

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



**“CUANTIFICACION DEL CONTENIDO DE FOSFORO Y CALCIO EN HARINA
DE HUESOS DE POLLO PARA SER UTILIZADA COMO ABONO”**

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

**SILVIA PATRICIA CHAVARRIA GUERRA
CLAUDIA LISSETTE LANDAVERDE MONTANO**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN QUIMICA Y FARMACIA**

ENERO 2004

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA



©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

RECTORA:

DRA. MARIA ISABEL RODRIGUEZ

SECRETARIA GENERAL:

LICDA. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO:

LIC. SALVADOR CASTILLO AREVALO

SECRETARIA:

LICDA. MIRIAM DEL CARMEN RAMOS DE AGUILAR

CONSEJO DE GRADUACION

COORDINADORA GENERAL:

LICDA. MARIA CONCEPCION ODETTE RAUDA

ASESORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL, TOXICOLOGIA
Y QUIMICA LEGAL:

LICDA. MARIA LUISA ORTIZ DE LOPEZ

ASESORA DE AREA CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS
FARMACEUTICOS, COSMETICOS Y VETERINARIOS:

MSc. ROCIO RUANO DE SANDOVAL

DOCENTE DIRECTORA:

LICDA. NANCY ZULEYMA GONZALEZ SOSA

DOCENTE DIRECTORA:

LICDA. MARIA CONCEPCION ODETTE RAUDA

AGRADECIMIENTOS

A Dios todopoderoso: por brindarnos sabiduría; por darnos vida, salud y la energía necesaria para poder culminar la carrera con satisfacción, alcanzando finalmente los frutos de nuestro esfuerzo.

A nuestras Docentes Directoras: Licda. Nancy Zuleyma González Sosa y Licda. María Concepción Odette Rauda, por guiarnos acertadamente, dedicándonos su tiempo y esfuerzo, para la correcta realización de nuestro trabajo de graduación.

A nuestras Asesoras de Area: Licda María Luisa Ortiz de López y MSc. Rocío Ruano de Sandoval, por su valiosa orientación, y hacer de éste un mejor trabajo de graduación.

A la Licda. Rhina Antonieta Toledo: por su colaboración.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron al desarrollo de este trabajo de graduación.

Silvia Patricia Chavarría

Claudia Lissette Landaverde

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso: por las bendiciones recibidas durante todo mi tiempo de estudios, los cuales logré terminar con satisfacción.

A mis padres: Osmaro y Helis, por su amor, apoyo incondicional, por su sacrificio y esfuerzo, por sus oraciones y por guiarme por el buen camino, enseñándome las cosas buenas y correctas de la vida. Por estar conmigo en cada momento feliz y difícil de mi vida. Gracias, los amo.

A mis hermanos: Claudia y Othmaro, por su cariño, por su apoyo incondicional, por su comprensión, por estar siempre a mi lado, por esas palabras de ánimo en cada momento. Gracias, los quiero mucho.

A mi familia: por su cariño, por todo su apoyo y ayuda en mi vida.

A mi compañera Claudia Landaverde y familia: a Claudia por haber compartido conmigo este triunfo, por brindarme su amistad incondicional; y a su familia por recibirme siempre con las puertas abiertas, por su apoyo.

A mis amigos: por brindarme su sincera amistad y confianza, por apoyarme en todo momento.

Patricia Chavarría

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso: por su sabia forma de hacer las cosas, por darme tantas bendiciones, iluminarme y permitir que haya podido culminar con satisfacción este sueño.

A mis queridos padres: Nibia y Osmín, por sus enseñanzas, por todos sus esfuerzos para hacer de mi una mejor persona, y por darme su amor, comprensión y apoyo incondicional en los momentos en que más lo necesité, haciendo crecer mi confianza y fortaleza para seguir adelante.

A mis queridos hermanos: Karla, José Y Roberto, por ser mis amigos, y con cariño demostrarme su apoyo, y darme ánimos para alcanzar mis metas.

A mi sobrinito Daniel Alejandro: porque con su cariño y ternura suavizó el peso de mi carga, dándome alegría y fuerzas para continuar.

A Paty, mi compañera: por su amistad, paciencia, comprensión, y por estar conmigo en las buenas y las malas.

A todos mis amigos: por su sinceridad, cariño, y estar conmigo en todo momento.

Claudia Landaverde

INDICE

	PAGINA
I. Introducción.....	10
II. Objetivos.....	14
1.0 Objetivo General.....	14
2.0 Objetivos Específicos.....	14
III. Marco Teórico.....	16
3.1 El Suelo.....	16
3.1.1 Constituyentes Inorgánicos.....	16
3.1.1.1 El Calcio.....	20
3.1.1.2 El Fósforo.....	22
3.1.2 Constituyentes Orgánicos.....	25
3.1.3 Organismos del Suelo.....	25
3.2 Fertilizantes.....	27
3.3 Problemas ambientales relacionados al uso de fertilizantes.....	31
IV. Diseño Metodológico.....	35
4.1 Investigación Bibliográfica.....	35
4.2 Investigación de Campo.....	36
4.3 Proceso Experimental.....	36
4.3.1 Obtención de la Harina de Huesos.....	36
4.3.2 Cuantificación de Calcio.....	38
4.3.3 Cuantificación de Fósforo.....	40

V. Resultados.....	45
5.1 Cuantificación de Calcio.....	45
5.2 Cuantificación de Fósforo.....	46
VI. Discusión de Resultados.....	48
VII. Conclusiones.....	51
VIII. Recomendaciones.....	54
Bibliografía	
Anexos	

I. INTRODUCCION

INTRODUCCION

Actualmente, ante la creciente necesidad de obtención de alimentos para la población así como de otros materiales de origen vegetal, se ha requerido en muchos casos de la adición al suelo de compuestos que contengan los elementos nutricionales que se pierden por la sucesión de cosechas y factores climáticos; estos compuestos pueden ser de origen orgánico (Abono Orgánico), o químico (Fertilizante Químico).

Los Fertilizantes Químicos son utilizados de forma intensiva, obviando muchas veces las consecuencias y demás problemas asociados al uso irracional de éstos, entre los que se puede mencionar el de la contaminación ambiental.

Los Abonos Orgánicos, se utilizan tanto por su aporte nutricional al suelo, como para mejorar la estructura de éste, y favorecer el desarrollo de microorganismos beneficiosos. Entre los Abonos Orgánicos podemos mencionar a los huesos, que constituían la única fuente de obtención del Acido Fosfórico hasta que fueron descubiertos los fosfatos minerales a principios del siglo pasado.^(8,9)

Bibliografía de la época clasifica la harina de huesos como un Abono especial fosfatado, afirma que los huesos constituyen un abono excelente y que tienen la gran ventaja de que su utilidad se hace sentir por muchos años.⁽²⁴⁾

En el país no fue sino hasta 1978 que se empezó a estudiar los huesos, considerándolos una fuente potencial de abono orgánico; sin embargo, no se realizaron trabajos experimentales que indicaran de forma técnica y precisa las ventajas de su uso. ⁽¹⁾

Actualmente en la Industria Salvadoreña, los huesos específicamente de pollo han sido utilizados, en combinación con otros subproductos de la industria avícola (cascarones, vísceras, plumas, etc.), para obtener una harina destinada a ser utilizada como complemento nutricional en la alimentación de pollos. ⁽²⁹⁾

Con el presente trabajo, se pretende estudiar la harina de huesos de pollo como una nueva opción para ser utilizada como abono orgánico, disminuyendo así el impacto negativo al medio ambiente, pues no implica la obtención de productos secundarios tóxicos; se aprovechan recursos considerados muchas veces como material de descarte contribuyendo a disminuir la producción de desechos sólidos, y proporcionando a la vez una alternativa rentable.

Para ello, se realizó una investigación cuantitativa de dos de los más importantes nutrientes del suelo, como son el Fósforo (P) y el Calcio (Ca), siendo éstos además los principales componentes minerales de los huesos. Se utilizó metodología especificada por la Asociación Oficial de Química Analítica (AOAC), por medio de los métodos: Titulométrico para la determinación de Calcio, y Espectrofotométrico para la determinación de Fósforo en forma de Pentóxido de Fósforo (P_2O_5). ^(18,19)

Las muestras fueron tomadas al azar de consumo doméstico, así como de establecimientos de venta de alimentos en los cuales se obtiene los huesos de pollo como material de descarte, durante los meses de marzo, abril y mayo de 2003. Los ensayos de análisis cuantitativo se realizaron en las instalaciones de los laboratorios de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Cada agricultor tiene su tipo preferido de fertilizante, pero desconoce el contenido básico de éstos y sus funciones, por lo que no está en posibilidad de juzgar si otra clase de fertilizante le produciría mejores resultados.

Con este estudio se determina si este abono (harina de huesos de pollo) representa una mejor opción en el campo de la agricultura.

II. OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Cuantificar el contenido de Fósforo y Calcio en harina de huesos de pollo para ser utilizada como abono.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1 Determinar la cantidad de Fósforo presente en la harina de huesos de pollo para ser utilizada como abono.
- 2.2.2 Determinar la cantidad de Calcio presente en la harina de huesos de pollo para ser utilizada como abono.
- 2.2.3 Comparar la cantidad de Fósforo y Calcio presentes en la harina de huesos de pollo con la harina de huesos de res por medio de métodos analíticos.
- 2.2.4 Determinar, de acuerdo a los resultados obtenidos, si la harina de huesos de pollo cumple con los requerimientos en las cantidades de Fósforo y Calcio para ser empleada como abono.

III. MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO

3.1 EL SUELO:

El suelo es la capa superficial meteorizada que cubre la superficie del globo terrestre, en la que es posible el crecimiento de las plantas. Actúa como un sostén físico (anclaje y amarre) y fisiológico de las plantas (nutrientes y agua). Está compuesto de material inorgánico, materia orgánica y microorganismos. También el aire y el agua son constituyentes del suelo, los cuales ocupan alternadamente los vacíos intersticiales (poros) del suelo.

3.1.1 CONSTITUYENTES INORGANICOS: Se consideran fracción mineral del suelo el material grueso (cascajo); las partículas finas, arena, limo y arcilla, en orden decreciente de tamaño; los compuestos inorgánicos y los iones libres, ya sean nutrientes o no. Los nutrientes son elementos minerales que las plantas extraen del suelo para crecer y reproducirse; cada nutriente cumple papeles específicos dentro de la planta: unos son parte de los tejidos de la planta, otros participan en las reacciones y procesos.

Según las cantidades promedio requeridas y absorbidas por las plantas, los nutrientes son divididos en macro nutrientes y micro nutrientes.

Los macro nutrientes son aquellos que las plantas normalmente necesitan en mayores cantidades: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).

Los micro nutrientes son aquellos requeridos en pequeñas cantidades, aunque su importancia es fundamental para que ocurran todos los procesos vinculados al

crecimiento y reproducción: Boro (B), Cloro (Cl), Cobalto (Co), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Níquel (Ni), y Zinc (Zn).

Los elementos citados son considerados nutrientes esenciales, es decir, no pueden ser sustituidos por otros elementos y sin ellos las plantas no logran completar su ciclo de vida. Hay otros elementos que son absorbidos por las plantas, pero que no son considerados como nutrientes esenciales. Entre ellos están el Sodio (Na) y el Silicio (Si). Igualmente toda planta posee grandes cantidades de Oxígeno (O), Hidrógeno (H) y Carbono (C), además de agua en su estructura, sin que estos elementos sean considerados propiamente nutrientes, aunque sí una condición primaria para la existencia de la propia planta. ⁽³⁶⁾

En la actualidad, el empleo de fertilizantes artificiales como el Sulfato y el Nitrato de Amonio suelen inducir una deficiencia de elementos menores por carecer de ellos, y en el futuro se dará un aumento en la demanda de elementos menores.

Ciertos elementos son nocivos (elementos venenosos) para el hombre, los animales o las plantas, entre los que se encuentran el Arsénico, Selenio y el Flúor. Las cantidades que normalmente toman las plantas, son tan pequeñas que pueden considerarse inocuas; pero en ciertas regiones de la tierra, cualquiera de estos tres elementos nocivos se encuentra en cantidades mayores a las normales. ⁽³¹⁾

LA ACIDEZ O pH DEL SUELO

Desde hace mucho tiempo atrás se ha considerado que el ideal para un suelo era ser alcalino o neutro. Actualmente se tiene una opinión más matizada y se considera que una acidez ligera favorece la asimilabilidad de los elementos nutritivos del suelo. Por lo contrario, una acidez excesiva es una verdadera enfermedad del suelo. ⁽¹⁵⁾

La presencia en mayor o menor cantidad, de iones H^+ , en relación a los iones básicos, determina la reacción o acidez del suelo, que se expresa por el pH.

El pH: es en realidad, el logaritmo de la inversa de la concentración de iones H^+ , cuyo valor varía entre 0 y 14.

Según su pH se pueden clasificar los suelos:

pH de 4 - 4.5 muy fuertemente ácido

De 4.5 – 5.5 fuertemente ácido

De 5.5 – 6.5 ácido

De 6.5 – 6.8 ligeramente ácido

De 6.8 – 7.2 prácticamente neutro

De 7.2 – 7.5 ligeramente alcalino

De 7.5 – 8.5 alcalino

De 8.5 – 9.0 fuertemente alcalino.

ACIDIFICACIÓN Y DESCALCIFICACIÓN:

La acidificación: es la tendencia del complejo a cargarse de cantidades mas importantes de iones H^+ , con detrimento de cantidades minerales.

La descalcificación: significa solamente que cationes Ca^{++} abandonan el complejo; esto no implica que sean automáticamente reemplazados por los iones H^+ acidificantes, pueden ser sustituidos por otros cationes metálicos, sin que se modifique el pH. Descalcificación no quiere decir forzosamente acidificación. Pero en realidad, siendo el calcio, entre todos los cationes minerales fijados por el complejo, el que se encuentras en mayor cantidad, su salida deja la puerta abierta a la fijación

de iones H^+ , y la descalcificación aparece como la fase preliminar de la acidificación, entendiéndose bien que mientras hay una reserva de iones calcio en el suelo, la desaparición de la caliza no significa acidificación. De ahí la necesidad de aportar enmiendas calizas, fuente de calcio, para prevenir y combatir la acidificación.

Puesto que toda pérdida de calcio del suelo tiene como consecuencia más o menos inmediata su acidificación, es decir, el descenso de su pH, es necesario conocer como se empobrecen de cal los suelos. ⁽¹⁵⁾

ACCION DE LOS ABONOS SOBRE EL pH

La tendencia natural del suelo, incluso no cultivado, hacia su acidificación, se acentúa por el cultivo. Cuanto mas intensivo es éste, mayor es esa tendencia del pH a bajar, como consecuencia de las extracciones de calcio de mayores producciones y del mayor desplazamiento del Ca^{++} por los demás cationes de los abonos.

Los abonos al tener composiciones químicas diferentes, no influyen sobre el pH de la misma forma.

EL pH IDEAL DEL SUELO

En principio, y aunque debe combatirse enérgicamente una acidez fuerte, pues es índice de una grave enfermedad del suelo, no interesa tampoco tener un suelo con un pH muy elevado, que podría provocar un bloqueo de ciertos elementos útiles para la planta.

El ideal sería por lo tanto, mantenerse al nivel de la neutralidad o ligeramente por debajo, cerca de 6.5.

Hay que evitar el sobre encalado, que tiene consecuencias muy perjudiciales para la asimilación de muchos de los elementos nutrientes.

3.1.1.1 EL CALCIO

El Calcio es a la vez un alimento y una enmienda.

Alimento: para las plantas y los animales, el Calcio y el Magnesio son alimentos absorbidos en cantidades relativamente grandes.

Enmienda: se considera mejorador de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Las nuevas normas han considerado el calcio (Ca) como elemento fertilizante secundario y en consecuencia como un “abono”.

Por lo tanto hay que considerar el Calcio alimento, que, hasta ahora, había sido considerado como enmienda cálcica, por medio del Carbonato de cal determinando el pH del Calcio.

El Calcio tiene un papel muy importante en las diversas fases de la vida del vegetal, su presencia en el jugo celular es esencial para el desarrollo de la planta, desde la germinación hasta la maduración del grano; por otra parte, el Calcio proporciona una mayor resistencia a los tejidos vegetales.

Los animales deben encontrar en sus alimentos la Cal necesaria para formar su esqueleto, en combinación con el Fósforo, ya que, en caso contrario, pueden padecer enfermedades óseas graves. Por ello, resulta fácil destacar que los forrajes de las gramíneas son relativamente pobres en CaO, mientras que las leguminosas y las coles son mucho más ricas. ⁽¹⁵⁾

FORMAS DE CALCIO EN EL SUELO

El Calcio existe en el suelo en forma de sales diversas, pero prácticamente el Carbonato cálcico (o Carbonato de cal) y el Carbonato doble de cal y Magnesio (Dolomita) son las únicas que se consideran enmiendas activas física, química y biológicamente.

El Carbonato de cal (CO_3Ca) es insoluble en agua, excepto cuando está cargada de gas carbónico. Cuando se calienta al rojo, en los hornos de cal, libera gas carbónico (CO_2) y se transforma en Oxido de cal (CaO); este oxido llamado Cal viva, se utiliza muy frecuentemente como enmienda. ⁽¹⁵⁾

SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA DEL CALCIO

La deficiencia de Calcio ocasiona deformación de hojas nuevas. Puntos de crecimiento débiles. Tallos también delgados, raíces alargadas y arracimadas. Hojas encarrujadas. Los bordes de las hojas toman una coloración amarillo o café. ⁽¹⁴⁾

3.1.1.2 EL FÓSFORO

El Fósforo interviene activamente en la mayor parte de las reacciones bioquímicas complejas de la planta que son la base de la vida: respiración, síntesis y descomposición de glúcidos, síntesis de proteínas, actividad de las diastasas, etc.

El papel fundamental del Fósforo en las transferencias de energía ha sido bien comprobado. Los iones fosfóricos son capaces de recibir energía luminosa captada por la clorofila y transportarla a través de la planta. También tiene una gran importancia en el metabolismo de diversas sustancias bioquímicas.

- El ácido fosfórico es uno de los elementos fertilizantes más importantes para el agricultor.
- Como el Nitrógeno, el ácido fosfórico es un factor de crecimiento muy importante. El desarrollo radicular, se ve favorecido, por una buena alimentación de Fósforo al principio del ciclo vegetativo.
- El ácido fosfórico es un factor de precocidad, ya que activa el desarrollo inicial y tiende a acortar el ciclo vegetativo, favoreciendo la maduración.
- Aumenta la resistencia de la planta al frío y a las enfermedades.
- Es un elemento regulador de la vegetación y por lo tanto un factor de calidad. ⁽¹⁵⁾

FORMAS DE ACIDO FOSFORICO EN EL SUELO

Distinguiremos aquí cinco formas principales. El P_2O_5 se encuentra en el suelo, en su mayoría, en estado mineral (Ortofosfato), pero también combinado en estado orgánico.

Los iones fosfóricos se hayan en el suelo en tres formas diferentes:

- Disueltos en la solución del suelo.
- Adsorbido sobre diferentes componentes minerales y orgánicos del suelo
- Fijados mediante enlaces moleculares relativamente estables.

En orden creciente de asimilación tenemos:

1. Acido fosfórico insoluble de la roca madre o retrógrada: es la reserva general. Tras muchas y lentas transformaciones físico-químicas o biológicas, una pequeña parte pasa a la solución del suelo. Son esencialmente Fosfatos tricálcicos (Apatita), Fosfatos magnésico, y Fosfatos de hierro y aluminio.
2. Acido fosfórico precipitado o formando compuestos poco solubles: en los suelos ácidos es muy posible la precipitación de los Fosfatos de hierro y aluminio, y en los suelos muy calizos, la de Fosfato de cal, sin embargo, las variaciones de pH, la acción de la materia orgánica, la actividad microbiana o la capacidad de algunas especies de absorberlos directamente, pueden hacer que intervengan en la alimentación de las plantas. Se pueden incluir a los iones fosfóricos, bloqueados al interior de las arcillas.
3. Acido fosfórico orgánico: se trata de una reserva que se moviliza fácilmente por mineralización del humus que libera Pentóxido de fósforo (P_2O_5) en forma mineral. Por acción microbiana puede sufrir una inmovilización provisional como protección contra la fijación enérgica del suelo.
4. Acidos fosfóricos fijados en la arcilla y los Oxidos de hierro y aluminio: los iones fosfóricos pueden fijarse al complejo arcilloso-húmico, y en particular,

sobre las arcillas, por medio del calcio. Los iones PO_4 fijados en la arcilla cálcica son fácilmente recuperados. Aunque el Pentóxido de fósforo (P_2O_5) adsorbido no supone más que una parte pequeña del total, constituye la mayor parte del P_2O_5 asimilable o cambiabile.

5. Acido fosfórico en la solución del suelo: es la fracción menor y más importante del Pentóxido de fósforo (P_2O_5) para la planta, dado que son estos iones fosfóricos disueltos los que absorbe la planta principalmente. Se denomina fondo alimenticio y es considerado la reserva alimenticia que corresponde al ácido fosfórico asimilable o cambiabile.

Casi todo el ácido fosfórico incorporado al suelo permanece móvil, y tarde o temprano es utilizado por la planta.

Se pueden absorber pequeñas cantidades de Pentóxido de fósforo (P_2O_5) por contacto directo de las raíces con los elementos sólidos, pero la mayor parte que necesitan lo toman de la solución del suelo en forma de iones fosfato. ⁽¹⁵⁾

DEFICIENCIA DE FOSFORO

Se manifiesta por un desarrollo escaso de las raíces, crecimiento lento de la planta; el follaje presenta un color verde oscuro casi azulado, amarillamiento y secado de las puntas de las hojas. Estas presentan una ondulación característica, y a veces manchas púrpura. La maduración se retrasa, y los cultivos tienen baja producción en granos y frutas. ⁽¹⁴⁾



3.1.2 CONSTITUYENTES ORGANICOS DEL SUELO: En el suelo hay dos tipos de sustancias orgánicas diferentes entre sí desde cualquier punto de vista, así tenemos: MATERIA ORGANICA DE RESERVA, es decir, la fracción que permanece sin descomponer o que está en proceso de descomposición, y que por las influencias químicas y biológicas continuas se transforma gradualmente en HUMUS, o sea, la porción totalmente descompuesta que se encuentra en estado coloidal.

El nivel al cual puede aumentarse el contenido de materia orgánica del suelo añadiendo estiércol, mezclas, abonos o ambos, no depende de la cantidad que se ha agregado, sino más bien de las condiciones climáticas.

Una de las propiedades más valiosas del Humus es su capacidad para absorber y retener agua, impidiendo que se pierda por percolación o por escurrimiento superficial. Al mismo tiempo actúa como una especie de filtro, reteniendo gran parte de las sales nutritivas disueltas en la solución del suelo cuando se presenta la sequía, para luego liberar lentamente los nutrimentos cuando se añade agua. Su carácter coloidal le da fuerza cohesiva, que ayuda a mantener unidas las partículas del suelo arenoso, y a aumentar el espacio de poro en el arcilloso pesado, manteniendo aireación y drenaje más adecuados.

El color del Humus también es de gran valor para el desarrollo vegetal, ya que el suelo negro absorbe y retiene calor, mientras que el blanco lo refleja y permanece frío. ⁽³¹⁾

3.1.3 LOS ORGANISMOS DEL SUELO: Los incontables miles de millones de microbios y otros organismos que habitan el suelo, no son propiamente constituyentes de éste, pero forman parte integral e indispensable de todos los

suelos fértiles; su importancia se equipara a la de los constituyentes minerales y orgánicos del suelo. Las plantas superiores son incapaces de utilizar los elementos tanto en su forma orgánica compleja como minerales brutos. Los primeros tienen que ser desdoblados hasta materiales inorgánicos o minerales, y los segundos tienen que ser solubilizados. Así pues, los habitantes del suelo constituyen el eslabón necesario en muchos de estos procesos, y la ayuda que proporcionan es de valor incalculable.

La materia orgánica se descompone por procesos de putrefacción, fermentación y descomposición.

La actividad y desarrollo de la macro y micro población del suelo está afectada principalmente por la presencia de materia orgánica, la provisión de Oxígeno, la disponibilidad de los compuestos inorgánicos, la temperatura, las condiciones físicas, el contenido de humedad y el pH del suelo.

La mayoría de microbios que viven en el suelo son útiles, pero hay otros que no lo son, o se vuelven nocivos en lo que respecta al cultivo de las plantas, por cuya razón, el tratamiento del suelo debe orientarse hacia la reducción de los efectos perjudiciales al mínimo, y a promover el aumento de la actividad útil al máximo.

Entre los microorganismos vegetales tenemos: Algas, Hongos, Actinomicetos y Bacterias (aerobias y anaerobias). Entre los microorganismos animales: Protozoos y Rotíferos. Además son importantes los habitantes macroscópicos del suelo: Hongos superiores, Nematelmintos, Lombrices de tierra, Acaros o Aradores de madera, y una gran variedad de insectos. ⁽³¹⁾

3.2 FERTILIZANTES

Pueden clasificarse como Fertilizantes Químicos y Abonos Orgánicos.

FERTILIZANTES QUIMICOS: son aquellas sustancias que contienen uno o más de los elementos químicos alimenticios para la vegetación, en forma tal, que pueden ser absorbidos por las plantas, y que favorecen el desarrollo de las mismas. Los que contienen macro nutrientes son utilizados en grandes cantidades, los más usados son los que contienen Nitrógeno, Fósforo, Potasio o mezcla de ellos.

Los fertilizantes en general, pueden clasificarse en fertilizantes simples, y fertilizantes compuestos. Los fertilizantes simples son aquellos que proporcionan solamente un nutriente primario, por ejemplo la Urea; los compuestos son los que proporcionan dos o mas nutrientes primarios, como el Fosfato de amonio. ⁽²³⁾

ABONO ORGANICO: el concepto de abono orgánico viene dado por el conjunto de materias primas de origen orgánico aportado al suelo, con el propósito de mejorar la disponibilidad de nutrimentos, textura, estructura, aireación, retención de agua y mayor desarrollo radicular en los cultivos. ⁽³⁵⁾

Los principales tipos de abonos que se conocen son:

- a) Estiércol
- b) Abonos verdes
- c) Compost o abonos compuestos
- d) Producidos por bacterias
- e) Subproductos vegetales y animales, productos finales de la depuración de aguas negras
- f) Productos residuales del biogás. ⁽²³⁾

La cantidad de abono orgánico a aplicarse por planta, está determinado por los siguientes factores:

- Tipo de abono.
- Análisis de la fertilidad del suelo.
- Pendiente del terreno.
- Clima.
- Disponibilidad de materiales y de inversión.
- Condiciones de la planta.
- Producción: calidad y cantidad de la cosecha.

En la fertilización orgánica no se puede dar una receta sobre la cantidad precisa de abono a utilizar, sin embargo, cada agricultor debe realizar un análisis físico-químico de las compostas o abono orgánico generado, para establecer los criterios propios de fertilización, considerando además las necesidades de la planta y la disponibilidad de nutrientes en el suelo. ⁽³⁵⁾

En general, algunos fertilizantes se han reunido en un grupo conocido como ABONOS ESPECIALES, aquellos que contienen solamente una de las sustancias que se emplean para restituir a la tierra la fertilidad agotada por las cosechas. Algunas veces pueden contener como materias secundarias algún otro elemento útil, pero nunca los tienen en proporciones en que los utilizan las plantas.

Los abonos especiales se clasifican según el elemento que domina en ellos, en los siguientes grupos:

- a) Nitrogenados: Nitrato de sodio, Sulfato de amonio, Cianamida, Nitrato de Calcio, Urea, Calurea, Calnitro, Fosfato de amonio, sangre seca, Tanka ge, harina de pescado.

- b) Fosfatados: Harina de huesos, superfosfatos, escorias Thomas, Fosfato mineral, Guano de murciélago.
- c) Potásicos: Cloruro de potasio, Sulfato de potasio, Kainita, Cenizas. ⁽⁸⁾

LA HARINA DE HUESOS

Los huesos pueden también emplearse como abonos, generalmente no se usan en estado natural, sino después de tratamientos diversos. La forma más corriente en que se emplean los huesos es:

- 1) Huesos frescos en trozos o en polvo.
- 2) Polvo o harina de huesos desengrasados.
- 3) Huesos desgelatinizados.
- 4) Fosfato de hueso precipitado
- 5) Fosfato de huesos
- 6) Superfosfato de huesos
- 7) Cenizas de hueso
- 8) Negro animal ⁽²⁴⁾

La harina de huesos: se prepara con huesos de los animales sacrificados en los grandes mataderos o recogidos en el campo; contiene el fósforo en forma de fosfato tricálcico, que no es directamente asimilable por los vegetales, pero se transforma lentamente en la tierra, por la acción del calor, de la humedad y del anhídrido carbónico en Fosfato di y monocálcicos, que sí son asimilables.

Por esta razón se considera a la harina de huesos como un abono de acción duradera, pues su benéfica acción se nota por lo general en varios años sucesivos, pues los Fosfatos que contienen no llevan riesgo de perderse en las aguas de

escurrimiento. Además contiene cierta proporción de nitrógeno, que lo hace también útil como abono. ⁽⁸⁾

El polvo de huesos frescos, es decir, sin desengrasar, ya casi no se usa porque la materia grasa que contienen es un valor industrial que no se aprovecha al emplearlo como abono. Además, su presencia dificulta la trituración de los huesos y la absorción del ácido fosfórico por las plantas, pues siendo la grasa repelente al agua, retarda la descomposición de los Fosfatos en el suelo.

La harina de huesos exenta de grasas, contiene aproximadamente de 3.5 a 4.5 por cien de nitrógeno y de 20 – 25 % de Fósforo como Pentóxido de fósforo (P_2O_5). ⁽²⁴⁾

3.3 PROBLEMAS AMBIENTALES RELACIONADOS AL USO DE FERTILIZANTES

Desde hace algunos siglos el hombre se ha multiplicado en tales proporciones; sus necesidades, en cuanto a nutrición y materias primas, han llegado a ser tan exigentes, que ha transformado inmensas regiones del planeta donde vive, poblándolas, agotándolas, y cubriéndolas de desechos de su industria.

Las presiones ecológicas a que se ve sometido actualmente el ecosistema salvadoreño no son un fenómeno reciente, se remonta a los primeros años de la época colonial, en los inicios de la práctica del cultivo intensivo. El deterioro mayor de nuestra flora y fauna está ligado a la metodología agrícola que se ha aplicado, la cual siempre se ha hecho pensando en la producción, sin tratamientos ecológicos adecuados ⁽²²⁾, y medidas necesarias para promover una agricultura sostenible, tales como:

- Elaborar y aplicar estrategias y planes con miras a optimizar el aprovechamiento de las tierras agrícolas.
- Controlar el empleo de fertilizantes y plaguicidas.
- Conservar los recursos genéticos
- Proporcionar incentivos y apoyo económico adecuados. ⁽³⁴⁾

En cuanto al empleo de fertilizantes, la antigua y fogosa controversia acerca del uso de los materiales fertilizantes orgánicos e inorgánicos o de ambos, persiste todavía en vista de la falta de conocimientos relativos a las acciones de dichas sustancias.⁽³¹⁾

Los fertilizantes los utiliza el hombre para enriquecer los suelos empobrecidos, aunque también degrada cada vez más al suelo al incrementar su acidez ⁽²⁸⁾, con lo que se puede llegar a romper el equilibrio de la micro flora y fauna de éste, y en consecuencia, favorecer la reproducción de alguna especie que luego puede convertirse en plaga, o propiciar la extinción de otra especie local. La acidez del suelo también condiciona la presencia de Alúmina, sustancia fitotóxica que altera el ciclo del nitrógeno. ⁽²⁶⁾

Otro aspecto a considerar es que, desafortunadamente, tarde o temprano el exceso de fertilizantes es acarreado por las escorrentías producidas por las aguas lluvias hacia los cuerpos de agua; su presencia promueve el fenómeno de Eutricación ⁽²⁸⁾: El aporte de fertilizantes, en especial Nitratos y Fosfatos, suele tener consecuencias indeseables: las mareas rojas y proliferaciones semejantes de algas y organismos fotosintéticos acuáticos. Este aumento de biomasa requiere de un suministro de Oxígeno correspondiente mayor para la descomposición de la materia orgánica, y por lo tanto, se da un empobrecimiento del contenido de Oxígeno en el agua, y en consecuencia, no toda la materia orgánica puede ser oxidada; esto da lugar a la producción de gas sulfhídrico (mal oliente), y disminución de transparencia en las aguas. Además, algunas bacterias pueden transformar nitratos en nitritos, de manera que éstos pueden reaccionar con la hemoglobina, disminuyendo la capacidad de transporte de Oxígeno y agravando su déficit. Estas condiciones propician la muerte de peces, crustáceos y larvas, y cambios en las especies de peces que aún las soportan. ⁽⁷⁾

Por otro lado, el uso de fertilizantes beneficia tanto a malas hierbas, hongos e insectos como al cultivo en su crecimiento, y por lo tanto surge la necesidad del uso

de herbicidas, fungicidas, e insecticidas para mantenerlos bajo control, y que constituyen una de las más importantes fuentes de contaminación del ambiente.

Para la fabricación de Fertilizantes se hace necesaria muchas veces la utilización de recursos agotables, por lo tanto no es sostenible a largo plazo y se enfrentará una crisis de recursos no renovables en algún momento del futuro, principalmente de los yacimientos minerales.

La producción, al igual que todas las actividades industriales, inciden sobre la localidad y su medio ambiente: directamente mediante la emisión, indirectamente a causa del tráfico pesado, contribución al empleo, etc. Las emisiones se dan principalmente al aire y al agua de restos de materias primas utilizados durante la producción, o de productos secundarios no utilizables que dependen del fertilizante elaborado. Las fábricas de Fertilizantes también emiten polvo y ruido industrial. ⁽⁴⁾

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

Las actividades a desarrollar en la investigación para lograr el cumplimiento de los objetivos son:

4.1 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA

Que incluye la recolección y organización de la información más importante y necesaria para la comprensión del tema. Para ello se visitaron los siguientes lugares relacionados a la investigación:

- Bibliotecas de la Universidad de El Salvador (UES): Central, y de las Facultades de Química y Farmacia, Ciencias Agronómicas, e Ingeniería y Arquitectura.
- Biblioteca Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA)
- Biblioteca Escuela Nacional de Agricultura (ENA).
- Biblioteca del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)
- Biblioteca de SALVANATURA
- Biblioteca de PROCAFE
- Biblioteca de la Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer (USAM)
- Central de documentación del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
- FARRAR, S.A DE C.V.
- FERTICA DE EL SALVADOR, S.A.

4.2 INVESTIGACION DE CAMPO

Se realizó también una recopilación de información sobre el grado de uso y comercialización de huesos y harina de huesos de pollo en el país, visitando agroservicios, principales mercados de San Salvador, supermercados, industrias avícolas, servicios de comida, etc.

El tipo de estudio en la investigación es experimental y retrospectivo.

Las muestras para analizar cuantitativamente por medio de métodos analíticos, son tomadas al azar de comunidades y establecimientos que producen huesos de pollo como material de descarte.

4.3 PROCESO EXPERIMENTAL

Se siguió un proceso experimental para cuantificar la cantidad de Fósforo y Calcio presente en las muestras de harina de huesos; el análisis de cada una se realizó por triplicado, como sigue:

METODO EXPERIMENTAL

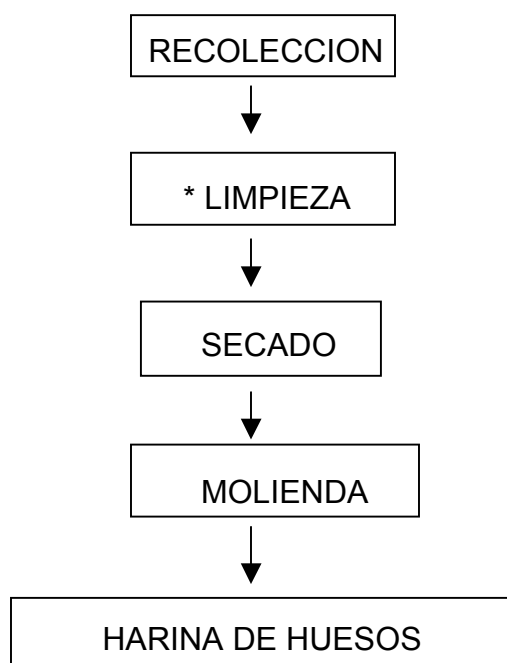
Material y equipo a usar ver anexos 1 y 2; preparación de reactivos ver anexos 3 y 4

4.3.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE HUESOS:

- 1- Colocar los huesos limpios en un recipiente de aluminio, con agua destilada suficiente para cubrirlos.
- 2- Calentar en forma gradual hasta llegar a una temperatura máxima de 88 °C por un período de 6 a 8 horas, restituyendo la cantidad de agua si es necesario

- 3- Dejar enfriar, y decantar el agua con grasa y restos de carne.
- 4- Lavar los huesos con agua caliente, separando los últimos residuos de grasa y sustancias adheridas si las hubiera.
- 5- Extender los huesos sobre una superficie de cemento completamente limpia, y dejarlos expuestos al sol, hasta que éstos estén bien secos.
- 6- Una vez secos, someter a proceso de molienda, para obtener de esta manera la harina de huesos.

ESQUEMA DE OBTENCION DE HARINA DE HUESOS

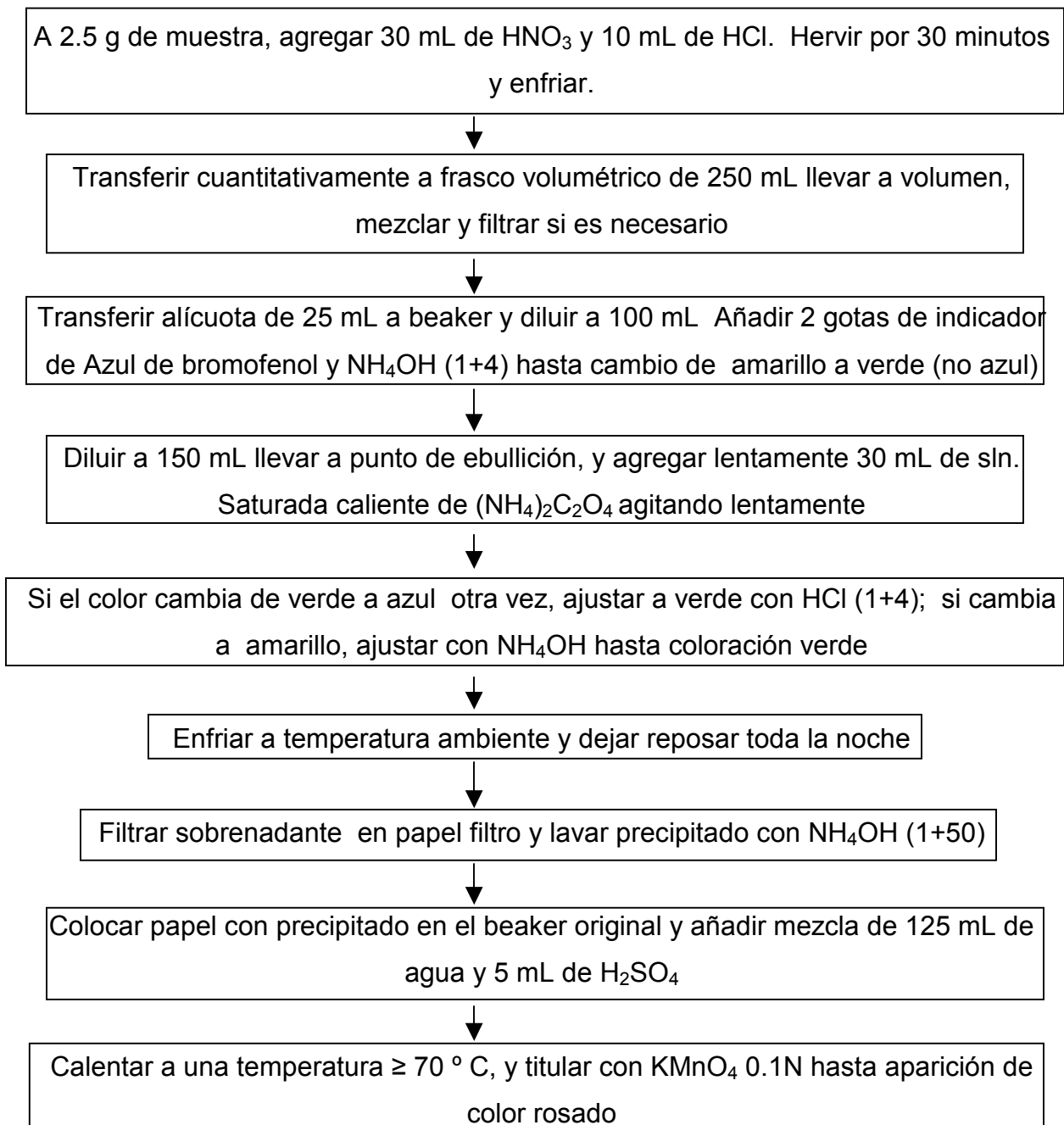


*LIMPIEZA: se realiza hirviendo en agua los huesos recolectados, a una temperatura máxima de 88° C por un período de 6-8 horas para eliminar la grasa y restos de carne.

4.3.2 CUANTIFICACION DE CALCIO ⁽¹⁹⁾

- 1- Pesar 2.5 g de muestra y colocarla en un beaker de 250 mL.
- 2- Añadir 30 mL de HNO₃ y 10 mL de HCl, llevar a ebullición por 30 minutos. Y enfriar.
- 3- Transferir cuantitativamente a un frasco volumétrico de 250 mL llevar a volumen, mezclar y filtrar si es necesario.
- 4- Transferir una alícuota de 25 mL a un beaker y diluir a 100 mL. Añadir 2 gotas de indicador de Azul de Bromofenol, y luego NH₄OH (1+4) hasta que el indicador cambie de amarillo a verde (no azul). Si se sobrepasa, regresar al color con HCl (1+4).
- 5- Diluir a 150 mL llevar a punto de ebullición, y agregar lentamente 30 mL de solución saturada caliente de (NH₄)₂C₂O₄ agitando constantemente.
- 6- Si el color cambia de verde a azul otra vez, ajustar a verde con HCl (1+4). Si cambia a amarillo, ajustar con NH₄OH a verde.
- 7- Enfriar a temperatura ambiente y dejar reposar toda la noche.
- 8- Filtrar sobrenadante a través de papel, y lavar el precipitado con NH₄OH (1+50).
- 9- Colocar el papel con el precipitado en el beaker original, y añadir una mezcla de 125 mL de agua y 5 mL de H₂SO₄.
- 10- Calentar a una temperatura ≥ 70 °C, y titular con KMnO₄ 0.1N hasta la aparición de color rosado.
- 11- Corregir con blanco y calcular Calcio.

$$1 \text{ mL KMnO}_4 \text{ 0.1N} = 2 \text{ mg de Ca}$$

ESQUEMA DE CUANTIFICACION DE CALCIO ⁽¹⁹⁾

1 mL KMnO₄ 0.1N = 2 mg de Calcio

4.3.3 CUANTIFICACION DE FOSFORO⁽¹⁸⁾

PREPARACIÓN DE LA CURVA STANDAR

- 1- Pipetear alícuotas de 5 mL de las 7 soluciones estándar de Fósforo (anexo 4) en frascos volumétrico de 100 mL y añada 45 mL de agua. Luego, en 5 minutos añadir a todas las soluciones estándares 20 mL de reactivo Molibdatovanadato con bureta o pipeta, diluir a volumen y dejar reposar por 10 minutos.
- 2- Seleccionar 2 celdas de absorción y llenar ambas con estándar de 2 mg de Pentóxido de fósforo (en alícuota de 5.0 mL). Colocar el espectrofotómetro a una $\lambda=400$ nm y ajustar a cero Absorbancia (A).
- 3- Usando la celda muestra, determinar Absorbancia para los otros estándares con ajuste a cero Absorbancia del instrumento con el estándar de 2 mg de Pentóxido de fósforo (en alícuota de 5.0 mL). Después de cada determinación, vaciar y rellenar la celda conteniendo el estándar de 2 mg, y reajustar, para evitar el error que puede darse por los cambios de temperatura. Plotear Absorbancia contra concentración de Pentóxido de fósforo (P_2O_5) en mg/mL de la solución estándar.

PREPARACIÓN DE LA SOLUCION DE LA MUESTRA

- 1- Tratar 1 g de muestra como sigue: hervir suavemente 30 – 45 minutos con 20–30 mL de HNO_3 en un frasco adecuado (preferiblemente Kjeldahl en las muestras que contienen grandes cantidades de materia orgánica) para oxidar toda la materia fácilmente oxidable.

- 2- Enfriar y añadir 10 – 20 mL de HClO₄ 70 – 72%.
- 3- Hervir muy suavemente hasta que la solución sea incolora o cercano a ello, y un vapor denso blanco aparezca en el frasco. No hervir a sequedad nunca (peligro). (Con nuestras conteniendo grandes cantidades de materia orgánica, aumentar la temperatura a punto de evaporación, a 170°, por un período ≥ 1 hr).
- 4- Enfriar ligeramente, añadir 50 mL de agua, y hervir por pocos minutos.
- 5- Para contenido de hasta 5% de Pentóxido de fósforo (P₂O₅), diluya a 250 mL; para contenido mayor del 5% de P₂O₅, diluya a tal volumen que una alícuota de 5 ó 10 mL contenga de 2-5 mg P₂O₅ (las soluciones deben estar libre de Oxido de nitrógeno y NOCl).

DETERMINACION

- 1- Pipetear 5 ó 10 mL de solución muestra en un frasco de 100 mL, y agregar 45 mL de agua.
- 2- Añadir 20 mL de reactivo Molibdatovanadato con bureta o pipeta.
- 3- Diluir a volumen y dejar reposar por 10 minutos.
- 4- Determinar Absorbancia ajustando a cero Absorbancia con el estándar de 2 mg de Pentóxido de fósforo (en alícuota de 5.0 mL).

$$\%P_2O_5 \text{ en muestra} = \frac{\text{mg } P_2O_5 \text{ en la curva estándar}}{\text{mg de muestra en alícuota}} \times 100$$

ESQUEMA DE CUANTIFICACION DE FOSFORO ⁽¹⁸⁾

PREPARACION DE LA CURVA ESTANDAR:

Secar Fosfato monobásico de potasio por 2 horas a 105° C



Preparar soluciones conteniendo 0.4-1.0 mg/mL de Pentóxido de fósforo (P₂O₅)
en incrementos de 0.1mg / mL

PREPARACION DE LA MUESTRA:

Hervir muestra con 20-30 mL de HNO₃, por 30-45 min.



Enfriar



Añadir 10-20 mL de HClO₄ 70-72%



Calentar hasta desprender vapor blanco denso



Enfriar



Añadir 50 mL de agua y calentar por pocos minutos



Llevar a la concentración deseada

DETERMINACION DE FOSFORO ⁽¹⁸⁾

Pipetear alícuotas de 5mL de las 7 soluciones estándar de Fósforo y de las muestras
(ver anexo 4)



Colocarlos en frascos volumétricos de 100 mL y añadir 45 mL de agua



En 5 minutos para la serie entera añadir 20 mL de reactivo Molibdatovanadato con
bureta, diluir a volumen y dejar reposar por 10 min.



Determinar A a $\lambda=400$ nm utilizando el estándar de menor concentración como
blanco



Determinar concentración de la muestra

$$\%P_2O_5 \text{ en muestra} = \frac{\text{mg } P_2O_5 \text{ en la curva estándar}}{\text{mg de muestra en alícuota}} \times 100$$

V. RESULTADOS

5.0 RESULTADOS:

5.1 CUANTIFICACION DE CALCIO

HARINA DE HUESOS DE POLLO:

Muestra	% Ca
P ₁	24.58
P ₁	24.68
P ₁	24.66
P ₂	24.31
P ₂	24.74
P ₂	24.27
P ₃	24.92
P ₃	24.25
P ₃	23.97
Promedio	24.49

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

HARINA DE HUESOS DE RES:

Muestra	% Ca
R ₁	29.93
R ₁	29.68
R ₁	29.98
R ₂	29.74
R ₂	30.43
R ₂	29.40
Promedio	29.86

En donde: R = muestra de harina de huesos de res

5.2 CUANTIFICACION DE FOSFORO

HARINA DE HUESOS DE POLLO:

Muestra	% P₂O₅
P ₁	20.14
P ₁	20.57
P ₁	19.53
P ₂	19.84
P ₂	20.02
P ₂	19.06
P ₃	19.62
P ₃	19.67
P ₃	19.79
Promedio	19.80

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

HARINA DE HUESOS DE RES:

Muestra	% P₂O₅
R ₁	27.47
R ₁	27.96
R ₁	22.63
R ₂	27.33
R ₂	27.58
R ₂	26.53
Promedio	26.58

En donde: R = muestra de harina de huesos de res

NOTA: la realización de los cálculos para obtener los resultados anteriores, se encuentra detallada en el anexo 5.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.0 DISCUSION DE RESULTADOS

Los abonos orgánicos son aquellos procedentes de restos animales y vegetales, y además de dar un aporte nutricional a la planta, mejoran la estructura del suelo.

Los huesos fueron utilizados hasta principios de siglo pasado para suplir las deficiencias de Fósforo y Calcio en el suelo; sin embargo, los únicos datos sobre la cuantificación de estos elementos, se refieren a aquel tipo de huesos que se obtenían más abundantemente en la época a nivel comercial, es decir los huesos de res. Según bibliografía consultada sobre abonos y fertilizantes, el Fósforo aparece siempre registrado como Pentóxido de fósforo (P_2O_5), en cantidades de hasta el 25%, y el Calcio como tal en cantidades de hasta el 31.5 % en los huesos.

En los últimos años se ha observado un gran desarrollo en el campo de la alimentación, y dentro de éste, en la industria avícola, cuya producción a gran escala pone a disposición de los consumidores una gran variedad de productos tales como piezas de pollo deshuesadas, carne molida, croquetas, etc. obteniéndose los huesos de pollo como parte de los subproductos, éstos son el motivo de estudio de la presente investigación.

Los resultados en el presente trabajo fueron obtenidos por análisis cuantitativos realizados por triplicado en cada una de las muestras; para la harina de huesos de res, se obtuvo un promedio de 26.58% de Pentóxido de fósforo (P_2O_5), y 29.86% de Calcio, ambos datos muy semejantes a lo teóricamente señalado; esta semejanza nos da la pauta para considerar eficientes los métodos analíticos de cuantificación utilizados, y además puede observarse en los cuadros de resultados que éstos son muy reproducibles tanto en el análisis de la harina de huesos de pollo como en la harina de huesos de res.

En cuanto a la harina de huesos de pollo, se obtuvo una cantidad promedio de 19.80% de Fósforo en forma de Pentóxido de fósforo (P_2O_5), y 24.49% de Calcio.

Puede observarse que las cantidades de ambos elementos son mayores en la harina de huesos de res que en la de pollo en un 6.78% para el Pentóxido de fósforo (P_2O_5), y 5.37% para el Calcio.

La menor cantidad de elementos en los huesos de pollo era de esperarse, debido a la diferencia incluso por simple observación en las cualidades físicas de cada tipo de hueso: los huesos de res son más rígidos y con una estructura más compacta y de color claro que evidencia una elevada concentración de Calcio; en cambio, los huesos de pollo son mucho más porosos, y de color oscuro.

Además, hay que tomar en cuenta, que para la preparación de la harina de huesos de res, el gran tamaño de éstos hace más fácil separar la materia presente en el conducto interior a ellos, lo cual es casi imposible de hacer para aquellos huesos de pollo de menor tamaño. Es de hacer notar que a nivel industrial la limpieza no sería tan minuciosa para la preparación de la harina, y lo ideal es tratar de reproducir estas condiciones si la investigación está orientada a ello.

Por otro lado, en comparación con los "Fertilizantes químicos fosfatados" distribuidos en el país, los que más cantidad de fósforo rotulan contienen 40 y 46%, para aquellos suelos que presentan una muy severa deficiencia en este elemento; los demás presentan porcentajes del 16 al 30% (ver anexo 8); con estos porcentajes obtenidos de bibliografía muy reciente y vigente en la actualidad, hace posible ubicar también a la harina de huesos de pollo con su 19.80% de P_2O_5 como un abono fosfatado. En cuanto al Calcio, el Fertilizante químico que más rotula este elemento lo hace con 30%, y los demás abajo del 11% (ver anexo 9). Es de recordar que aquellos que poseen gran porcentaje de un elemento deben utilizarse sólo si los resultados del análisis químico del suelo así lo requieren.

VII. CONCLUSIONES

7.0 CONCLUSIONES

1. Con la cantidad de Fósforo obtenida como resultado en el análisis de las muestras de harina de hueso de pollo, se puede afirmar que ésta puede clasificarse como un abono fosfatado, ya que a nivel comercial se consideran abonos fosfatados todos aquellos que poseen de 16% a 46% de Fósforo.
2. La cantidad de Calcio obtenida como resultado del análisis de las muestras de harina de huesos de pollo, se encuentra en un porcentaje muy similar a los rotulados en los fertilizantes químicos comercializados en el país, y que tienen como componente el Calcio; por lo tanto, puede utilizarse como abono orgánico para suplir las necesidades nutritivas del suelo.
3. Al comparar los resultados del análisis de las muestras de harina de huesos de pollo con los de harina de huesos de res, la que posee mayor cantidad de Fósforo en forma de Pentóxido de fósforo (P_2O_5), y de Calcio, es la harina de huesos de res.
4. Los porcentajes de macro nutrientes (Calcio y Fósforo) presentes en los huesos pueden variar de acuerdo al origen de las muestras, debido a que dependiendo de la dieta alimenticia que los animales reciban, así será la composición de los huesos.
5. El uso de la harina de huesos de pollo como abono orgánico, trae las siguientes ventajas:
 - a) Se aprovechan materiales considerados de desecho en la industria avícola y el consumo doméstico, convirtiéndose además en una alternativa rentable.
 - b) Permite disminuir la cantidad de desechos sólidos producidos, y al mismo tiempo, evitar el uso excesivo de fertilizantes químicos, ambos factores que inciden aumentando la contaminación ambiental.

- c) Como todo abono orgánico, además del aporte nutricional que proveen al suelo, ayuda a mejorar su estructura, aireación, retención de humedad, desarrollo microbiano, etc.
6. En el país no se le ha dado la importancia necesaria al hecho de utilizar los abonos orgánicos; se han realizado pocas investigaciones sobre desechos que puedan ser utilizados con este fin, determinando su composición, y los beneficios de su uso.

VIII. RECOMENDACIONES

8.0 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de la harina de huesos de pollo, por sus cantidades de Calcio y Fósforo (en forma de Pentóxido de Fósforo), para corregir las deficiencias nutricionales del suelo con respecto a estos elementos.
2. Actualmente resulta más recomendable, desde el punto de vista económico, utilizar los huesos de pollo como abono, debido a que los huesos de res ya son comercializados en el país.
3. En aquellos suelos que poseen una elevada deficiencia de nutrientes, puede implementarse el uso de abonos orgánicos junto a fertilizantes químicos, para contribuir de esta manera no solo a mejorar las características químicas del suelo, sino también sus características físicas y biológicas.
4. Es necesario que se impulsen proyectos de investigación sobre el uso de materia orgánica considerada como desecho, que actualmente se está desaprovechando en el área industrial.
5. Debe darse orientación al agricultor sobre el uso adecuado de abonos orgánicos y fertilizantes químicos, para que éstos puedan obtener mejores resultados en el cultivo; por ello, se recomienda realizar un análisis completo del suelo, para conocer sus verdaderos requerimientos.
6. La Universidad debe dar a conocer a instituciones relacionadas con la agricultura y el medio ambiente (tales como MAG, ISTA, CENTA, MARN, SALVANATURA, etc.) los resultados de estas investigaciones, para promover el uso de abonos naturales.

7. Que las instituciones involucradas retomen los resultados de estas investigaciones, y además incentiven la realización de otras nuevas, que contribuyan a la disminución de la contaminación ambiental

8. A la población en general, se le recomienda tomar conciencia acerca del uso adecuado de todos los recursos naturales, que son fuente de vida, asegurando así la de las futuras generaciones.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFÍA

1. Aparicio, L. 1978. "Revisión bibliográfica de los trabajos publicados en El Salvador acerca de los fertilizantes orgánicos". Trabajo de graduación. Facultad de Agronomía. San Salvador E.S. Universidad de El Salvador. p. 53 - 58.
2. Asociación Amigos del País.1988. "Como hacer abono orgánico ". Centro Regional de Ayuda Técnica II. Guatemala. GUA. 32 p.
3. Ayala O, H. 1989. "Elaboración artesanal de harina de sangre bovina y su control de calidad". Trabajo de graduación. San Salvador E.S. Universidad de El Salvador. p. 130.
4. Boekman, O. "Agricultura y Fertilizantes" Ed. Ostlands-Posten, Larkin. Noruega. 312 p.
5. Bonilla, G. 1996. "Estadística II". UCA Editores. 4 ed. San Salvador. E.S. 558 p.
6. Chavez, F. Y otros. 1999 "Situación Ambiental de la Industria en El Salvador ". Cooperación Técnica Alemana GESTA. San Salvador, E.S. p.155-157.

7. Cuello, j. Y otros. 1996. "Atlas mundial del medio ambiente, preservación de la naturaleza". Cultural de ediciones, SA. Barcelona, España. p.109
8. Escobar, R. Derecho de Autor. "Enciclopedia Agrícola y de conocimientos afines". Tomo I. México DF. Ciudad Juárez. p.947
9. Escobar, R. Derecho de Autor. "Enciclopedia Agrícola y de conocimientos afines". Tomo II México DF. Ciudad Juárez. p.1259
10. FERTICA, S.A DE C.V. 2003. "Fertiguía, Catálogo de productos agrícolas 2003" Grupo FERTICA. San Salvador. E.S. 16 p.
11. Frear, D. 1956. "Tratado de Química Agrícola". Salvat editores SA. Barcelona, España. p. 294-321; 325-327; 356-369.
12. Fundación Naturas. 1990. "El deterioro ambiental rural, algunas alternativas de selección". Editorial EDUNAT. Quito, Ecuador. p. 36-43; 109.
13. Gener, C. 1995. "Enciclopedia Océano de la Ecología". Océano grupo editorial.SA. Barcelona, España. p. 319
14. Graetz, H. 1982. "Manuales para la educación agropecuaria, suelos y fertilización" área suelos y agua. Editorial trillas. México DF. p.47-50 ; 69 -78

15. Gros, A. Y otros(10). 1992. "Abonos, guía practica de la fertilización". Ediciones Mundi Prensa. 8 ed. Madrid. p. 450
16. Hall, W.T. 1949. "Química Analítica, análisis cuantitativo". UTHEA. México. Tomo II. p.284-289; 440-441.
17. Hernández J, M. 1978. "Determinación de materiales empleados como abono orgánico e identificación de los más promisorios para el agro Salvadoreño". Seminario. Facultad de Agronomía. San Salvador, E.S. Universidad de El Salvador. p. 43 - 44.
18. Horwitz; W. 1975. "Official methods of análisis of the Association of Official Analytical Chemists". Associate editors. 12 ed. Washington, DC. 1094 p.
19. Horwitz; W. 1984. "Official methods of analisis of the Association of Official Analytical Chemists". Associate editors. 14 ed. Washington, DC. 1141 p.
20. INFOFOS (potash & phosphate institute). 1997. "Manual internacional de fertilidad de suelos". Education research. Estados Unidos Americanos p. 4.
21. Lemus, J. 1998. "Diagnóstico de los residuos sólidos en El Salvador". Consultoría realizada para el Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Organización Panamericana de la Salud. San Salvador, ES. p.83

22. Martínez A, J. 1994. "Ecología". UCA editores. 6 ed. San Salvador, E.S. p.8
23. Martínez, M. y otros. 1991. "Situación actual de la industria de fertilizantes en El Salvador".trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia. San Salvador, E.S. Universidad de El Salvador. p. 146
24. Matons, A. 1931. "Diccionario de agricultura, zootecnia y veterinaria". SALVAT editores SA. Barcelona, España. Tomo II p.305
25. Mendoza W, J. y otros. 1991. "Composte de desechos agroindustriales para utilizarlos como fuentes de humus". Trabajo de graduación. Facultad de Ingeniería. San Salvador, E.S. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas. p. 24 - 33 ; 125 -126.
26. MARN (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2002. " Plan nacional de ordenamiento y desarrollo territorial, sistema biofísico cuatro suelos, primer informe parcial". Viceministerio de vivienda y desarrollo urbano. San Salvador, E.S. p.63
27. MARN (Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2000. "Informe nacional, estado del medio ambiente 2000". Compu GRAFI E.S. C.A. p.46
28. Serrano, F. 1996. "Historia natural y ecología de El Salvador". Ministerio de educación de E.S. C.A. San Salvador, E.S. p.188-190

29. Serrano M. y otros. 1999. "Elaboración de harina de subproductos de rastro de aves para la fabricación de concentrado". Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia Biológica. San Salvador, E.S., Universidad Salvadoreña Alberto Masferrer. p. 3-5,19-20.
30. Terezón, M. y otros. 1991. "Elaboración de un manual de análisis de fertilizantes según Comunidad Económica Europea y AOAC". Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia. San Salvador, E.S. Universidad de El Salvador. p. 118.
31. Teuscher, H. Y otros. 1984. " El suelo y su fertilidad". Editorial Continental S.A de C.V. México, D.F. p.510
32. United States Pharmacopeial Convention, Inc. 1975, "The United States Pharmacopeia". !9 ed. Rockville USA. p. 824.
33. United States Pharmacopeial Convention, Inc. 2000."The United States Pharmacopeia". 24 ed. Rockville. USA. p.2569.
34. UNICN (Unión Mundial para la Naturaleza) , PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), WWF (Fondo Mundial para la Naturaleza). 1991. "Cuidar la tierra, estrategia para el futuro de la vida". Fundación ecoactivo. Sadag, Francia. p.258

35. USAID (Agencia de Estados Unidos de America para el Desarrollo Internacional) UTAN-GRANSER-SCC (Agencia de Cooperación Internacional) UCRAPROBEX (Unión Cooperativa de la Reforma Agraria, Beneficadoras y Exportadoras). 2000. "Manual de caficultura orgánica". Editado e impreso por FSA. San Salvador, E.S. p. 43 - 45
36. Vieira, M. Y otros.1999. "Manejo integrado de la fertilidad del suelo en zonas de ladera". Proyecto CENTA-FAO, PASOLAC, PROCHALATE. Editorial Holanda. San Salvador, E.S. p.140

ANEXOS

ANEXO 1**CRISTALERIA**

- 4 Agitadores de vidrio
- 7 Balones volumétricos de 50 ml
- 9 Balones volumétricos de 100 ml
- 1 Balón volumétrico de 500 ml
- 1 Balón volumétrico de 1000 ml
- 3 Beaker de 100 ml
- 2 Beaker de 250 ml
- 3 Beaker de 400 ml
- 1 Beaker de 1000 ml
- 1 Bureta de 10 ml
- 1 Bureta de 50 ml
- 4 Crisoles
- 2 Embudos
- 4 Erlenmeyer de 250 ml
- 1 Probeta de 1000 ml
- 1 Probeta de 100 ml
- 1 Probetas de 25 ml
- 2 Probetas de 10 ml
- 10 Tubos de ensayo 13 x 15 cms
- 2 Vidrios de reloj

ANEXO 2**MATERIAL Y EQUIPO****MATERIAL**

Aro metálico

Baño de María

Hot plate

Malla de asbesto

Mechero

Micro espátulas

Papel filtro poro grueso y fino

Papel pH

Pinzas para bureta

Pinzas de sostén

Recipiente de aluminio (5 L)

Soporte

Termómetro

EQUIPO

Balanza analítica (Mettler, tipo H5)

Balanza granataria (Ohaus, serie 700)

Epectrofotómetro (UV/VIS Perkin Elmer, Lambda 12)

Estufa (Precision Scientific)

Molino (Thomas Wiley, modelo 4)

Mufla (Lindberg)

ANEXO 3**REACTIVOS**

Acido clorhídrico (HCl) al 37% y diluido (1+4)

Acido nítrico (HNO₃) al 71%

Acido perclórico (HClO₄) al 70%

Acido sulfúrico (H₂SO₄) al 96%

Agua destilada

Alcohol etílico (CH₃CH₂OH) al 97%

Azul de bromofenol, solución indicadora

Fosfato monobásico de potasio (KH₂PO₄) al 52.5% de P₂O₅

Hidróxido de amonio (NH₄OH) al 28% y diluido (1+4, y 1+50)

Molibdato de amonio ((NH₄)₆Mo₇O₂₄·4H₂O) ⁽³²⁾

Oxalato de amonio ((NH₄)₂C₂O₄), solución saturada

Oxalato de sodio (Na₂C₂O₄) al 99.99%

Permanganato de potasio (KMnO₄), solución estandarizada 0.1 N

Vanadato de amonio (NH₄VO₃) ⁽³²⁾

ANEXO 4

PREPARACIÓN DE REACTIVOS

DETERMINACIÓN DE CALCIO:

- 1- Acido Clorhídrico (1+4): mezclar 1 parte de HCl con 4 partes de agua. ⁽³²⁾
- 2- Azul de Bromofenol: disolver 0.1 g con 1.5 mL de NaOH 0.1N, y diluir a 25 mL. ⁽¹⁸⁾
- 3- Hidróxido de Amonio (1+4): mezclar 1 parte de Hidróxido de Amonio con 4 partes de agua. ⁽³²⁾
- 4- Hidróxido de Amonio (1 +50): mezclar 1 parte de Hidróxido de Amonio con 50 partes de agua. ⁽³²⁾
- 5- Oxalato de Amonio, solución saturada: agregar al agua Oxalato de amonio hasta que éste ya no se disuelva con agitación. ⁽³²⁾
- 6- Permanganato de potasio 0.1N: disolver 3.3 g de Permanganato de Potasio en 1000 mL de agua, hervir 15 minutos, tapar y dejar reposar por lo menos 2 días y filtrar. Estandarizar la solución como sigue: Pesar cuidadosamente 200 mg de Oxalato de sodio previamente secado a 110° C a peso constante, y disuélvalos en 250 mL de agua. Añada 7 mL de Acido sulfúrico, caliente a 70° C y luego lentamente añada la solución de permanganato de una bureta con agitación constante hasta un color rosa pálido que persista 15 segundos. La temperatura al final de la titulación no debe ser menor de 60° C. Calcule la normalidad. Cada 6.700 mg de Oxalato de sodio es equivalente a 1 mL de Permanganato de potasio 0.1 N. Almacenar en frascos color ámbar y reestandarizar frecuentemente. ⁽³²⁾

DETERMINACIÓN DE FOSFORO:

1. Reactivo Molibdatovanadato: disolver 40 g de Molibdato de amonio. $4\text{H}_2\text{O}$ en 400 mL de agua calentar y enfriar. Disolver 2 g de Vanadato de amonio en 250 mL de agua calentar, enfriar y añadir 450 mL de Acido perclórico 70%. Gradualmente añadir la solución de Molibdato a la solución de Vanadato con agitación, y diluir a 2 L. ⁽³²⁾
2. Solución estándar de Fosfato: secar Fosfato monobásico de potasio (KH_2PO_4 , 52.15% P_2O_5) por 2 horas a 105°C . Preparar soluciones conteniendo 0.4 – 1.0 mg P_2O_5 / mL en incrementos de 0.1, pesando 0.0767, 0.0959, 0.1151, 0.1342, 0.1534, 0.1726, y 0.1918g de KH_2PO_4 , y diluir cada una con agua hasta 100 mL. Preparar soluciones recientes, conteniendo 0.4 y 0.7 mg P_2O_5 / mL semanalmente. ⁽³²⁾

NOTA: se recomienda tener precaución con el uso de los reactivos, y utilizar la cámara de extracción de gases cuando sea necesario.

ANEXO 5

DETERMINACION DE FOSFORO EN FORMA DE PENTOXIDO DE FOSFORO**1º DETERMINACION DE PENTOXIDO DE FOSFORO (P₂O₅) EN HARINA DE HUESOS DE POLLO**

Aplicando regresión lineal simple en datos de la curva estándar ⁽⁵⁾

x	y	xy	x²
0.4	0	0	0.16
0.5	0.178	0.0890	0.25
0.6	0.345	0.2070	0.36
0.7	0.488	0.3416	0.49
0.8	0.630	0.5040	0.64
0.9	0.739	0.6651	0.81
1.0	0.853	0.8530	1.00
$\Sigma =$ 4.9	3.233	2.6597	3.71

En donde: X = Concentración en mg/mL de Pentóxido de fósforo (P₂O₅)

Y = Absorbancia (A)

Ecuaciones normales:

$$\begin{aligned}\Sigma y &= na + b\Sigma x \\ \Sigma xy &= a\Sigma x + b\Sigma x^2\end{aligned}$$

Sustituyendo en las ecuaciones normales:

$$\begin{aligned}\Sigma y &= na + b\Sigma x \\ 3.233 &= 7a + 4.9b\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma xy &= a\Sigma x + b\Sigma x^2 \\ 2.6597 &= 4.9a + 3.71b\end{aligned}$$

Resolviendo sistema de ecuaciones para encontrar "b":

$$\begin{aligned}3.233 &= 7a + 4.9b & (-4.9) \\ 2.6597 &= 4.9a + 3.71b & (7)\end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} -15.8417 = -34.3a - 24.01b \\ 18.6179 = 34.3a + 25.97b \\ \hline 2.7762 = 0 + 1.96b \end{array}$$

$$b = 1.4164$$

Encontrando "a":

$$\begin{array}{l} 3.233 = 7a + 4.9b \\ 3.233 = 7a + 4.9(1.4164) \\ 3.233 = 7a + 6.9404 \\ a = -0.5296 \end{array}$$

Sustituyendo valores en ecuación de regresión lineal:

$$\begin{array}{l} y = bx + a \\ y = 1.4164x - 0.5296 \end{array}$$

En donde x = concentración en mg/mL de Pentóxido de fósforo (P_2O_5)

Y = absorbancia (A)

(Ver gráfico original y corregido en anexo 6)

Calculando las concentraciones de las muestras ("x"), a partir de valores de Absorbancia ("y") obtenidos experimentalmente, en la ecuación de regresión lineal:

$$y = 1.4164x - 0.5296$$

$$x = \frac{y + 0.5296}{1.4164}$$

Ejemplo de determinación de la concentración de Pentóxido de fósforo (P_2O_5) de una muestra de harina de huesos de pollo (P_1), cuya absorbancia fue de 0.469:

$$x = \frac{0.469 + 0.5296}{1.4164}$$

$$x = 0.7050 \text{ mg/mL}$$

Aplicando la fórmula para cada muestra de harina obtenemos los siguientes resultados:

MUESTRA	ABSORBANCIA (A) "y"	CONCENTRACION P ₂ O ₅ (mg/mL) "x"
P ₁	0.469	0.7050
P ₂	0.454	0.6944
P ₃	0.443	0.6867

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

Calculando los porcentajes de Pentóxido de fósforo (P₂O₅) en las muestras:

$$\% P_2O_5 = \frac{\text{mg } P_2O_5 \text{ en curva estándar}}{\text{mg de muestra en alícuota}} \times 100$$

- mg P₂O₅ en curva estándar = (Concentración mg/mL) (5mL)
- mg de muestra en alícuota (se mantiene constante para todas las muestras)

0.175 g harina de huesos de pollo → 50.0 mL con H₂O destilada (0.0035 g/mLharina)
 ↓
 5.0 mL
 (0.0175 g ≡ 17.5 mg harina)

Ejemplo de determinación del porcentaje de Pentóxido de fósforo (P₂O₅) en la muestra P₁:

$$\begin{aligned} \text{mg } P_2O_5 \text{ en curva estándar} &= (0.7050 \text{ mg/mL}) (5 \text{ mL}) \\ &= 3.525 \text{ mg} \end{aligned}$$

Calculando % P₂O₅:

$$\% \text{P}_2\text{O}_5 = \frac{3.525 \text{ mg}}{17.5 \text{ mg}} \times 100$$

$$\% \text{P}_2\text{O}_5 = 20.14 \%$$

Aplicando el mismo procedimiento para cada una de las muestras, se obtienen los siguientes resultados:

MUESTRA	% P₂O₅
P ₁	20.14
P ₂	19.84
P ₃	19.62

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

2º DETERMINACION DE PENTOXIDO DE FOSFORO (P₂O₅) EN HARINA DE HUESOS DE POLLO

Aplicando regresión lineal simple en datos de la curva estándar ⁽⁵⁾:

x	y	xy	x ²
0.4	0	0	0.16
0.5	0.173	0.0865	0.25
0.6	0.337	0.2022	0.36
0.7	0.448	0.3136	0.49
0.8	0.587	0.4696	0.64
0.9	0.707	0.6363	0.81
1.0	0.809	0.8090	1.0
Σ = 4.9	3.061	2.5172	3.71

En donde: X = Concentración en mg/mL de Pentóxido de fósforo (P₂O₅)
Y = Absorbancia (A)

Ecuaciones normales:

$$\begin{aligned}\Sigma y &= na + b\Sigma x \\ \Sigma xy &= a\Sigma x + b\Sigma x^2\end{aligned}$$

Sustituyendo en las ecuaciones normales:

$$\begin{aligned}\Sigma y &= na + b\Sigma x \\ 3.061 &= 7a + 4.9b\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma xy &= a\Sigma x + b\Sigma x^2 \\ 2.5172 &= 4.9a + 3.71b\end{aligned}$$

Resolviendo sistema de ecuaciones para encontrar "b":

$$\begin{aligned}3.061 &= 7a + 4.9b & (-4.9) \\ 2.5172 &= 4.9a + 3.71b & (7)\end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} -14.9989 = -34.3a - 24.01b \\ 17.6204 = 34.3a + 25.97b \\ \hline 2.6215 = 0 + 1.96b \end{array}$$

$$b = 1.3375$$

Encontrando "a":

$$\begin{aligned} 3.061 &= 7a + 4.9 b \\ 3.233 &= 7a + 4.9 (1.3375) \\ 3.233 &= 7a + 6.9404 \\ a &= -0.4990 \end{aligned}$$

Sustituyendo valores en ecuación de regresión lineal:

$$\begin{aligned} y &= bx + a \\ y &= 1.3375x - 0.4990 \end{aligned}$$

En donde x = concentración en mg/mL de Pentóxido de fósforo (P_2O_5)

Y = absorbancia (A)

(Ver grafico original y corregido en anexo 7)

Calculando las concentraciones de las muestras ("x"), a partir de valores de Absorbancia ("y") obtenidos experimentalmente, en la ecuación de regresión lineal:

$$y = 1.3375x - 0.4990$$

$$x = \frac{y + 0.4990}{1.3375}$$

Ejemplo de determinación de la concentración de P_2O_5 de una muestra de harina de huesos de pollo (P_1), cuya absorbancia fue de 0.469:

$$x = \frac{0.464 + 0.4990}{1.3375}$$

$$x = 0.7200 \text{ mg/mL}$$

Aplicando la fórmula para cada muestra de harina obtenemos los siguientes resultados:

MUESTRA	ABSORBANCIA (A) "y"	CONCENTRACION P_2O_5 (mg/mL) "x"
P_1	0.464	0.7200
P_2	0.438	0.7006
P_3	0.422	0.6886

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

Calculando los porcentajes de Pentóxido de fósforo (P_2O_5) en las muestras:

$$\% P_2O_5 = \frac{\text{mg } P_2O_5 \text{ en curva estándar}}{\text{mg de muestra en alícuota}} \times 100$$

- mg P_2O_5 en curva estándar = (Concentración mg/mL) (5mL)
- mg de muestra en alícuota (se mantiene constante para todas las muestras)

0.175 g harina de huesos de pollo → 50.0 mL con H_2O destilada (0.0035 g/mLharina)
 ↓
 5.0 mL
 (0.0175 g ≡ 17.5 mg harina)

Ejemplo de determinación del porcentaje de Pentóxido de fósforo (P_2O_5) en la muestra P_1 :

$$\begin{aligned} \text{mg } P_2O_5 \text{ en curva estándar} &= (0.7200 \text{ mg/mL}) (5 \text{ mL}) \\ &= 3.6 \text{ mg} \end{aligned}$$

Calculando el % de P_2O_5 :

$$\% P_2O_5 = \frac{3.6 \text{ mg}}{17.5 \text{ mg}} \times 100$$

$$\% P_2O_5 = 20.57 \%$$

Aplicando el mismo procedimiento para cada una de las muestras, se obtienen los siguientes resultados:

MUESTRA	%P₂O₅
P ₁	20.57
P ₂	20.02
P ₃	19.67

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

3º DETERMINACION DE P₂O₅ EN HARINA DE HUESOS DE POLLO Y RES

Aplicando regresión lineal simple en datos de la curva estándar ⁽⁵⁾:

x	y	xy	x ²
0.4	0	0	0.16
0.5	0.161	0.0805	0.25
0.6	0.317	0.1902	0.36
0.7	0.480	0.3360	0.49
0.8	0.634	0.5072	0.64
0.9	0.750	0.6750	0.81
1.0	0.863	0.8630	1.0
Σ=	4.9	3.205	2.6519

En donde: X = Concentración en mg/mL de Pentóxido de fósforo (P₂O₅)
Y = Absorbancia (A)

Ecuaciones normales:

$$\begin{aligned}\Sigma y &= na + b\Sigma x \\ \Sigma xy &= a\Sigma x + b\Sigma x^2\end{aligned}$$

Sustituyendo en las ecuaciones normales:

$$\begin{aligned}\Sigma y &= na + b\Sigma x \\ 3.205 &= 7a + 4.9b\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Sigma xy &= a\Sigma x + b\Sigma x^2 \\ 2.6519 &= 4.9a + 3.71b\end{aligned}$$

Resolviendo sistema de ecuaciones para encontrar "b":

$$\begin{aligned}3.205 &= 7a + 4.9b & (-4.9) \\ 2.6519 &= 4.9a + 3.71b & (7)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}-15.7045 &= -34.3a - 24.01b \\ 18.5633 &= 34.3a + 25.97b \\ \hline 2.8588 &= 0 + 1.96b\end{aligned}$$

$$b = 1.4586$$

Encontrando "a":

$$\begin{aligned} 3.205 &= 7a + 4.9 b \\ 3.205 &= 7a + 4.9 (1.4586) \\ 3.205 &= 7a + 7.1471 \\ a &= -0.5632 \end{aligned}$$

Sustituyendo valores en ecuación de regresión lineal:

$$\begin{aligned} y &= bx + a \\ y &= 1.4586x - 0.5632 \end{aligned}$$

En donde x = concentración en mg/mL de Pentóxido de fósforo (P_2O_5)

Y = absorbancia (A)

(Ver grafico original y corregido en anexo 8)

Calculando las concentraciones de las muestras ("x"), a partir de valores de Absorbancia ("y") obtenidos experimentalmente, en la ecuación de regresión lineal:

$$y = 1.4586x - 0.5632$$

$$x = \frac{y + 0.5632}{1.4586}$$

Ejemplo de determinación de la concentración de P_2O_5 de una muestra de harina de huesos de pollo (P_1), cuya absorbancia fue de 0.469:

$$x = \frac{0.434 + 0.5632}{1.4586}$$

$$x = 0.6837 \text{ mg/mL}$$

Aplicando la fórmula para cada muestra de harina obtenemos los siguientes resultados:

MUESTRA	ABSORBANCIA (A) "y"	CONCENTRACION P_2O_5 (mg/mL) "x"
P_1	0.434	0.6837
P_2	0.410	0.6672
P_3	0.447	0.6926

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

Calculando los porcentajes de Pentóxido de fósforo (P_2O_5) en las muestras:

$$\% P_2O_5 = \frac{\text{mg } P_2O_5 \text{ en curva estándar}}{\text{mg de muestra en alícuota}} \times 100$$

- mg P_2O_5 en curva estándar = (Concentración mg/mL) (5mL)
- mg de muestra en alícuota (se mantiene constante para todas las muestras)

0.175 g harina de huesos de pollo → 50.0 mL con H_2O destilada (0.0035 g/mLharina)
 ↓
 5.0 mL
 (0.0175 g ≡ 17.5 mg harina)

Ejemplo de determinación del porcentaje de Pentóxido de fósforo (P_2O_5) en la muestra P_1 :

$$\begin{aligned} \text{mg } P_2O_5 \text{ en curva estándar} &= (0.6837 \text{ mg/mL}) (5 \text{ mL}) \\ &= 3.4185 \text{ mg} \end{aligned}$$

Calculando % P_2O_5 :

$$\% P_2O_5 = \frac{3.4185 \text{ mg}}{17.5 \text{ mg}} \times 100$$

$$\% P_2O_5 = 19.53 \%$$

Aplicando el mismo procedimiento para cada una de las muestras, se obtienen los siguientes resultados:

MUESTRA	% P₂O₅
P ₁	19.53
P ₂	19.06
P ₃	19.79

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

DETERMINACION DE CALCIO

Factor de corrección del KMnO_4 0.1 N = 1.26628

mL de KMnO_4 0.1 N utilizados en la titulación:

muestra	mL KMnO_4 (corregidos)
P ₁	307.20
P ₁	308.47
P ₁	308.21
P ₂	303.91
P ₂	309.23
P ₂	303.40
P ₃	311.50
P ₃	303.15
P ₃	299.60

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

CALCULOS:

Partiendo de la equivalencia:

1 mL KMnO_4 0.05 N = 1mg Calcio

Tenemos que:

1 mL KMnO_4 0.1 N = 2 mg Calcio

Para p1, tenemos:

$$\begin{array}{l}
 1 \text{ mL } \text{KMnO}_4 \text{ 0.1 N} \quad \text{—————} \quad 2 \text{ mg Calcio} \\
 307.20 \text{ mL } \text{KMnO}_4 \text{ 0.1 N} \quad \text{—————} \quad x \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad x = 614.4 \text{ mg de Calcio} \\
 \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad = 0.6144 \text{ g de Calcio}
 \end{array}$$

Para una muestra de 25 g de harina de pollo:

$$\begin{array}{r} 2.5 \text{ g harina} \quad \text{—————} \quad 0.6144 \text{ g Calcio} \\ 100 \text{ g} \quad \text{—————} \quad x \\ x = 24.58\% \end{array}$$

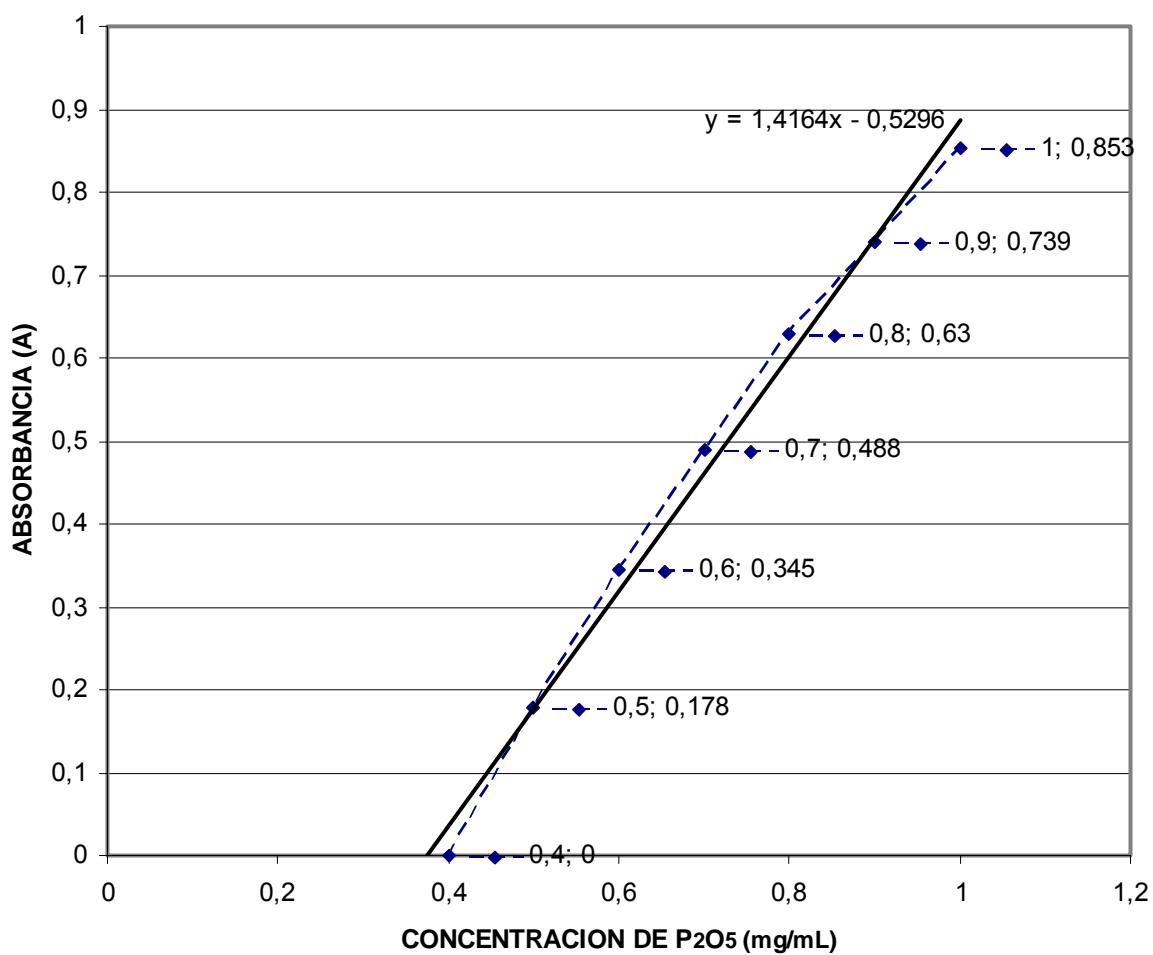
Aplicando el mismo procedimiento para cada una de las muestras, obtenemos los siguientes resultados:

Muestra	% Ca
P ₁	24.58
P ₁	24.68
P ₁	24.66
P ₂	24.31
P ₂	24.74
P ₂	24.27
P ₃	24.92
P ₃	24.25
P ₃	23.97
Promedio	24.49

En donde: P = muestra de harina de huesos de pollo

NOTA: los porcentajes de Fósforo (en forma de P₂O₅) y de Calcio, han sido determinados en la harina de huesos de res siguiendo el mismo proceso experimental y los mismos cálculos que para la harina de huesos de pollo

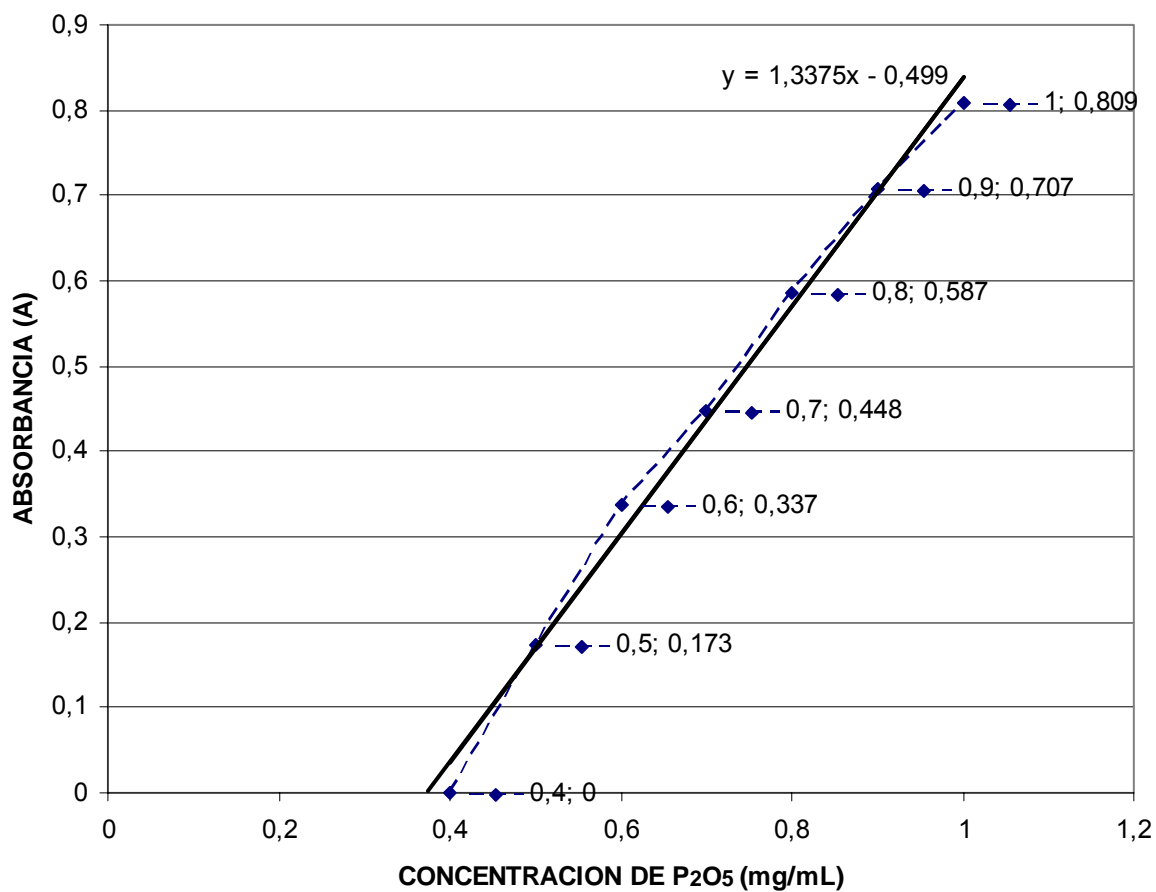
ANEXO 6
1ª CURVA DE CALIBRACION DE PENTOXIDO DE FOSFORO
(P₂O₅) PARA LA CUANTIFICACION DE FOSFORO EN HARINA DE
HUESOS DE POLLO Y RES



En donde:

- Gráfico con datos experimentales
- Gráfico con datos corregidos

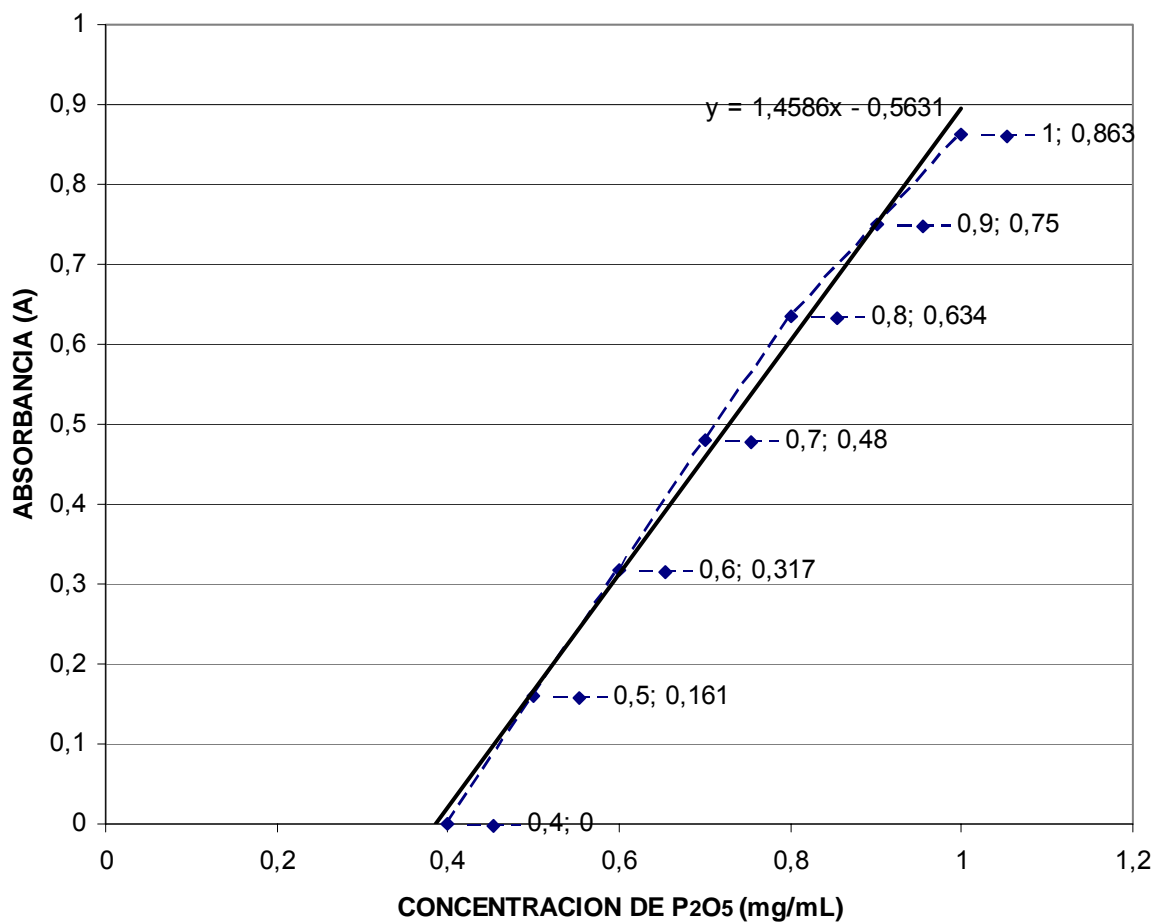
ANEXO 7
2ª CURVA DE CALIBRACION DE PENTOXIDO DE FOSFORO
(P₂O₅) PARA LA CUANTIFICACION DE FOSFORO EN HARINA
DE HUESOS DE POLLO Y RES



En donde:

- Gráfico con datos experimentales
- Gráfico con datos corregidos

ANEXO 8
3ª CURVA DE CALIBRACION DE PENTOXIDO DE FOSFORO
(P₂O₅) PARA CUANTIFICAR FOSFORO EN HARINA DE
HUESOS DE POLLO Y RES



En donde:

- Gráfico con datos experimentales
- Gráfico con datos corregidos

ANEXO 9

CONTENIDO DE CALCIO Y FOSFORO EN ALGUNOS FERTILIZANTES**QUIMICOS COMERCIALIZADOS EN EL PAIS**FERTILIZANTES FOSFATADOS ⁽¹⁰⁾

PRODUCTO	% Calcio	% Fósforo
Fórmula química 0-20-0	30	20
Fórmula química 18-46-0	-	46
Fórmula química 14-40-0	7	40
Fórmula química 16-20-0	11	20
Fórmula química 16-16-0	3	16
Fórmula química 10-30-10	5	30
Fórmula química 12-24-12	4	24

Nota: En la Fórmula química se codifican los porcentajes de los elementos: Nitrógeno (N) en la primera posición, Fósforo (P) en la segunda, y Potasio (K) en la tercera; así, la Fórmula química 18-46-0, contiene 18% de Nitrógeno, 46% de Fósforo y 0% de Potasio.