

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**



**CUANTIFICACIÓN DE FÓSFORO EN SUELOS Y ABONOS ORGÁNICOS POR  
DOS METODOS COLORIMETRICOS:  
MOLIBDATO AZUL Y FOSFOVANADOMOLIBDICO**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
OSCAR EDUARDO CANIZALEZ AMAYA  
RENÉ IVÁN ESCOBAR**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA**

**SEPTIEMBRE DE 2004**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA**



**©2004, DERECHOS RESERVADOS**

**Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,  
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador**

**<http://virtual.ues.edu.sv/>**

**SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTORA**

**Dra. MARIA ISABEL RODRIGUEZ**

**SECRETARIA GENERAL**

**Lic. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS**

**FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**

**DECANO**

**Lic. SALVADOR CASTILLO ARÉVALO**

**SECRETARIA**

**MSc. MIRIAM DEL CARMEN RAMOS DE AGUILAR**

## **COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

### **COORDINADORA GENERAL**

**Lic. MARIA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA ACEVEDO**

**ASESORA DE ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD DE  
PRODUCTOS FARMACÉUTICOS, COSMÉTICOS Y VETERINARIOS**

**MSc. ROCÍO RUANO DE SANDOVAL**

**ASESORA DE ÁREA DE GESTIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**

**Lic. CECILIA GALLARDO DE VELASQUEZ**

### **DOCENTES DIRECTORAS**

**Lic. MARÍA ELISA VIVAR DE FIQUEROA**

**Ing. LAVINIA HIDALGO DE MEDRANO**

## **AGRADECIMIENTOS**

- A nuestras Docentes Directoras Licenciada Maria Elisa Vivar de Figueroa e Ingeniero Lavinia Hidalgo de Medrano, por la orientación que supieron darnos durante la realización de este trabajo.
- Al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) por brindarnos sus instalaciones y su equipo en el desarrollo de este trabajo.
- A la Licenciada Sonia de Alegría, jefe del Laboratorio de Suelos, y a la Licenciada Miriam Amaya del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) por su valiosa colaboración en el desarrollo de la parte experimental de este trabajo.
- A todo el personal que labora en los Laboratorios de Suelos y Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Foresta (CENTA) por su valiosa colaboración.

## **DEDICATORIA**

- A DIOS TODO PODEROSO
  
- A MIS PADRES:                   Oscar Armando Canizalez  
  Carmen Cecilia G. de Canizalez
  
- A MIS HERMANOS:               Rolando José Amaya  
  Katia Lorena Canizalez
  
- A MIS FAMILIARES, COMPAÑEROS Y AMIGOS.

**OSCAR EDUARDO CANIZALEZ AMAYA**

## **DEDICATORIA**

- A DIOS TODO PODEROSO
  
- A MIS PADRES:                   Emilio Mardoqueo Escobar  
  María Dolores Perla
  
- A MIS HERMANAS:               Brenda D. Escobar de Rodríguez  
  Karen Rosmery Escobar Perla
  
- A MIS FAMILIARES, COMPAÑEROS Y AMIGOS.

**RENÉ IVÁN ESCOBAR**

## INDICE

<b>Capítulo I</b>	
<b>1.0. INTRODUCCIÓN</b>	<b>xi</b>
<b>Capítulo II</b>	
<b>2.0. OBJETIVOS</b>	<b>20</b>
<b>2.1. Objetivo General</b>	<b>20</b>
<b>2.2. Objetivos Específicos</b>	<b>20</b>
<b>Capítulo III</b>	
<b>3.0. MARCO TEÓRICO</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Método extractivo de Fósforo en Suelos:</b>	
<b>Solución extractora de Carolina del Norte</b>	<b>26</b>
<b>3.2. Método Azul de Molibdeno</b>	<b>27</b>
<b>3.3. Método del Molibdovanadomolibdato (Amarillo)</b>	<b>28</b>
<b>Capítulo IV</b>	
<b>4.0. DISEÑO METODOLÓGICO</b>	<b>31</b>
<b>4.1. Investigación Bibliográfica</b>	<b>31</b>
<b>4.2. Investigación de Campo</b>	<b>31</b>
<b>4.3. Parte Experimental</b>	<b>32</b>
<b>Capítulo V</b>	
<b>5.0. RESULTADOS</b>	<b>44</b>
<b>5.1. Muestras de Suelos</b>	<b>48</b>
<b>5.2. Muestras de Abonos Orgánicos</b>	<b>51</b>
<b>5.3. Análisis estadístico en Suelos</b>	<b>54</b>
<b>5.4. Análisis estadístico en Abonos Orgánicos</b>	<b>61</b>

## **Capítulo VI**

<b>6.0. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>66</b>
<b>6.1. Comparación de los métodos en           muestras de Suelos</b>	<b>66</b>
<b>6.2. Comparación de los métodos en           muestras de Abonos Orgánicos</b>	<b>67</b>

## **Capítulo VII**

<b>7.0. CONCLUSIONES</b>	<b>70</b>
--------------------------	-----------

## **Capítulo VIII**

<b>8.0. RECOMENDACIONES</b>	<b>73</b>
-----------------------------	-----------

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**



## **SIGLAS**

**CENTA:** Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal

**JICA:** Japanese International Community Aids

**PROCAFE:** Productores de Café

**UES:** Universidad de El Salvador

## **CAPÍTULO I**

## 1.0. INTRODUCCIÓN

El suelo es la sustancia más compleja que existe sobre la faz de la tierra. El cual, en principio, consiste de rocas descompuestas, todos los tipos de rocas conteniendo la totalidad de los minerales existentes en la tierra. (25)

Además de los minerales contiene materia orgánica o *humus* estos comprenden una gran variedad de sustancias derivadas de los somas muertos y descompuestos de toda clase de animales, así como de los residuos de plantas muertas.

En El Salvador se ha tenido como principal fuente de divisas la agricultura, es decir, que se define como un país agrícola. Es importante lograr una alta producción haciendo uso de buenas labores culturales especialmente en el suelo y así obtener una mejor cosecha. (20)

Ya que predominan los suelos formados de materiales volcánicos sólo el 18.24% de su superficie total (24) es apta para labranza intensiva, además de la escasez de esas tierras, el crecimiento de la población es muy alto, agudizando el problema de la alimentación y otros productos necesarios para la industria y exportación afines con la agricultura, esto hace necesario el mejoramiento de técnicas de cultivo y el uso sistematizado de dichos conocimientos así como también el manejo de cultivos adecuados a los diferentes tipos de suelos. (19)

Solamente de esta manera se podrá establecer un programa de manejo adecuado para los diferentes tipos de suelos y obtener de ellos los beneficios esperados mediante un sistema de fertilización que conlleve a proveer los elementos nutritivos para una óptima producción, y evitar el deterioro de los mismos.

El suelo es el elemento más importante de la agricultura ya que en él se realizan los trabajos agrícolas, los suelos deben poseer cantidades apropiadas de macro elementos, conocidos como N, P, K (Nitrógeno, Fósforo y Potasio, respectivamente) así como micro elementos como Calcio, Sodio, Magnesio, Hierro, etc. Sólo un balance en las proporciones de todos estos elementos garantiza que un suelo es apto para determinado cultivo. Para poder determinar si un suelo tiene estos nutrientes en cantidades adecuadas se recurre al análisis químico de los suelos.

El Fósforo es uno de los tres elementos conocidos como macro nutrientes (N, P, K), este elemento es de vital importancia para el crecimiento de las plantas y el desarrollo adecuado de frutos y semillas; además que, fisiológicamente, entre otras cosas, favorece la absorción de nitrógeno en las plantas.

El Fósforo no se encuentra en estado libre en la naturaleza, porque su elevada facilidad de oxidación no lo permite. Con todo, son muy comunes los compuestos de fósforo, por ejemplo, los fosfatos, que se encuentran en numerosos minerales. (8)

En la naturaleza el Fósforo se encuentra como fosfato que se presentan como el mineral apatita, el cual puede estar constituido en un 96% de fosfato tricálcico, que contiene flúor y cloro en forma de sal doble ( $\text{CaF}_2\text{Cl}_2$ )

Los abonos orgánicos son aquellos provenientes de la descomposición de materia orgánica ya sea de origen animal o vegetal. Es posible proporcionar al suelo todos los elementos nutritivos mediante la adición de sustancias orgánicas. Dado que los nutrimentos requeridos por la planta están contenidos en los tejidos vegetales y animales que forman un buen composte (Abono), si este producto ha sido correctamente preparado puede servir para satisfacer las demandas de fertilizantes de las plantas.

Debido a que existen suelos que son deficientes en los nutrientes antes mencionados es necesario incorporar éstos por medio de fertilizantes químicos o abonos orgánicos, así, en este trabajo se evaluaron dos métodos colorimétricos para la determinación del Fósforo: El Azul de Molibdeno y el Amarillo Vanadomolibdofosfórico, en suelos y en abonos orgánicos, estos últimos pueden proveer los elementos deficientes al suelo, de manera que no se torne ácido, como sucede con los fertilizantes químicos, esto debido a que los fertilizantes tales como el sulfato de amonio u otros similares, en el suelo se hidrolizan dando como resultado los correspondientes ácidos, como el Sulfúrico y Nítrico. Con el uso de los abonos orgánicos se puede lograr una agricultura sostenible junto con otras técnicas agrícolas enfocadas a la conservación del suelo y por consiguiente del medio ambiente.

Dada la importancia que tiene el fósforo en el suelo, el presente trabajo trata sobre la comparación de los métodos colorimétricos para cuantificar este elemento, tanto en suelos (por ser el medio en el que se cultiva) como en abonos orgánicos.

Es necesario comparar estos dos métodos entre sí, ya que se ha encontrado que para la determinación de Fósforo en suelos el método Azul de Molibdeno tiene mayor sensibilidad en comparación con el Amarillo Fosfovanodomolibdico, el complejo de color azul que este forma tiene mayor estabilidad que el amarillo (de hasta 16 horas). Pero el método oficial es el amarillo.<sup>(7)</sup>

Los análisis químicos se realizaron en CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agrícola y Forestal) en los laboratorios de Química Agrícola y de Suelos. Las muestras a analizar son provenientes de diferentes partes de El Salvador. Estas muestras están almacenadas en los laboratorios de Suelos y Química Agrícola del CENTA. Las muestras han sido seleccionadas a partir de los resultados antes realizados en el laboratorio de suelos, las cuales tienen cantidades bajas de Fósforo, entre 1 y 8%. Las muestras de abonos orgánicos han sido seleccionadas aleatoriamente y no de acuerdo a análisis previos como en suelos.

Se seleccionaron las muestras existentes en estos laboratorios, las cuales fueron previamente analizadas y se determinó que tienen cantidades bajas de Fósforo.

En las muestras de suelos se realiza la extracción con solución de Carolina del Norte, y los análisis colorimétricos con el método Amarillo Fosfovanadomolibdico y luego con el Azul de Molibdeno.

En las muestras de abonos se hace la digestión ácida y luego la cuantificación del fósforo por medio de los dos métodos mencionados

Los resultados de los análisis, se evalúan estadísticamente para definir cual de ellos es idóneo para cada una de las muestras.

El método utilizado en el país para cuantificar Fósforo en muestras de suelos, abonos orgánicos, foliares, es: *El método Amarillo Vanado molibdo fosfórico* además este es el método oficial y más conocido.

En estudios anteriores realizados por Carrasquero y Adams.1990 <sup>(6)</sup> de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador de Venezuela han utilizado el método amarillo para el análisis de suelos con una acidez considerable.

También en 1993, en Canadá se publica el libro de Métodos de análisis y muestreo de suelos, <sup>(7)</sup> en el cual se refiere ampliamente al método colorimétrico azul, aplicado tanto en suelos ácidos como alcalinos, y para cada uno de ellos da

los métodos para extraer el fósforo, entre los que se pueden mencionar el de Mehlich o Carolina del Norte, el cual se aplica en el presente trabajo.

Un estudio importante es el que se tiene es de una institución privada denominada "Fundación PROCAFE". Dicha institución fue fundada en 1991, cuatro años después, en 1995, la institución mediante contratación llega un asesor de AID, Hunter llevó a cabo un estudio de los dos métodos colorimétricos, el azul de molibdeno y del fosfovanadomolibdato amarillo para cuantificar fósforo en muestras de suelos. En dicho estudio se concluyó que era más ventajoso el método de azul de molibdeno sobre el método de fosfovanadomolibdato para cuantificar fósforo en muestras de suelos. Para las muestras de abonos orgánicos y foliares la Fundación PROCAFE continúa utilizando el método de cuantificación de fósforo de fosfovanadomolibdato amarillo.

Se concluyó también que el más adecuado método de extracción de suelos para realizar la cuantificación de Fósforo por medio del azul de molibdeno es el método de Solución Doble Ácido o solución de Carolina del Norte, pero prescindiendo del uso de carbón activado, ya que este atrapa en su estructura pequeñas cantidades de micro elementos lo cual puede afectar en gran medida los resultados de estos análisis, aunque hoy en día PROCAFE utiliza el método azul de molibdeno para cuantificar fósforo en suelos, no existe la documentación de este estudio realizado. Por lo tanto este trabajo sería el primero que proporcionará un documento que compara los dos métodos colorimétricos tanto para muestras de suelos como para abonos orgánicos.



En instituciones como Centro Nacional Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) y Universidad de El Salvador (UES), en la Facultad de Química y Farmacia, el método que se utiliza para cuantificar fósforo en las diferentes muestras ya sea suelos, abonos, fertilizantes, concentrados, foliares, etc. es el método amarillo de Fosfovanadomolibdato.

Este proyecto tiene por justificación el hecho de que en El Salvador la agricultura ocupa un lugar importante en la economía del país, y por esto es necesario tener una agricultura moderna. Por lo tanto es necesario apoyarse en las bases científico técnicas que la ciencia moderna facilita.

Por medio del análisis de suelo se determina cual es el estado de la fertilidad del suelo y el cultivo que se adecua a este tipo de suelo; y los tres elementos muy importantes a los cuales se les denomina Macro-nutrientes que son: Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N, P, K), si ellos tienen alguna deficiencia de estos elementos o de otros que necesita en pocas cantidades pero no menos importantes, esta puede corregirse con fertilizantes químicos o con abonos orgánicos.

Se tiene conocimiento que la mayoría de los suelos de El Salvador son suelos jóvenes, y de un alto nivel de fertilidad natural, sin embargo, el uso inadecuado que hasta este momento se les ha dado, puede en un periodo de tiempo no muy prolongado, agotar esta fertilidad y convertirlos en suelos pobres

de tal manera que cada día los métodos de cultivo serán económicamente más costosos y con bajo rendimiento. (22)

Por lo anterior es de mucha importancia conservar el manto del suelo agrícola, ya que es una fábrica de elementos minerales asimilables para las plantas, así como también limitar el uso de fertilizantes químicos acidificantes que facilitan su pérdida. Por eso es importante el uso de abonos orgánicos para la fertilización de los suelos, tanto con otras técnicas que conllevan una agricultura sostenible en armonía con el medio ambiente.

Este trabajo pretende definir cual de los dos métodos comparados es el más adecuado para cuantificar el fósforo en muestras de suelos y abonos orgánicos, como el método apropiado para cada muestra en estudio. Es posible que no necesariamente el mismo método sea el más adecuado para los dos tipos de muestras.

## **CAPÍTULO II**

## **OBJETIVOS**

### **2.0. OBJETIVO GENERAL**

Cuantificar Fósforo en suelos y abonos orgánicos, por dos métodos colorimétricos: Molibdato Azul y Fosfovanadomolibdico.

### **2.1. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 2.1.1. Clasificar las muestras de suelos y abonos orgánicos de bajo contenido de Fósforo por medio de la escala de índice de Fósforo.
- 2.1.2. Explicar detalladamente el fundamento y el desarrollo experimental de cada uno de los métodos colorimétricos.
- 2.1.3. Desarrollar los métodos colorimétricos Molibdato Azul y Fosfovanadomolibdico en los extractos de suelos realizados con el método Carolina del Norte
- 2.1.4. Desarrollar los métodos colorimétricos, Molibdato Azul y Fosfovanadomolibdico, en extractos de abonos Orgánicos, realizados por el tratamiento de sus cenizas.
- 2.1.5. Realizar el análisis estadístico a partir de los resultados de cada uno de los métodos colorimétricos desarrollados, tanto para suelos como para abonos orgánicos y, seleccionar el método colorimétrico más adecuado para cuantificar fósforo en suelos y en abonos orgánicos.

### CAPÍTULO III



**©2004, DERECHOS RESERVADOS**

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,  
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

**<http://virtual.ues.edu.sv/>**

**SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

### 3.0. MARCO TEÓRICO

El suelo es la superficie suelta de la tierra. El suelo es un cuerpo naturalmente desarrollado, en el cual tiene lugar procesos físicos, químicos y biológicos.

Desde el punto de vista de la agricultura, el suelo es el medio donde crecen las plantas, también un almacén de donde las plantas recogen las sustancias nutritivas, agua y aire para desarrollarse. <sup>(12)</sup>

Los 13 elementos que deben considerarse como de primera importancia, ya que las plantas los absorben en cantidades relativamente grandes son: Carbono, Oxígeno, Hidrógeno, Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio, Magnesio, Hierro, Silicio, Cloro, Sodio.

Necesarios también para el crecimiento normal de las plantas, aunque absorbidos en cantidades muy pequeñas, son los 7 elementos siguientes: Boro, Manganeso, Cobre, Zinc, Molibdeno, Cobalto y posiblemente Vanadio. Comúnmente contenidos en los tejidos vegetales aunque en cantidades infinitesimales, son: Uranio, Radio, Torio, Actino, Yodo, Cesio, Bario, Estroncio, Litio, Cromo, Níquel, Arsénico, Fluor, Selenio.

*Nitrógeno, Fósforo, Potasio.* Estos tres elementos ocupan un lugar distinguido en lo que concierne a la fertilidad del suelo. Son los tres grandes de la nutrición vegetal y son denotados como el trío N P K.

Debido a que la producción natural de los compuestos solubles se realiza muy lentamente en el suelo y las plantas en crecimiento los absorben en cantidades comparativamente grandes, estos se agotan con relativa facilidad. La pérdida anual de estos elementos originada por las cosechas es mucho más grave que en el caso de los otros, y ya sabemos que cuando el N P K no se integra regularmente al suelo mediante la aplicación de fertilizantes naturales o artificiales, tarde o temprano aparecerán síntomas de deficiencia en las plantas. (25)

El Fósforo no se encuentra en estado libre en la naturaleza, porque su elevada facilidad de oxidación no lo permite. Son muy comunes los compuestos de fósforo, por ejemplo, los fosfatos, que se encuentran en numerosos minerales.

El análisis de suelos es una herramienta valiosa en el manejo de suelos, puede determinar el contenido de nutrientes disponibles a la planta así como la capacidad nutritiva del suelo estudiado.

Para que el agricultor haga un uso óptimo de tierra para la producción de cultivos es importante que sepa la reacción del suelo y sus niveles nutritivos. Con este conocimiento y con las recomendaciones dadas por el laboratorio, el agricultor ya puede decidir cuanto debe invertir y planificar su trabajo para obtener los resultados deseados.

El informe de análisis de suelo contiene información sobre los valores de pH y del contenido de materia orgánica, de Fósforo y Potasio disponibles en la planta. El

laboratorio dará también los resultados del contenido de calcio y Magnesio en los lugares donde se les requiera.

La información de los análisis se complementará con una interpretación que expresa los niveles de los nutrientes individuales valorados como bajos, medios o altos. (25)

El informe brinda recomendaciones para los cultivos de las tierras investigadas, aquí se incluyen también sugerencias relacionadas con los tipos adecuados de fertilizantes, las cantidades y su correcta aplicación.

Para llegar a obtener una agricultura sostenible, en armonía con el medio ambiente, como medidas correctivas, es preferible, el uso de abonos orgánicos en lugar de los fertilizantes químicos y debido a que los abonos orgánicos provienen de la descomposición de material biológico, ya sea animal o vegetal, es necesario determinar las cantidades de nutrientes que éstos poseen, para poder así ser aplicados de una manera eficiente al suelo y al cultivo, pues a diferencia de los fertilizantes químicos, que han sido producidos con cantidades controladas de cada una de los elementos rotulados, los abonos aunque sean obtenidos de materia prima aparentemente igual, las concentraciones de nutrientes puede variar de un compost (abono) a otro.

La ciencia moderna se encarga cada día de encontrar más y mejores métodos con los cuales se pueden obtener resultados confiables y útiles. La química analítica no es la excepción a esta aseveración, por lo tanto el presente trabajo de



investigación evalúa dos métodos cuantitativos para la determinación de fósforo; ambos métodos son Espectrofotométricos (4).

El método de absorción se basa en la disminución de la potencia de un haz de radiación electromagnética al interactuar con el analito (6). Se define potencia como la energía del haz que llega por segundo a un área dada. La potencia de un haz colimado de radiación monocromática disminuye de  $P_0$  a  $P$  luego de atravesar una solución de camino óptico  $b$  y concentración  $c$ . Se define la transmitancia de una solución como la fracción de radiación transmitida

$$( T = P / P_0 )$$

y la absorbancia como el logaritmo en base diez del inverso de la transmitancia.

$$( A = \log P_0 / P )$$

Experimentalmente se compara la energía del haz transmitido por la solución del analito con la del haz que atraviesa la celda que contiene sólo el disolvente del analito ya que hay pérdida de radiación por reflexión por su interacción con las paredes de las cubetas (1), y por dispersión por su interacción con el solvente. La absorbancia experimental se aproxima a la verdadera

$$( A = \log P_0 / P = \log P_{\text{solvente}} / P_{\text{solución}} ),$$

y se relaciona con la concentración según la siguiente expresión:

$$A = a b c$$

donde  $b$  es el ancho de la celda en cm,  $c$  la concentración de la solución y  $a$  la absorptividad cuyas unidades dependerán de las unidades de concentración y del camino óptico. Ésta última expresión se conoce como ley de Beer, aplicable bajo ciertas condiciones a soluciones diluidas. Comúnmente hay desviaciones a la proporcionalidad directa entre la absorbancia y la concentración, por ejemplo cuando el analito participa con el solvente en un equilibrio que genera una especie absorbente, cuando la radiación es policromática o en presencia de radiación parásita. (23)

El equipo para hacer las medidas espectroscópicas está compuesto por una fuente estable de energía radiante, recipientes transparentes para contener la muestra, un dispositivo que aísla una región restringida del espectro (en este caso un monocromador), un detector de la radiación y un sistema de tratamiento y lectura de la señal (1). En aquellos instrumentos cuyo dispositivo de lectura de la señal es analógico es conveniente leer la transmitancia de la solución, que es una escala lineal graduada de 0 % a 100 % y no la absorbancia que es una escala logarítmica que para valores elevados tendrá menor resolución y un consecuente aumento en el error. (26)

### **3. 1. METODO EXTRACTIVO DE FÓSFORO EN SUELOS:**

#### **SOLUCIÓN EXTRACTORA DE CAROLINA DEL NORTE**

Este método consiste en la extracción del elemento a analizar con una solución doble ácida, solución MEHLICH o solución Carolina del Norte. (13)

El fósforo en los suelos se encuentra en forma orgánica e inorgánica. En forma inorgánica esta presente como fosfato de calcio, hierro y aluminio, como fosfato cristalino, complejo derivado de la transformación de los fertilizantes en forma no bien definidas adsorbido al complejo coloidal y en la solución del suelo en la mayoría de los suelos como ácido fosfórico. En los orgánicos uno o mas hidrógenos del ácido fosfórico dan origen a enlaces estéricos y el resto puede ser reemplazado por cationes. (21)

### 3. 2. METODO DE AZUL DE MOLIBDENO

Este es un método espectrofotométrico en el cual se determina el Fósforo de la muestra, como ortofosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ )

El molibdato de amonio ( $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ) y el tartrato de Antimonio Potasio ( $\text{K}(\text{SbO}) \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ) reaccionan con el ortofosfato en medio ácido para formar un heteropoliácido—ácido fosfomolibdico ( $\text{H}_3\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4$ ) que por reducción con el ácido ascórbico origina un color azul intenso adecuado para medirlo espectrofotométricamente. La intensidad del color es proporcional a la concentración del Fósforo (15).

Dicho complejo en presencia de Antimonio presenta un máximo de absorción a una longitud de onda de 710 nm.; en cambio el complejo formado en ausencia de Antimonio presenta el máximo a longitudes de onda menores, lo que sugiere que el Antimonio sería un componente del complejo.

Interfieren sustancias que absorben a esa misma longitud de onda así como el Bario, Plomo y Plata por la formación de precipitado. La sílica puede formar un complejo azul débil y pequeño y usualmente puede considerarse despreciable. El arseniato es determinado similarmente al fósforo y podría ser considerado cuando se presenta en concentraciones similares a las de Fósforo.

Se trata de una técnica ampliamente usada, en numerosas determinaciones industriales, agrícolas, bioquímicas, clínicas, etc.

### **3 .3. METODO DEL MOLIBDOVANADOFOSFATO (AMARILLO)**

En soluciones ácidas los vanadatos y molibdatos forman isopoliácidos como el hexamolíbico y tetravanádico, que en presencia de iones fosfatos se agrupan en torno al fósforo como átomo central, obteniéndose un heteropoliácido estable <sup>(14)</sup>, lo cual produce un incremento en el color amarillo de la solución, desplazándose el máximo de absorción hacia longitudes de onda más largas en la medida que aumenta el grado de agregación <sup>(14)</sup>.

La formación del cromóforo amarillo sirve de base para un método de análisis, que además de ser aplicable a diferentes matrices, incluidos los suelos, es muy simple y poco afectado por la presencia de iones distintos al fosfato. Sin embargo, la principal limitación del método es su baja sensibilidad, ya que detecta cantidades superiores a  $1 \text{ mg.L}^{-1}$ , lo cual constituye apenas la décima parte de la sensibilidad de otros métodos basados en la formación de especies de color azul.

De acuerdo a Jackson <sup>(16)</sup>, la sensibilidad depende de la longitud de onda a la cual se realicen las mediciones de absorción de radiación, de manera tal que, por ejemplo, se ha encontrado que si se trabaja entre 1,00 y 5,5 mg.L<sup>-1</sup> se debe emplear un haz de radiación de 400 nm, mientras que a mayores concentraciones la radiación más adecuada parece ser la de 420 nm. Esto es debido a la disminución que experimenta la absorptividad molar de las especies adsorbentes a medida que es mayor la longitud de la onda incidente, lo que obliga a utilizar ondas de alta energía cuando las concentraciones de fósforo son cercanas a 1 mg.L<sup>-1</sup> <sup>(16)</sup>.

La naturaleza del complejo amarillo no ha sido bien establecida, aún cuando Jackson señala que su formación se debe a una reacción de sustitución de los átomos de oxígeno del anión fosfato por los radicales de oxivanadio y oximolibdeno

(16).

## **CAPÍTULO IV**

## **4.0. DISEÑO METODOLOGICO**

El diseño metodológico consta de tres etapas que son:

- Investigación bibliográfica
- Investigación de campo
- Parte experimental

### **4.1. INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Se consultaron bibliografías relativas al tema en estudio, en diferentes bibliotecas, entre estas; la Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador, Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia, Biblioteca de la Facultad de Agronomía, Biblioteca de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer, además de investigación en Internet en sitios de Venezuela, Canadá y Estados Unidos.

### **4.2. INVESTIGACIÓN DE CAMPO**

#### **4.2.1. TIPO DE ESTUDIO**

El estudio a realizar en este trabajo de investigación, se clasifica, según el periodo y secuencia del estudio, como *transversal*, ya que se estudia las variables simultáneamente en determinado momento haciendo un corte en el tiempo, en este, el tiempo no es importante en relación con la forma en que se dan los fenómenos.

Y según el análisis y alcance de los resultados es de tipo experimental por estar basados en una experimentación. Por lo tanto el tipo de estudio a aplicar es *transversal-experimental*.

#### **4.2.2. UNIVERSO DE MUESTRA**

Muestreo es el proceso de seleccionar una parte del todo.

Muestreo dirigido consiste en seleccionar las unidades elementales de la población auxiliándose de tablas de muestreo estadístico para que las unidades seleccionadas sean representativas.

La selección de muestras en el trabajo de campo se ha realizado por el muestreo dirigido, escogiendo de las muestras existentes en los laboratorios de Suelos y Química Agrícola del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), asumiendo que estas han sido previamente analizadas en dichos laboratorios y a partir de ese resultado se escogerán las muestras de suelos que tengan concentraciones bajas de Fósforo, y las muestras de abonos serán tomadas sin tomar en cuenta la cantidad de Fósforo que estas tengan, pero si se tomará en cuenta que dichas muestras de sean de entrada reciente al laboratorio, es decir, a partir agosto de 2002.

#### **4.3. PARTE EXPERIMENTAL**

Esta etapa consiste en aplicar los dos métodos espectrofotométricos en las muestras de suelos (25 muestras) y abonos (25 muestras).



Cuadro N° 1. Muestras de Suelos

DEPARTAMENTO	ZONA	N° DE MUESTRAS
Usulután	Cantón El Brazo	6 muestras
La Paz	Zacatecoluca	3 muestras
Chalatenango	La Palma	4 muestras
La Libertad	Zapotitán	7 muestras
San Miguel	Nueva Guadalupe	5 muestras

Cuadro N° 2 Muestras de Abonos Orgánicos

DEPARTAMENTO	ZONA	N° DE MUESTRAS
Chalatenango	Las Pilas	3 muestras
Usulután	San Carlos Lempa	1 muestra
	Cantón Las Granadillas	1 muestra
Zona paracentral	Región I	8 muestras
La Libertad	San Andrés	9 muestras
	Lourdes	2 muestras
Sonsonate	Cantón Alemán	1 muestra

Las muestras se analizaron por triplicado, teniéndose un total de 300 análisis. Detallados así:

75 análisis de muestras de suelos por el método Azul de Molibdeno

75 análisis de muestras de suelos por el método Amarillo vanodomolibdico

75 análisis de muestras de abonos por el método Azul de Molibdeno

75 análisis de muestras de abono por el método Amarillo Vanodomolibdico

A continuación se detallan los métodos, su fundamento, procedimientos y cálculos.

#### **4.3.1. METODO DE AZUL DE MOLIBDENO**

Este es un método espectrofotométrico en el cual se determina el Fósforo de la muestra, como ortofosfato ( $\text{PO}_4^{-3}$ )

El molibdato de amonio ( $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ) y el tartrato de Antimonio Potasio ( $\text{K}(\text{SbO}) \text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ ) reaccionan con el ortofosfato en medio ácido para formar un heteropoliácido—ácido fosfomolibdico ( $\text{H}_3\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4$ ) que por reducción con el ácido ascórbico origina un color azul intenso adecuado para medirlo espectrofotométricamente. La intensidad del color es proporcional a la concentración del Fósforo (15).

#### 4.3.1.1. CALCULOS

Habiendo extraído el Fósforo de la muestra se procede a realizar los análisis de Fósforo en las soluciones obtenidas por ambos métodos colorimétricos; tal y como se describieron anteriormente, obteniéndose los resultados siguientes:

Para el método Amarillo se obtuvo una curva de calibración así:

Concentración del Standard	absorbancia
0.0	0.000
5.0	0.188
10.0	0.370
25.0	0.897
50.0	1.542

Usando una calculadora científica se introducen los datos en el programa de regresión lineal y se tiene el dato de la regresión el cual esta representado por  $r$  y es:  $r = 0.9964$

Luego para calcular la absorbancia de cada una de las muestras se introducen los valores también en la calculadora para que nos de la concentración en parte por millón leídas en la curva.

Ejemplo: Como la muestra 2a tiene una absorbancia de 0.064 se introduce este valor en la calculadora y se ordena la función de interpolar en X y se tiene el resultado de ppm de 0.622, luego este valor se multiplica por el Factor de dilución que es 5, y se tiene el % de Fósforo de 3.11%.

El resultado de % de Fósforo es como  $P_2O_5$

### 4.3.2. METODO DEL MOLIBDOVANADOFOSFATO (AMARILLO)

En soluciones ácidas los vanadatos y molibdatos forman isopoliácidos como el hexamolíb dico y tetravanádico, que en presencia de iones fosfatos se agrupan en torno al fósforo como átomo central, obteniéndose un heteropoliácido estable <sup>(14)</sup>, lo cual produce un incremento en el color amarillo de la solución, desplazándose el máximo de absorción hacia longitudes de onda más largas en la medida que aumenta el grado de agregación <sup>(14)</sup>.

#### 4.3.2.1. CALCULOS

Se procede de la misma manera que para el método Azul, teniendo una curva de calibración así:

Concentración del Standard	absorbancia
0.0	0.000
5.0	0.137
10.0	0.268
25.0	0.651

Con un valor de  $r = 0.9998$

Luego de haber realizado esta parte experimental se procede a la aplicación de la metodología estadística la cual se detalla a continuación:

Para determinar un valor promedio que sea típico o representativo de un conjunto de datos, se hace uso de promedios o medidas de tendencia central <sup>(2)</sup>.

Se pueden definir varias medidas de centralización, considerando la Media Aritmética, como la más común de ellas, representada por  $\bar{X}$  y definida así:

$$\bar{X} = \sum X_{i/n}$$

Donde:

$X_i$  = representa el valor en un análisis

$n$  = el numero de datos

$\bar{X}$  = el valor promedio de los datos

Es notorio que cuanto mayor sea el número de experimentos, el valor promedio será más representativo (2).

Una vez obtenidos los valores promedios de cada una de las muestras se procederá a obtener la media general que es  $\bar{X}_G$ .

$$\bar{X}_G = \sum X_{i/n}$$

Donde:

$X_i$  = media proveniente del total de análisis

$\bar{X}_G$  = media general

Para determinar el grado en que los datos obtenidos tendieron a extenderse alrededor de  $\bar{X}_G$ , se calculara las desviaciones típicas de estos valores promedios denotadas por **S** y definida por la formula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_G)^2}{n - 1}}$$

Donde:

S: Desviación Típica

$\bar{X}$ : Media Aritmética individual

$\bar{X}_G$ : Media Aritmética general

n: Número de datos

#### 4.3.3. COEFICIENTE DE VARIACIÓN O COEFICIENTE DE DISPERSIÓN.

El coeficiente de variación viene dado por la relación:

$$C.V. = S/\bar{X}_G \times 100$$

En donde:

**C.V.** = Coeficiente de Variación

**S** = Desviación Típica

$\bar{X}_G$  = Valor promedio general

El CV es expresado generalmente como un porcentaje y determina la varianza o dispersión relativa que tienen los datos con relación al valor promedio<sup>(3)</sup>.

#### 4.3.4. INTERVALO DE CONFIANZA

Para estimar por intervalos de confianza, cual es el rango dentro del cual esta ubicada la media poblacional ( $\mu$ ) para un experimento determinado, se establece el nivel de confianza (17).

Estadísticamente se conocen varios niveles de confianza, en este trabajo se empleara el nivel de confianza del 0.95 (según el estadístico *t – student*) dado un intervalo de la siguiente forma:

$$P \left[ - t_{0.975} \leq \frac{\bar{X} - \mu}{\frac{S}{\sqrt{n-1}}} \leq t_{0.975} \right] = 1 - \alpha$$

De lo que se deduce que:

$$P \left[ \bar{X} - t_{0.975} \frac{S}{\sqrt{n-1}} \leq \mu \leq \bar{X} + t_{0.975} \frac{S}{\sqrt{n-1}} \right] = 1 - \alpha$$

Donde:

$\alpha = 0.05$ ,

$t_{0.975}$  representa el valor del percentil 97.5

$t_{0.025}$  representa el valor del percentil 2.5;

$\bar{X}$ : Media Aritmética de la muestra

$S$ : Error estándar en la muestra.

$\mu$ : Media poblacional

#### **4.3.5. NIVEL DE CONFIANZA EN PORCENTAJE**

Es la probabilidad de efectuar un número de experimentos en forma correcta, ejemplo:

Un nivel de confianza del 95%, indica que hay una probabilidad de obtener 95 experimentos correctos de un total de 100. <sup>(3)</sup>

#### **4.3.6. NIVEL DE SIGNIFICACIÓN**

Es la probabilidad máxima con la que en el ensayo de una hipótesis se puede cometer un error de tipo 1.

#### **4.3.7. ERROR DE TIPO 1**

Son los que se cometen cuando se rechaza una hipótesis que debería ser aceptada se considera adecuado establecer como medida de seguridad un nivel de significación de 0.05, para garantizar las conclusiones posteriores.

#### **4.3.8. HIPÓTESIS ESTADÍSTICA**

Para llegar a tomar decisiones, conviene hacer determinados supuestos o conjeturas acerca de la población que se estudiara; tal supuesto, que puede ser cierto o falso se llama hipótesis estadística.

Las hipótesis que se formulan con el solo propósito de rechazarlas o invalidarlas se llaman hipótesis nulas y se denotan por  $H_0$ .



Cualquier hipótesis que difiera de una hipótesis dada se llama hipótesis alternativa y se denota por  $H_1$ .

$H_1$ : El método azul de molibdeno es más adecuado para cuantificar Fósforo en suelos y abonos orgánicos que el método Amarillo Fosfovanado molibdico.

$H_0$ : El método Azul de Molibdeno no es más adecuado para cuantificar Fósforo en suelos y abonos orgánicos que el método Amarillo Fosfovanado molibdico.

#### 4.3.9. PRUEBA $t$ – STUDENT

La prueba  $t$  se utiliza para evaluar las posibilidades de que dos medias sean significativamente diferentes, generando en primer lugar una población de diferencia de medias, a fin de saber como los parámetros de esta nueva población están relacionados con los parámetros de la población original.

Tratándose de una población de diferencias de medias la formula para determinar  $t_c$  es

$$t_c = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

$\bar{d} = \bar{X}_1 - \bar{X}_2$  (diferencia de media poblacional)

$n_1, n_2$  : tamaño de las muestras.

#### **4.3.10. REGLA DE DECISIÓN**

Para determinar el mejor método, se hará uso de la siguiente regla: si  $t$  calculada es menor o igual a  $t$  tabulada,  $\alpha / 2 = 0.025$  con 24 grados de libertad entonces los dos métodos son iguales.

Si  $t$  calculada es mayor a  $t$  tabulada,  $\alpha / 2 = 0.025$  con 24 grados de libertad entonces los dos métodos son diferentes.

## **CAPÍTULO V**

## 5.0. RESULTADOS

Los suelos se clasifican de acuerdo al contenido de Fósforo, en bajos, medios y altos.

Según la clasificación que se tiene en el laboratorio de suelos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) se tiene:

**CUADRO Nº 3. CLASIFICACIÓN**

<b>Porcentaje de Fósforo</b>	<b>Clasificación</b>
Menos de 5	Muy bajo (MB)
De 5 a 12	Bajo (B)
De 13 a 20	Alto (A)
Mayor de 20	Muy alto (MA)

Las muestras de suelos tomadas para los análisis correspondientes, han sido previamente analizadas en el laboratorio de suelos del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA), y a partir de este conocimiento se han tomado las muestras con contenidos bajos de Fósforo en su mayoría, y si se toma alguna muestra con contenido relativamente mayor es para poder hacer diluciones mayores con los métodos que se han de usar en el trabajo.

Las muestras de suelos se seleccionaron de la siguiente manera:

**CUADRO N° 4. Muestras de Suelos**

N°	Localidad	Departamento	Resultado previo
1	Jiquilisco	Usulután	1 MB
2	Jiquilisco	Usulután	4 MB
3	Santiago Nonualco	La Paz	1 MB
4	Santiago Nonualco	La Paz	1 MB
5	Santiago Nonualco	La Paz	3 MB
6	Chiapas, Caserío Tepeyac	Chalatenango	1 MB
7	San Francisco Morazán	Chalatenango	5 B
8	Zapotitán, Ciudad Arce	La Libertad	10 B
9	Zapotitán, Ciudad Arce	La Libertad	13 A
10	El Limón, Usulután	Usulután	9 B
11	Conacaste, Ciudad Arce	La Libertad	3 MB
12	Conacaste, Ciudad Arce	La Libertad	5 B
13	Conacaste, Ciudad Arce	La Libertad	14 A
14	San Nicolás La Encarnación	La Libertad	27 MA
15	El Tunteral, Ciudad Arce	La Libertad	24 MA
16	Las Mesas, Chinameca	San Miguel	10 B
17	Cruz I, Chinameca	San Miguel	12 B
18	San Luis, Nueva Guadalupe	San Miguel	14 A
19	Las Mesas, Chinameca	San Miguel	8 B
20	Cruz I, Chinameca	San Miguel	9 B
21	El Limón, Usulután	Usulután	17 A
22	La Presa, Usulután	Usulután	37 MA
23	Olosingo, Chalatenango	Chalatenango	1 MB
24	Pacayas, La Laguna, Chala.	Chalatenango	1 MB
25	Santa Bárbara, Usulután	Usulután	2 MB

Para las muestras de Abonos Orgánicos, no existe una clasificación de acuerdo a su contenido de Fósforo, y esto se debe a que son considerados un tipo de fertilizante que se incorpora al suelo dependiendo de sus necesidades nutricionales y del tipo de cultivo que se hará en dicho suelo.

Aunque existen fertilizantes químicos con formulas de NPK diferentes, ejemplo: 20 – 20 – 16; 20 – 20 – 0; etc. (esto significa que el orden de los números es el porcentaje correspondiente a cada una de los elementos NPK, en la fórmula).

Para los abonos orgánicos no se puede lograr lo mismo pues por ser estos de origen natural y de materias no siempre iguales, se tendrá un abono con concentraciones diferentes, aunque provengan por ejemplo, de gallinaza o de cerdaza.

Por lo anterior, las muestras tomadas para analizar los Abonos Orgánicos se seleccionaron no tomando en cuenta su cantidad de fósforo, sino que por el tipo de abono, (ver cuadro N° 5)

**CUADRO Nº 5. Muestras de Abonos Orgánicos**

Nº	Tipo de abono	Localidad	Departamento
1	Materia Orgánica	Las Pilas, Chalatenango	Chalatenango
2	Boccachi*	San Carlos Lempa	Usulután
3	Gallinaza	Cantón Las Granadillas	Usulután
4	Gallinaza	Las Pilas, Chalatenango	Chalatenango
5	Gallinaza	Las Pilas, Chalatenango	Chalatenango
6	Sustrato	San Andrés	La Libertad
7	Abono Orgánico Equino	Región I **	Región I **
8	Gallinaza	Región I	Región I
9	Gallinaza a intemperie	Región I	Región I
10	Pollinaza + Equino	Región I	Región I
11	Pollinaza Simple	Región I	Región I
12	Gallinaza + Equino	Región I	Región I
13	Bovino	Región I	Región I
14	Equino + Bovino	Región I	Región I
15	Tierra Negra	San Andrés	La Libertad
16	Gallinaza	Banco de germoplasma	La Libertad
17	Lombricompost	Banco de germoplasma	La Libertad
18	Abono Orgánico	Lourdes	La Libertad
19	Abono Orgánico	Lourdes	La Libertad
20	Gallinaza	San Andrés	La Libertad
21	Paja de Arroz	San Andrés	La Libertad
22	Pulpa de Café	San Andrés	La Libertad
23	Basura domiciliar	San Andrés	La Libertad
24	Compost	Cantón Alemán	Sonsonate
25	Compost	San Andres	La Libertad

\* Del japonés *Abono Orgánico*, Se usa esta palabra para esta por provenir la muestra del JICA Ayuda Comunitaria Internacional de Japón (por sus siglas en inglés)

\*\* Región I Comprende los departamentos del occidente del país, los cuales son: Santa Ana, Sonsonate, y Ahuachapan.

## 5.1. MUESTRAS DE SUELOS

### 5.1.1. MÉTODO AMARILLO FOSFOVANADOMOLIBDICO

Para el método Amarillo Vanadomolibdico se obtuvo una curva de calibración así:

Concentración del Standard	absorbancia
0.0	0.000
5.0	0.188
10.0	0.370
25.0	0.897
50.0	1.542

Usando una calculadora científica se introducen los datos en el programa de regresión lineal y se tiene el dato de la regresión el cual esta representado por  $r$  y es:  $r = 0.9964$

Luego para calcular la absorbancia de cada una de las muestras se introducen los valores también en la calculadora para que nos de la concentración en parte por millón leídas en la curva.



Ejemplo: Como la muestra 2<sup>a</sup> tiene una absorbancia de 0.064 se introduce este valor en la calculadora y se ordena la función de interpolar en X y se tiene el resultado de ppm de 0.622, luego este valor se multiplica por el Factor de dilución que es 5, y se tiene el % de Fósforo de 3.11%.

### CUADRO Nº 6. MÉTODO AMARILLO EN SUELOS

Nº Mx	Abs			ppm leídas			% de P		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	0.029	0.028	0.027	-0.514	-0.546	-0.579	0.00	0.00	0.00
2	0.064	0.064	0.063	0.622	0.622	0.589	3.11	3.11	2.95
3	0.054	0.055	0.053	0.298	0.330	0.265	1.49	1.65	1.33
4	0.044	0.041	0.039	-0.027	-0.124	-0.190	0.00	0.00	0.00
5	0.112	0.107	0.105	2.180	2.018	1.953	10.90	10.09	9.77
6	0.058	0.058	0.058	0.427	0.427	0.427	2.14	2.14	2.14
7	0.068	0.068	0.068	0.752	0.752	0.752	3.76	3.76	3.76
8	0.106	0.108	0.104	1.985	2.050	1.920	9.92	10.25	9.60
9	0.164	0.164	0.163	3.868	3.868	3.835	19.34	19.34	19.18
10	0.114	0.113	0.114	2.245	2.213	2.245	11.23	11.07	11.23
11	0.033	0.036	0.031	-0.384	-0.287	-0.449	0.00	0.00	0.00
12	0.063	0.063	0.063	0.590	0.590	0.590	2.95	2.95	2.95
13	0.109	0.110	0.111	2.083	2.115	2.148	10.42	10.58	10.74
14	0.273	0.263	0.283	7.406	7.080	7.730	37.03	35.40	38.65
15	0.277	0.263	0.269	7.536	7.080	7.276	37.68	35.40	36.38
16	0.035	0.032	0.037	-0.319	-0.417	-0.254	0.00	0.00	0.00
17	0.029	0.030	0.033	-0.514	-0.481	-0.384	0.00	0.00	0.00
18	0.033	0.026	0.027	-0.384	-0.611	-0.579	0.00	0.00	0.00
19	0.032	0.027	0.035	-0.417	-0.579	-0.319	0.00	0.00	0.00
20	0.042	0.027	0.043	-0.092	-0.579	-0.059	0.00	0.00	0.00
21	0.143	0.144	0.140	3.186	3.219	3.089	15.93	16.09	15.45
22	0.256	0.252	0.256	6.854	6.724	6.854	34.27	33.62	34.27
23	0.033	0.028	0.037	-0.384	-0.546	-0.254	0.00	0.00	0.00
24	0.054	0.053	0.052	0.297	0.265	0.232	1.49	1.32	1.16
25	0.030	0.032	0.030	-0.481	-0.417	-0.481	0.00	0.00	0.00

### 5.1.2. METODO AZUL DE MOLIBDENO

La curva de calibración para el método Azul de Molibdeno es:

Concentración del Standard	absorbancia
00.0	0.000
05.0	0.137
10.0	0.268
25.0	0.651

Con un valor de  $r = 0.9998$

Para los cálculos se procede igual que para el método amarillo, y se usa el mismo factor de dilución que es 5 para tener el % de fósforo.

### CUADRO Nº 7. MÉTODO AZUL DE MOLIBDENO EN SUELOS

Nº	Abs			ppm leídas			% de P		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	0.019	0.011	0.015	0.556	0.248	0.402	2.78	1.24	2.01
2	0.033	0.033	0.034	1.096	1.096	1.134	5.48	5.48	5.67
3	0.019	0.017	0.018	0.556	0.479	0.518	2.78	2.40	2.59
4	0.019	0.019	0.018	0.556	0.556	0.518	2.78	2.40	2.59
5	0.046	0.047	0.045	1.570	1.635	1.558	7.85	8.17	7.79
6	0.023	0.021	0.019	0.710	0.633	0.556	3.55	3.16	3.40
7	0.021	0.020	0.017	0.633	0.594	0.479	3.16	2.97	3.40
8	0.079	0.081	0.077	2.869	2.946	2.792	14.34	14.73	13.96
9	0.118	0.128	0.102	4.372	4.757	3.756	21.86	23.78	18.78
10	0.071	0.070	0.067	2.560	2.522	2.406	12.80	12.61	12.03
11	0.018	0.018	0.017	0.518	0.518	0.479	2.59	2.59	2.40
12	0.023	0.024	0.022	0.710	0.749	0.672	3.55	3.74	3.36
13	0.058	0.053	0.055	2.059	1.867	1.944	10.30	9.33	9.72
14	0.170	0.178	0.172	6.377	6.685	6.454	31.88	33.42	32.27
15	0.176	0.159	0.156	6.608	5.953	5.837	33.04	29.76	29.18
16	0.019	0.016	0.017	0.556	0.440	0.479	2.78	2.20	2.40
17	0.014	0.012	0.013	0.363	0.286	0.325	1.81	1.43	1.62
18	0.011	0.011	0.011	0.248	0.248	0.248	1.24	1.24	1.24
19	0.013	0.012	0.014	0.325	0.286	0.363	1.62	1.43	1.81
20	0.014	0.014	0.014	0.363	0.363	0.363	1.81	1.81	1.81
21	0.106	0.102	0.099	3.909	3.756	3.639	19.54	18.78	18.19
22	0.178	0.163	0.178	6.685	6.107	6.685	33.42	30.53	33.42
23	0.015	0.014	0.015	0.402	0.363	0.402	2.01	1.81	2.01
24	0.026	0.025	0.028	0.826	0.787	0.903	4.13	3.93	4.51
25	0.016	0.015	0.015	0.440	0.402	0.402	2.20	2.01	2.01

## 5.2. MUESTRAS DE ABONOS ORGÁNICOS

### 5.2.1. METODO AMARILLO FOSFOVANADOMOLIBDICO

Para el método Amarillo Fosfovanadomolibdico La curva de calibración es:

Concentración del Standard	absorbancia
0.0	0.000
2.5	0.098
5.0	0.190
10.0	0.375
15.0	0.555
20.0	0.741

Con un valor de  $r = 0.9999$

Para obtener las partes por millón leídas en la curva se introduce el valor de la absorbancia, igual como se explicó en las muestras de suelos, posteriormente se hace el cálculo para obtener el % de Fósforo.

Ejemplo:

$$\% \text{ de P} = \frac{\text{ppm leídas} \times \text{FD} \times 0.01}{\text{Peso muestra}}$$

$$\% \text{ de P} = \frac{0.927 \times 50 \times 0.01}{1.0025}$$

$$\% \text{ de P} = \underline{0.46\%}$$

Donde:

ppm leídas: partes por millón leídas en la curva de calibración

FD: Factor de Dilución

0.01: factor de conversión de partes por millón a porcentaje, el cual se tiene de dividir 100 entre 10,000. Obteniéndose los siguientes resultados

**CUADRO Nº 8. MÉTODO AMARILLO VANADOMOLIBDICO  
EN ABONOS ORGÁNICOS**

Nº Mx	Peso Muestra			Abs			ppm leídas			% de P		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	1.0025	1.0046	0.9941	0.038	0.036	0.040	0.927	0.873	0.981	0.46	0.43	0.49
2	1.0116	1.0006	1.0170	0.149	0.149	0.149	3.937	3.937	3.937	1.95	1.97	1.97
3	1.0139	1.0221	1.0014	0.048	0.048	0.048	1.198	1.198	1.198	0.59	0.59	0.60
4	1.0061	1.0084	1.0052	0.229	0.225	0.233	6.106	5.998	6.215	3.03	2.97	3.09
5	1.0005	1.0007	1.0030	1.058	1.085	1.030	28.580	29.320	27.830	14.28	14.65	13.87
6	1.0202	1.0021	1.0176	0.071	0.074	0.070	1.822	1.903	1.795	0.89	0.95	0.88
7	1.0040	1.0010	1.0173	0.330	0.335	0.332	8.845	8.980	8.912	4.40	4.49	4.38
8	1.0090	1.0088	1.0030	0.072	0.072	0.072	1.849	1.849	1.849	0.92	0.92	0.92
9	1.0054	0.8069	1.0001	0.053	0.048	0.059	1.348	1.198	1.497	0.67	0.74	0.75
10	1.0013	0.9993	1.0003	0.601	0.594	0.586	15.620	15.430	15.230	7.80	7.72	7.61
11	0.9997	1.0006	0.9893	0.237	0.240	0.234	6.143	6.221	6.065	3.07	3.11	3.07
12	1.0097	0.9965	0.9998	0.495	0.469	0.482	12.860	12.180	12.520	6.37	6.11	6.26
13	1.0057	1.0088	1.0041	0.491	0.490	0.486	12.750	12.730	12.620	6.34	6.31	6.28
14	1.0121	1.0082	0.9954	0.826	0.798	0.782	21.470	20.740	20.330	10.61	10.29	10.21
15	1.0054	1.0083	1.0038	0.444	0.450	0.446	11.530	11.690	11.580	5.73	5.80	5.77
16	1.0142	0.9994	1.0054	0.869	0.858	0.830	22.590	22.310	21.580	11.14	11.16	10.73
17	1.0015	1.0006	1.0063	0.167	0.168	0.169	4.321	4.347	4.373	2.16	2.17	2.17
18	1.0019	1.0020	1.0088	0.187	0.185	0.185	4.800	4.749	4.749	2.40	2.37	2.35
19	1.0059	1.0007	1.0078	0.375	0.371	0.362	9.590	9.259	9.259	4.77	4.62	4.59
20	1.0018	1.0002	1.0043	0.049	0.052	0.046	1.283	1.359	1.207	0.64	0.68	0.60
21	1.0046	1.0093	1.0080	1.163	1.179	1.171	29.670	30.080	29.880	14.77	14.90	14.82
22	1.0029	1.0110	1.0026	0.800	0.779	0.789	20.420	19.890	20.160	10.18	9.84	10.05
23	1.0042	1.0022	1.0011	0.582	0.574	0.566	14.870	14.665	14.460	7.40	7.32	7.22
24	1.0056	1.0039	1.0081	0.434	0.439	0.429	11.095	11.220	10.970	5.52	5.59	5.44
25	1.0061	1.0039	1.0083	0.409	0.410	0.409	10.460	10.480	10.460	5.20	5.22	5.19

**1.0.0. MÉTODO AZUL DE MOLIBDENO**

Los cálculos de Fósforo para el método azul son exactamente igual que para el amarillo, solo que en este método se tiene una curva de calibración diferente y es la siguiente:

Concentración de Standard	absorbancia
0.0	0.000
2.0	0.225
4.0	0.465
8.0	0.864
10.0	1.011

Con un valor de  $r = 0.9976$ .

Se obtiene así los resultados siguientes

### CUADRO Nº 9. MÉTODO AZUL DE MOLIBDENO EN ABONOS ORGÁNICOS

Nº	P Mx			Abs			ppm leídas			%de P		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
1	1.0025	1.0046	0.9941	0.106	0.106	0.106	0.811	0.811	0.811	0.40	0.40	0.41
2	1.0116	1.0006	1.0170	0.443	0.450	0.457	4.114	4.182	4.251	2.03	2.09	2.09
3	1.0139	1.0221	1.0014	0.129	0.129	0.129	1.027	1.017	1.037	0.51	0.50	0.52
4	1.0061	1.0084	1.0052	0.639	0.624	0.653	6.030	5.888	6.172	2.99	2.91	3.07
5	1.0005	1.0007	1.0030	2.012	2.114	2.023	19.490	20.490	19.600	9.74	10.23	9.77
6	1.0202	1.0021	1.0176	0.200	0.198	0.199	1.732	1.713	1.722	0.85	0.85	0.85
7	1.0040	1.0010	1.0173	0.921	0.917	0.897	8.799	8.759	8.563	4.38	4.38	4.21
8	1.0090	1.0088	1.0030	0.171	0.178	0.175	1.448	1.517	1.482	0.72	0.75	0.74
9	1.0054	0.8069	1.0001	0.124	0.111	0.136	0.982	0.860	1.105	0.49	0.53	0.55
10	1.0013	0.9993	1.0003	1.330	1.343	1.321	13.770	13.910	13.680	6.88	6.96	6.83
11	0.9997	1.0006	0.9893	0.680	0.675	0.685	6.992	6.940	7.044	3.50	3.47	3.56
12	1.0097	0.9965	0.9998	1.180	1.183	1.187	12.210	12.245	12.280	6.04	6.14	6.14
13	1.0057	1.0088	1.0041	1.164	1.171	1.180	12.040	12.110	12.210	5.99	6.00	6.08
14	1.0121	1.0082	0.9954	0.692	0.758	0.626	7.117	7.806	6.429	7.10	7.74	6.46
15	1.0054	1.0083	1.0038	1.077	1.082	1.092	11.130	11.190	11.290	5.54	5.55	5.62
16	1.0142	0.9994	1.0054	0.788	0.782	0.785	8.118	8.056	8.087	8.00	9.39	8.70
17	1.0015	1.0006	1.0063	0.461	0.402	0.480	4.708	4.093	4.906	2.35	2.04	2.44
18	1.0019	1.0020	1.0088	0.241	0.248	0.254	2.335	2.401	2.467	2.33	2.39	2.45
19	1.0059	1.0007	1.0078	0.488	0.446	0.469	4.842	4.416	4.649	4.81	4.41	4.61
20	1.0018	1.0002	1.0043	0.073	0.075	0.071	0.629	0.649	0.609	0.63	0.65	0.61
21	1.0046	1.0093	1.0080	0.905	0.918	0.931	9.076	9.208	9.340	9.03	9.15	9.27
22	1.0029	1.0110	1.0026	0.731	0.733	0.731	7.309	7.329	7.309	7.29	7.25	7.29
23	1.0042	1.0022	1.0011	0.631	0.637	0.695	6.294	6.355	6.944	6.27	6.34	6.94
24	1.0056	1.0039	1.0081	0.536	0.526	0.519	5.329	5.228	5.157	5.30	5.20	5.11
25	1.0061	1.0039	1.0083	0.510	0.517	0.526	5.066	5.137	5.228	5.03	5.11	5.18

### 5.3. ANALISIS ESTADISTICO EN SUELOS

#### 5.3.1. METODO AZUL DE MOLIBDENO

MUESTRA N° 1. (Ver Cuadro N° 7, muestra N° 1)

##### 5.3.1.1. DETERMINAR LA MEDIA ARITMÉTICA ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \sum X_{i/n}$$

$$\text{Donde } \sum X_{i/n} = mx_1 + mx_2 + mx_3$$

$\bar{X}_1$ : Media Aritmética de la muestra N° 1

$mx_a, mx_b, mx_c$  : muestra a, b y c respectivamente

$$\bar{X}_1 = \frac{mx_a + mx_b + mx_c}{3}$$

$$\bar{X}_1 = \frac{2.78 + 1.24 + 2.01}{3} = 2.01$$

##### LA MEDIA ARITMÉTICA GENERAL ( $\bar{X}_G$ )

$$\bar{X}_G = \sum \bar{X}_{i/n}$$

$$\bar{X}_G = \frac{\bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3 + \dots + \bar{X}_{25}}{25}$$

$$\bar{X}_G = \frac{222.75}{25} = 8.91$$

### 1.0.0.0. LA DESVIACIÓN TÍPICA (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X}_1 - \bar{X}_G)^2}{n-1}}$$

S: Desviación Típica

$\sum$  : Sumatoria

$\bar{X}_1$  : Media Aritmética de la muestra N° 1

$\bar{X}_G$  : Media Aritmética General

$$S_1 = \sqrt{\frac{(2.01 - 8.91)^2}{25 - 1}}$$

$$S_1 = 1.41$$

### 2.0.0.0. EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)

$$CV = \frac{S \times 100}{\bar{X}_G}$$

$$CV = \frac{1.41 \times 100}{8.91}$$

$$CV = 15.82 \%$$

**CUADRO Nº 10. MÉTODO AZUL DE MOLIBDENO EN SUELOS**

Muestra	$\bar{X}$	S	CV (%)
1	2.01	1.41	15.82
2	5.54	0.69	7.74
3	2.59	1.29	14.48
4	2.59	1.29	14.48
5	7.94	0.20	2.24
6	3.37	1.13	12.68
7	3.18	1.17	13.13
8	14.34	1.11	12.45
9	21.47	2.56	28.73
10	12.48	0.73	8.19
11	2.53	1.30	14.59
12	3.55	1.09	12.23
13	9.78	0.18	2.02
14	32.52	4.82	54.09
15	30.66	4.44	49.83
16	2.46	1.31	14.70
17	1.62	1.49	16.72
18	1.24	1.56	17.51
19	1.62	1.49	16.72
20	1.81	1.45	16.27
21	18.84	2.03	22.78
22	32.46	4.81	53.98
23	1.94	1.42	15.94
24	4.19	0.96	10.77
25	2.07	1.39	15.60

**5.3.2. MÉTODO FOSFOVANADOMOLIBDATO AMARILLO**

MUESTRA Nº 1

**1.0.0.0. LA MEDIA ARITMÉTICA ( $\bar{X}$ )**

$$\bar{X}_2 = \frac{mx_1 + mx_2 + mx_3}{3}$$



$$\bar{X}_2 = \frac{3.11 + 3.11 + 2.95}{3} \quad (\text{Ver cuadro N}^\circ 6, \text{ muestra 2})$$

$$\bar{X}_2 = 3.06$$

### LA MEDIA ARITMETICA GENERAL $\bar{X}_G$

$$X_G = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_{25}}{25}$$

$$X_G = \frac{204.5}{25}$$

$$X_G = 8.18$$

### 2.0.0.0. LA DESVIACIÓN TÍPICA (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\bar{X}_1 - \bar{X}_G)^2}{n-1}}$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{(3.06 - 8.18)^2}{25 - 1}} \quad S = 1.04$$

### 5.3.2.3. EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (CV)

$$C V = \frac{S}{X_G} \times 100$$

$$C V_2 = \frac{1.04}{8.18} \times 100$$

$$C V_2 = 12.71$$

**CUADRO N° 11. MÉTODO FOSFOVANADOMOLIBDATO AMARILLO**

**EN SUELOS**

Muestra	$\bar{X}$	S	CV (%)
1	0.00	1.67	20.41
2	3.06	1.04	12.71
3	1.49	1.37	16.75
4	0.00	1.67	20.41
5	10.25	0.42	5.13
6	2.14	1.23	15.03
7	3.76	0.90	11.00
8	9.92	0.36	4.40
9	19.29	2.26	27.62
10	11.18	0.61	7.75
11	0.00	1.67	20.41
12	2.95	1.06	12.96
13	15.87	1.60	19.56
14	37.03	5.88	71.88
15	36.49	5.77	70.53
16	0.00	1.67	20.41
17	0.00	1.67	20.41
18	0.00	1.67	20.41
19	0.00	1.67	20.41
20	0.00	1.67	20.41
21	15.82	1.56	19.07
22	34.05	5.28	64.54
23	0.00	1.67	20.41
24	1.32	1.40	17.11
25	0.00	1.67	20.41

### t- Student PARA SUELOS

$$t_c = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

$$t_c = \frac{2.01 - 0.0}{\sqrt{\frac{(25 - 1) (1.41)^2 + (25 - 1) (1.67)^2}{25 + 25 - 2}}}$$

$$t_c = \underline{1.32}$$

Donde :

$\bar{d}$  : diferencia entre media poblacional ( $\bar{X}_1 - \bar{X}_G$ )

$n_1$  y  $n_2$  : Tamaño de las muestras

$S_1$  y  $S_2$  : Desviaciones Típicas

**CUADRO N° 12. *t- Student* PARA SUELOS**

Muestra	<i>t- student</i>
1	1.32
2	2.81
3	0.82
4	1.72
5	5.50
6	1.04
7	0.17
8	5.39
9	4.79
10	0.01
11	1.70
12	0.56
13	5.15
14	0.83
15	1.13
16	1.64
17	1.02
18	0.77
19	0.97
20	1.16
21	1.70
22	12.54
23	1.29
24	2.39
25	1.38

## 5.4. ANALISIS ESTADISTICO EN ABONOS ORGÁNICOS

### 5.4.1. MÉTODO FOSFOVANADOMOLIBDATO AMARILLO

MUESTRA N° 1

#### 5.4.1.1. LA MEDIA ARITMÉTICA ( $\bar{X}$ )

$$\bar{X} = \sum X_{i/n}$$

(Ver cuadro N° 8, muestra 1)

$$\bar{X}_1 = \frac{0.46 + 0.43 + 0.49}{3} = 0.46$$

#### Y LUEGO LA MEDIA ARITMÉTICA GENERAL ( $\bar{X}_G$ )

$$\bar{X}_G = \sum \bar{X}_{i/n}$$

$$\bar{X}_G = \frac{130.5}{25} = 5.22$$

#### 5.4.1.2. LA DESVIACIÓN TÍPICA (S)

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X_G)^2}{n - 1}}$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum (0.46 - 5.22)^2}{25 - 1}} = 5.22$$

### 5.4.1.3. EL COEFICIENTE DE VARIACIÓN (C V)

$$CV = \frac{S}{\bar{X}_G} \times 100$$

$$CV_1 = \frac{0.97}{5.22} \times 100 = 18.58$$

**CUADRO Nº 13      MÉTODO FOSFOVANADOMOLIBDATO AMARILLO EN  
ABONOS ORGÁNICOS**

Muestra	$\bar{X}$	S	CV (%)
1	0.46	0.97	18.58
2	1.96	0.67	12.83
3	0.59	0.94	18.00
4	3.03	0.44	8.43
5	14.27	1.84	35.25
6	0.91	0.88	16.85
7	4.42	0.16	3.06
8	0.92	0.88	16.85
9	0.72	0.92	17.62
10	7.71	0.51	9.77
11	3.08	0.43	8.23
12	6.25	0.21	4.02
13	6.31	0.22	4.21
14	10.37	1.05	20.11
15	5.77	0.11	2.10
16	11.01	1.18	22.60
17	2.17	0.62	11.87
18	2.37	0.58	11.11
19	4.66	0.50	9.58
20	0.64	0.93	17.81
21	14.83	1.96	37.55
22	10.02	0.98	18.77
23	7.31	0.43	8.23
24	5.52	0.06	1.15
25	5.20	0.004	0.08

### 5.4.2. MÉTODO AZUL DE MOLIBDENO

- Se determina, al igual que en el método Amarillo, las Medias aritméticas, Desviación y coeficiente de variación.

**CUADRO Nº 14    MÉTODO AZUL DE MOLIBDENO EN  
ABONOS ORGÁNICOS**

Muestra	$\bar{X}$	S	CV (%)
1	0.40	0.79	18.46
2	2.07	0.45	10.51
3	0.51	0.77	17.99
4	2.99	0.26	6.07
5	9.91	1.15	26.87
6	0.85	0.70	16.35
7	4.32	0.008	0.18
8	0.74	0.72	16.82
9	0.52	0.77	17.99
10	6.89	0.53	12.38
11	3.51	0.16	3.74
12	6.11	0.37	8.64
13	6.02	0.35	8.18
14	7.10	0.58	13.55
15	5.57	0.26	6.07
16	8.70	0.43	10.05
17	2.28	0.41	9.58
18	2.39	0.39	9.11
19	4.61	0.07	1.64
20	0.63	0.74	17.28
21	9.15	0.99	23.13
22	7.28	0.61	14.25
23	6.52	0.46	10.75
24	5.20	0.19	4.44
25	5.11	0.17	3.97

### t- Student PARA ABONOS ORGÁNICOS

$$t_c = \frac{\bar{d}}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

$$t_c = \frac{0.40 - 0.46}{\sqrt{\frac{(25 - 1) (0.79)^2 + (25 - 1) (0.97)^2}{25 + 25 - 2}}} = 1.36 \times 10^{-3}$$

CUADRO N° 15. t- Student PARA ABONOS ORGÁNICOS

Muestra	t- student
1	0.06
2	0.19
3	0.09
4	0.11
5	2.9
6	0.07
7	10.00
8	0.22
9	0.23
10	1.60
11	1.34
12	10.10
13	1.00
14	3.89
15	1.05
16	2.62
17	0.21
18	0.04
19	0.14
20	0.01
21	3.66
22	3.38
23	1.80
24	2.13
25	0.81



## **CAPÍTULO VI**

## 6.0. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para la determinación de Fósforo en muestras de suelos y abonos orgánicos se compararon los métodos Azul de molibdeno y Amarillo Vanadomolibdico, a fin de determinar cual de los dos métodos es el más apropiado por su variabilidad mínima y por ser menos laborioso, económico, etc.

### 6.1. COMPARACION DE LOS MÉTODOS EN MUESTRAS DE SUELOS

Al analizar los valores de la Media Aritmética para el método Amarillo Vanadomolibdico y el Azul de molibdeno, en suelos y en abonos orgánicos se aprecia que los valores obtenidos con este último son mayores (80% de los casos), en casi todos los casos, que los valores obtenidos por el método Amarillo vanadomolibdico, salvo algunos casos donde los valores de % de Fósforo son muy elevados, es decir de 30% o más.

Algo similar ocurre en los valores de Desviación Típica y Coeficiente de Variación, los cuales están relacionados, ya que ocurre una menor desviación y variación en los resultados del método Azul, que en el método Amarillo, exceptuando de nuevo en los valores cuyo % de Fósforo es alto.

Con el estadístico *t*- Student se tiene la Regla de Decisión la cual dice:

Si *t*- *calculada* es menor o igual que *t*- *tabulada* con 24 grados de libertad, los dos métodos son iguales.

Y si *t-calculada* es mayor que *t-tabulada* con 24 grados de libertad, los dos métodos son diferentes.

Como el valor de *t-tabulada* es de 2.06, se tiene que son 18 muestras de las 25 analizadas que son menores que *t-tabulada*, sólo 7 muestras tienen una *t-calculada* mayor que *t-tabulada*, y son siempre las muestras con un porcentaje elevado de Fósforo.

## **6.2. COMPARACION DE LOS MÉTODOS EN MUESTRAS DE ABONOS ORGÁNICOS**

Al analizar los valores de la Media Aritmética para el método Amarillo y el método Azul en abonos orgánicos, se observa que los valores de ambos métodos son similares en la mayoría de las muestras, y los valores del método Amarillo son ligeramente mayores que los del método Azul, pero esa diferencia es despreciable, sólo en las muestras en las cuales el porcentaje de Fósforo es alrededor de 10%, los valores obtenidos por el método Amarillo son mayores de manera significativa.

Respecto a los resultados de Desviación Típica y Coeficiente de Variación se puede observar que estos valores son menores en el método Azul, incluso en las muestras en las cuales se presentaba diferencia significativa de los valores de Media Aritmética, por ser muestras con valores mayores de 10% de Fósforo.

Para el estadístico *t-Student* se toma el mismo criterio que se mencionó en suelos, teniendo siempre un valor de *t-tabulada* de 2.06.

Bajo este criterio son 17 muestras las que cumplen con ésta Regla de Decisión, es decir que *t-tabulada* es mayor que *t-calculada*, y los valores restantes sólo dos de ellos se alejan significativamente del valor de *t-tabulada* de 2.06, y los seis restantes son ligeramente mayores que *t-tabulada*.

## **CAPITULO VII**

## 7.0. CONCLUSIONES

1. Por la acidez que presentan los suelos del País, es recomendable el uso de la solución extractora de Carolina del Norte por ser este el método apropiado para suelos con pH bajos
2. Como los suelos de El Salvador son por definición deficientes en Fósforo, para cuantificar adecuadamente este elemento se necesita un método que detecte cantidades bajas de este, ya que el método Azul de Molibdeno es más sensible con respecto al método Amarillo Vanadomolibdico en muestras de suelos.
3. El método Azul de Molibdeno se puede aplicar en el laboratorio de Suelos de manera que se pueden realizar hasta 300 muestras al mismo tiempo, debido al procedimiento de la muestra, pero en abonos orgánicos solo se pueden analizar simultáneamente hasta 24 muestras por eso es más ventajosa su aplicación en suelos que en abonos.
4. El método Azul de Molibdeno es más adecuado para cuantificar Fósforo en suelos que el método Amarillo Fosfovanadomolibdico, pues el primero es más sensible ya que detecta cantidades bajas de Fósforo y como en El Salvador los suelos son bajos en este elemento, El método Azul es adecuado para este tipo de suelos.

5. Una de las ventajas del método Azul de Molibdeno sobre El Amarillo vanadomolibdato es que la formación del color azul es muy intenso y es estable hasta por 16 horas, por lo tanto se puede almacenar durante una noche, en cambio las especies formadas del cromóforo amarillo del método Vanadomolibdico deben leerse inmediatamente después de formado, es decir 15 a 30 minutos después de mezclado.
  
6. Como no hay diferencia significativa en los resultados de ambos métodos, (Azul de Molibdeno y Amarillo vanadomolibdico) en la cuantificación de Fósforo en abonos orgánicos, y por ser el método Azul más laborioso no solo por el tiempo empleado, sino también porque se necesita mayor cantidad de reactivos, y la mayoría de estos se deben preparar en el momento del análisis, se concluye que es más apropiado el método amarillo en muestras de abonos orgánicos.
  
7. Estadísticamente, según la regla de decisión, Si  $t$ -calculada es menor que  $t$ -tabulada con 24 grados de libertad, los métodos son iguales en los análisis de suelos se obtuvo que de acuerdo a la  $t$ - Student, los dos métodos son iguales, ya que el valor de  $t$ -calculada es menor que  $t$ - tabulada. Esto se dio con pocas diferencias en ambos tipos de muestras

## **CAPÍTULO VIII**



## 8.0. RECOMENDACIONES

1. Usar del método Azul de Molibdeno para cuantificar fósforo en muestras de suelo, ya que generalmente estos tienen cantidades bajas de dicho elemento, y si el resultado es cercano a 30%, se puede realizar una confirmación de este con el método Amarillo Vanadomolibdico, pero esto puede ocurrir muy raramente debido a la deficiencia de Fósforo en los suelos salvadoreños.
2. En el caso de muestras de abono orgánico, no recomendamos usar el método Azul de Molibdeno, ya que por ser más laborioso y obtener resultados similares al Amarillo Vanadomolibdico, es más factible el uso de este método en la cuantificación de Fósforo en muestras de abono orgánico.
3. También se recomienda que teniendo como base este trabajo se realice una validación de los métodos espectrofotométricos para establecer los Límites de Cuantificación, etc.
4. Adaptar el método Amarillo Vanadomolibdico en el laboratorio de Química Agrícola de una manera tecnificada para que se puedan realizar simultáneamente una cantidad apreciable de análisis y que al igual que en suelos, esta sea una ventaja por la cual se pueda recomendar el método en muestras de abonos orgánicos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Ayres, G. 1970 Análisis químico cuantitativo. Editorial Harla. México. 740 p.
2. Bonilla G. 1995, Estadística II Métodos prácticos de inferencia estadística, 3ª edición, San Salvador, El Salvador, UCA editores. 357 p.
3. Bonilla G. 1993, Como hacer una tesis de graduación con técnicas estadísticas, 1ª edición, San Salvador, El Salvador, UCA editores. 342 p.
4. Bosh, F., J. Martinez, M. García y M. Pascual. 1983. Spectrophotometric and complexometric determination of iron using the iron(III)-Arsenazo II system. *Analyst*. 108:99-105.
5. Bray, RH. & Kurtz, LT. 1945, Determination of Total, Organic, and Available form of Phosphorous in Soils. *Soils Sci*, p. 28-35, 45.
6. Carrasquero A. y Adams M. estudio del complejo amarillo vanadomolibdofosfórico para el análisis de fósforo en suelos (en línea) Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Instituto de Edafología consultado 18 mar. 2003. Disponible en:  
<http://www.venesuelos.com>, consultada: marzo de 2003.

7. Carter MR. 1993, Soil Sampling and methods of analysis, Ed. Canadian Society of soil Science. Lewis Publishers. 823 p.
8. Calderón F., Pavlora M., 2001 Metodologías de Análisis Foliar, Bogota Colombia, disponible en: <http://www.drcaldeónlabs.com> Consultado marzo 2003,
9. CENTA Centro Nacional de tecnología Agropecuaria y Forestal. 1979, Manual Técnico de fertilización. San Andrés, La libertad, El Salvador.
10. CENTA Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. Manual de Laboratorio de Química Agrícola. San Andrés, La Libertad, El Salvador.
11. Fassbender HW. Bornemisza E. 1975, Química en énfasis en suelos de América Latina 2<sup>a</sup> edición. San José, Costa Rica, IICA. Colección Libros y Materiales Educativos / IICA N<sup>o</sup> 8 p 2591.
12. Graetz H. A. 1983, Suelos y Fertilización 3<sup>a</sup> edición, México. Editorial Trillas S. A. de C. V. 80p.
13. Harris, D. 1992. Análisis Químico Cuantitativo. Grupo Editorial Latinoamericano. 3a ed. México. 890 p.

14. Huckel, W. 1950. Treatise of theoretical inorganic chemistry. Prentice-Hall. 1526 p.
15. Huheey, J. 1981. Química inorgánica: Principios de estructura y reactividad. Editorial Harla. 2a. Edición. 950 p.
16. Jackson, M. 1964. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega. Barcelona. 662 p.
17. Meléndez RA. 1980, Evaluación y selección del método colorimétrico más recomendable para cuantificar Boro en tejidos vegetales. Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador. 54 p.
18. Menéndez JM. DE S.I. 1994 Métodos de Análisis utilizados en el Laboratorio del Departamento de Suelos. S.L. 11 p.
19. Menjivar A. y otros. 1987, Nivel crítico de suelos en El Salvador CENTA, Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria y Forestal, sl.
20. OEA, Organización de Estados Americanos, 1974. Zonificación Agrícola, El Salvador fase 1, Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, Washington D.C., 260 P,

21. Page AL. y otros. 1982, Methods of Soils Analysis. 2<sup>a</sup> edición Madison Wis American Society of Agronomy, Inc. p 418, 419.
22. Paredes Cordova, Lucas Rosely. 1987. Tesis Cualificación y Cuantificación de las Fuentes Mineralógicas Aportadoras de Nutrimientos en La Serie de Suelos "Usulután"
23. Skoog, D. y D. West. 1990. Análisis Instrumental. Ed. Acribia. 5a. Edición. 1025 p.
24. Soriano, Alfredo. 1986. Tesis. Estudio Edafoquímico para evaluar la interacción Capacidad de Fijación de Fosfatos vs. Minerales Silico-Aluminofénicos en Endisoles, Asfisolos, Vertisoles y Milisoles de El Salvador.
25. Teuscher H. Y otros 1984. El suelo y su fertilidad. Compañía editorial continental, S.A. de C.V., octava edición, México. 510 p.
26. Willard. H.M. Merrit, J. Dean y P. Setle. 1991. Técnicas de análisis Instrumental. Grupo Editorial Latinoamericano. 5 ed. México. 1540 p.

## **ANEXOS**

## ANEXO N° 1.

### PREPARACIÓN DE LA SOLUCIÓN EXTRACTORA CAROLINA DEL NORTE

La solución extractora de ácido débil es una solución de aproximadamente 0.05 N de HCl y 0.025 N de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

Esta solución se prepara mezclando 50 ml de HCl 1N con 25 ml de ácido sulfúrico 1N diluyéndose a 1 L con agua destilada.

Para una cantidad mayor, se procede de la siguiente manera:

Medir cerca de 15 litros de agua destilada en un frasco de 20 litros de capacidad, añada 12 mL. de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado y 73 mL. de HCl concentrado, llevar a volumen de 18 litros y mezclar bien <sup>(10)</sup>.

#### **1.2. Procedimiento**

1. Con una espátula honda de 5 mL. (que corresponde aproximadamente a 5 gramos) tome una muestra de suelo, seco al aire que se ha cernido a través de un tamiz de 2 mm. y deposítelo en un vaso de 4 onzas <sup>(5)</sup>.
2. Añada una medida con la espátula de aproximadamente 200 mg. de Carbón DARCO G-60
3. Agregue 25.0 mL. de la solución extractora.
4. A continuación colocar durante 5 minutos en un agitador de movimiento recíproco ( hacia delante y hacia atrás) que funciona a 120 vaivenes por minuto

5. Filtre, el filtrado obtenido puede usarse para la determinación de Fósforo y los demás elementos (9).

Este método extractivo será usado en ambos métodos colorimétricos, solo que cuando se realiza el método azul el paso 2 será omitido.



## ANEXO Nº 2.

### PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN MADRE DE CENIZAS DE ABONOS ORGANICOS.

Las muestras de abono orgánico pueden recibirse en dos estados: húmedas o secas <sup>(9)</sup>, en el primer caso es necesario determinar el porcentaje de humedad y luego se seca en una estufa de aire o de vacío a 70 – 80 grados °C y para extraer el agua (deshidratación de la muestra) <sup>(11)</sup>.

#### 2.1. PROCEDIMIENTO <sup>(11)</sup>

1. Moler una muestra seca, y colocar en una estufa de 90 a 100 °C de temperatura, previamente identificadas
2. Pasar las muestras a un desecador que contenga Sílica con calentamiento reciente (color Azul marino) hasta llegar a 25 °C.
3. Luego pesar en un crisol de porcelana de 1.0 g.  $\pm$  0.002.
4. Calcinar en una mufla ( horno) la muestra a 550 °C  $\pm$  2 °C , durante 6 a 8 horas
5. La muestra calcinada (cenizas) se humedecen con agua desionizada. Se les agrega 5 mL. de HCl concentrado y se evaporan a sequedad con temperatura controlada, para evitar que salpiquen.
6. Una vez seca la muestra se les agrega 3 mL de HCl concentrado y 10 mL. de agua desionizada hasta la mitad del crisol.

7. Calentar hasta una temperatura de 65 a 75 °C, obsérvese el desprendimiento de humos blancos (la ceniza se despega del crisol y pasa a la superficie líquida).
8. Filtrar el contenido del crisol en papel Whatman N° 41 y recibir el filtrado en balones de 100.0 mL.
9. Emplear esta solución en la cuantificación de Fósforo por ambos métodos colorimétricos. <sup>(11)</sup>

NOTA: Hacer varios lavados del crisol (y residuos de cenizas) en el embudo con agua desionizada caliente y llevarlos hasta la base del cuello (antes de la marca), aforar cuando se encuentre a temperatura ambiente (solución madre)

## ANEXO Nº 3.

### METODO DE AZUL DE MOLIBDENO <sup>(7)</sup>

#### 3.1. APARATOS

- Espectrofotómetro provisto de una celda de 1 cm. *SPECTRONIC 20*

#### 3.2. REACTIVOS <sup>(7)</sup>

- Solución Madre o Standard de Fosfato (10 ppm.  $P_2O_5$ )

Disolver 1.917 gramos de  $KH_2PO_4$  a 1000.0 mL. de agua destilada. Tomar una alícuota de 10.0 mL. y diluir a 1000.0 mL. <sup>(7)</sup>

- Molibdato de Amonio en Ácido Sulfúrico

- Molibdato de Amonio al 4% (solución A) :

Disolver 40.0 gramos de Molibdato de Amonio ( $(NH_4)_6 Mo_7O_{24} \cdot 4H_2O$ ) en 1000.0 mL. de agua destilada a una temperatura de 60°C. Dejar en reposo hasta enfriar la solución y aforar a 1000.0 mL. (a 20°C)<sup>(7)</sup>

- Ácido Sulfúrico 5N (solución B) :

En un beaker de 1000.0 mL. colocar aproximadamente 600 mL. de agua destilada, y agregar 139 mL. de Ácido Sulfúrico concentrado

(H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), mezclar bien y dejar en reposo hasta enfriar la solución, luego pasarlo a un balón volumétrico de 1000.0 mL. y aforar ( a 20°C)<sub>(7)</sub>

Luego de enfriar ambas soluciones, agregar 30 mL. de solución A, a 100 mL de solución B, poco a poco y con agitación constante para evitar turbidez en la solución. Si esto pasara, filtrar la solución a través de un papel filtro de un diámetro de 3 micrómetros de poro <sub>(7)</sub>.

- Ácido Ascórbico al 1.76% P/V ( se prepara el mismo día del análisis)

Disolver 1.76 gramos de Ácido Ascórbico en agua destilada en un balón volumétrico de 100.0 mL. y llevar a volumen. (No guardar esta solución más de 24 horas). <sub>(7)</sub>

- Solución de Tartrato de Antimonio y Potasio 0.2743% P/V.

Disolver 0.2743 gramos de tartrato de antimonio y Potasio en agua destilada y llevar a volumen de 100.0 mL. <sub>(7)</sub>

- Solución Murphy-Riley

Mezclar previo al análisis 60 mL. de la solución de Ácido ascórbico y 10 mL. de la solución de Tartrato de Antimonio y Potasio, luego mezclar con 60 mL de Molibdato de amonio en Ácido Sulfúrico 5N.<sub>(7)</sub>

### 3.3. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN EN SUELOS <sup>(7)</sup>

1. Se establece una curva patrón o Standard para lo cual se sigue el mismo procedimiento, solo que se sustituye las alícuotas de muestra por alícuotas de solución madre de 10 ppm. Las cuales pueden ser: 0.0, 2.0, 4.0, 8.0, 10.0 mL.
2. Colocar una alícuota de extracto de muestra de suelo de 1.0 mL., en un tubo de ensayo de 30 mL.
3. Agregar 10.0 mL.de agua destilada, y agitar.
4. Agregar 9.0 mL. de *solución mezclada (Murphy Riley)*. Se tiene un volumen de 20.0 ml.
5. Dejar en reposo 10 minutos para desarrollar y estabilizar el color.
6. Leer la absorbancia en espectrofotómetro U.V. visible (Spectronic 20) a una longitud de onda de 710 nm.

#### NOTA

- La estabilidad del color azul durara por 16 horas aproximadamente <sup>(7)</sup>.

### 3.4. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN EN ABONOS ORGÁNICOS <sup>(7)</sup>

1. Se establece una curva patrón o Standard para lo cual se sigue el mismo procedimiento, solo que se sustituye las alícuotas de muestra por alícuotas de solución madre de 10 ppm. Las cuales pueden ser: 0.0, 2.0, 4.0, 8.0, 10.0 mL.

2. Colocar una alícuota de 1.0 a 5.0 mL solución madre de cenizas, en un balón volumétrico de 50 mL.
3. Agregar agua hasta aproximadamente 40 mL. de volumen, y agitar.
4. Agregar 8.0 mL. de *solución mezclada* y aforar a 50.0 mL.
5. Dejar en reposo 10 minutos para desarrollar y estabilizar el color.
6. Leer la absorbancia en espectrofotómetro U.V. visible (Spectronic 20) a una longitud de onda de 710 nm.

## ANEXO Nº 4.

### METODO DEL MOLIBDOVANADOFOSFATO (AMARILLO) <sup>(6)</sup>

#### 4.1. APARATOS

- Espectrofotómetro provisto de una celda de 1 cm. *SPECTRONIC 20*

#### 4.2. REACTIVOS <sup>(6)</sup>

- Solución madre de Fósforo

Se pesan 0,2296 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> seco en estufa a 100 °C y enfriado en desecador; se transfieren cuantitativamente a un balón aforado de 500.0 mL, disolviéndose en agua destilada hasta el aforo obteniéndose de esta forma una solución de 100.0 mg/ L ó  $3,23 \times 10^{-3}$  mol/L en P. <sup>(6)</sup>

- Solución de vanadato de amonio 0,25% (p/v) en HNO<sub>3</sub> 1 N

Se pesan 2.5 g de vanadato de amonio disolviéndose en 40 ml de agua destilada caliente; se agregan 69,3 ml de ácido nítrico concentrado (65%), dejándose enfriar para luego transferir a un balón aforado de 1000.0 mL y aforar con agua destilada.

- Solución de molibdato de amonio 5% (p/v)

Se disuelven 50.0 g de molibdato de amonio tetrahidratado en 400 ml de agua destilada caliente. Una vez frío se transfiere a un balón aforado de 1000.0 mL completándose con agua destilada hasta la marca del aforo.

- Reactivo de Molibdovanadato.<sup>(6)</sup>

Esta solución debe ser de preparación reciente, y se obtiene mezclando partes iguales (1:1) de las soluciones de vanadato de amonio 0,25% y molibdato de amonio 5%.

#### **4.3. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN EN SUELOS**<sup>(9)</sup>

1. Tomar alícuotas de soluciones estándares de 0.0, 4.0, 8.0, 12.0, 16.0 y 20.0 ppm y se colocan en tubos de ensayo de 30 mL.
2. Tomar con pipeta volumétrica 5.0 mL. de filtrado de la solución de extracto de suelo y se colocan en tubos de ensayo de 30 mL
3. Agregar a cada tubo de estándar y muestras 2.0 mL. de solución de reactivo de molibdovanadato
4. Agitar hasta homogenización completa y dejar en reposo por 15 minutos.
5. Tomar las lecturas de estándares y muestras respectivamente en el *SPECTRONIC 20* a una longitud de onda de 420 nm



#### **4.4. PROCEDIMIENTO DE DETERMINACIÓN EN ABONOS ORGÁNICOS** <sup>(10)</sup>

1. Tomar alícuotas de 5.0 mL soluciones estándares de 0.0, 4.0, 8.0, 12.0, 16.0 y 20.0 ppm y se colocan en tubos de ensayo de 30 mL.
2. Tomar con pipeta volumétrica 5.0 mL. de filtrado de la solución madre cenizas de abono, y disolver en agua destilada en un frasco volumétrico de 50.0 mL. y aforar.
3. Tomar 5.0 mL. de solución obtenida en el paso 1. y colocarlo en un tubo de ensayo como en el paso anterior.
4. Agregar a cada tubo de estándar y muestras 2.0 mL. de solución de reactivo de molibdovanadato
5. Agitar hasta homogenización completa y dejar en reposo por 15 minutos.
6. Tomar las lecturas de estándares y muestras respectivamente en el *SPECTRONIC 20* a una longitud de onda de 420 nm

## ANEXO Nº 5

### CLASIFICACIÓN DE SUELOS EN PROCAFE

En el laboratorio de suelos de PROCAFE se tiene una clasificación similar a la expuesta, pero menos estratificada, y es la siguiente:

**CUADRO Nº16. CLASIFICACIÓN DE SUELOS POR CONTENIDO DE FÓSFORO**

<b><i>Porcentaje de Fósforo</i></b>	<b><i>Clasificación</i></b>
Menor de 8	Bajo (B)
De 9 a 13	Intermedio (M)
Mayor de 13	Alto (A)