

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
UNAN – LEON
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE QUIMICA**



“ESTUDIO PRELIMINAR PARA LA COMPARACIÓN DE MÉTODOS EN LA DETERMINACIÓN DE COMPONENTES DEL SUELO USANDO EL KIT DE CAMPO Y LOS ANÁLISIS QUÍMICOS DEL LABORATORIO DE SUELO DE LA UNAN – LEÓN”.

**AUTORES: Br: Hugo Agustín Chevez Díaz.
Br: Flor de Maria López Martínez.**

MONOGRAFÍA PARA OPTAR AL TÍTULO DE LICENCIADO EN QUIMICA.

TUTOR: MSc. Anabelle Martínez V.

ASESOR: Ing. Yasushi Hirai.

León 15 de Julio 2003.

INDICE

RESUMEN

Título	Página
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVOS.....	2
III MARCO TEÓRICO.	3
3.1 EL SUELO.....	3
3.1.1 Grado de acidez o alcalinidad del suelo.	4
3.1.2 Suelos ácidos.	4
3.1.3 Suelos alcalinos.	5
3.1.4 pH y disponibilidad de los nutrientes.	5
3.1.5 Macro nutrientes.	6
3.1.6 Micro nutrientes.	10
3.1.7 Oligoelementos.	11
3.1.8 Espectrofotometría ultravioleta visible.	11
3.1.9 Ley de Beer.	13
3.1.10 Desviaciones de la ley de Beer.	13
3.1.11 Tipos de errores.	14
3.1.12 Fuente de errores sistemáticos.	15
3.2.1 LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELO DE LA UNAN LEON.....	16
3.2.2 Espectrofotómetro SFP-3.	16
3.2.3 Fotómetro de llama.	22
3.2.4 La función de flama de combustión en la espectroscopia de llama.....	24
3.2.5 Instrumentación.	24
3.2.6 Tratamiento de la muestra.	24
3.2.7 Liberación de la muestra.	25
3.2.8 Atomización.	25
3.2.9 Unidad de detección y lectura.	25
3.3.1 KIT DE CAMPO PARA ANÁLISIS DE SUELO.....	26
3.3.2 Medición de nutrientes disponibles.	27
3.3.3 Métodos de ensayo.	28
3.4.1 PH- METRO CON ELECTRODO DE VIDRIO.	35
IV PARTE EXPERIMENTAL.	37
4.1 Materiales y reactivos.	37
4.2 Metodología del kit.	37
4.3 Metodología del laboratorio de suelo de la UNAN LEON.....	38
4.4 Preparación de soluciones.	39
4.5 Curva de calibrado para la determinación de fósforo.....	40
4.6 Muestreo.	40

V RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	42
VI CONCLUSIONES.	46
VII RECOMENDACIONES	47
VIII BIBLIOGRAFÍA	48
IX ANEXOS	49

DEDICATORIA

Dedico con mucho amor este trabajo a Dios por ser el creador de cada vida y pensamiento, por ser el principal guía de cada frase o expresión del estudio, por ser fuente del conocimiento, por permitir la conclusión de este trabajo.

También dedico con mucho orgullo este trabajo a mis padres que con esfuerzo y voluntad han permitido concluir mis estudios y me han orientado el camino de la fe, humildad, entusiasmo al estudio y superación y el respeto a Dios y a la humanidad.

Además dedico especialmente este trabajo, a cada uno de mis hermanos que siempre han contribuido a mi formación.

Br. Hugo Agustín Chávez Díaz.

Dedico este trabajo monográfico a Dios por haberme iluminado el camino para llegar a la meta, ya que sin el no hubiese sido posible.

A mis padres Ramiro Antonio López L, y Auxiliadora Martines, a mis hermanos Lic. Benita Jackeline, Dra. Yamileth de los Ángeles, Ramiro José y en especial a mis amigas Maria Mercedes Obando, Sara Raquel Gómez y Mildred Lilieth Gonzáles R.

Br. Flor de Maria López Martínez.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos muy especialmente este trabajo a Dios por darnos vida y conocimiento, por permitirnos estar en este mundo e indicarnos el camino del amor, del bien, de la fe y del trabajo, por ser el guía para la conclusión de este trabajo.

También agradecemos de corazón a nuestros padres que siempre nos han apoyado y han brindado la oportunidad de estudiar. A nuestro tutor Msc Annabelle Martínez V. A **JICA** que por medio del Ing. Yasushi Hirai se hizo posible este estudio y en especial a todos los profesores que con mucho cariño han contribuido con sus valiosas ideas.

Br. Hugo A. Chávez D.

Br. Flor M^a López M.

RESUMEN

En el presente trabajo se realizo un estudio preliminar en la determinación de componentes (nutrientes) del suelo (calcio, magnesio, potasio, fósforo, nitrógeno amoniacal) y las condiciones de pH, usando el kit de campo (método colorimétrico visual) para análisis de suelo y los los respectivos métodos.

El kit de campo para análisis de suelo, es un equipo portátil con la capacidad de determinar catorce parámetros (nutrientes) del suelo. Los resultados de los ensayos obtenidos con este equipo cubren un rango amplio de concentraciones y por estas razones los resultados (cualicuantitativos) encontrados no son tan exactos pero son muy útiles para conocer las condiciones del suelo.

Aplicando ambos métodos se determinara la concentración de los nutrientes del suelo disponibles para las plantas en cuatro muestras de suelo (compuestas) tomadas del campo agropecuario de la UNAN LEÓN, ubicada tres Km. al este de la ciudad de león en occidente.

Los métodos del laboratorio resultaron ser mas exactos lo cual fue comprobado haciendo uso de soluciones de concentraciones conocidas.

Tabla Q - 1: Comparación de rangos y reactivos para ambos métodos.

Parámetros	Rango de determinación	Reactivos (Kit)	Rango de determinación	Reactivos (laboratorio)
Potasio	50-200 ppm	-Metanol, -Etanol, -Rojo de metilo,-Nitrito de sodio,- Cobaltinitrito de sodio,- benzoato de sodio.	500-1000 ppm	-Acetato de amonio (I) para extraer. -fotómetro de llama
Fósforo	5-100 ppm	-Molibdato de sodio, -Ácido acético,-Cloruro de estaño,- Cloruro de potasio.	0-500 ppm	-Ácido sulfúrico -Molibdato de amonio -Cloruro estannoso
Magnesio	5-150 ppm	Metanol,-Amarillo de Cleyton, -Hidróxido de sodio,-	0-1000 ppm	-Solución extractora (I) -Xylidyl Blue I
Calcio	150-2800 ppm	Oxalato de sodio,-	0-10000 ppm	-Solución extractora (I) -O-Cresol phthalein
Nitrógeno Amoniacal	5-150 ppm	-Hidróxido de sodio, -Cloruro de mercurio,- yoduro de potasio,	0-250 ppm	-Solución extractora de cloruro de potasio -Fenol, -Nitroprusiato de sodio, -hipoclorito citrato de sodio.,
pH	0 - 14	Indicadores -Azul de bromo timol,-Rojo de metilo, -	0 - 14	-Agua

Nota: Para extraer (Mg, Ca, K, P y NH₄) con el Kit de campo se usa la solución extractora acetato de sodio / ácido acético de pH 4.8

REACTIVOS PARA PRUEBAS DE SUELO

Esta información es suministrada para posibilitar al analista de suelo, correlacionar los resultados de prueba de suelo de Lamotte con resultados obtenidos a través de otros procedimientos de prueba de suelo.

*** Procedimiento para la extracción de la muestra de suelo.**

La solución de extracción universal 5173 se compone de acetato de sodio que ha sido ajustada a un pH de 4.8 con ácido acético. Esta solución extrae los nutrientes solubles tales como P y N, también como potasio Soluble y cambiante y otros cationes, como Ca y Mg

Procedimiento de extracción:

- Llene un tubo de extracción (0704) hasta 14 ml con solución extractante universal 5173.
- Use la medida plástica para el suelo (0819) agregar dos niveles de medida de muestras de suelo, tape y agite por un minuto.
- Utilice un trozo de papel filtro (0465) y un embudo plástico (0459) para filtrar la suspensión de suelo, dentro de un segundo tubo de extracción (0704).

El filtrado en el segundo tubo de extracción es el extracto de suelo general a usarse en los procedimientos de prueba particulares mencionados anteriormente.

***Prueba de potasio.**

La prueba de potasio se basa en el hecho de que las sales de potasio dan una precipitación cristalina amarilla con cobaltinitrito de sodio reactivo B de potasio (5161). El reactivo C de potasio (5162) es alcohol etílico desnaturalizado que facilita la formación de la precipitación en forma mas o menos coloidal.

***Prueba de fósforo.**

Los fosfatos reaccionan con molibdato de amonio, reactivo # 2 de prueba de fósforo (5156) para producir sales de un complejo fosfomolibdato de amonio que reduce el óxido de molibdeno de color azul cuando se reduce reactivo # 3 de fósforo (5157) el agente reductor, el Cloruro de estaño.

*** Prueba de pH de suelo.**

Los indicadores de pH de bajo rango sensitivo se usan para medir el PH del extracto acuoso destilado del suelo. El sulfato de bario se utiliza para acelerar la precipitación de la mezcla de agua –suelo.

*** Prueba de Calcio.**

La solución de prueba de Ca (5103) es oxalato de sodio que reacciona con calcio para formar una precipitación de oxalato de calcio.

*** Prueba de Nitrógeno de Amonio.**

La solución de prueba de nitrógeno de amonio (5103) es el reactivo de Nesslerer.

*** Prueba de Magnesio.**

El tinte amarillo titan, solución # 1 de prueba de Mg (5140) se absorbe en el precipitado de hidróxido de magnesio que se forma cuando se agrega la solución # 2 de prueba de magnesio – manganeso (5145), hidróxido de sodio – El grado de color en la reacción de prueba depende de la cantidad de precipitación formada.

TABLAS DE COLOR.

Descripción por parámetros:

pH:

El resultado de ensayo de rango amplio indica cual indicador de rango angosto y cuadro de color debe ser seleccionado para practicar un ensayo de pH mas preciso. Escoja el indicador de rango angosto y el cuadro apropiado con un punto medio que sea tan cercano como posible al valor obtenido en la prueba de rango amplio.

*** Potasio (K):**

Para la determinación de potasio no se necesita una tabla de indicador de color. Después de llevarse a cabo una serie de procedimientos el tubo de potasio B (0246) o C (0247) para otro caso, es puesto sobre una pieza rectangular de plexiglás blanca con una ralla negra sólida que marca la mitad. Lentamente se agrega la muestra de ensayo al tubo sobre la pieza y observando la línea negra bajar (desaparecer) siga agregando la muestra de ensayo hasta que la línea negra desaparezca. La concentración de potasio se registra en libras por acre, donde el nivel del líquido marque la escala (100-400) impresa al lado del tubo de potasio.

*** Fósforo (P).**

La determinación de fósforo es extremadamente sensible debe tomar precauciones especiales para evitar la contaminación. Evitar la exposición de ensayo al polvo. Las manos y ropa del operador, la superficie de trabajo y el are de ensayo en general debe estar limpia y libre de residuos de fertilizantes.

Después de aplicar ciertos reactivos al extracto de suelo general, se agrega una tableta de reactivo de fósforo que con agitación se disolverá y aparecerá el color azul característico que al instante se compara con el cuadro de color de fósforo (1312).

La tarjeta para la determinación de fósforo tiene ciertos cuadros cada uno con una escala de concentración correspondiente (10, 25, 50, 75, 100, 150, y 200). Iniciando con un color azul pálido el cual se vuelve más intenso al aumentar la escala.

*** Magnesio (Mg).**

La prueba se lleva a cabo en un plato de depósito o de mancha. Después de agregar los reactivos apropiados a la muestra y agitar el tiempo indicado, aparecerá un color amarillo pálido en la mezcla que luego al agregar solución de prueba de magnesio –manganeso el color cambiara a una sombra más oscura indicada en el cuadro de color de magnesio (1306). La tabla de color contiene seis cuadros que indican la condición del suelo desde muy baja hasta muy alta concentración de magnesio que luego mediante otra tabla se puede interpretar y cuantificar dicha concentrada en ppm.

*** Calcio (Ca).**

La determinación para calcio se lleva a cabo en un frasco de vidrio de turbidez de fondo plano (0242).

Al mezclar los reactivos con la muestra de suelo y agitando aparecerá la turbidez lechosa de la muestra de ensayo que al instante hay que aparearla con los estándares del turbidez en el cuadro de calcio sustituible (1303).

El color de los recuadros es gris, intensificándose este color al aumentar la concentración o viceversa. La tabla contiene seis recuadros que van desde 150ppm para el color menos intenso, hasta 2800ppm para el color más intenso. (150, 350, 700, 1000, 1400, 2800).

RECOMENDACIONES PARA EL USO DEL KIT DE CAMPO:

- Seguir los procedimientos a como se indican en la guía, así mismo manipular adecuadamente los instrumentos, y evitar la contaminación.
- Al determinar cualquier parámetro, se deben mezclar reactivo apropiados, en proporciones indicadas, ya sea al aforar o aplicar cierta cantidad de reactivo en gotas.
- Tape inmediatamente los reactivos, no intercambie las tapas.
- Evitar prolongadas exposiciones directas a la luz solar.
- Evitar extremas temperaturas.
- Dar el tiempo indicado para que se lleve a cabo cada reacción y al momento de hacer la comparación con las tablas o estándares de prueba se debe ser preciso al leer el resultado.
- Al terminar de realizar los análisis, lave cuidadosamente los instrumentos utilizados, enjuáguelos con agua desmineralizada y guárdelos para un análisis posterior.
- Los reactivos marcados con un asterisco son considerados peligrosos. Leer antes de usar las hojas de datos que acompañan a las medidas de seguridad.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se desarrolló durante los meses de mayo y junio del año 2002 en la finca del campo agropecuario de la UNAN – LEON, ubicada a 3 Km. hacia el este de la ciudad de León en occidente. Cuenta con un tipo de suelo franco arenoso de origen volcánico apto para la agricultura en cultivos como maíz, trigo, maní, soya entre otros. La facultad de ciencias de la UNAN-LEÓN cuenta con un laboratorio equipado modernamente para análisis de suelo y análisis foliar, ubicados en la finca

Por otro lado la preocupación por hacer monitoreos de la calidad de suelo para orientar el uso al cultivo, han motivado el desarrollo de métodos analíticos para lo que se requiera una mínima inversión de tiempo así como reactivo e instrumentación de bajo costo.

El kit de campo para análisis de suelo cumple con las condiciones mencionadas anteriormente, la importancia de este kit radica en la rapidez y fácil manipulación.

En nuestro país hay pocos antecedentes en cuanto al diagnóstico de la calidad del suelo a causa de razones económicas y poca instrumentación disponible para monitorear la capacidad nutritiva de ellos. La situación está cambiando al presentarse la oportunidad de trabajar con el kit para análisis de suelo y foliar. Es un equipo portátil de mucha importancia para la evaluación de la capacidad nutritiva del suelo.

Debido a la adquisición de equipos nuevos y modernos para realizar análisis de suelo por la UNAN-LEÓN y por la necesidad de hacer monitoreos rápidos con tiempo y costo mínimo nació la motivación de desarrollar el presente trabajo.

El kit de campo es una alternativa para realizar análisis en los terrenos al momento que la muestra es tomada, con personal que no necesariamente tenga preparación técnica o científica. Las condiciones de trabajo en los kit de campo y el laboratorio de suelo son diferentes, una de estas condiciones se refiere al método de detección, el cual consiste en colorimetría visual y espectrofotometría UV/V respectivamente. Por esta razón puede al momento de analizarse un componente del suelo, con ambos métodos, producir variaciones en los resultados, debido a que el laboratorio cuenta con métodos de mayor precisión y exactitud y el kit solo es un método cualicuantitativo.

OBJETIVOS:

General

- Determinación de los componentes (calcio, magnesio, potasio, fósforo, nitrógeno amoniacal y pH) en el suelo, mediante el método colorimétrico visual (kit de campo) y comparar con los métodos químicos del laboratorio de análisis de suelo de la UNAN – LEÓN.

Específicos

- Desarrollar el método colorimétrico visual (Kit) y espectrofotométrico en la determinación de nutrientes del suelo.
- Realizar un muestreo de suelos compuestos para obtener muestras homogéneas y representativas en áreas con variedad de cultivos en campo agropecuario de la UNAN – LEON.

MARCO TEÓRICO

EL SUELO

El suelo puede ser definido como el material no consolidado depositado de forma natural y que cubre la superficie de la tierra y cuyas propiedades Físicas, Químicas y Biológicas son capaces de permitir el crecimiento de la planta.

El suelo es producto de las fuerzas de descomposición natural que actúan sobre la roca nativa, la vegetación y desechos de animales por un periodo de tiempo extremadamente largo.

Los factores que influyen en la formación natural del suelo son:

1. La materia viva (plantas, animales y microorganismos).
2. El clima frío (frío, calor, nieves, lluvias y vientos).
3. Materiales primarios (el tamaño de la partícula así como su composición química y mineralógica).
4. La forma del suelo (pendientes y llanuras).
5. El tiempo.

Los suelos minerales están compuestos por tres principales constituyentes; Arcilla, Limo y Arena. Un cuarto componente, la materia orgánica, aunque es extremadamente importante en los aspectos biológicos, físicos y químicos del suelo, generalmente no se consideran en la formación de la textura de los suelos minerales.

Los suelos que tienen un alto contenido de arcilla, se consideran como suelos arcillosos o suelos finamente texturados.

Cada tipo de suelo ha sido caracterizado por pruebas de campo y de laboratorio, las cuales están basadas en ciertas propiedades químicas y físicas comunes. El análisis de suelo es uno de los aspectos de manejo de suelos, el cual ayuda a la conservación de esta vital fuente natural.

La medición del pH es un medio simple aparte del cual un suelo puede ser evaluado por su producción potencial; por ejemplo los suelos en los cuales el pH es extremadamente

bajo le corresponden niveles de Ca y Mg bajo con altos niveles de acidez intercambiable. Todos los factores anteriores tienen factores adversos en el crecimiento de la planta.

Además a niveles de pH bajos, los metales catiónicos como el Al y Mn son mucho más saludables y pueden alcanzar niveles tóxicos en las plantas. Estos componentes tóxicos pueden ser eliminados completamente por la aplicación de la piedra caliza para elevar el pH, además esto reduce la solubilidad de los metales, tóxicos, también un nivel de pH aumentado, incrementa la actividad microbiana dentro del suelo.

De ahí la clave para una producción buena de cultivos es mantener el pH dentro de un rango donde la planta y la actividad microbiana dentro del suelo puedan funcionar a su nivel óptimo.

Para la mayoría de los suelos estos necesitan un pH entre 6.0 y 6.5. Niveles de pH en el suelo superior a 6.5 puede crear problemas con ciertos micro nutrientes y particularmente el Mn.

Grado de acidez o alcalinidad del suelo.

Conocido también como reactivo del suelo, esta medida se basa en la escala pH donde 7.0 es neutral, valores desde 1.0 hasta 7.0 son ácidos y valores de 7.0 hasta 14.0 son alcalinos. El pH del suelo se determina a través de una prueba química simple donde se agrega una solución indicadora sensible directamente a una muestra de suelo en un plato de ensayo.

Suelos ácidos.

Son suelos que tienen un PH menor de 7.0 los cuales pueden ser ácidos por naturaleza de vida a su origen rocoso o se pueden volver ácidos debido a la descomposición de las hojas o debido a los aditivos férricos.

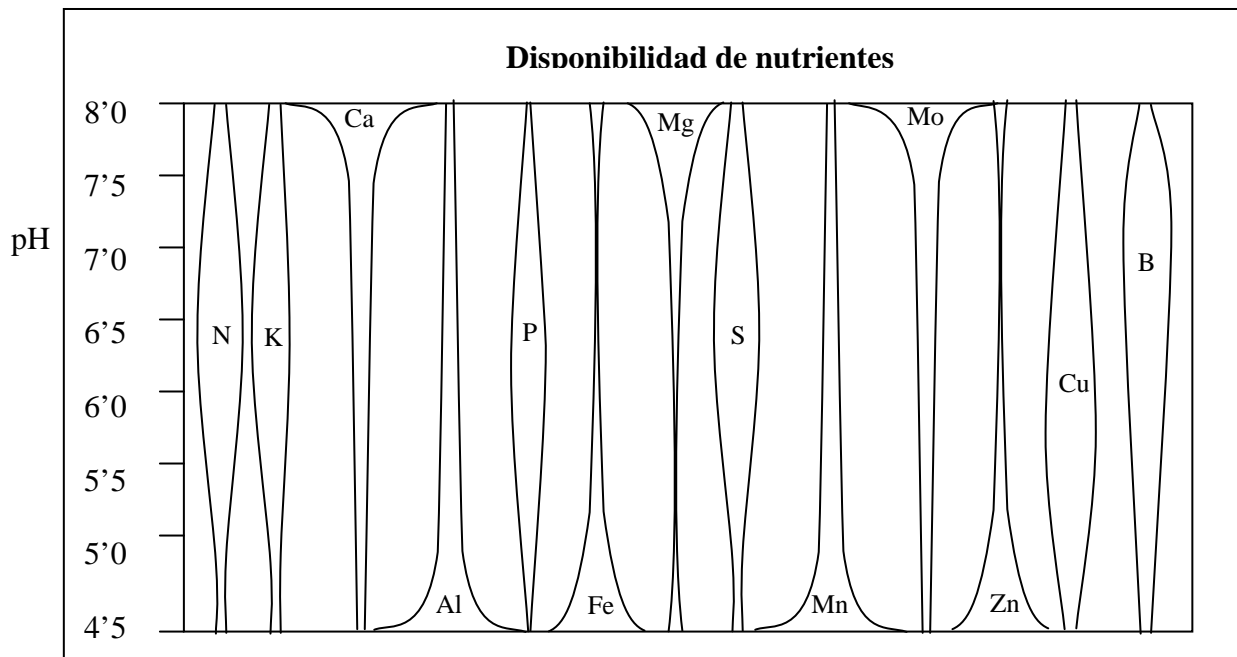
Los suelos ácidos se neutralizan usualmente mediante la adición de productos calizos.

Suelos alcalinos.

Son suelos que tienen un pH arriba de 7.0, al contrario de los suelos ácidos, los suelos alcalinos usualmente son causados por las piedras calizas nativas u otros materiales alcalinos, sin embargo se pueden causar en jardines por sobrecalinización. Mientras que las plantas consumidoras de ácidos se volverán atrofiadas y raquíticas en los suelos alcalinos, hay algunas plantas de jardín que se desarrollaran en suelos neutrales o ligeramente alcalinos.

El pH y disponibilidad de los nutrientes

La relación general entre el pH del suelo y la disponibilidad de los elementos esenciales se muestra en la figura (7).



Los puntos más importantes a resaltar son:

- La solubilidad de las sales amoníacas y nítricas es elevada en todo el intervalo de pH que puede presentar el suelo.
- La disponibilidad del fósforo a pH inferior a 6.5 debido a que el hierro y el aluminio se encuentran tanto mas solubilizados cuanto menor es el pH y provoca la precipitación del fósforo como fosfatos insolubles. A pH 6.5 las cantidades de hierro y aluminio solubles son muy pequeñas, con lo que la citada precipitación se reduce. Entre 6.5 y 7 la

utilización del fósforo es máxima. a pH superior a 7.5 el calcio provoca su precipitación . Por encima de 8.5, el exceso de sales sódicas contribuye a su solubilización.

-La solubilidad del potasio y de los compuestos de azufre es, al igual que en el caso de nitrógeno, alto en todos los valores de pH considerados, aunque la cantidad de azufre en condiciones muy ácidas disminuye debido a las pérdidas por lixiviación.

-El calcio y el magnesio son más asimilables a valores de pH elevados. La acidez alta provoca su lixiviación, y ello justifica su menor disponibilidad en estas condiciones.

-El hierro, manganeso, cobre y zinc son altamente disponibles a pH inferiores. Al aumentar el pH tienden a insolubilizarse bajo la forma de hidróxidos, de tal forma que en la zona alcalina sus posibilidades de utilización son extraordinariamente escasas.

-El Boro presenta su máxima solubilidad en el intervalo de pH 5 – 7 y se reduce a pH mayores que 8.

-El molibdeno presenta un comportamiento inverso al hierro y aluminio. A valores de pH bajos precipita con estos elementos y a valores de pH altos presenta una gran disponibilidad al pasar a la forma de molibdatos solubles.

Considerando todas estas alteraciones en su conjunto, puede decirse que un pH entre 6 y 7 es el mejor para la más fácil asimilación de los nutrientes para las plantas.

MACRO NUTRIENTES:

Los macro nutrientes son los elementos que se necesitan en grandes cantidades. Los principales elementos esenciales como nutrientes en el suelo son: N, P, K, Ca, Mg, y S. Otros nutrientes necesarios principales son: C, H, y O, que provienen del agua y del dióxido de carbono atmosférico CO₂.

Los nutrientes que son absorbidos por las plantas en los suelos, son suministrados por diversos medios.

a). Minerales liberados por la descomposición de rocas nativas y descomposición de

materia orgánica.

- b). Deposición con el suelo de corriente de agua.
- c). Aplicación de piedra caliza y materiales fertilizantes comerciales.
- d). Uso de desperdicios animales y plantas.

Nitrógeno: El N es un elemento único, compone el 80% de la atmósfera de la tierra. Las plantas están literalmente sumergidas en un océano de nitrógeno, pero ellas no se benefician ya que no lo pueden utilizar en esta forma. Sin embargo un grupo relativamente grande de plantas, las legumbres tienen la capacidad de convertir el nitrógeno atmosférico en una forma que pueda ser utilizado por la planta.

La fijación de nitrógeno por este tipo de planta y la bacteria *Rhizobium*. El sitio donde se da el proceso de captura del nitrógeno es en los nódulos visibles formados en las raíces de las plantas. Algunas de las plantas más comunes son el Maní, la Soya, Alfalfa y el Trébol.

La fuente más común de nitrógeno de las plantas más leguminosas es la descomposición de la materia orgánica y la aplicación de fertilizantes nitrogenados comerciales. El nitrógeno es el componente de la clorofila en la planta (da color verde). Cuando el nitrógeno es usado por forma recomendada mejora la calidad del follaje de los cultivos también estimula la utilización de P y K y otros elementos nutrientes esenciales. El nitrógeno influye en gran manera en el tamaño del fruto. El exceso de nitrógeno puede tener efecto adverso sobre la cosecha por ejemplo el exceso de nitrógeno retrasa la madurez de los cultivos. Sin embargo es uno de los elementos claves o esenciales para la vida de la planta, facilita el crecimiento exterior y produce el vivo color verde característico en una planta saludable.

Calcio: La cantidad de calcio total en los suelos tiene un rango tan pequeño como 0.1% y tan grande como 25%. Los suelos áridos tienen niveles altos de calcio, mientras que los suelos ácidos tienen bajas cantidades. Al igual que el K el Ca existe como catión.

El calcio es el componente estructural de varios minerales tales como la dolomita y la calcita, esta ampliamente aceptada con el objetivo de llevar el pH del suelo a un rango apropiado para un crecimiento óptimo de la planta.

Ya que es un nutriente mineral importante, el calcio es componente de la pared celular

de las plantas y estimula el desarrollo de la raíz y de las hojas, también activa varias reacciones enzimáticas involucradas en el metabolismo de las plantas. Es responsable de mantener los niveles de pH óptimos en la planta, neutralizando de los ácidos orgánicos que se generan como resultado de la respiración de las plantas. Indirectamente el Ca influye en el rendimiento de las cosechas reduciendo la acidez de los suelos y reduciendo la toxicidad de otros minerales que se encuentran en el suelo como el Mn, Zn, y el Al.

El calcio es uno de los elementos más importantes para las plantas, forma la parte estructural de las paredes de las células de las plantas. Generalmente se aplica a los sólidos en forma de carbonato de calcio (piedra caliza) o como ingrediente en los fertilizantes comerciales.

Magnesio: Los suelos tienen muchas fuentes de Magnesio. El Mg es otro catión bivalente, que a menudo se considera compañero del calcio, ya que la piedra caliza dolomítica contiene a los dos.

El átomo de Magnesio está incorporado a la molécula de clorofila de todas las plantas verdes. Sin el Mg la fotosíntesis no tendría lugar. En la nutrición de las plantas el Mg estimula la absorción de fósforo a partir de la solución de suelo y ayuda a la transpiración. El Mg es importante en la formación de grasas y aceites en las plantas.

El magnesio, es uno de los importantes alimentos para las plantas se conoce como facilitador de la asimilación de los elementos claves para las plantas (fósforos). Una deficiencia de Mg causa la clorosis, una enfermedad similar a la anemia en los animales.

Fósforo: Es necesario para el crecimiento de la planta y la actividad celular, estimula el desarrollo de la raíz (estimula la formación de grasas, almidón convertible) y semilla saludable, ya que estimula el desarrollo celular rápido de la planta. El fósforo naturalmente aumenta la resistencia a las enfermedades. Un exceso de fósforo no provoca efecto dañino del nitrógeno y posee un importante efecto de balance en la planta.

El fósforo es uno de los tres grandes elementos esenciales para la planta (junto con el nitrógeno y el potasio). El fósforo facilita la formación temprana de la raíz provee un inicio rápido y vigoroso a la planta, acelera la madurez, facilita el florecimiento y ayuda a la formación de la semilla. La concentración de fósforo en fertilizante mezclado se denota a través de la formula intermedia en la formula fertilizante 0-45-0 que denota que el fertilizante tiene disponible el 45% de fósforo y nada de nitrógeno y potasio.

La harina de hueso es una fuente de fosfato. La mayoría de los fertilizantes de fosfatos son rocas de fosfato natural o rocas de fosfato tratadas con ácido sulfúrico.

Rocas de fosfato: Es un depósito natural de rocas que contiene uno o más minerales de fosfato, calcio de tal pureza que permite su uso en la fabricación de fertilizantes comerciales.

Fósforo de suelo: La vida de la planta o de animales no puede existir sin el fósforo y el suelo es su principal contribuyente. Una carencia de P no solo retarda el crecimiento sin que también disminuya el tono y el vigor tanto de las plantas como de animales. Los animales aseguran su producción de fósforo indirectamente utilizando las plantas como alimento, mientras que las plantas lo toman directamente del suelo.

El suelo contiene menos de 0.1% de P total. El fósforo es rápidamente disminuido por el cultivo continuo, para esto hay que regresar el fósforo en la forma de fertilizante comercial y fósforo orgánico (de estiércol de granjas). Tan pronto como el contenido de P en el suelo baja sobre cierto nivel, el rendimiento de un cultivo, también cae.

Potasio: El potasio es el catión metálico básico cargado positivamente cuyo contenido total en suelos minerales excepto en suelos arenosos es mucho mayor que otros nutrientes principales. Se estima que el porcentaje promedio de K en la superficie de la tierra es de 23%, la mayoría del cual no esta disponible fácilmente a las plantas debido a que esta enlazado ya sea a los minerales principales o esta fijado en la intercapa de los minerales arcillosos.

El K en suelos puede ser dividido en tres componentes:

- a. Potasio en la intercapa, (el que se encuentra atrapado entre las capas de arcilla y es relativamente indisponible a la planta).
- b. Potasio intercambiable, (el que esta adsorbido en la superficie de los coloide del suelo).
- c. Potasio presente en la solución del suelo.

El potasio no es un componente estructural de las plantas, sin embargo juega un papel vital en las funciones fisiológicas y bioquímicas de la planta.

Importancia del potasio en la nutrición de las plantas:

- a. Incrementa la resistencia a las enfermedades fortaleciendo los tallos.
- b. Activa varios sistemas enzimáticos dentro de la planta.
- c. Contribuye a engrosar la cutícula (capa cerosa), la cual resguarda a la planta de enfermedades y de la perdida de agua.
- d. Controla la presión dentro de la planta.
- e. Incrementa el desarrollo, tamaño, sabor y la textura del fruto.
- f. Está involucrado en la formación de aminoácidos, clorofila, almidón y el transporte de azúcar de la hoja a las raíces.

En los fertilizantes mezclados su concentración se denota en la tercera figura dada. Por ejemplo una formula de 6-10-8 contiene 8% de potasio expresado como K_2O . La presencia o ausencia de potasio disponible en el suelo se puede determinar a través de una simple prueba de suelo usando una muestra muy pequeña del suelo en cuestión.

MICRO NUTRIENTE:

Son los elementos que se necesitan en pequeñas cantidades. Las manifestaciones de ciertas enfermedades en el ganado y en los humanos pueden ser atribuidas a las deficiencias de micro nutrientes y en algunos casos son casi completamente atribuidos a la adición de la dieta. Los más importantes son: El Fe y el Mg.

El Fe y el Mg son importantísimos en la obtención de una buena sangre. Algunos micro

nutrientes pueden ser añadidos al alimento del ganado, pero una relación bien balanceada provendrá originalmente del suelo y estos factores deben ser tomados en cuenta al momento de aplicar un programa de fertilización, la planta los usará si están disponibles y por lo tanto el animal los obtendrá de la planta aun más si los suelos están apropiadamente fertilizados.

OLIGOELEMENTOS:

Son elementos que se requieren en cantidades muy pequeñas como por ejemplo, el cobalto, yodo, flúor, sodio, litio y aluminio. Este último está ampliamente distribuido en la naturaleza.

En algunas plantas parecen ser tóxicos, la presencia de aluminio soluble en el suelo es de gran significado, excepto en los casos donde puede estar presente en cantidades excesivas. Su solubilidad puede ser reducida por el encalado del suelo.

ESPECTROFOTOMETRÍA ULTRAVIOLETA O VISIBLE

La Espectrofotometría ultravioleta-visible, es una técnica analítica cuantitativa interesada en la absorción de ultravioleta (180-390 nm) o visible (390-780 nm) radiación por moléculas en solución (5).

Una sustancia absorbe luz cuando la energía de dicha luz corresponde a la energía necesaria para ocasionar algún cambio en la molécula química, los cuales pueden ser:

- Electrónicas
- Vibraciones
- Rotaciones

Las transiciones electrónicas son ocasionadas por la absorción de luz visible y ultravioleta.

Una sustancia absorbe radiación en determinadas longitudes de onda.

La absorción de radiación UV / VIS por una especie atómica o molecular M se puede considerar que es un proceso en dos etapas, la primera, implica una excitación electrónica como muestra la ecuación.



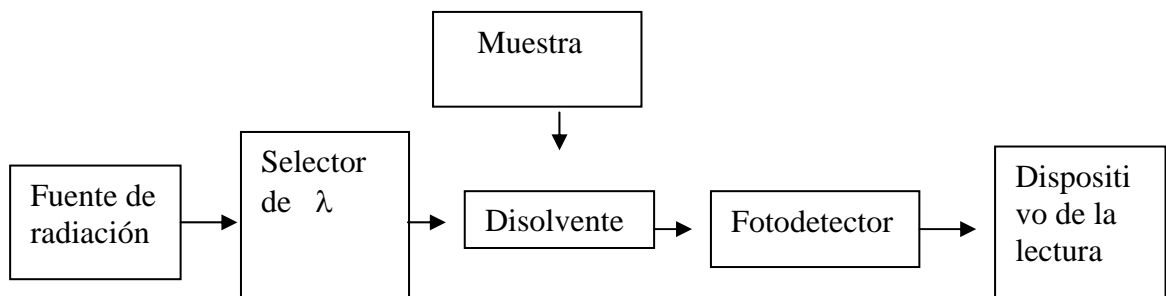
El producto de la reacción M y el fotón $h\nu$ es una especie electrónicamente excitada que se representa por M^0 . El tiempo de vida de la especie excitada es breve de (10^{-8} – 10^{-9} seg.), Su existencia acaba por alguno de los diversos procesos de relajación. El tipo más común de relajación implica la conversión de la energía de excitación en calor, esta es:



La relajación puede tener lugar también por descomposición de M^0 dando nuevas especies; un proceso de este tipo se llama reacción fotoquímica.

La absorción de radiación UV o V proviene de la excitación de los electrones enlazantes y como consecuencia, las longitudes de onda de los picos de absorción. Puede correlacionarse con los tipos de enlaces que existen en las especies en estudio (5).

*Módulos instrumentales para medir la absorción de la radiación



LEY DE BEER

La ley de Beer, es fundamental en la consideración del espectro cualitativo del proceso de absorción en espectroscopia de absorción atómica. Establece que el poder radiante de

un haz de una radiación monocromática paralela, decrece en una forma similar a como aumenta la concentración del constituyente absorbente de la luz (5).

$$T = P / P_0$$

Donde

T es la transmitancia

P_0 es el haz incidente

P es el haz emergente

$$A = \log_{10} 1 / T = -\log_{10} T$$

Donde:

A = absorbancia.

T = transmitancia.

$$\text{Y como } A = a b c.$$

Entonces.

a= absortividad.

b= longitud del trayecto óptico.

c= concentración de la muestra .

- Desviaciones de la ley de Beer.

Normalmente se emplea como comprobante, de conformidad con la ley de Beer o como prueba de la desviación, una grafica de absorbancia o de log T en función de la concentración que sirve también como curva de calibración para el análisis de disoluciones.

La mayor parte de esas desviaciones son más aparentes que reales y son debidas a las siguientes causas:

- Carece de monocromatismo de luz incidente. Aparecen con frecuencia desviaciones aparentes de la absorbancia cuando se mide con un fotómetro de filtro, en el que la radiación incidente esta incluida en una banda amplia de longitud de ondas, sobre todo si el centro de la banda no coincide con la longitud de onda para la que se mide

el sistema con máximo de absorción.

- Cambios químicos en el sistema, de tal forma que las especies absorbentes no representan la totalidad de la concentración.

Los cambios más frecuentes son la asociación, disociación, interacción con el disolvente (hidrólisis), efecto de pH, etc. Las desviaciones de la ley de Beer son insignificantes a concentraciones menores de 0.01 M, pero pueden aumentar porque el término constante en la ley no es la absorptividad, sino una función de la absorptividad y del índice de refracción. También a altas concentraciones, las partículas de soluto quedan tan juntas que se altera su distribución de carga y la capacidad para absorber radiaciones de una determinada longitud de onda (5).

* Tipos de errores.

Los diferentes tipos de errores son la causa de la inexactitud de las mediciones analíticas. Si logramos describir su origen podemos minimizarlos y para ello es necesario hacer una búsqueda sistemática a través del proceso de calibración utilizando las técnicas quimiométricas.

Los errores se clasifican en aleatorios y sistemáticos:

Los errores aleatorios no pueden predecirse y varían de signo y magnitud se evidencian cuando al realizar una serie de análisis repetitivo de una misma muestra se obtienen resultados que oscilan alrededor de un valor central. A medida que aumenta el número de repeticiones el efecto de los errores aleatorios sobre medidas que estiman el valor central, tienden a disminuir dado que se compensan unos a otros

Los errores sistemáticos son los que producen una desviación en un determinado sentido, positivo o negativo, respecto al valor esperado. Tradicionalmente en análisis se dice que un método es exacto cuando está exento de error sistemático: Estos son la principal causa de la inexactitud de un proceso analítico (9).

Podemos clasificar las diferentes fuentes de errores sistemáticos así:

- **Instrumentales:**

- Defectos o limitaciones de la instrumentación. Tales como desperfectos en el detector de señales.

- Inestabilidad de la fuente de alimentación, ocasionando problemas de ruido de fondo, alterando la señal etc.
- **Operacionales:**
 - Errores personales.
 - Errores de calibración en la instrumentación.
 - Reactivos inadecuados o contaminados.
 - Tratamiento inadecuado de las muestras etc.
- **Metodológicos :**
 - Modelo de calibración inadecuadas.
 - Interferencia de fenómenos no tomados en cuentas por ejemplo en espectrometría las desviaciones de Lamber – Beer.

Las principales fuentes de error son los problemas de calibración en la instrumentación. Los errores provocados por la inestabilidad de los reactivos o por el deterioro del equipo.

Los errores sistemáticos pueden ser constantes (absolutos) y proporcionales (Relativos). Los errores constantes son independientes de la concentración del componente que se requiere analizar (analito) y los relativos dependen de la concentración de éste.

* Las principales fuentes de errores constantes son:

- Selectividad insuficiente (interferencia), el cual es provocado por otro componente que tiene el mismo comportamiento, que el analito, obteniéndose resultados con valores más altos.
- Efecto de matriz. Esta fuente de error es debido a la presencia de componentes que inhiben o aumentan la intensidad de la señal de respuesta. Estas interferencias son también causa de insuficiente selectividad.
- Correcciones inadecuadas del blanco. Los errores proporcionales, son provocados por los errores en la calibración y más específicamente por diferentes pendientes de las líneas de calibración para la muestra y estándar. Esto se debe al uso de modelos de calibración inadecuada.

LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELO DE LA UNAN - LEÓN:

Cuenta con equipos modernos para el estudio general de la fertilidad del suelo y cuantificar la concentración de elementos en plantas (análisis foliar). Usa diferentes métodos, como el espectrofotométrico UV/V (equipo SFP-3, FHK fujihiraindustry CO. LTD. 100 v, 81581-6) (tiene una lámpara de cátodo hueco de tungsteno con espejo de 10 v – 3 A, con un tiempo de vida de 1000 horas) para determinar Ca, Mg., K, P, NH₄N etc. Así como también cuenta con un pH-metro, un Kjeldahl, balanzas analíticas, horno entre otros, a su vez cuenta también con una cristalería completa para cada análisis disponible.

Las muestras reciben un tratamiento previo y luego se procede a determinar cada parámetro, ensayándose en los equipos del kit de campo y por espectrofotometría.

ESPECTROFOTÓMETRO SFP-3.

Este equipo tiene una pantalla de aproximadamente 20 cm de largo por 20 cm de ancho, con teclado digital. Tiene la capacidad de brindar lecturas en muestras de suelo, agua y plantas. Estos datos son mostrados en unidades como ppm (miligramos por litro de solución), o en miligramos por cada 100 gramos de suelo, agua o dependiendo de la matriz en que se procede a realizar el análisis. También puede leer únicamente la absorbancia. Este equipo tiene la capacidad de almacenamiento de 1000 resultados y se le pueden introducir nuevas curvas o parámetros para analizar.

Este equipo contiene un rango amplio en sus límites de detección que van de 390-900 nm, pero los límites de detección certificados van de 415-850 nm, con un error de lectura de ± 2 nm. De modo que al llevar a cabo una lectura fuera de los límites de detección certificados se estaría leyendo con un error aproximadamente que va de 2 a 25 nm aproximadamente por encima del límite superior.

Uno de los métodos fisicoquímicos más empleados en análisis es el de la medida de la absorción o emisión de la energía radiante. La gran difusión de esta técnica es consecuencia de los factores siguientes:

- El amplio intervalo de longitud de onda o de frecuencias de energía radiante y sus diferentes modos de interacción con la materia.
- La existencia en el mercado de instrumentos de medida cada vez más precisos.
- Las ventajas inherentes al método. Generalmente, el análisis es muy rápido una vez que se ha establecido el método, a no ser que se requiera un tratamiento previo para eliminar interferencias. El método es por tanto, muy cómodo para medidas repetidas de un mismo constituyente (5).

Además, el método es en general, aplicable a la determinación exacta de cantidades de constituyentes mucho menores, comparados con los métodos gravimétricos o volumétricos. Es por tanto muy adecuado para el análisis micro analítico.

El método espectrofotométrico de UV / VIS, sus principales aplicaciones es para análisis cuantitativo. El fenómeno molecular que estudia es la excitación de los electrones de valencia, presentando como ventajas en el análisis cuantitativo, aplicaciones específicas, alta precisión, sensibilidad y sencillez. La cantidad de muestra promedio en el análisis cuantitativo es aproximadamente 0.01 mg. Presenta como limitaciones, especificidad baja, poca información sobre la estructura molecular, además, la muestra debe ser soluble en disolventes transparentes al UV (5).

PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ANALITOS.

Ensayos en el laboratorio de suelo

Principio de extracción:

Cuando se coloca el suelo con una solución saturante de acetato de amonio (solución extractora) con ayuda de agitación fuerte, el ión NH_4^+ desplaza de las posiciones de intercambio a los cationes retenidos por las cargas negativas del complejo coloidal. Estos son posteriormente cuantificados en el extracto mediante espectrofotometría de emisión para potasio y espectrofotometría calcio y magnesio.

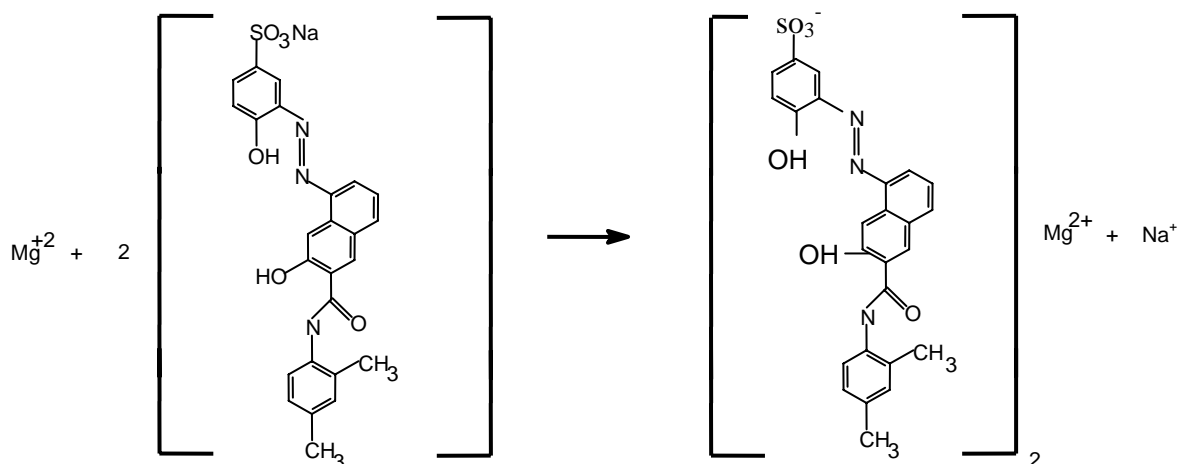
El blanco debe ser idéntico a la muestra a analizar, excepto en que no debe contener el constituyente que se ha de determinar, de la misma naturaleza y concentración que las utilizadas en cada muestra desconocida. De esta manera las lecturas de las muestras

están corregidas automáticamente para cualquier absorción pequeña por acción de los reactivos y de disolventes (17) este se prepara para todos los análisis

El magnesio se extrae con acetato amónico pH 7.0 para ser analizado por métodos espectrofotometricos.

El magnesio extraído reacciona con el reactivo colorimétrico xilidil blue I, el cual da una coloración azulada y que luego es leído en espectrofotometría UV / V a 515nm de longitud de onda (1).

Para la determinación del magnesio en el suelo por SFP -3, primeramente se prepara un blanco el cual es tratado de igual forma que la muestra pero no debe contener el analito que se va a determinar.



Determinación de Magnesio: (Método Simplificado)

a) Tratamiento de muestra:

Colocar 5 ml de reactivo colorimétrico en un tubo de ensayo y adicionar 0.2 ml del extracto filtrado (el mismo extracto del potasio).

b) Tratamiento de Blanco:

Colocar 5 ml de reactivo colorimétrico en un tubo de ensayo y adicionar 0.2 ml de reactivo Blanco para MgO (Acetato de amonio).

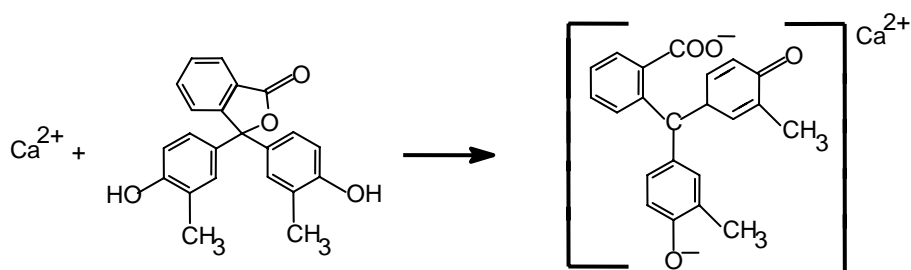
Dejar en reposo los tubos de ensayo por 20 minutos

c) Medición:

LÁMPARA DE MEDICIÓN:	“PHOTO”
MODO:	“SOIL”
PARÁMETRO:	“MGO”
LONGITUD DE ONDA:	515 NM
CONCENTRACIÓN:	0 – 100 MG / 100 G DE SUELO.

El calcio es extraído del suelo con acetato de amonio pH 7.0. Para la determinación fotométrica se ajusta el equipo a 570nm de longitud de onda.

Al calcio extraído se le adiciona el reactivo colorimétrico o- cresolphthalein. La sal cálcica existe en la forma quinona, el cual produce una coloración rosada en la muestra, la cual da una lectura en el espectrofotómetro al absorber radiación (9). También se prepara un blanco en las mismas condiciones de la muestra.



Determinación de Calcio: (Método Simplificado)

Desarrollo de color

a) Tratamiento de muestra:

Colocar 5 ml de reactivo colorimétrico en un tubo de ensayo y adicionar 0.2 ml del extracto filtrado (es el mismo extracto de potasio).

b) Tratamiento de Blanco:

Colocar 5 ml de reactivo colorimétrico en un tubo de ensayo y adicionar 0.2 ml reactivo

blanco para CaO (Acetato de amonio) dejar reposar los tubos de ensayo por 5 minutos.

Medición:

LÁMPARA DE MEDICIÓN: “PHOTO”

MODO: “SOIL”

PARÁMETRO: “CAO”

LONGITUD DE ONDA: 570 NM

RANGO DE CONCENTRACIÓN: 0 – 1,000 MG / 100 G DE SUELO.

El fósforo: La determinación espectrofotométrica, es extraído con ácido sulfúrico 0.002 N y de pH 3.0. Luego el extracto obtenido es mezclado con el reactivo colorimétrico molibdato de amonio que produce la coloración azul oscuro (10). Esta reacción se lleva a cabo en presencia de cloruro estannoso para agilizar la velocidad de la reacción.



Se cree que los eteropolicomplejos se forma mediante la coordinación de grupos molibdatos, actuando el fósforo como átomo central del complejo, reemplazando los grupos molibdatos a los átomos de oxígeno del grupo fosfatos.

Determinación de fósforo

Aparatos:

Un tamiz de 2 mm, embudos, papel filtro, tubos de ensayo de 25 ml, micro pipetas y un espectrofotómetro UV / V, SFP – 3 con sistema de flujo.

Reactivos:

Solución Extractante. Preparar una solución de H₂SO₄ 0.1 N por valoración contra un álcali patrón. Diluya un volumen adecuado de esta disolución para formar otra que sea 0.002 N. Regule el pH = 3 por adición de 3 g/L de sulfato de amonio.

Solución de molibdato de amonio. Prepare una disolución de H₂SO₄ 5.3 N por valoración contra un álcali patrón. Diluya para que resulte un ácido 0,53 N. Adicione 1,33 g de molibdato de amonio (Mo₇O₂(NH₄)₆) por cada litro de solución preparada. Guarde en frasco de potasio.

Solución de cloruro estannoso. Se disuelve aproximadamente 25 g de SnCl₂·2H₂O en 50 ml de HCl concentrado. Calentando si es necesario para disolverlos. Se diluye esta

disolución (con rápida agitación) hasta 500 ml, aproximadamente, con agua destilada recientemente hervida, con lo que se obtiene una disolución, 0,2 M en Sn⁺⁺. La concentración molar del ión estannoso en la disolución se determina de la mejor forma mediante valoración de una alícuota de 5 ml con disolución de yodo patrón 0.1 N, aún cuando si se utilizan reactivos de gran pureza, conocida, esta disolución estannosa puede diluirse mediante HCl 1,2 N hasta un litro, con lo que se obtienen una disolución 0.1 M de Sn⁺⁺.

Procedimiento:

Pesar 0.5 g de suelo y agregar 100 ml de solución extractante. Agitar por 30 minutos. Filtrar.

Tomar 8 ml del extracto filtrado en un tubo de ensayo, para muestras de baja concentración. Tomar 2 ml del extracto filtrado y adicionar 6 ml de agua destilada para muestras de alta concentración. Adicionar 1 ml de reactivo colorimétrico. **Dejar en reposo los tubos de ensayo por 10 minutos.** Usar agua destilada como blanco.

LÁMPARA DE MEDICIÓN: "PHOTO"

MODO: "SOIL"

PARÁMETRO: TR-P₂O₅ (L) ; MEDICIÓN DE BAJA CONCENTRACIÓN
TR-P₂O₅ (H); MEDICIÓN DE ALTA CONCENTRACIÓN

LONGITUD DE ONDA: 710 NM

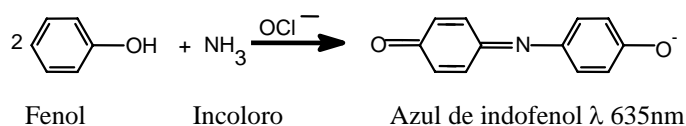
RANGO DE CONCENTRACIÓN:

Medición de baja concentración ----0 - 50.0 mg /100 g suelo

Medición de alta concentración -----0 -200 mg /100 g suelo

El nitrógeno amoniacal: Este es extraído del suelo con cloruro de potasio 1N y que luego es tratado con el reactivo colorimétrico nitró prusiato de sodio.

Este es el método del azul de indofenol el cual se desarrolla en un medio alcalino y en presencia del nitró prusiato que actúa como catalizador, el nitrógeno amoniacal tratado por una solución de hipoclorito sódico y de fenol, dan el azul de indofenol susceptible de una determinación colorimétrica. Este método se basa en la siguiente reacción (17).



Antes de leer esta muestra es necesario leer el blanco preparado de igual forma que la muestra.

Procedimiento:

Pesar un gramo de muestra de suelo y agregar diez mililitros de solución extractante, agitar por diez minutos, filtrar, tomar 0.5 ml de extracto filtrado en un tubo de ensayo y adicionar 6 ml de agua destilada. Agregar 2 ml de la solución calorimétrica, dejar reposar los tubos de ensayo por 20 minutos. Leer coloración. Usar 6 ml de agua destilada como blanco.

LÁMPARA DE MEDICIÓN: “PHOTO”

MODO: “SOIL”

PARÁMETRO: $\text{NH}_4\text{-N}$

LONGITUD DE ONDA: 640 NM

RANGO DE CONCENTRACIÓN: 0 – 25.00 mg / 100 g de suelo.

FOTÓMETRO DE LLAMA.

Este equipo posee un filtro fijo para k_2O con límite de detección certificados en 768 nm y un error de lectura de $-3 + 768$ nm; $768 + 5$ nm.

El método conocido como espectroscopía de emisión de flama (FES) la energía de la llama también suministra la energía para llevar los electrones del átomo libre desde el estado basal hasta estados de excitación. La intensidad de la radiación emitida por estos átomos, al regresar a su estado basal es el fundamento de las determinaciones analíticas en la FES.

En la FES de flama, la muestra disuelta se introduce en forma de aerosol dentro de la flama, en donde los iones del analito se convierten en átomos libres. Una vez formado los átomos libres se detectan y se determinan cuantitativamente por FES.

La radiación del elemento que interesa, cuya fuente de luz suele ser una lámpara de cátodo hueco, se dirige a través de la flama que contiene el gas atómico.

La solución del analito se nebuliza por medio de un nebulizador en gotas finas y se lleva a la flama. El disolvente de las gotas se evapora de inmediato y las partículas de sal se descomponen en átomos, iones o electrones. Los átomos de la muestra absorben la radiación que emita el mismo átomo en la lámpara de cátodo hueco, con lo que se atenúa la energía de la fuente. Mediante un monocromador se separa la línea espectral del elemento que interesa de cualquier otra radiación que venga de la fuente o de la flama. La energía radiante de la fuente se transforma en corriente eléctrica mediante un tubo foto multiplicador (5).

Este método presenta como principales ventajas:

- La preparación de la muestra es sencilla.
- La llama esta libre de efectos de interferencia espectral.
- La versatilidad. Lámpara para muchos análisis.
- La sensibilidad.

Como desventajas presenta:

- Algunos elementos no producen fácilmente vapor atómico, en estado libre. Eje, Al, Mo, Si, W.
- Ciertos solventes ayudan a aumentar la concentración de los átomos en el medio absorbente.
- La precisión alcanzada en absorción atómica puede variar de un elemento a otro.
- El precio de la lámpara.
- * La función de flama de combustión en la espectroscopia de llama.

La flama o llamas de combustión son un medio para convertir analitos disueltos en átomos dentro de la fase vapor, liberado de su entorno químico. Entonces dichos átomos libres son promovidos a estados electrónicos de excitación.

* Instrumentación para los métodos espectrofotométricos de flama

Los componentes básicos de los instrumentos espectrofotométricos de flama se describe. Tales componentes cubren las necesidades que se presentan en cada método, con las funciones siguientes:

- Liberar el analito a la flama.
 - Inducir las transiciones espectrales (de absorción o de emisión) que se necesitan para la determinación del analito.
 - Aislar las líneas espectrales que se requieren para el análisis.
 - Detectar el incremento o disminución de la intensidad de la radiación en las líneas aisladas.
 - Registrar estos datos de intensidad.
-
- Tratamiento previo de la muestra

La FES de llama requieren que el analito se halle en solución para efectuar la nebulización.

El analista debe estar al tanto de la sustancia que interfieren con la medición de absorción y emisión. Cuando estas sustancias están en la muestra deben quitarse o enmascararse (acomplejarse). Los reactivos utilizados para disolver muestras no deben contener sustancias que den lugar a problemas de interferencias (5).

* Liberación de la muestra

El dispositivo que introduce a la muestra dentro de la flama juega un papel importante en la determinación y exactitud del análisis. El método de muestreo mas popular es la nebulización de una muestra líquida para aportar un flujo aerosólico estacionario dentro de una flama. Un sistema de introducción de muestras líquidas consta de tres componentes:

- Un nebulizador que disperse al líquido en gotas pequeñas.
- Un modificador de aerosol (cámara de rocío) que saca las gotas más grandes de la corriente para permitir que solo pasen las del tamaño adecuado.
- La flama o el atomizador, que convierte el analito en átomos libres.

* Atomización

La etapa de atomización debe de convertir al analito, dentro del aerosol, en átomos libres en estado basal, para los análisis de FES.

* Unidad de detección y lectura:

Como las longitudes de ondas de la resonancia analíticas cae en las partes ultravioleta visible del espectro, los detectores mas comunes para espectroscopia de absorción atómica y espectroscopia de emisión de flama son tubos foto multiplicadores (PMT o TFM). Se debe tener la precaución de no exceder los límites de saturación de PMT inundándolo con luz, demasiada radiación de la flama o componentes de muestras de concentración elevada, aunque estas señales sean eliminadas por modulación en la lectura final de la señal. Cuando el ruido electrónico en el sistema detecto- amplificador puede reducirse a un nivel despreciable, puede aprovecharse la expansión de escala. Con esta técnica, el punto cero se desplaza fuera de la escala aplicando un potencial opuesto a la señal que llega al detector.

Aunque muchos instrumentos tienen la capacidad de cálculo para corregir curvas de calibración no lineales en intervalos de altas concentraciones del analito, esta función la realizan más fácilmente los instrumentos controlados por microcomputadoras. En el intervalo lineal, los datos de un estándar y un blanco bastan para definir la relación entre la concentración y la absorbancia (9).

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL ANALITO.

El potasio es extraído del suelo con acetato de amonio de pH 7.0, luego el potasio en el extracto es determinado de una forma rápida mediante los procedimientos

espectrofotometricos de llama.



Esta determinación consiste en la comparación de los colores de las llamas de un soplete oxiacetilénico cuando se pulverizaban en el seno de las mismas varias disoluciones, utilizando un ocular espectroscópico de campo partido para comparar una disolución patrón y la ensayada. El potasio puede leerse por EEA.

Determinación de potasio:

Pesar 1 g de suelo seco y tamizado en una malla de 2 mm agregar 20 ml de solución extractora y agitar por 30 minutos. Filtrar.

Preparación del equipo:

Parámetros:

LÁMPARA DE MEDICIÓN: “FLAME”

MODO: “SOIL”

LONGITUD DE ONDA: 768 NM. (INSERCIÓN DE FILTRO “K”
INTERFERENTE).

KIT DE CAMPO PARA ANÁLISIS DE SUELO:

Este equipo pertenece al modelo de serie STH o combinación de equipos de suelo (código 5029) de la compañía Lamotte.

Es un equipo portátil(con forma de valija), con la capacidad de analizar catorce parámetros de muestras de suelo y tres de análisis foliar, con instrumentaciones completas y suficientes reactivos para determinar diecisiete parámetros, el equipo puede ser usado in situ. Es un método colorimétrico en el cual se determinan las sustancias dependiendo a su habilidad de absorber luz visible. Es un método visual que se basa en la comparación de color de una solución de concentración conocida contra una solución de concentración no conocida. La sensación de color es la respuesta a una serie de estímulos físicos, químicos y biológicos, combinados de ciertas partes de la retina del

ojo para la energía radiante en las determinadas longitudes de onda o frecuencias (4).

El compuesto que se ha de determinar se hace reaccionar con un reactivo que por combinación dé origen a la formación de un producto coloreado (8). Consiste en la comparación de la intensidad del color de la muestra con el de una serie de disoluciones de comparación de concentraciones conocidas. Los patrones consecutivos no deben diferir en más de un 20% de concentración si se trata de conseguir una precisión del 5% o más (8). Se desarrolla el color de la muestra problema de la misma forma, en un tubo igual, y se somete a comparación con los que forman la escala para determinar donde encaja dentro de la misma (tablas de color para cada parámetro). Los colores que se obtengan quedan, por tanto, limitados a una franja de color de longitudes de onda comprendidas entre 400 y 700 nm de la región visible.

Los kit, como otros métodos colorimétricos presentan las siguientes desventajas:

- Debe de utilizarse siempre un patrón o series de patrones.
- No es capaz de comparar colores si está presente en la disolución una segunda muestra coloreada.
- No es tan sensible a pequeñas diferencias de color como un dispositivo fotoeléctrico (5).

* Medición de Nutrientes disponibles:

Todas las pruebas miden el porcentaje de nutrientes en el suelo que estarían disponibles para que toda la planta la use.

Los resultados obtenidos por parámetro cubren un rango que va desde muy bajo, medio, trazas, hasta muy alto dependiendo de la intensidad del color obtenido en el ensayo. Los resultados de colores obtenidos pueden interpretarse, para cuantificar el resultado, en unidades como libras por acre la que multiplicada por un factor de 0.5 obtenemos el valor en ppm.

Como la extracción no es completa la cantidad que se mide es relativa dependiendo del procedimiento de extracción (4).

* Método de ensayo:

Los métodos de cuadro de color se utilizan para todos los ensayos excepto para el

potasio. La reacción es ejecutada en un tubo o en un plato de depósito y el color resultante se compara con un cuadro de color laminado. La prueba de potasio mide la cantidad de turbidez en una muestra relacionada con el contenido de potasio (4).

PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ANALITOS.

Kit de campo

El fósforo es removido del suelo con la solución extractora universal de acetato de sodio / ácido acético ajustada a pH de cuatro punto siete (4.7).

La determinación de fósforo es extremadamente sensible debe tomar precauciones especiales para evitar la contaminación. Evitar la exposición de ensayo al polvo. Las manos y ropa del operador, la superficie de trabajo y el área de ensayo en general deben estar limpias y libres de residuos de fertilizantes.

Procedimiento

1. Use un gotero transparente (0364) para llenar un tubo de fósforo (0244) hasta la marca con el extracto de suelo general.
2. Agregue seis gotas del reactivo del ensayo fósforo No 2 (5156) tape y agite para mezclar.
3. Agregue una tableta de reactivo de fósforo No 3 (5157), tape y agite hasta que se disuelva.
4. Inmediatamente compare el color que aparece en el tubo de ensayo contra el cuadro de color fósforo (1312). Sostenga el tubo a casi una pulgada enfrente de la superficie blanca en el centro del cuadro de color. Vea el cuadro y la muestra bajo luz natural para una óptima comparación de color.

El resultado del ensayo se lee en libras de fósforo disponible por acre.

Todas las determinaciones colorimétricas y espectrofotométricas se basan en la formación de soluciones que absorben luz, al reaccionar el fósforo con los compuestos de ácidos de molibdeno en presencia de ciertas sustancias que intervienen en la reacción (eje, cloruro de estaño para reducir al molibdenato) (9). La composición formada es el azul de molibdeno. Cuanta mayor cantidad de ácido fosfórico contenga la intensidad del color es mayor.



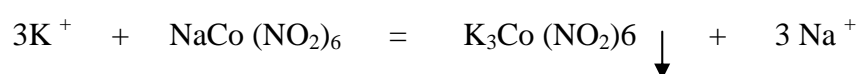
Los fosfatos reaccionan con molibdato de sodio, (reactivo # 2 de prueba de fósforo (5156) para producir sales de un complejo fosfomolibdato de amonio que reduce el óxido de molibdeno de color azul cuando se reduce reactivo # 3 de fósforo (5157) el agente reductor, el Cloruro de estaño.

El potasio se determina después de ser extraído con una solución extractora de acetato de sodio, ajustada a pH 4.8 con ácido acético.

Procedimiento

1. Utilice un gotero 0364 para llenar un tubo de potasio A (0245) hasta la marca inferior con el extracto de suelo general.
2. Agregue una tableta del * reactivo de potasio B (5161) tape y agite hasta que se disuelva.
3. Agregue * reactivo de K-C (5162) hasta que el tubo de potasio A sea llenado hasta la marca superior. Deje que el reactivo de potasio C (5162) corra lentamente hacia abajo al lado del tubo. Agite el tubo para mezclar, se formara una precipitación si hay potasio.
4. Pare el tubo de potasio B (0246) en el plato de lectura de potasio (1107) una pieza rectangular de plexiglás blanco con un negro sólido marca la mitad. Coloque el tubo directamente sobre la línea negra.
5. Llene un gotero transparente 0364 con la muestra de ensayo del tubo de potasio A (0364).

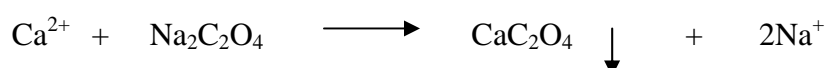
La prueba de potasio se basa en el hecho de que los suelos de potasio dan una precipitación cristalina de color amarillo (9) con cobaltinitrito de sodio (reactivo B). El reactivo C alcohol etílico desnaturalizado que facilita la formación de la precipitación en forma mas o menos coloidal.



El calcio es extraído del suelo con acetato de sodio, ajustado aun pH de 4.8 con ácido acético. El método calorimétrico para la determinación de este elemento se basa en la precipitación del calcio mediante la adición de oxalato de sodio (10). El precipitado, oxalato de calcio, es una prueba turbidimetrica, lechosa, en la cual la muestra indica mayor concentración al intensificarse la turbidez.

Procedimiento

1. Use un gotero transparente (0364) para transferir 5 gotas de extracto de suelo general a un frasco de vidrio de turbidez de fondo plano (0242).
2. Agregue una gota de solución de prueba de calcio (5108), agite suavemente para mezclar.
3. Aparece la turbidez lechosa de la muestra de ensayo contra los estándares de turbidez en el cuadro de calcio sustituible (1303), coloque la superficie del cuadro bajo luz natural y sostenga el frasco de turbidez a una pulgada y media arriba de la raya negra en la mitad del cuadro. Vea la raya negra bajar a través de la muestra turbida y compare la sombra resultante gris con las seis sombras estándares. El resultado de prueba se lee en partes por millón de calcio reemplazable.
4. Si la turbidez de la muestra de ensayo corresponde con o excede los estándares más ligeros (2800 ppm), repita la prueba sobre una muestra diluida. Transfiera una gota del extracto general a un frasco de turbidez limpia y agregue cuatro gotas de agua desmineralizada, luego siga los pasos 2 y 3 anteriores. Multiplique el resultado del ensayo por cinco para obtener las partes por millón de calcio reemplazable.



Nitrógeno amoniacal: Una de las formas en que se encuentra el nitrógeno en el suelo y que también se extrae con acetato de sodio / ácido acético de pH 4.8.

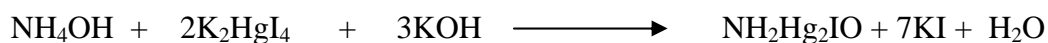
Procedimiento

1. Use un gotero transferente (0364) para transferir cuatro gotas de extracto de suelo general a uno de los depósitos más grandes de un plato con depósitos (0159).
2. Agregue una gota de *solución de ensayo de nitrógeno de amonio (5103). Agite con un rodillo limpio (0519). Deje que repose por un minuto.
3. Compare el color resultante contra el cuadro de color de nitrógeno de amonio

(1302). El resultado de ensayo se expresa en valores relativos de nitrógeno de amonio desde muy bajo hasta muy alto. Para los valores correspondientes aproximados en partes por millón o libras por acre.

Valores aproximados expresados en ppm					
Factor de ensayo	Muy bajo (bajo)	Bajo (medio bajo)	medio	alto	Muy alto
Nitrógeno de amonio	5	10	40	10	150
magnesio	5	10	25	80	150

La solución de prueba de nitrógeno amoniacal, se basa en el reactivo de Nesler (solución alcalina K_2HgI_4). Dicho método se basa en que el reactivo de Nesler (10) al interaccionar con los iones de amonio forma yodato de mercurio amoniacal, que es un compuesto de color amarillo (con altas concentraciones de amonio se forma un precipitado de color pardo amarillo).



La intensidad del color es proporcional a la concentración de amonio.

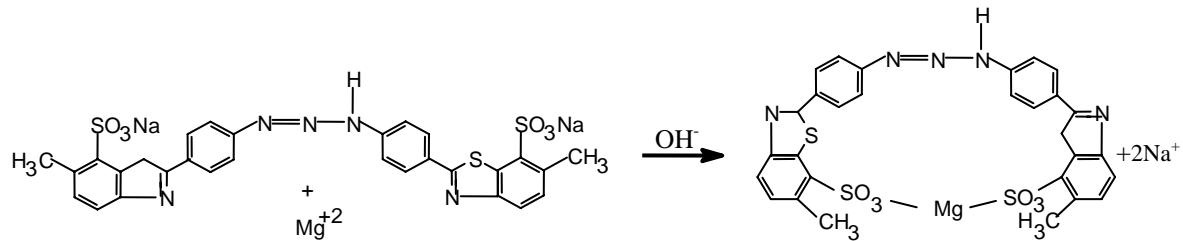
El magnesio de suelo es fácilmente extraído con acetato de sodio ajustado a pH 4.7 con ácido acético.

Procedimiento

- 1) Utilice un gotero transparente 0364 para transferir 10 gotas del extracto del suelo general a uno de los depósitos más grandes de un plato de depósito 0159.
- 2) Agregue una gota de solución de prueba de magnesio No 1 (5140), agite con un rodillo limpio (0519) un color amarillo pálido se formará.
- 3) Agregue solución prueba de magnesio-magnesio No 2 (5145), 2 gotas a la vez con agitación, hasta que el color amarillo pálido cambie a una se las sombras más oscuras indicadas en el cuadro de color de magnesio (1306) se necesitan casi 2 gotas usualmente. Bajo algunas condiciones una precipitación se formara poco después que se haya agregado la solución de prueba de magnesio-magnesio No 2. Esto no

afectara la lectura de ensayo. El resultado de ensayo se expresa en colores relativos de magnesio desde muy bajo hasta muy alto. Para el aproximado valor correspondiente en partes por millón o por libras por acre.

Esta prueba consiste en la adición del reactivo amarillo de Cleyton en medio básico



Después de mezclar el extracto conteniendo el magnesio y el reactivo colorimétrico, se produce una solución coloreada que puede oscilar desde el color amarillo hasta Rosado intenso (10).

El tinte amarillo titian, solución # 1 de prueba de Mg. (5140) se absorbe en el precipitado de hidróxido de magnesio que se forma cuando se agrega la solución # 2 de prueba de magnesio – manganeso (5145), hidróxido de sodio. El grado de color en la reacción de prueba depende de la cantidad de precipitación formada.

La determinación del pH, consiste en la adición a la muestra, el indicador duplex (rojo de metilo - azul de bromotimol), el cual cubre un rango amplio de pH (5.7 – 6.9), que luego nos indica si el suelo está dentro de esos rangos de pH mediante la comparación del color resultante con la tablas de color (9). Sabiendo que el rango existe en estos límites, se usa para un segundo ensayo un indicador más específico y con un rango más angosto de pH para la determinación mas precisa de este.

Procedimiento

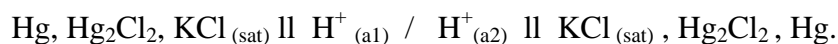
1. Llenar el tubo de prueba (0204) aproximadamente un tercio del tubo. Use el modelo PWB- 1, botella desmineralizada (1155) y adiciona agua desmineralizada en el tubo. Hasta la parte superior, esto es una media pulgada. Tapa y agita hasta que el suelo es dispersado.

2. Adiciona cinco gotas de reactivo de suelo floculante (5643), tapa y remueva para mezclar. Dejar reposar el contenido antes del procedimiento, para la prueba 3.
3. Use una pipeta de 1 ml (0354) para transferir 1 ml de solución clara sobrenadante del suelo a un plato de punto de depresiones largas (0159), transferir a otro plato de punto de depresiones largas 1 ml de muestra.
4. Para la muestra primera en el plato de punto, adiciona dos gotas de Indicador dúplex (2221). Compare el color de la reacción resultante contra el color duplex del gráfico (1313).

Nota: El amplio rango de pH de la prueba resulta indicar que reduce el rango indicador y el color del gráfico debería estar seleccionado para realizar mas preciso la prueba de pH. Elegir el rango que reduce el indicador y debe seleccionar el color del gráfico para llevar a cabo mas preciso la prueba de pH, selecciona el reductor del rango indicador y apropiado con el gráfico, un punto medio que es posible para el valor obtenido en el amplio rango de prueba.

CUADRO I : ESPECIFICACIONES PARA LAS DETERMINACIONES DE pH

Indicador	pH Rango	Indicador código	Color Gráfico código
Verde Bromocresol	3.8 – 5.4	2207	1328
Rojo Clorofenol	5.2 – 6.8	2209	1329



En que una fleca (/) representa la membrana de vidrio y las dos flecas (||) representa una unión liquido-liquido. La semi-pila de calomelano indicada a la izquierda (que frecuentemente es reemplazada por un electrodo de plata, cloruro de plata), se encuentra dentro del bulbo de vidrio y se introduce dentro de un ácido diluido de A_{H^+1} que lleva el bulbo de vidrio. La semi pila de calomelano de la derecha es el electrodo de referencia que se introduce separadamente en la disolución externa, que es la que debe medirse.

A través de la membrana de vidrio se desarrolla un “potencial asimétrico” incluso en el caso en que a ambos lados de la misma se encuentren disoluciones que poseen la misma actividad del ión H^+ . Por esta razón es necesario calibrar el aparato con una disolución de pH patrón (de pH 4, 7 y 10).

El electrodo de vidrio confiere a los pH-Metros que los utilizan las siguientes ventajas:

- No es necesario expulsar los gases disueltos, tales como el CO_2 , del sistema cuyo pH se determina.
- Es adaptable a líquidos espesos, pastas, geles y disoluciones coloreadas.
- No es afectado por las disoluciones oxidantes o reductoras, en contraste con los electrodos de quinhidrona o de hidrógeno.
- No requiere gas H_2 , ni una superficie catalítica tal como exige el electrodo de H, ni la adición del material auxiliar, como ocurre con el electrodo de quinhidrona.
- Tiene un error salino relativamente pequeño (excepto para el litio y sodio a pH superiores a 9,5).
- Después de calibrado, da lecturas con una precisión de 0.1 unidades de pH y si se toman precauciones de 0.02 unidades de pH.
- Es rápido, conveniente, y adaptable a aparatos de registros continuos.

El pH metro 430 mide aproximadamente 6.8 * 4 inch. tiene especificaciones de la compañía que lo produce:

- Rangos de operación (0-14 pH).
- Temperatura (0-100 °C)
- Resolución (0.01) a 1mv y a una temperatura de de 1 °C.
- entre otras.

PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACIÓN DEL pH.

pH del suelo: Se hace mediante el uso del pH-metro electrónico, consiste en la medición de los iones H^+ que se encuentran en la disolución del suelo.

La medición del pH del suelo es una medida de la acidez presente en la solución del suelo y no indica la acidez total presente en el mismo. La acidez total incluye la acidez de la solución del suelo, así como el hidrógeno, que es retenido en los coloides del suelo. Estas dos formas de acidez pueden ser derivadas en dos categorías, como acidez activa (medida con un pH – metro) y de reserva de la acidez intercambial de la acidez retenida en los coloides del suelo.

Esta determinación se hace mediante un procedimiento sencillo al disolver 10 gramos de la muestra de suelo en 50 ml de agua.

NOTA: Si sólo se mide pH, la relación suelo – agua, será de 1 : 2.5.

PARTE EXPERIMENTAL

MATERIALES Y REACTIVOS

Metodología (kit)

- Para las pruebas del kit se utilizó el modelo de series STH o combinación de equipos de suelo (código 5029) de la compañía Lamotte de método colorimétrico visual.

Tabla I: composición de reactivos y rangos de trabajo para cada método utilizado con

el kit de campo.

parámetro	reactivo	Composición	Rango
pH	- reactivo floculante de suelo - indicador dúplex <u>opciones</u> - Bromocresol verde -cloro fenol rojo -Bromotimol azul -fenol rojo -timol azul	-policrilamina y agua destilada -etanol, metanol, Bromotimol azul, rojo de metilo. - la opción mas agua.	0 - 14
Potasio	-reactivo de potasio c. -reactivo de potasio b.	-metanol, etanol, rojo de metilo, agua. -nitrito de sodio, cobaltinitrito de sodio, Benzoato de sodio.	100 – 400 lb / acre
Fósforo	-reactivo de ensayo de fósforo # 2 -reactivo de fósforo # 3	-ácido acético, molibdato de sodio, agua. -cloruro de estaño y cloruro de potasio.	10 – 200 lb / acre
Magnesio	-solución de prueba de magnesio #1. -solución de prueba Magnesio-manganeso # 2.	-metanol, amarillo de clayton, agua. -hidróxido de sodio.	5 – 150 ppm
Calcio	-solución de prueba de calcio	-oxalato de sodio, agua.	150 – 2800 ppm
Nitrógeno amoniacal	Solución de nitrógeno de amonio	-hidróxido de potasio -cloruro de mercurio -yoduro de potasio.	5 – 150 ppm

Los materiales utilizados para la metodología del kit son:

- Platos de mancha.
- Tubo de ensayo.
- Agitador
- Goteros.
- Tablas de color o patrones estándares.
- Vial

Metodología (laboratorio de suelo de la UNAN LEON)

Tabla II: descripción de los reactivos para los análisis químicos en el laboratorio de análisis de suelo.

Parámetro	método	Longitud de onda	Rango de concentración.
pH	Electrodo de vidrio (pH-metro)	-	0 - 14
Potasio	schrodinber (Espectrofotómetro de llama)	678 nm inserción del filtro k interferente	0 – 100 mg / 100 gramos de suelo.
Fósforo	Ácido vanado molibdato (Espectrofotómetro)	710 nm	Medición de baja concentración 0 – 50.0 mg / 100 g
Magnesio	Xilydil blue I (Espectrofotómetro)	515 nm	0 – 100 mg / 100 g
Calcio	Espectrofotómetro	570 nm	0 – 1000 mg / 100 g
Nitrógeno amoniacal	Espectrofotómetro	640 nm	0 – 25 mg / 100 g

Ensayos analíticos en el laboratorio de suelo. Se utilizo el espectrofotómetro SPF –3 para la determinación de calcio, magnesio, fósforo y nitrógeno amoniacal. El fotómetro de llama para la determinación de potasio y el pH - metro 430 con resolución de 0.01 para la determinación de la acidez o basicidad del suelo.

Materiales:

- Erlenmeyer 100ml
- Bureta 50ml
- Tubo de ensayo 25ml
- Embudo de plástico
- Pipetas de 10 y 5 ml
- Papel filtro whatman No. 1.
- Micro pipeta 1ml

Preparación de soluciones :

- * Preparación de cloruro de potasio (0.0141 M)
 - KCl 0.1051 g
 - Agua destilada hasta enrase 100 ml.

- * Preparación de cloruro de magnesio (0.0141M)
 - MgCl₂ 0.1325 g
 - Agua destilada hasta enrase 100 ml

- * Preparación de carbonato de calcio (0.01 M)
 - CaCO₃ 0.05 g
 - Agua destilada hasta enrase 50 ml

- * Preparación de EDTA (0.01 M)
 - EDTA 3.722 g
 - Agua destilada hasta enrase 1000 ml

- * Preparación de hidróxido de sodio (2N)
 - NaOH 80 g
 - Agua destilada hasta enrase 1000 ml

- * Indicador murexida
 - Murexida 1g
 - NaCl 100g
 - Pulverizar y homogenizar.

La preparación de soluciones estandarizadas se hizo con el objetivo de comparar los metodos y verificar los datos obtenidos de las lecturas de las cuatro muestras en estudio.

- Estandarización del EDTA 0.01M con carbonato de calcio 0.01 M para la determinación de calcio y magnesio.

CURVA DE CALIBRACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE FÓSFORO

La curva de calibración se preparo con un rango de 0 – 10 mg de P/L Partiendo de una solución patrón de fosfato (KH₂PO₄) de 50 mg de fósforo por litros, usando como

indicador el reactivo Vanadato – Molibdato.

Preparación de la curva de calibrado para la determinación de fósforo.

Para preparar una curva de calibrado con un rango de 0 – 10 mg de P/L introducimos volúmenes de 0,1,2.5,4 y 5 ml de la solución patrón de fósforo de 50 mg / L en cinco matraces aforados de 50 ml, añadimos 10 ml del reactivo Vanadato –Molibdato y diluimos con agua destilada hasta el enrase.

Curva de calibrado para fósforo.

Numero de Matraces	Blanco	2	3	4	5
Solución patrón 50 mg P/L (ml)	0	1	2.5	4	5
Solución Vanadato –Molibdato (ml)	10	10	10	10	10
Agua destilada (ml)	40	39	37.5	36	35
Correspondencia en mg/L de fósforo	0	2	5	8	10

MUESTREO

La toma de muestra de suelo debe de hacerse con mucha precaución para que sea homogénea y representativa.

Se tomaron muestras en cuatro áreas diferentes del campo agropecuario de la UNAN – LEON, que contenían variedad de cultivos (Trigo, Zacate Jaragua y Taiwán).

Se procedió tomando cuatro muestras en los sitios extremos y una en el centro del área.

Las cinco muestras se mezclaron hasta homogenizar y de esa se tomo una porción que es la muestra representativa del área. El mismo principio se desarrollo para las otras tres áreas.

Este tipo de muestra recibe el nombre de compuesto y se hace para terrenos planos o sin pendiente.

Luego se procedió a secarlas tamizarlas, estando de esta manera aptas para un estudio óptimo de los niveles de concentración de cualquier parámetro del suelo.

Se desarrollaron en estas muestras los métodos en estudio, colorimétrico visual y espectrofotométrico para la comparación de métodos.

RESULTADOS Y ANALISIS DE RESULTADOS.

Habiendo hecho los análisis en muestras de suelo con las dos técnicas (colorimétrico visual y espectrofotométrico), consideramos necesario para verificar los datos, hacer los análisis con sustancias similares, grado reactivo y a concentraciones aproximadas a las encontradas en el suelo, encontrándonos con los siguientes resultados.

Tabla III: Muestra los datos de las soluciones estandarizadas o soluciones preparadas con reactivos puros obtenidas con el espectrofotómetro SFP-3.

Solución preparada	Concentración de la sal preparada (teóricamente)	Concentración Teórica del ion Mg^{2+} y Ca^{2+}	Lectura del espectrofotómetro SFP- 3	Concentración del ion calcio y magnesio calculada.
$MgCl_2$	1325.4ppm	338.37ppm Mg^{2+}	1349 ppm MgO	344.42 ppm Mg^{2+}
$CaCO_3$	250 ppm	100 ppm Ca^{2+}	100 ppm de Ca^{2+}	100 ppm de Ca^{2+}

Este análisis se hizo con el fin de hacer una serie de calibrado, comprobándose así, que las lecturas son próximas. En el caso del Magnesio y el caso del calcio se reporta el mismo dato haciendo análisis con métodos tradicionales y por el espectrofotómetro SFP- 3 del laboratorio de suelo de la UNAN – LEON.

Para la **curva de calibrado de fósforo**, las concentraciones obtenidas fueron de 0, 2, 5 ,8, y 10 mg de P / L respectivamente, para ser leída colorimetricamente con el Espectronic –20 UV / VIS y el Espectrofotómetro SFP –3.

TABLA IV: Muestra resultados de la Curva de Calibración para el Espectronic – 20 y Espectrofotómetro SFP – 3.

Concentración mg de fósforo / 100 ml	Absorbancia (P) Espectronic 20	Mg / 100 g solución (PO_4) SFP - 3
0	0	0
2	0.088	6.3
5	0.229	15
8	0.351	24
10	0.437	30.4

Los resultados mostrados en la tabla **IV**, son el resultado de las lecturas obtenidas por dos equipos (Espectronic – 20 y espectrofotómetro SFP – 3) para la determinación de la curva de calibración de fósforo. Las dos lecturas de los equipos muestran buen comportamiento al encontrar la linealidad (r)

Curva Espectronic – 20

a =0.002323

b =0.0437

r = 0.99986

Curva Espectrofotómetro SFP – 3

a = 0.0591

b = 3.01617

r = 0.9998

Los resultados obtenidos al ser leídos por el colorímetro (Espectronic –20) mostraron excelentes linealidad (r = 0.99989).

De esta manera se verificó la precisión de trabajo del Espectrofotómetro SFP –3 en la curva de calibrado para la determinación de fósforo, por tanto se supone que en los resultados de la medición de los demás parámetros (Ca⁺², K⁺¹, NH₄ , Mg⁺²). Probablemente muestran precisión y linealidad en las lecturas.

Después de haber desarrollado ambos métodos, el colorimétrico visual (kit) y espectrofotométrico (lab.) en las muestras de suelo a analizar, se construyó una tabla en la cual se muestran los valores de las concentraciones obtenidas para cada nutriente en estudio y por cada método aplicado, con sus respectivas unidades.

El valor por parámetro mostrado en la tabla, es la media de las cuatro muestras, esto se hizo por que los cuatro valores de las diferentes muestras presentaron concordancias en la concentración por cada componente.

Tabla V: Resultados obtenidos de las muestras de suelo analizadas.

parámetro	Valor aproximado. kit de campo	Unidades (Kit)	Lectura en el laboratorio	Unidades (lab.)
pH	7.2	-	6.93	-
Nitrógeno	6.2 muy bajo	ppm	4.26	Mg/ 100 g de suelo.
Fósforo	113	Lbs/acres	3.99	Mg/ 100 g de suelo
potasio	335	Lbs / acre	84.25	Mg/ 100 g de suelo
Calcio	1100	Ppm	412.5	Mg/ 100 g de suelo
magnesio	80 aproximado	ppm	87.85	Mg/ 100 g de suelo

Para **analizar** los resultados de una manera más clara, se construyó una tabla que muestra los valores de los parámetros analizados con ambos métodos. Se puede notar que las concentraciones de los análisis con el Kit se obtuvieron a través de cartas coloreadas y que abarcan un rango de concentración amplio.

Por ejemplo para el calcio el valor con el Kit es de 1100 ppm, la carta muestra color plomo en un rango de 150 - 2800 ppm y con los análisis químico del laboratorio es de 4125 ppm.

Tabla VI : Se muestran los resultados obtenidos con ambos métodos

Parámetro	Color obtenido (kit)	Rango de Concentración detectable	Valor aproximado en ppm	Valor obtenido con los métodos del lab. En ppm
pH	Amarillo oscuro	1 – 14	7.2	6.93
Nitrógeno	Amarillo	5 – 150 ppm	6.12	42.68
Fósforo	Azul intenso	5 – 100 ppm	57	39.97

potasio	Amarillo intenso	50 – 200 ppm	168	842.5
Calcio	Plomo	150 – 2800 ppm	1100	4125
Magnesio	Rosado	5 – 150 ppm	80	878.5

De esta manera, por la forma de reportar los resultados, se muestra que existe una clara diferencia entre los métodos. Aunque en algunos casos los rangos y las concentraciones no coinciden, es una información previa, útil para el analista del laboratorio, ya que si el valor (cualicuantitativo) mostrado por las tablas coloreadas del Kit es alto o de color intenso, indica altas concentraciones de ese parámetro al momento de cuantificarlo con los métodos químicos del laboratorio y viceversa.

CONCLUSIONES

La determinación de componentes del suelo con el kit de campo y los análisis químicos del laboratorio de suelo, muestran las condiciones o estados de fertilidad del campo agropecuario de la UNAN – LEÓN.

En la comparación de métodos (colorimétrico visual y espectrofotométricos) concluimos que existen diferencias de resultados para cada parámetro.

Este es un primer estudio en el cual se hacen comparaciones de resultados directos de

análisis de suelos con los kit de campos y los métodos del laboratorio.

El muestreo que se realizó fue eficiente, ya que las cuatro muestra analizadas presentaron iguales resultados.

Para los análisis de los resultados en el laboratorio hicimos ensayos con sustancias con alto grado de pureza a concentraciones conocidas para que nos sirvieran de referencias.

Para los análisis de referencias se confirmo que para cada uno de los parámetros reportan los datos bastante aproximados a los estandarizados por técnicas tradicionales, haciendo la observación que no es una validación ya que para ello seria otro estudio más minucioso.

Los kit de campos son aparatos de gran utilidad para técnicos agropecuarios y/o Ing. Agrónomo para los métodos realizados con ellos reportan rangos de colores y tienen según sus tablas de observación, bajo, medio, alto, que se reporta color y rango de concentración, por tanto una información clave para el analista químico.

En el caso de los análisis del laboratorio, se cuantifican las concentraciones de cada elemento de interés.

En la practica no hay gran diferencia ni contradicciones en ambos resultados ya que si en el kit el color del resultado es el mas intenso indica que su concentración esta por encima del rango detectable por el kit y el analista del laboratorio tiene que tomarlo en cuenta para hacer sus consideraciones pertinentes.

RECOMENDACIONES

- Para disponer de análisis químicos confiables es recomendable hacer la validación para cada método disponible como marco de referencia.

- Al realizar análisis con el kit de campo y los métodos químicos del laboratorio es importante realizar curvas de calibrado para cada componente a analizar.

- Para conocer las condiciones del suelo en la que se desarrolla un cultivo el cual se está monitoreando es recomendable usar los métodos (kit de campo) por su rapidez, manualidad y costos en áreas reducidas, pero para obtener datos con mayor precisión son recomendable los métodos químicos del laboratorio con tipo de muestreo adecuados para que abarquen áreas de estudio mayores.
- Al usar el kit de campo, es importante reportar las condiciones del suelo como datos cualitativos (Ej. Alto, bajo, medio, trazas etc.) y no cuantitativos (datos numéricos) debido al amplio rango para cuantificar los parámetros y por la visión del analista.
- Usar la información obtenida con el kit y con los métodos del laboratorio para saber si ambos análisis se aproximan.
- Aplicar técnicas estadísticas con mayor grado de significancia o con mínimo de error adaptable a la comparación de los métodos en estudio.
- El kit de campo se puede aplicar en monitoreo de suelos que anteriormente han tenido un seguimiento serio en el laboratorio que permita conocer el comportamiento de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Análisis Químico de Suelos. M. L. Jackson. Edición Revolucionaria. Instituto del Libro 1970.

2. Prácticas de Edafología. I. S. Kaurichev. Editorial MIR Mosch 1984.
3. Química Analítica Cualitativa. Burriel Marti, Fernando. Felipe Lucena Conde y Ciro Arribas. Jimeo Edición – Madrid: Paraninfo 1979.
4. Calorimetric Determination of Traces of Metals. E.B. Sandell, Ph. D. Third Edition. Revised and Enlarged. Interscience Publishers, INC, New York. Third Printing, November, 1965.
5. Análisis instrumental Skoog / Leory. Cuarta edición.
6. Encyclopedia Of. Analytical science. Academic press. Vol. 9. Alan Towns.
7. Química Agrícola. El Suelo y los Elementos Químicos Esenciales para la vida Vegetal. Simón Navarro y Gines Navarro García, Universidad de Murcia. Mundi – Prensa. Madrid. Barcelona. México 2000.
8. Enciclopedia de química. Edición omega. Barcelona 1961. Análisis instrumental. Willar. Quinta edición. 2002.

ANEXOS