un fertilizante difieren en propiedades físicas en grado tal, que responden diferentemente a las alteraciones mecánicas causadas durante los procesos de

DENSIDAD APARENTE Y HUMEDAD RELATIVA CRITICA DE LOS PRODUCTOS FERTILIZANTES

CUADRO 1

FERTILIZANTE	DENSIDAD APARENTE	HUMEDAD RELATIVA CRITICA
	Kg/M ³	% A 20°C
PRODUCTOS NO GRANULADOS		
ROCA FOSFORICA	1.36—1.52	
SUPERFOSFATO SIMPLE	0.96---1.12	
SUPERFOSFATO TRIPLE	0.88---1.04	
CAL AGRÍCOLA	1.28----1.52	
SULFATO DE AMONIO	1.02	
CLORURO DE POTASIO	1.14----1.20	
PRODUCTOS GRANULADOS		
NITRATO DE AMONIO PRILADO	0.72	63
UREA PRILADA	0.74	81
SULFATO DE AMONIO		
CRISTALES GRUESOS	1.01---1.06	81
SUPERFOSFATO SIMPLE	1.12	
SUPERFOSFATO TRIPLE	1.04---1.20	94
FOSFATO DIAMONICO	0.96—1.04	82
FOSFATO MONOAMONICO	0.96---1.04	91
CLORURO DE POTASIO (GRANULAR)	1.04	84
SULFATO DE POTASIO	1.18	96
SULFATO DOBLE DE POTASIO Y MAGNESIO	1.52---1.57	

manejo, almacenamiento y transporte de los productos, como resultado las partículas de propiedades físicas similares tienden a congregarse y, por consiguiente, a eliminar la homogeneidad de la mezcla fertilizante, si todas las partículas fueran físicamente idénticas, ningún nivel de manejo afectaría su homogeneidad, se ha demostrado que la característica física que mas influye en la tendencia a la segregación es la diferencia en el tamaño de partícula. Dentro de los rangos normales ni la densidad, ni la forma de las partículas, influye significativamente sobre la tendencia a la segregación.

Si todas las partículas de un fertilizante tuvieran idéntica composición química pero diferentes tamaños, se produciría segregación física, pero ello no afectaría la uniformidad química del producto, esta condición es la que prevalece en los fertilizantes complejos bien granulados y por ello, en este tipo de compuestos la segregación no es un problema.

En cambio, esto se ve agravado cuando se preparan fertilizantes compuestos con diferentes tamaños de partículas y, desde luego, con partículas que difieren en su composición por consiguiente, cualquier nivel de segregación en los ingredientes de la mezcla resultará en variaciones químicas significativas.

El uso del sistema " bulk blending" a partir de 1960 ha permitido llevar aun mínimo los niveles de segregación en los fertilizantes compuestos resultantes de mezclas físicas, "bulk blending", o mezcla a granel es una tecnología para obtener mezclas fertilizantes en seco y en la cual los componentes de la mezcla son completamente granulados y de aproximadamente el mismo tamaño de partícula. Las mezclas así obtenidas pueden distribuirse a granel o pueden empacarse para su mercadeo.

Los materiales utilizados pueden ser fertilizantes simples, compuestos o una combinación de los dos, entre los más comunes se encuentran, los fosfatos mono amónico y di amónico, el superfosfato triple, cloruro de potasio, nitrato de amonio, urea y sulfato de amonio.

El sistema de mezclas físicas gano popularidad rápidamente en los Estados Unidos en una encuesta realizada por TVA mostró que cerca de un 60 %. De los fertilizantes compuestos en ese país eran fabricados mediante esta tecnología. Sin embargo, las condiciones que hacen atractivo este método generalmente no existen en muchos países en desarrollo.

COMPACTACION.

Durante el período comprendido entre su producción y la aplicación al suelo, los fertilizantes deben ser almacenados, ya sea a granel o en envases. El periodo de almacenamiento varía considerablemente, desde menos de un mes hasta un año o más y es esencial que durante este periodo el material permanezca completamente suelto o, cuando más, que la compactación o tendencia a agregarse de las partículas unas con otras, sea tan mínima que con el manejo normal del producto se restituya la condición suelta original.

Uno de los problemas mas frecuentes en la industria de los fertilizantes químicos es la compactación para la mayoría de estos las causas de dicho fenómeno son el desarrollo de enlaces cristalinos entre las partículas o gránulos del material , estos cristales se desarrollan durante el periodo, de almacenamiento, como consecuencia de reacciones químicas internas y también por efectos térmicos que producen la precipitación de cristales a partir de pequeñas cantidades de soluciones salinas presentes en el material fertilizante.

Son varios los factores que determinan la compactación, entre otros se citan:

- a) El tamaño de la partícula.
- b) La consistencia de los gránulos.
- c) El contenido de humedad del material.
- d) La temperatura de almacenamiento.
- e) La humedad crítica de los materiales.

Como es lógico prever, el apelmazamiento en los fertilizantes constituye un grave problema agronómico, porque limita la fluidez del producto y afecta las labores de aplicación, al punto de que en casos extremos esta labor puede tornarse impracticable.

Se recomiendan las siguientes precauciones para disminuir el riesgo de compactación:

- a) No mezclar productos incompatibles.
- b) Secado adecuado durante la producción.
- c) Tamizado adecuado para evitar la presencia de finos.
- d) Almacenamiento adecuado.
- e) Utilización de acondicionadores.

PROPIEDADES QUIMICAS.

Entre las principales propiedades químicas básicas de los fertilizantes están el índice de salinidad, la acidez o basicidad residual y el pH de la solución concentrada.

INDICE DE SALINIDAD.

Es bien conocido el hecho de que altas concentraciones de sales solubles en la solución del suelo puede causar daño a las plantas o impedir la germinación normal de las semillas. La gravedad del daño se cree que esta relacionada con la presión osmótica de la solución del suelo bajo condiciones normales, un fertilizante distribuido uniformemente a la dosis normal de aplicación, no genera concentraciones lo suficientemente altas como para causar daño a las plantas. Sin embargo, las aplicaciones localizadas en contacto con las semillas, o en bandas cerca de las semillas o de las plantas en crecimiento, pueden causar daño dependiendo de la localización, dosis de aplicación y estado de humedad del suelo.

El índice de salinidad de un fertilizante es una cifra indicativa del grado en el cual una cantidad dada del producto incrementa la presión osmótica de la solución del suelo. El **cuadro 2** recoge los índices de salinidad estimados para las fuentes fertilizantes más importantes.

De acuerdo con lo anterior; el índice de salinidad, se interpreta como el incremento relativo en la presión osmótica de la solución del suelo en comparación con el aumento obtenido con la aplicación de un peso igual de nitrato de sodio debe quedar claro, sin embargo que los índices de salinidad son válidos únicamente para comparar un fertilizante con otro, la cantidad de estos productos que puede ser aplicada sin peligro de daño al cultivo depende, además del índice de salinidad; del sistema de aplicación del abono, tipo de suelo, especie cultivada y estado de humedad del suelo.

Por otra parte hay que tener en cuenta que el daño al cultivo puede ser causado por razones diferentes a la concentración de sales, así, por ejemplo, la liberación de amoníaco a partir de la urea o del fosfato diamónico en el suelo adyacente a las semillas puede generar un efecto fitotóxico.

El índice de salinidad es particularmente útil para seleccionar fertilizantes que deben ser aplicados en contacto o muy cerca de la semilla con frecuencia, este sistema de aplicación resulta en una máxima eficiencia

agronómica, siempre y cuando el producto utilizado no cause daño a la planta acidez o basicidad residual.

ACIDEZ O BASICIDAD RESIDUAL.

El uso de fertilizantes en agricultura tiende con frecuencia a cambiar el pH del suelo, la acidez o basicidad fisiológica de un fertilizante es una medida del grado en que la reacción del suelo se cambia cuando el material se aplica a un cultivo. Esta propiedad también suele denominarse acidez o basicidad potencial, residual o equivalente.

La acidez fisiológica de un fertilizante dado se expresa comúnmente en términos del peso de carbonato de calcio que podría neutralizar el efecto de la acidez causada por el fertilizante en el suelo, de la misma manera, la basicidad fisiológica se expresa en términos del peso de carbonato de calcio que podría causar un efecto similar en el suelo.

La reacción fisiológica de un fertilizante no debe confundirse con su reacción química. Así por ejemplo, la urea se hidroliza en el suelo para dar amonio y esa reacción química eleva el pH en las proximidades del gránulo hasta 9 o más. Sin embargo, el amonio es oxidado a nitrato y esta reacción deja finalmente residuos acidificantes. Por ello, todos los fertilizantes nitrogenados son clasificados como formadores de ácido.

El efecto de una sola aplicación anual de fertilizante sobre el pH del suelo a dosis normales es muy pequeño y, usualmente, despreciable, sin embargo, el efecto acumulativo de aplicaciones sucesivas durante muchos años, pueden acidificar el suelo hasta el punto de que la producción agrícola sea seriamente afectada, a menos que la acidez generada sea neutralizada mediante la aplicación de cal. Por el contrario, el uso de fertilizantes formadores de ácido en suelos alcalinos o calcáreos puede ser benéfico, en el **cuadro 2** se enlistan los equivalentes de acidez o basicidad de algunos materiales fertilizantes, como se ve el sulfato de amonio, el cloruro de amonio y los fosfatos de amonio son fertilizantes fuertemente formadores de ácido, debido a que el N está acompañado por un anión formador de ácido.

La acidez residual generada por algunos fertilizantes ha sido considerada generalmente como nociva desde el punto de vista agronómico sin embargo, la realidad es que bajo determinadas condiciones, este efecto puede resultar benéfico para la planta.

EQUIVALENTES DE ACIDEZ O BASICIDAD, ÍNDICES DE SALINIDAD Y pH DE LA SOLUCIÓN CONCENTRADA DE LOS MATERIALES FERTILIZANTES

MATERIAL FERTILIZANTE	EQUIVALENTE DE ACIDEZ (-) O BASICIDAD (+)	INDICE DE SALINIDAD	pH DE LA SOLUCION CONCENTRADA
	Kg DE CaCO_3 / 100 Kg DE MATERIAL	NITRATO DE SODIO = 100	
Urea 46% N	-84	75.4	9.0
Nitrato de Amonio 35% N	-63	104.7	N.D.
Sulfato de Amonio 21% N	-112	69.0	6.0
Fosfato Monoamónico 12% N; 51% P_2O_5	-65	29.9	3.5
Fosfato Diamónico 18% N; 46% P_2O_5	-64	34.2	8.0
Fosfato Dicálcico 40% P_2O_5	37	-	6.5
Nitrato de Sodio 16% N	29	100.0	N.D.
Superfosfato 16-48% P_2O_5	0	7.8 a 10.1	1.0
Roca Fosfórica 33% P_2O_5	56	-	6.5
Cloruro de Potasio 60% K_2O	0	116.3	N.D.
Sulfato de Potasio 50% K_2O	0	46.1	N.D.
Sulfato Doble de Potasio y Magnesio	0	43.2	N.D.
Sulfato de Calcio (Yeso)	0	8.1	N.D.
Cales Calcíticas	80 a 95	4.7	N.D.
Cales Dolomíticas	90 a 100	0.8	N.D.
Azufre 100% S	-312	-	N.D.

Cuadro 2

Los fosfatos de amonio dejan un residuo ácido en el suelo debido a la nitrificación del amonio esta acidificación temporal del suelo en la zona adyacente al gránulo o a la banda del fertilizante, puede resultar, dependiendo de las características del suelo, en un incremento de la disponibilidad y absorción de fósforo por la planta en una investigación reciente, se estudio el efecto del pH residual sobre la utilización de fósforo por la cebada en un suelo de sabana; y se comprobó, que la mayor eficiencia de los fosfatos de amonio (DAP y MAP) en comparación con el superfosfato triple estuvo asociada con la acidez residual generada por aquellos. La **figura 11** muestra como en la medida que el pH residual disminuyo de 5.6 a 5.3, la absorción de fósforo por la planta de cebada aumento significativamente.

Este mismo efecto es producido por la acidificación residual generada por los fertilizantes nitrogenados de tipo amoniacal así, se ha comprobado que la absorción de fósforo por el maíz se triplico cuando el superfosfato triple se aplicó conjuntamente con el sulfato de amonio, resultado que estuvo asociado con la acción acidificante de este ultimo, que produjo una caída de 0.6 unidades en el pH del suelo próximo a la raíz esta disminución del pH provocó que predominaran los iones H_2PO_4^- sobre los $\text{HPO}_4^{=}$ lo cual atenuó la precipitación de fosfato di cálcico y, consecuentemente ,incremento la disponibilidad de fósforo para la planta.

pH DE LA SOLUCION SATURADA.

El pH de la solución saturada es una de las características químicas importantes en los fertilizantes, por cuanto explica ciertas particularidades en el comportamiento agronómico de algunos de ellos.

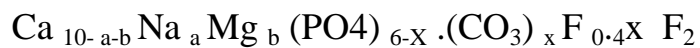
Este parámetro constituye un índice del pH que se desarrolla en las proximidades del granulo, cuando este reacciona en el suelo, y es independiente de la acidez o basicidad residual. Generada con posterioridad a la reacción del producto, en el **cuadro 1** se registran los valores de pH (solución concentrada) típicos en algunos fertilizantes.

6 PARTE EXPERIMENTAL.

TECNICAS ANALITICAS UTILIZADAS PARA EL CONTROL DE LA ROCA FOSFORICA UTILIZADA EN LA FABRICACION DE FERTILIZANTE.

La roca fosfórica es un material conformado por minerales fosfatados del grupo de las apatitas y otros minerales llamados accesorios o ganga. Las variedades de apatita mas importantes son la francolita y la fluorapatita, presentándose la primera en yacimientos de origen sedimentario, que son de mayor abundancia y la segunda, en aquellos de origen ígneo. En México se encuentran yacimientos importantes entre otros en Guerrero Negro Baja California Norte y Zimapán Hidalgo.

La composición del mineral apatítico puede representarse de acuerdo a la siguiente fórmula:



Determinación de humedad en la materia prima roca fosfórica.

Método del secado a la estufa.- el método se basa en determinar la pérdida de masa que experimenta la roca fosfórica a 105°C durante 2 horas.

Se pesa al 0.0001 g , aproximadamente 5 g de la muestra de análisis.

Transferir la muestra de análisis a una caja de aluminio previamente tarada (m_0) a 105°C durante una hora, y pesar (m_1).

Introducir la caja de aluminio con muestra a la estufa eléctrica, cuidar que la caja de aluminio quede destapada y la muestra este uniformemente repartida, para tener una mayor área de evaporación, mantener a una temperatura de 105°C durante 2 horas.

Tapar la caja de aluminio y transferirla a el desecador dejar enfriar y pesar (m_2).

El contenido de humedad en la muestra, expresado como por ciento en masa de H₂O, se calcula con la siguiente expresión :

$$\% \text{H}_2\text{O} = (m_1 - m_2 / m_1 - m_0) (100)$$

En donde:

m_0 es la masa ,en gramos , de la caja de aluminio tarada.

m_1 es la masa, en gramos, de la caja de aluminio mas la muestra.

m_2 es la masa en gramos, de la caja de aluminio mas la muestra seca.

Determinación de fósforo como P_2O_5 o $Ca_3(PO_4)_2$ (BPL) en la roca fosfórica.

Método gravimétrico Quimociac.

Reactivos:

- a) reactivo Quimociac.- disolver 70g de molibdato de sodio dihidratado en 150 ml de agua. Disolver 60 g de ácido cítrico monohidratado en 150 ml de agua, adicionar 85 ml de ácido nítrico concentrado y permitir enfriar la solución. Adicionar la solución de molibdato a la solución de cítrico-nítrico con agitación. adicionar 5 ml de quinolina sintética a una mezcla de 100ml de agua y 35 ml de ácido nítrico concentrado. Suavemente adicionar la solución de quinolina a la solución de molibdato-cítrico-nítrico, mezclar bien durante la adición. dejar a la solución resultante reposar toda la noche. Filtrar con papel Wathman 2V o equivalente. Adicionar 280 ml de acetona Q.P. y diluir a un litro. Mezclar y almacenar en frasco de polietileno.
- b) Solución ácida para la digestión.
4 partes de ácido nítrico 1:1 y 1 parte de ácido clorhídrico.

Determinación.

Digerir un gramo de muestra en un matraz Erlenmeyer o vaso de precipitados de 250ml adicionando 20 ml de la solución ácida, cubrir con un vidrio de reloj. Calentar y ebulir a fuego lento por 15 minutos hasta desaparición de humo rojo. Diluir y enfriar a temperatura ambiente. Transferir a matraz volumétrico de 250 ml diluir al volumen, mezclar completamente y filtrar a través de un filtro seco. Pipetear una alícuota de 25 ml (0.1g de muestra) introducir a un matraz Erlenmeyer de 500 ml diluir a aproximadamente 100ml con agua y adicionar 50 ml de reactivo Quimociac. Colocar sobre una placa de calentamiento en una campana bien ventilada y calentar ligeramente por un minuto. **NO USAR FLAMA ABIERTA .EVITAR VIGOROSO CALENTAMIENTO YA QUE ESTO RENDIRA UN PRECIPITADO ATERRONADO QUE ES DIFICIL PARA FILTRAR.**

Después de un periodo de calentamiento remover el matraz de la placa de calentamiento y permitir enfriar a temperatura ambiente. Girar (agitando)3-4 veces durante el periodo. Filtrar a través de un crisol gooch tarado el cual ha sido preparado con un papel filtro de fibra de vidrio y secado a 200°C. Después de completar la transferencia, lavar 5 veces con porciones de 25 ml de agua, permitiendo al precipitado secar entre lavados. Secar el crisol y contenido a 200°C por una hora enfriar en desecador a peso constante, y pesar como $(C_9 H_7 N)_3 H_3 PO_4 \cdot 12 Mo O_3$.

Un blanco debe ser corrido a través del procedimiento completo y el peso restado.

$$\%P_2O_5 \text{ (N.B)} = (\text{peso del residuo} - \text{peso del blanco}) * 32.073$$

$$\%P_2O_5 \text{ (D.B)} = (\%P_2O_5 \text{ N.B}) * 100 / 100 - \% \text{ de humedad}$$

$$\% \text{ BPL} = \% P_2O_5 * 2.185$$

Determinación de hierro como % Fe₂O₃ en roca fosfórica.

Método de espectrofotometría por absorción atómica.

Este método es útil para determinar hierro en roca fosfórica, en un ámbito de concentración de 0.5 a 3.5 % de Fe₂O₃.

El método se basa en la cuantificación espectrofotométrica de la concentración de hierro, debido a la absorción de energía radiante, por medio de los electrones de valencia de los átomos de su estado basal.

Reactivos.

- Ácido clorhídrico (HCl), 36.5 – 38.0 %.
- Disolución de ácido clorhídrico (HCl), (1+1).
- Ácido nítrico (HNO₃), 69 –71 %.
- Cloruro de potasio en cristales (KCl).
- Disolución patrón de hierro de 1000 ug de Fe₂O₃ / ml.

Pesar al 0.0001 g ,0.6994 g de hierro en polvo (99.99 %) y disolverlos en 50 ml de ácido clorhídrico (1+1), transferir a un matraz volumétrico de 1000 ml, enfriar llevar a la marca con agua y homogeneizar.

- Roca fosfórica de contenido de Fe₂O₃ conocido.
- Papel filtro Whatman No. 5 ó similar.

Aparatos.

- Balanza analítica capaz de pesar 0.0001g.
- Espectrofotómetro de absorción atómica, capaz de operar a una longitud de onda de 248.3 nm, con quemador de gas oxido nitroso – acetileno.
- Placa de calentamiento con regulador de temperatura.

Procedimiento.

Pesar, al 0.0001g, exactamente 1g de muestra de análisis. Transferir la muestra de análisis a un vaso de precipitados de 250 ml, añadir 30 ml de ácido nítrico 69-71 % y 5 ml de ácido clorhídrico 36.5-38 %. Cubrir con un vidrio de reloj y hervir sobre placa de calentamiento hasta la eliminación de los vapores nitrosos.

Filtrar la disolución obtenida sobre el papel filtro y recibir el filtrado en un matraz volumétrico de 250 ml. Lavar el residuo con agua caliente, dejar enfriar hasta temperatura ambiente, agregar 1 g de cloruro de potasio, llevar hasta la marca con agua y homogeneizar.

Ajustar el espectrofotómetro a 248.3 para dar una sensibilidad máxima usando el quemador con los gases óxido nitroso – acetileno. Usando agua ajustar a cero de absorbancia y alimentar la disolución para determinar su absorbancia.

Curva de calibración.

Pesar al 0.0001g, cuatro porciones de 1 g y una de 0.5g de roca fosfórica de contenido de Fe_2O_3 conocido transferir las porciones a sendos vasos de precipitados y digerir como con la roca fosfórica problema hasta la desaparición de vapores nitrosos.

Filtrar las disoluciones obtenidas sobre papel filtro y recibir el filtrado en un matraz volumétrico de 250 ml. Lavar el residuo con agua caliente y dejar enfriar a temperatura ambiente; a la disolución de 0.5g y a una de 1g de roca, agregar 1 g de cloruro de potasio, llevar a la marca con agua y homogeneizar.

A las tres disoluciones restantes, añadir respectivamente volúmenes de 5, 10 y 25 ml de la disolución patrón de hierro, agregar 1 g de cloruro de potasio, llevar a la marca con agua y homogeneizar. Determinar los miligramos de Fe_2O_3 de estas disoluciones, de acuerdo al contenido original de roca fosfórica.

En las mismas condiciones de ajuste del espectrofotómetro, alimentar cada una de las disoluciones y anotar las lecturas de absorbancia correspondientes.

Elaborar una gráfica de la curva de calibración colocando, como abscisas, los mg de Fe_2O_3 y, como ordenadas, las lecturas de absorbancia.

Método de cálculo y fórmula.

El contenido de Fe_2O_3 en la muestra, esta dado como porcentaje en masa por la siguiente expresión:

$$\% \text{Fe}_2\text{O}_3 = (m1/mo) (100)$$

En donde:

mo es la masa ,en miligramos , de la porción de análisis.

m1 es la masa en, miligramos, obtenida de la curva de calibración, correspondiente a la absorbancia de la disolución problema.

Determinación de aluminio como % de Al₂O₃ en roca fosfórica.

Método de espectrofotometría por absorción atómica para la determinación de aluminio en roca fosfórica, en un ámbito de concentración de 0.5 a 3.5 % de Al₂O₃.

El método se basa en la cuantificación espectrofotométrica de la concentración de aluminio, debido a la absorción de energía radiante, por medio de los electrones de valencia de los átomos en su estado basal.

Reactivos.

- Acido clorhídrico (HCl) , 36.5 – 38.0 %.
- Disolución de ácido clorhídrico (HCl) , (1+1).
- Acido nítrico (HNO₃), 69 –71 %.
- Cloruro de potasio en cristales (KCl).
- Disolución patrón de aluminio de 1000 ug de Al₂O₃ / ml.
Pesar al 0.0001 g ,9.306 g de aluminio y potasio dodecahidratado (Al K (SO₄)₂• 12H₂O) y transferir a un matraz volumétrico de 1000 ml, llevar a la marca con agua y homogeneizar.
- Roca fosfórica de contenido de Al₂O₃ conocido.
- Papel filtro Whatman No. 5 ó similar.

Aparatos.

- Balanza analítica capaz de pesar 0.0001 g.
- Espectrofotómetro de absorción atómica, capaz de operar a una longitud de onda de 309.3nm, con quemador de gas oxido nitroso – acetileno.
- Placa de calentamiento con regulador de temperatura.

Procedimiento.

Pesar al 0.0001 g exactamente 1 g de muestra de análisis. Transferir la porción de análisis a un vaso de precipitados de 250 ml añadir 30 ml de ácido nítrico concentrado y 5 ml de ácido clorhídrico concentrado. Cubrir con un vidrio de reloj y hervir sobre la placa de calentamiento hasta la eliminación de vapores nitrosos.

Filtrar la disolución obtenida sobre papel filtro y recibir el filtrado en un matraz volumétrico de 250 ml. Lavar el residuo con agua caliente, dejar enfriar hasta temperatura ambiente, agregar 1 g de cloruro de potasio, llevar hasta la marca con agua y homogeneizar.

Ajustar el espectrofotómetro a 309.3 nanómetros para dar una sensibilidad máxima usando el quemador óxido nitroso–acetileno. Usando agua, ajustar a cero absorbancia y leer las absorbancias de las disoluciones patrón de la curva de calibración y la disolución problema.

Determinación de magnesio como % de MgO en roca fosfórica.

Método de espectrofotometría por absorción atómica.

Este método es útil para determinar magnesio en roca fosfórica, en un ámbito de concentración de 0.5 a 0.8 % de MgO.

El método se basa en la cuantificación espectrofotométrica de la concentración de magnesio, debido a la absorción de energía radiante, por medio de los electrones de valencia de los átomos en su estado basal.

Reactivos.

- Ácido clorhídrico (HCl) , 36.5 – 38.0 %.
- Disolución de ácido clorhídrico (HCl) , (1+1).
- Ácido nítrico (HNO₃), 69 –71 %.
- Cloruro de potasio en cristales (KCl).
- Oxido de magnesio en polvo(MgO) 99.99%.
- Disolución patrón de magnesio de 1000 ug de MgO / ml.

Pesar al 0.0001 g , 1 g de magnesio en polvo (99.99 %) y disolverlo en 50 ml de ácido clorhídrico (1+1) , transferir a un matraz volumétrico de 1000 ml , enfriar llevar a la marca con agua y homogeneizar.

- Roca fosfórica de contenido de MgO conocido.
- Papel filtro whatman No. 5 ó similar.

Aparatos.

- Balanza analítica capaz de pesar 0.0001g.
- Espectrofotómetro de absorción atómica, capaz de operar a una longitud de onda de 285.2 nm, con quemador de gas oxido nitroso – acetileno.
- Placa de calentamiento con regulador de temperatura.

Procedimiento.

Pesar, al 0.0001 g , exactamente 1 g de muestra de análisis . Transferir la muestra de análisis a un vaso de precipitados de 250 ml, añadir 30 ml de ácido nítrico 69-71 % y 5 ml de ácido clorhídrico 36.5-38 % . Cubrir con

un vidrio de reloj y hervir sobre placa de calentamiento hasta la eliminación de los vapores nitrosos.

Filtrar la disolución obtenida sobre el papel filtro y recibir el filtrado en un matraz volumétrico de 250 ml. Lavar el residuo con agua caliente, dejar enfriar hasta temperatura ambiente, agregar 1 g de cloruro de potasio, llevar hasta la marca con agua y homogeneizar.

Ajustar el espectrofotómetro a 285.2 para dar una sensibilidad máxima usando el quemador con los gases óxido nitroso – acetileno. Usando agua ajustar a cero de absorbancia y alimentar la disolución para determinar su absorbancia.

Curva de calibración.

Pesar al 0.0001 g, cuatro porciones de 1g y una de 0.5g de roca fosfórica de contenido de MgO conocido transferir las porciones a sendos vasos de precipitados y digerir como con la roca fosfórica problema hasta la desaparición de vapores nitrosos.

Filtrar las disoluciones obtenidas sobre papel filtro y recibir el filtrado en un matraz volumétrico de 250 ml. Lavar el residuo con agua caliente y dejar enfriar a temperatura ambiente; a la disolución de 0.5g y a una de 1g de roca, agregar 1g de cloruro de potasio, llevar a la marca con agua y homogeneizar.

A las tres disoluciones restantes, añadir respectivamente volúmenes de 5, 10 y 25 ml de la disolución patrón de magnesio, agregar 1g de cloruro de potasio, llevar a la marca con agua y homogeneizar. Determinar los miligramos de MgO de estas disoluciones, de acuerdo al contenido original de roca fosfórica.

En las mismas condiciones de ajuste del espectrofotómetro, alimentar cada una de las disoluciones y anotar las lecturas de absorbancia correspondientes.

Elaborar una gráfica de la curva de calibración colocando, como abscisas, los mg de MgO y, como ordenadas, las lecturas de absorbancia.

Método de calculo y formula.

El contenido de MgO en la muestra, esta dado como porcentaje en masa por la siguiente expresión:

$$\% \text{ MgO} = (m1/mo) (100)$$

En donde:

mo es la masa ,en miligramos , de la porción de análisis .

m1 es la masa en, miligramos, obtenida de la curva de calibración, correspondiente a la absorbancia de la disolución problema.

Determinación del residuo insoluble en ácido como % RIA en roca fosfórica.

Este método gravimétrico se usa para la determinación del residuo insoluble en ácido en roca fosfórica. El residuo insoluble en ácido es la fracción de la roca no atacable por el ácido; constituida generalmente por dióxido de silicio y algunos otros silicatos, en muchas ocasiones este resultado se toma como equivalente del contenido de sílice.

Reactivos.

- Ácido clorhídrico (HCl) 36.5-38 %.
- Disolución de mezcla ácida. Se mezclan 4 volúmenes de disolución de ácido nítrico (HNO₃) (1+1) con un volumen de ácido clorhídrico concentrado.

Aparatos.

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001g.
- Horno de mufla eléctrico capaz de mantener 800°C.
- Estufa eléctrica capaz de mantener 100 °C.
- Papel filtro Whatman No 40, o similar.
- Mechero Bunsen.
- Placa de calentamiento con regulador de temperatura.

Procedimiento.

Pesar aproximadamente 1 g de la muestra de análisis.

Transferir la porción de análisis a un vaso de precipitados de 250 ml añadir suficiente ácido clorhídrico concentrado para impregnar la muestra. Cubrir con vidrio de reloj y llevar a sequedad en placa de calentamiento.

Dejar enfriar y añadir 20 ml de mezcla ácida, hervir hasta eliminar vapores nitrosos, diluir con 50 ml de agua, lavando las paredes del vaso y hervir durante 5 minutos.

Filtrar sobre papel filtro, teniendo cuidado de transferir con piseta todo el residuo. Lavar el residuo con agua caliente 5 veces, cuidando de agregar cada porción de agua hasta que haya pasado la porción anterior.

Transferir el residuo junto con el papel filtro a un crisol de porcelana puesto a masa constante a 800°C durante una hora. Secar en la estufa a 100°C. Quemar el papel filtro calentando el crisol con mechero Bunsen (la combustión debe ser lenta para evitar que los gases arrastren parte del insoluble fuera del crisol).

Cuando el papel haya sido convertido a cenizas, llevar el crisol al horno donde se mantiene a 800°C durante 20 minutos.

Pasar el crisol a la estufa y posteriormente al desecador, dejar enfriar y pesar.

Método de calculo y formula.

El contenido de residuo insoluble en ácido se calcula como por ciento masa mediante la siguiente expresión:

$$\% \text{ RIA} = M_1 / M_o (100)$$

En donde:

M1 Es la masa en gramos del residuo calcinado.

Mo Es la masa en gramos de la porción de análisis.

Determinación de oxido de calcio (CaO) como % de CaO en roca fosfórica.

Método volumétrico EDTA.

Reactivos:

a.- solución de EDTA (0.02 M). Disolver 134g de EDTA (etilendiamino tetraacetato de sodio) en cuatro litros de agua. Diluir a 18 litros con agua y mezclar vigorosamente.

b.- solución de cloruro de calcio (0.02M). Adicionar 16.1g de Ca CO₃ y 500 ml de agua a un frasco de 2l, adicionar suavemente HCl 1:1 (con agitación ligera) hasta que la reacción es completa, y no mas CO₂ es emitido. Transferir y diluir a 8 l con agua. Ajustar la molaridad de esta solución para que sea la misma que la solución de EDTA.

c.- solución estándar de calcio. Usar una muestra de roca de valor conocido. La humedad de cualquier muestra debe ser checada

periódicamente y el valor corregido. Trate a un gramo de muestra de la roca fosfórica estándar igual como a una muestra preparada para P_2O_5 y proceda como en la determinación.

d.-ácido L ascórbico grado reactivo.

e.- trietanol amina – solución al 33%. Mezcle 700 ml de trietanoamina con 1400 ml de agua.

f.- tartrato de potasio.

g.- solución de hidróxido de sodio (2 N). A un frasco de polietileno de 4 l, adicionar 2,684 ml de agua y 316 ml de 50% solución de NaOH. Mezclar vigorosamente.

h.- indicador azul de hidrox-naftol.

Determinación:

Pipetear una alícuota de 25 ml de la muestra preparada para P_2O_5 colocarla en un recipiente de 400 ml y adicionar alrededor de 200 ml de agua adicionarle 0.3 g de ácido L- ascórbico y agitar por 30 segundos, adicionar 15 ml de solución de trietanolamina y agitar por 30 segundos, adicionar 0.5g de tartrato de potasio agitar por un minuto o mas tiempo si el color amarillo persiste, adicionar 20 ml de solución de Na OH y agitar por un minuto (el pH debe ser mayor de 12.0) y agregar 0.2g de indicador azul de hidrox naftol.

Titular con solución de EDTA hasta un color azul claro y adicionar un exceso de 2-3 ml. Registrar el volumen de titulación. Titular el exceso de EDTA con solución de $CaCl_2$ hasta un punto final de color azul- gris. Registrar el volumen de titulación.

Formulas y calculo.

$$\% \text{ Ca O} = (\text{ ml EDTA} - \text{ ml de Ca Cl}_2) * \text{ factor}$$

Factor = % CaO en roca estándar / (ml de EDTA- ml $CaCl_2$ para estándares)

Determinación de flúor como % de Fluoruro en roca fosfórica.

Método del electrodo selectivo.

Este método establece un análisis potenciométrico para la determinación de flúor en roca fosfórica, siendo la concentración de este mayor del 1 %. La curva de calibración usada permite detectar cantidades de flúor comprendidas entre 10 y 50 mg de flúor en 40 ml de disolución. Se basa en la disolución de flúor por medio de un ataque ácido y la cuantificación

potenciométrica de éste mediante un electrodo selectivo del ión fluoruro; la diferencia de potencial registrado permite conocer el contenido de flúor, por medio de una curva de calibración.

Reactivos.

- Disolución de ácido clorhídrico (HCl), (1+1).
- Disolución reguladora de fuerza iónica, de citrato de sodio ($C_6H_5O_7Na_3$), 40% (m/v).
- Disolución patrón de flúor de 1 mg de F^- /ml.

Pesar al 0.0001g, 2.21g de fluoruro de sodio (NaF), previamente secado en la estufa a 105 °C durante 2 horas, disolverlos en agua, transferirlos a un matraz volumétrico de 1000 ml, llevar a la marca con agua y homogeneizar.

Aparatos.

- Balanza analítica capaz de pesar 0.0001g.
- Placa de calentamiento con regulador de temperatura.
- Agitador magnético con regulador de velocidad.
- Electrodo específico para ión fluoruro, Orion, modelo 94-09 o similar.
- Electrodo combinado de referencia, Orion 94-06 o similar.
- Potenciómetro, Orion modelo 701 o similar.
- Micro bureta de 10 ml, con precisión de 0.2 ml.

Procedimiento.

Pesar al 0.0001g, aproximadamente 0.25g de la muestra de análisis y transferirla a un matraz volumétrico de 250 ml, agregar aproximadamente 90 ml de agua y 10 ml de ácido clorhídrico (1+1). Colocándolo sobre una placa de calentamiento, calentarlo justo hasta que empiece la ebullición de la disolución.

Habiendo llegado a esa temperatura, retirar el matraz y ponerlo sobre un agitador magnético durante 10 minutos. Enfriar, llevar a la marca con agua y homogeneizar.

Tomar una porción de 20ml de la disolución anterior e introducirla en un vaso de precipitados de 50 ml. Agregar 20 ml de la disolución de citrato de sodio. Colocar sobre agitador magnético e introducir los electrodos en la disolución. Leer con las mismas condiciones todas las muestras.

Curva de calibración.

De la disolución patrón de flúor , con microbureta tomar alicuotas de 5, 10, 15, 20 y 25 ml en sendos matraces volumétricos de 500 ml , añadir a cada uno de ellos 20 ml de disolución de ácido clorhídrico (1+1) llevar a la marca con agua y homogeneizar. Las disoluciones así obtenidas, contienen 0.01, 0.02, 0.03, 0.04 y 0.05 mg de F⁻/ml, respectivamente.

Tomar una porción de 20 ml de cada disolución obtenida en el paso anterior transferirlas a sendos vasos de precipitados de 50 ml y agregar a cada uno, 20 ml de disolución de citrato de sodio. Poner el vaso que contiene 10 ug de F⁻ sobre un agitador magnético e introducir los electrodos en la disolución, pasados aproximadamente 2-2.5 minutos, ajustar la lectura del potenciómetro a aproximadamente 80 mv.

En orden creciente, de acuerdo al contenido de flúor, medir la diferencia de potencial de las muestras patrón restantes y si es necesario, ajustar el potenciómetro cada 2 mediciones con el patrón de 10 ug de F⁻/ml, sin olvidar que todas las mediciones deben hacerse a la misma temperatura y con el mismo tiempo de inmersión que este.

Elaborar una gráfica en papel semilogarítmico, colocando en la escala logarítmica, los mg de flúor y en la escala lineal, los milivolts leídos.

Método de calculo y formula..

El contenido de flúor en la muestra, expresado como porcentaje en masa se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$\% \text{ Fluoruro} = (m1 * v) / m0 * (100)$$

En donde.

m0 Es la masa, en miligramos, de la porción de análisis.

m1 Es la masa, en miligramos, leída en la curva de calibración para la muestra.

v Es el volumen, en miligramos, de la disolución de la porción de análisis.

7 DISCUSION.

El uso y aplicación de los fertilizantes están relacionados con el estudio del suelo, del clima y de la planta por fertilizar, para optimizar su rendimiento y aprovechamiento.

El estudio del suelo comprende su evaluación fisicoquímica, su localización y situación orográfica. El del clima trata las características térmicas, en especial la relación que guardan las temperaturas diurnas y nocturnas, así como las precipitaciones. Finalmente, el de la planta trata de características genéticas; en este caso, su capacidad productiva.

Los métodos de aplicación de los fertilizantes obedecen a cuatro aspectos básicos: el físico del fertilizante; las características del suelo donde se va a aplicar; el tipo de cultivo por fertilizar; y por último, de los recursos económicos del agricultor: puede ser en forma manual o mecanizada.

8 CONCLUSIONES

Los diferentes métodos analíticos utilizados para el análisis de la roca fosfórica presentan en general una buena correlación. Los resultados del análisis del material muestran un gran grado de exactitud y un buen grado de reproducibilidad y además nos permiten evaluar de manera correcta y conocer la calidad de la roca fosfórica para su aplicación como fertilizante así como también poder predecir su comportamiento en las diferentes etapas de la producción de ácido fosfórico. El producto considerado en esta forma se clasifica en los siguientes tipos y grado de calidad.

a) tipo 1.- roca fosfórica de aplicación directa al suelo, con un grado de calidad.

Grado A .- roca fosfórica de 20.1 % de P_2O_5 mínimo (44BPL).

b) tipo 2.- roca fosfórica para producción de fertilizantes, con dos grados de calidad.

Grado A.- roca fosfórica para producción de ácido fosfórico con 30.2 % P_2O_5 mínimo (66BPL).

Grado B.- roca fosfórica para producción de superfosfatos con 32.0 % P_2O_5 mínimo (70 BPL).

BPL es la abreviatura de “Bone Phosphate of Lime” que corresponde a la manera comercial de indicar el contenido de fosfato tricálcico ($BPL = \% P_2O_5 \times 2.185$).

El agricultor debe evaluar la respuesta de un cultivo a los fertilizantes únicamente deberá tomar nota de los Kg. de nutrientes que aplicó; los Kg. de cosecha recolectada y los costos que tuvo durante su experimentación, llevados a cabo bajo las mismas condiciones de métodos y época de aplicación de fertilizantes.

9 BIBLIOGRAFIA.

- 1.-Galicia, L. A y Yescas, S. E. Informe sobre la asistencia al curso “Uso y Aplicación de los Fertilizantes”. 520/80/723 Fertimex .Subgerencia de investigación.OCT(1980).
- 2.-Jacob, A. Vexkul,H.Von Fertilización 4 Edición , Ediciones Euro americanas. 45-100(1973).
- 3.-Scharrer, Karl. Química Agrícola .tomo I primera edición .UTEHA.110-152(1960).
- 4.-Domínguez, U.A. Abonos Minerales 3^a Edición Gráficos E .Casados.17-225(1970)
- 5.-Thompson, L.M. El Suelo y su Fertilidad 3^a edición .Editorial Reverte, 190-284(1974).
- 6.-Methods used and adopted by the Association of Florida Phosphate Chemist.
P.O BOX 1645 Bartow , Florida 33830 ,sixt edition (1980).
- 7.-Hignett, T. P. Bulk blending of fertilisers: Practices and problems. Proc. Fert. Soc., no 87(1965) london.
- 8.- Janikowski, S. M. Dihydrate processes. II. B.Fisons. p, 241- 252. In A. V. Slack (ed.) Phosphoric acid, Vol. 1, Part I. Marcel Dekker, Inc.(1968) New York.
- 9.- Slack, A. V. It's time to consider nitric phosphates. Part 4. Agronomic considerations. Farm Chem. 130(7): 30, 32, 40, 42(1967).
- 10.- Tennessee Valley Authority. Liquid fertilizer production and distribution. Circ. Z-27, TVA, Muscle Shoals(1971) Ala.
- 11.- Tennessee Valley Authority. New developments in fertilizer technology. 9th demonstration, TVA Bull. Y-50. TVA, Muscle Shoals,october(1972) Ala.
- 12.- United Nations. Fertilizer manual. UN Ind. Dev. Organ., New York. p. 133-135(1967).
- 13.- Jenke,D.R. and Diebold,F.R. Characterization of Phosphorite Ores. Analytical chemistry. Vol. 54, no 6 p 1008-1011(1982).

14.-Aten, C.F. et al. Determination of magnesium, iron, and zinc in fertilizers by flame atomic absorption and by inductively coupled plasma emission spectroscopy : comparison of methods.J.Assoc. Off. Anal. Chem. Vol 66 .no 3 766-768.

15.- Gehrke, C.W.et al. Fertilizers.analytical chemistry, vol 49 no. 5. p 186-194. (1977).

16.- Everson, R.J. A modification in the official methods for the determination of metals in feeds and fertilizers by atomic absorption spectrophotometry. Journal of the AOAC. Vol. 58.no. 1 . p 158-159 (1975).

17.- Sweeney, R.A. Fertilizers. Analytical Chemistry, vol. 53. no. 5. p 28-38 (1981).

APENDICE.

Cálculo de la dosis de fertilizante.

Una vez que el agricultor conoce la dosis de nutrientes recomendada para su cultivo, a partir del análisis de su terreno, tiene la necesidad de saber la fórmula usada en la clasificación de los fertilizantes y la metodología de cálculo para la preparación de las fórmulas y cantidades de fertilizantes a emplear. En la metodología de cálculo se debe de tomar en cuenta, además de la fórmula, el tipo de fertilizante, la compatibilidad física y química entre dichos fertilizantes y su precio por unidad de nutriente, para poder sustituirlos por sus equivalentes en nutrientes, en el momento oportuno.

Fórmula.

Las fórmulas se identifican por tres números separados por un guión, en donde el primer número indica los Kg. de nitrógeno (Kg. de N) en 100 Kg. de fertilizante, el segundo número indica los Kg. de pentóxido de fósforo (Kg. de P_2O_5) en 100Kg. de fertilizantes y el tercer número indica los Kg. de óxido de potasio (Kg. de K_2O) también en 100Kg. de fertilizante. En caso de que se cuente con un fertilizante con una fórmula 18-46-0, significa que en 100Kg. existen 18Kg. de N, 46Kg. de P_2O_5 y 0Kg. de K_2O . Algunos autores utilizan 1000Kg. en lugar de 100Kg. de fertilizante, así, en la fórmula 18-46-0 se tendrán 180Kg. de N, 460Kg. de P_2O_5 y 0Kg. de K_2O .

Preparación de fórmulas.

Con frecuencia el agricultor no encuentra en los centros de venta del fertilizante la fórmula que necesita, por lo que tiene que preparar su fórmula a partir de dos o tres fertilizantes con un solo nutriente, previa elaboración de los cálculos.

Como ejemplo, si se desea obtener la fórmula 10-10-5, a partir de sulfato de amonio (con 20. 5Kg. de N en 100Kg. de sulfato de amonio); superfosfato triple (con 46. 0Kg. de P_2O_5 en 100Kg. de superfosfato triple) y cloruro de potasio (con 60. 0Kg. de K_2O en 100Kg. de cloruro de potasio), se necesitarán las cantidades que se calculan a continuación:

10.0 Kg. de N están en x Kg. de sulfato de amonio.

20. 5 Kg. de N están en 100 Kg. de sulfato de amonio.

$$X = \frac{10.0 \times 100}{20.5} = 48.78 \text{Kg. de sulfato de amonio.}$$

20.5

10.0Kg. de P_2O_5 están en y Kg. de superfosfato triple.

46.0Kg. de P_2O_5 están en 100Kg. de superfosfato triple.

$$y = \frac{10.0 \times 100}{46.0} = 21.74 \text{Kg. de superfosfato triple.}$$

5.0 Kg. de K_2O están en Z Kg. de cloruro de potasio 60.0Kg. de K_2O están en 100Kg. de cloruro de potasio.

$$Z = \frac{5.0 \times 100}{60.5} = 8.33 \text{Kg. de cloruro de potasio.}$$

Por lo tanto se deberán mezclar los siguientes:

48.78 Kg. de sulfato de amonio

21.74 kg. de superfosfato simple

8.33 Kg. de cloruro de potasio

78.85Kg. de fertilizantes

+21.15kg de relleno

100.00Kg. de totales

Como regla general, para calcular mezclas de este tipo se multiplican los Kg. de nutriente deseado en la mezcla por 100 y se divide el resultado entre los Kg. de nutriente, en el fertilizante de un solo nutriente. La suma de, los Kg. de fertilizantes deberá ajustarse a 100 Kg. con material de relleno (arena, tierra, etc.). Si la suma de los Kg. de fertilizante sobrepasa de 100, indica que es imposible obtener la fórmula con esos fertilizantes, y se buscan entonces la sustitución de ellos por otros que tengan un contenido mayor de nutrientes.

Dosis de nutrientes.

Al hablar de dosis se hace referencia a los Kg. de nutriente por hectárea;

Es decir, los Kg. de N, los Kg. de P_2O_5 y los Kg. de K_2O . Por ejemplo si se recomienda aplicar una dosis de 120-80-0, significa que se deben aplicar 120 Kg. de N, 80 Kg. de P_2O_5 y 0 Kg. de K_2O en una hectárea (ha).

Cantidad de fertilizantes a emplear.

Para ilustrar la metodología de cálculo de la cantidad de fertilizantes a emplear, sobre la recomendación para un cultivo, se usará el ejemplo sobre el cultivo de maíz en una zona de riego. Se recomienda la dosis 120-40-0 en dos aplicaciones; en la primera (de presiembra): 80-40-0; en la segunda: 40-0-0 (durante el barbecho). Se dispone de tres fertilizantes: Sulfato de amonio (SA): 20.5 Kg. de N, 0 Kg. de P₂O₅ y 0 Kg. de K₂O; Fosfato diamónico (DAP): 18.0 Kg. de N, 46.0 Kg. de P₂O₅ y 0 Kg. de K₂O; Nitrato de amonio (NA): 33.5Kg. de N, 0Kg. de P₂O₅ y 0Kg. de K₂O.

Primera aplicación. 80-40-0. - Se calcula primero la cantidad de fertilizante necesario que contiene más de un nutriente, en este caso el DAP y se empieza por el nutriente de mayor contenido en dicho fertilizante; es decir, el P₂O₅.

Se necesitan 40.0Kg. de P₂O₅ y el DAP contiene 46.0Kg. de P₂O₅ en 100Kg., por lo que se requieren X Kg. de DAP.

X Kg. de DAP contienen 40.0Kg. de P₂O₅;
100 Kg. de DAP contienen 46.0Kg. de P₂O₅

$$X = \frac{40.0 \times 100}{46.0} = 87.0 \text{ Kg. de DAP}$$

Luego se calculan los Kg. de N que contienen los 87.0Kg. de DAP:

X Kg. de N están en 87.0Kg. de DAP
18.0 Kg. de N están en 100.0Kg. de DAP

$$X = \frac{18.0 \times 87.0}{100.0} = 15.7 \text{ Kg. de N}$$

Para ajustar a 80 Kg. de N de la dosis, se necesitan 64.3Kg. de N que serán obtenidos de Y Kg. de SA o bien, de Z Kg. NA.

Primer caso usando SA:

Y Kg. de SA contienen 64.3 Kg. de N
100kg de SA contienen 20.5 kg de N

$$Y = \frac{64.3 \times 100}{20.5} = 313.7 \text{ kg de SA}$$

Segundo caso, usando NA:

Z Kg. de NA contienen 64.3Kg. de N
100Kg. de NA contienen 33.5Kg. de N

$$Z = \frac{64.3 \times 100}{33.5} = 191.9 \text{ Kg. de NA}$$

Es decir, para obtener la dosis 80-40-0 serán necesarios 87.0 Kg. de DAP y 313.7 Kg. de SA o, en sustitución de éste último, 191.9 Kg. de NA.

Segunda aplicación.- 40-0-0. Si se emplea SA se requerirán Y Kg. de SA.

Y Kg. SA contienen 40.0 Kg. de N
100 Kg. SA contienen 20.5 Kg. de N

$$Y = \frac{40.0 \times 100}{20.5} = 195.1 \text{ Kg. de SA}$$

Si se emplea NA, se requerirán Z Kg. de NA.

Z Kg. de NA contienen 40.0Kg. de N
100 Kg. de NA contienen 33.5Kg. de N

$$Z = \frac{100 \times 40.0}{33.5} = 119.4 \text{ Kg. de NA}$$

Para facilitar el cálculo de fórmulas y cantidades de fertilizantes se adjuntan las **tablas 2, 3 y 4**.

Tabla 2.- Conversión de unidades de nitrógeno (N) en unidades de fertilizante nitrogenados.

Dosis de nutrientes puros = Cantidad de fertilizantes requeridos (en Kg)

Kg de nitrógeno puro por aplicar	Nitrato de potasio 13 %	Nitrato de sodio (salitre, nitrato de calcio, Nitrato sódico-potásico 15-16 %	Sulfato de Amonio, nitrato amoniacal cálcico, cianamida de calcio 20-21 %	Fosfato diamónico 18 %	Nitrato de amonio 33 %	Urea 45 %	Amonia anhidro
1	7.7	6.5	5	5.5	3	2.2	1.2
5	38	32	25	28	15	11	6
10	77	65	50	56	30	22	12
15	116	98	75	83	45	33	18
20	154	130	100	111	60	44	24
30	231	195	150	167	90	66	36
40	308	260	200	222	120	88	48
50	285	325	250	278	150	110	60
60	462	390	300	333	180	132	72
80	616	520	400	444	240	176	96
100	770	650	500	556	300	220	120
120	924	780	600	667	360	264	144
150	1155	975	750	833	450	330	180

Tabla 3.- Conversión de unidades de ácido fosfórico (P₂O₅) en unidades de fertilizantes fosfatados.

Dosis de nutrientes puros = Cantidad de Fertilizantes requeridos (en Kg)

Kg de ácido fosfórico puro por aplicar	Escorias básicas 14 %	Escorias básicas, Superfosfato 16 %	Superfosfato Simple 18 %	Fosfato y sulfato de amonio, superfosfato 20 %	Fosfato dicálcico 38 %	Fosfato diamónico, superfosfato triple 46 %
1	7.1	6.2	5.5	5	2.6	2.2
5	36	31	28	25	13	11
10	71	62	56	80	26	22
15	107	94	83	75	39	33
20	143	125	111	100	53	44
30	214	188	167	150	79	65
40	286	250	222	200	105	87
50	357	312	278	250	132	109
60	428	375	333	300	158	130
80	571	500	444	400	210	174
100	714	625	555	500	263	217
120	852	744	669	600	312	261
150	1065	930	825	750	390	326

Tabla 4.- Conversión de unidades de potasio (K₂O) en unidades de fertilizantes potásicos.

Dosis de nutrientes puros = Cantidad de fertilizantes requeridos (en kg)						
kg de potasa pura por aplicar	Cainita 17%	Cainita, cenizas vegetales 20%	Sulfato de potasio y magnesio 30%	Sales fertilizantes 40%	Cloruro de potasio, sulfato de potasio 50%	Cloruro de potasio 60%
1	5.9	5	3.8	3.3	2	1.7
5	29	25	19	16	10	8.5
10	59	50	38	33	20	17
15	88	75	57	50	30	26
20	118	100	76	66	40	34
30	177	150	114	99	60	51
40	236	200	152	132	80	68
50	295	250	195	165	100	85
60	354	300	228	198	120	102
80	472	400	304	264	160	136
100	590	500	380	330	200	170
120	708	600	456	396	240	204
150	885	750	570	495	300	255

Evaluación de la respuesta a los fertilizantes.

Para medir la respuesta de un cultivo a la aplicación de fertilizantes, se acostumbra efectuar una serie de experimentos, denominados tratamientos.

Tratamientos.

Los tratamientos consisten en llevar a cabo aplicaciones de dosis diferentes, pero conocidas, de nutrientes a varias parcelas identificadas, manejadas en condiciones similares de método y época de aplicación de nutrientes. La producción de la cosecha se registra al finalizar el ciclo de cultivo. Si se desea conocer la dosis óptima económica (DOE) se deben registrar los datos de costos de nutrientes y su aplicación, así como el valor de la producción obtenida.

La representación gráfica de la DOE que se muestra en la **figura 12**, se define como sigue: Un incremento en la dosis de nutrientes aumenta la producción en un valor igual a su costo y aplicación. En adición, y en estos tratamientos se determina la dosis óptima fisiológica (DOF), representada en la **figura 13**. La DOF se define como aquella en la que estando las mejores condiciones del suelo, del clima, y de la variedad de cultivo se logra la máxima producción.

Para ilustrar con un ejemplo la respuesta a los fertilizantes, de varios tratamientos, se presentan los datos del **cuadro No. 3**.

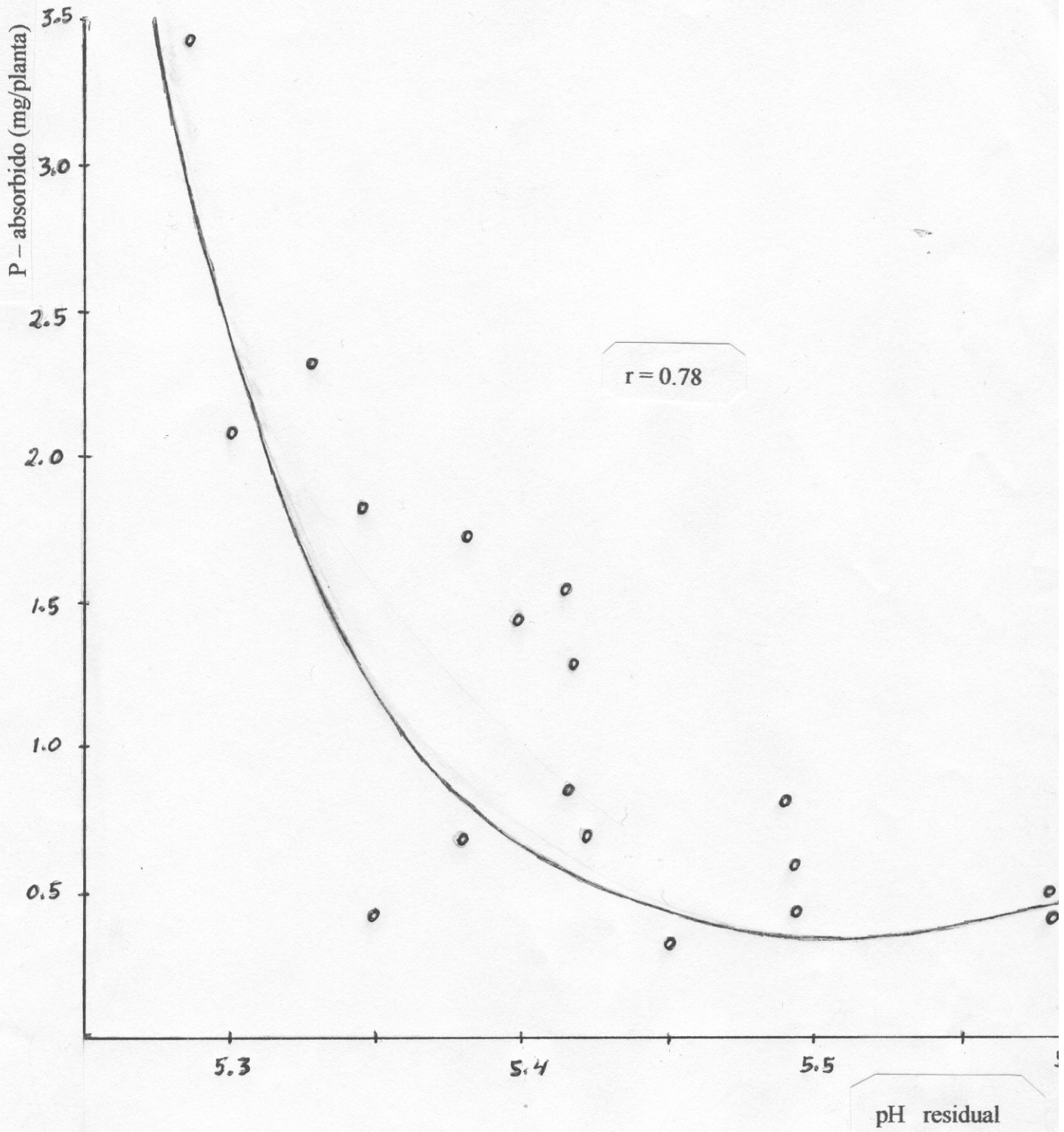


Figura 11.-Relación entre el pH residual del suelo y la absorción de fósforo por la cebada fertilizada con fosfato monoamónico (MAP) en un suelo de sabana.

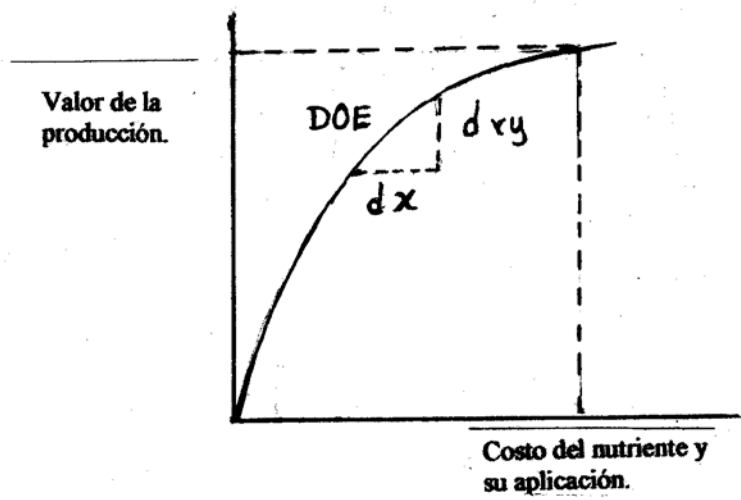


Figura 12.- Relación entre el valor de la producción y el costo del nutriente y su aplicación.

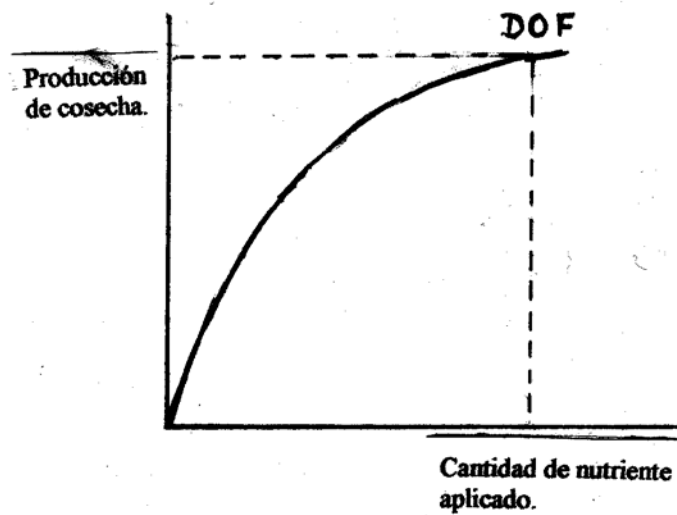


Figura 13.- Relación entre la producción de cosecha y la cantidad del nutriente aplicado.

Cuadro No. 3. - Tratamientos y producciones obtenidas en un cultivo de arroz

Tratamiento	Producción	Incremento en la producción
Kg. de N /ha	Kg. arroz/ha	Kg. arroz adicional
0	5870	-----
20	6189	319
40	6471	282
60	6716	245
80	6922	206
100	7092	170
120	7223	131
140	7317	94
160	7375	58
180	7394	19
200	7373	19

La evaluación de la respuesta a los fertilizantes, mediante tratamientos, pueden ser obtenidos por los agricultores si llevan un registro similar al **cuadro No. 3**. En él también se deben llevar los datos de costos y valor de la producción, para determinar la dosis óptima económica; es decir, determinar la dosis que produce mayores utilidades.

ABREVIATURAS

APATITA.-fosfato de calcio natural mezclado con pequeñas proporciones de fluor y de cloro.

BPL.-bone phosphate of lime. Indica el contenido de fosfato tricalcico.

COLOROSIS.-desaparicion parcial de la clorofila en las hojas de un vegetal.

COBERTERA.-es cuando se labora la superficie total del suelo antes de la siembra.

DAP.-fosfato diamonico.

DOE.-dosis optima economica.

DOF.-dosis optima fisiologica.

DOLOMITA.-carbonato natural doble de calcio y magnesio.

MAP.-monofosfato de amonio.

NA.- nitrato de amonio.

NUTRIENTE.-sustancia asimilable por un organismo vivo.

RIA.-residuo insoluble en acido.

SA.-sulfato de amonio.

TVA.- tennessee valley authority.

VOLEO.-manera de sembrar esparciendo la semilla en el aire a puños.