

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María

FACULTAD DE AGRONOMIA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“EVALUACION DE FERTILIZANTES FOSFO-HUMICOS Y
DETERMINACION DEL COEFICIENTE APARENTE DE
USO EN SUELOS RESIDUAL Y ALUVIAL EN SOYA
(*Glycine max* (L) Merrill) EN INVERNADERO”**

TESIS

Para optar el Título de:

INGENIERO AGRONOMO

Jorge Meléndez Sifuentes

PROMOCION I – 1996

“Unasinos, camino a la excelencia”

**TINGO MARIA – PERU
1999**



DEDICATORIA

A DIOS:

Divino creador de todo lo que existe,
quien me dio la vida y me dotó de
inteligencia para poder conseguir
uno de mis mayores anhelos.

A MI HIJA

Sharol Nathaly Meléndez Silva,
con mucho amor, la esperanza de
mi vida e impulso para poder
alcanzar las metas trazadas.

A MI MADRE

Nieves Sifuentes H., con mucho
amor y cariño, mi reconocimiento
grato y eterno por el sacrificio que
hizo por brindarme todo su apoyo
para ser lo que soy.

AGRADECIMIENTO

- A La Universidad Nacional Agraria de la Selva ALMA MATER, Docentes de Departamento Académico de Ciencias Agrarias que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Laboratorio de Suelos, Semilla y Nutrición de la Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María.
- Al Ing. HUGO HUAMANI YUPANQUI, patrocinador del presente trabajo de investigación.
- Al Ing. JOSE LOAYZA TORRES, por ceder un espacio en el Zoocriadero para la instalación del presente trabajo.
- Al Sr. ZOCIMO PUJAY CAMPO, por su valiosa colaboración en los análisis de fertilizantes, suelos y plantas.
- A ENITH AVELLANEDA por su colaboración en los análisis de fertilizantes.
- A mis amigos y a todas aquellas personas que de una u otra manera han contribuido en la realización del presente trabajo de investigación.

INDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCION.....	9
II. REVISION DE LITERATURA.....	11
2.1 El fósforo	11
2.2 El fósforo en suelos ácidos.....	12
2.3 Mineralización de los fosfatos orgánicos.....	14
2.4 Factores que influyen en la adsorción de fosfatos en los suelos...	15
2.5 Roca fosfatada bayovar.....	18
2.6 Efecto de la roca bayovar comparada con otras fuentes fosfata- das.....	19
2.7 Acción de las rocas naturales en el suelo.....	21
2.8 Absorción de fósforo por las plantas.....	22
2.9 Coeficiente aparente de uso (C.A.U.)	25
2.10 El humus de lombriz.....	27
III. MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1 Ubicación y duración del experimento.....	30
3.2 Análisis inicial de suelos.....	30
3.3 Componentes en estudio.....	32
3.4 Tratamientos en estudio.....	33

3.5	Diseño experimental.....	34
3.6	Ejecución del experimento.....	36
3.7	Determinación de las observaciones registradas.....	37
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	44
V.	CONCLUSIONES.....	83
VI.	RECOMENDACIONES.....	85
VII.	RESUMEN.....	86
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	88
IX.	ANEXO.....	93

INDICE DE CUADROS

Cuadros

	Pág.
1. Análisis del componente (%) de la roca concentrada de bayovar...	18
2. Concentración de nutrientes en %.	25
3. Análisis físico químico de los suelos experimentales.....	31
4. Proporciones de roca bayovar y humus utilizado en la preparación de los fertilizantes fosfo-húmicos.....	32
5. Descripción de los tratamientos en estudio.....	33
6. Análisis de variancia para los parámetros en comparación.....	34
7. Resultado del análisis químico de fertilizantes fosfo-húmicos.....	44
8. Cuadrados medios para la materia seca radicular y parte aérea (g/ maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (C.A.U.) (%).....	50
9. Cuadrados medios de los efectos simples de los factores en estudio para la materia seca de la parte radicular ,aérea (g/maceta), ab- sorción de fósforo (mg/maceta) y el coeficiente aparente de uso (%)...	52
10. Prueba de Duncan para el efecto fertilizante fosfo-húmico en los de caracteres materia seca radicular y aérea (g/maceta), absorción fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso.....	56

11. Prueba de Duncan para el efecto nivel de anhídrido fosfórico P_2O_5 en los caracteres materia seca radicular y aérea (g/maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).....	58
12. Prueba de Duncan para el efecto tipo de suelo en los caracteres materia seca radicular, aérea (g/maceta), absorción de fósforo(mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).....	60
13. Prueba de Duncan para el efecto de la interacción nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5) por tipo de suelo en los caracteres materia seca radicular y aérea (g/maceta), y coeficiente aparente de uso (%).....	63
14. Prueba de Duncan para el efecto de la interacción fertilizante fosfórico por tipo de suelo en los caracteres materia seca radicular y aérea (g/maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).....	65
15. Prueba de Duncan para el efecto de la interacción fertilizante fosfórico por nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5) en los caracteres materia seca radicular y aérea (g/maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).....	71
16. Prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto de los tratamientos en estudio en el carácter coeficiente aparente de uso del fósforo (%).....	72
17. Análisis final del suelo para la determinación de fósforo disponible (ppm.).....	81

INDICE DE FIGURAS

Figura

Pág.

01. Efecto de los fertilizantes fosfo-húmicos con el nivel 100, 150 y 200 ppm.de anhídrido fosfórico (P_2O_5) en altura de planta en un suelo residual.....	46
02. Efecto de los fertilizantes fosfo-húmicos con el nivel 100, 150 y 200 ppm.de anhídrido fosfórico (P_2O_5) en altura de planta en un suelo aluvial.....	47
03. Comportamiento del coeficiente aparente de uso (C.A.U.) de los fertilizantes fosfo-húmicos en un suelo aluvial y un suelo residual).....	75
04. Efecto de la fertilización fosfo-húmica en la materia seca radicular, parte aérea y el coeficiente aparente de uso (%) en un suelo – residual.....	77
05. Efecto de la fertilización fosfo-húmica en la materia seca radicular, parte aérea y el coeficiente aparente de uso (%) en un suelo – aluvial.....	78

I. INTRODUCCION

La fabricación de un sin número de agroquímicos como son los diferentes pesticidas y fertilizantes artificiales, que si bien controlan las plagas y enfermedades que se presentan en los cultivos y elevan la productividad, perjudican la salud del suelo, contaminando el medio ambiente y por ende a las plantas, animales y al hombre.

La conservación del medio ambiente es una de las preocupaciones a nivel mundial, el desequilibrio ecológico que se ha ocasionado debido al uso de productos químicos, hoy en día se está tratando de corregir y es por eso que el mercado internacional se encuentra abierto para productos obtenidos de cultivos orgánicos, es decir, en el que no se hayan empleado productos químicos artificiales en su producción.

El descubrimiento de una serie de yacimientos de roca fosfatada y el bajo costo de aplicación de estos fosfatos en comparación con otras fuentes, han originado en estos últimos años en América Latina se le haya dado un especial interés al estudio de su eficiencia y utilización, es decir que se han realizado trabajos experimentales para estudiar el efecto que tienen las rocas fosfatadas en diferentes tipos de suelos y cultivos. Y, en su afán de querer ir disminuyendo el uso de fertilizantes artificiales y tratar de encontrar una mayor efectividad de la

fertilización fosfórica se han probado mezclas a base de fertilizantes fosfatados altamente solubles con rocas fosfatadas naturales.

Somos conocedores de que el humus produce acidez, que disuelve a los fosfatos minerales no utilizables por las plantas, haciéndolos un poco más solubles y a la vez disponibles para que de esta manera puedan ser asimilados.

Los fertilizantes inorgánicos en el suelo sufren una serie de transformaciones conocidas como “ciclos”, una parte de los nutrientes es asimilado por las plantas cultivadas y otra parte se pierde en diferentes formas o se convierten en formas pocos solubles. La parte de fósforo que es aprovechado es conocido como el coeficiente aparente de uso (C.A.U.) valor que depende de factores como tipo de fertilizantes, suelo, cultivo, clima, etc.

Considerando el valor del coeficiente aparente de uso como la base para determinar los parámetros de abonamiento y evitar el uso de escalas traídos de otras latitudes, se consideró necesario la ejecución del experimento con los siguientes objetivos:

1. Evaluar la solubilidad de un preparado de fertilizantes fosfo-húmico.
2. Determinar el coeficiente aparente de uso (C.A.U.) de los fertilizantes preparados en un suelo residual y aluvial.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. EL FOSFORO.

2.1.1 El fósforo en la planta.

Su misión es la transportar energía, es el segundo nutriente vegetal crítico, que la planta lo contiene en una proporción diez veces menor al del nitrógeno (23).

En forma general, el núcleo de cada célula de la planta contiene fósforo por lo que la división y crecimiento celular depende de adecuadas cantidades de este (22,23).

2.1.2 El fósforo en el suelo.

El ciclo del fósforo en los suelos representa tan solo una parte del que cumplen en la naturaleza. Es relativamente estable en los suelos. No presenta compuestos inorgánicos, como los nitrogenados que pueden ser volatilizados y altamente lixiviados, ésta estabilidad resulta de una baja solubilidad, lo que a veces causa una deficiencia en la disponibilidad del fósforo por las plantas (17).

El fósforo en la capa arable del suelo es aproximadamente 0.12% de su peso, del cual una infinitésima parte está disponible para las plantas (17).

2.2. EL FOSFORO EN SUELOS ACIDOS.

El contenido total de fósforo en estos suelos tropicales es relativamente bajo. En suelos minerales de áreas templadas varía entre 0.02 y 0.08% y un promedio que gira alrededor de 0.05%. Los contenidos de fósforo en suelos tropicales son muy variables 18 mg/Kg. en oxisoles y ultisoles en Venezuela y de 2300 mg/Kg., en el caso de suelos derivados de cenizas volcánicas. Los grandes rangos en el contenido en fósforo total se debe a la heterogeneidad de las rocas parentales, al desarrollo de los suelos y a otras condiciones edafológicas y ecológicas. El valor de fósforo total en los suelos de áreas tropicales parece estar ligado al contenido de materia orgánica en ellos, y con su evolución pedológica. Al aumentar la concentración de materia orgánica y fosfatos orgánicos en los suelos se obtiene una mayor cantidad de fósforo total (17).

En los suelos minerales ácidos el complejo de intercambio contiene apreciables cantidades de aluminio adsorbido y pequeñas pero significativas de hierro y manganeso que al combinarse con los fosfatos forman compuestos insolubles (4).

La fijación del fósforo resulta de la adsorción de iones fosfato sobre el complejo coloidal del suelo y de la precipitación del fosfato de calcio, hierro y

aluminio del tipo de las apatitas ($\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$), strengita ($\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), variscita ($\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y otros factores complejos. Otro fenómeno de adsorción es la sustitución de iones de $\text{HPO}_4^{=}$ o H_2PO_4^- por SiO_4 en la estructura de los minerales de arcilla. La fijación de los fosfatos solubles es más grave en los suelos ácidos que en los suelos que han sido encalados llevándolos a una cifra del pH próximo a la neutralidad (14).

El fósforo en el suelo desde el punto de vista de nutrición de las plantas se clasifican en:

1. **Fósforo en la solución suelo.-** Es el fosfato disuelto en la solución.
2. **Fósforo intercambiable, adsorbido o lábil.-** Es el retenido débilmente en el coloide, de manera que entra en rápido equilibrio con el fosfato de la solución suelo.
3. **Fósforo no intercambiable, no disponible, no lábil, insoluble o fijado.-**
Es el que se encuentra retenido fuertemente al suelo y puede ser liberado muy lentamente a la forma intercambiable (37, 38).

El fósforo se presenta en el suelo casi exclusivamente como ortofosfato y todos los compuestos son liberados del ácido fosfórico (H_3PO_4), los fosfatos en el suelo se pueden dividir en dos grandes grupos: inorgánicos y orgánicos (17).

En forma general se ha observado que el contenido de fósforo inorgánico en los suelos es casi siempre mayor que el fósforo orgánico (38).

2.3. MINERALIZACION DE LOS FOSFATOS ORGANICOS.

Se desarrolla a partir de los compuestos polimerizados (nucleoproteínas), se forman compuestos más simples (proteínas y ácidos nucleicos) y así liberan ácido fosfórico (17).

Los microorganismos participan de manera muy importante en la mineralización; se han encontrado más o menos 30 especies predominantes. Entre las bacterias; *Serratia corollera* var. phosphaticum, *Bacillus megatherium* var. phosphaticum, *B. mesentericus*, *B. vulgatus*; *B. subtilis*. Levaduras: *Rodeentelaria mucilaginoso*. Hongos: *Saccharomyces ellipsoideus*. Estos microorganismos habitan en la rizósfera y producen la liberación de iones de fosfato que son aprovechados directamente por las plantas. La actividad microbiana es afectada por diferentes factores, entre los que destacan: Temperatura, humedad y reacción del suelo (pH).

Al aumentar el fósforo disponible, la población microbiana se desarrolla considerablemente, lo cual lleva a la inmovilización del fósforo. En condiciones de campo se producen fases de mineralización inmovilización alternas; como producto final se espera una liberación del fósforo y una mejora en su disponibilidad (Blasco, 1974), citado por (17):

A través de la materia orgánica se puede liberar alta cantidad de fósforo en la solución del suelo, lo que es de gran importancia en la nutrición vegetal (17).

(Acquayi,1963); encontró que las aplicaciones de nitrógeno y fósforo aumentan la mineralización del fosfato orgánico, estos efectos pueden atribuirse al establecimiento por medio de la fertilización de un medio favorable para los microorganismos del suelo encargados de la mineralización (33).

2.4.. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADSORCION DE FOSFATOS EN LOS SUELOS.

a. Influencia de la reacción del suelo (pH) en la asimilación de fosfatos.

La reacción del suelo es un factor decisivo para el aprovechamiento de los fosfatos, de él depende la existencia de diferentes fosfatos, el fosfato dicálcico, más fácilmente aprovechable, existe sólo entre pH 6.0 - 7.8, por debajo del pH 6.0 aumenta la solubilidad de los compuestos de hierro y aluminio, formando fosfatos de estos que son insolubles y por arriba de pH 7.5 se forma el fosfato tricálcico que es prácticamente insoluble (37).

b. Arcillas.

Trabajos realizados indican que la adsorción o fijación de fosfatos presenta correlaciones con el tipo de arcilla indicando que el fosfato es retenido en mayor extensión por la arcilla tipo 1:1 (caolinita) sobre el tipo 2:1 (montmorillonita). Esto se debe principalmente a las presencias de hidróxidos de hierro y aluminio en suelos que predominan arcillas del primer tipo (38).

Hay una estrecha relación entre la capacidad de fijación de fósforo y el contenido de arcillas. Al aumentar el contenido de arcillas aumenta la máxima capacidad de adsorción de fósforo (17).

c. Materia orgánica.

Al aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo aumenta la cantidad de la máxima capacidad de adsorción del fósforo (17).

d. Óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio.

Los óxidos e hidróxidos de hierro de aluminio son responsables directos de una buena parte de la fijación del fósforo (17).

En los suelos de la puna de Ayacucho se encontró una asociación positiva y significativa entre la fijación del fósforo y el aluminio cambiante (9).

En los suelos ácidos el aluminio intercambiable reacciona con los fosfatos y forman $\text{Al}(\text{OH})_2\text{H}_2\text{PO}_4$. Los suelos que tienen alto contenido de hierro y aluminio como los ultisoles y oxisoles tienen alta fijación de fósforo, en tanto los suelos menos ácidos tienen menor capacidad de fijación (33).

e. **Carbonato de calcio (calcáreo).**

La actividad del fósforo será menor en aquellos suelos que tienen una alta actividad de calcio, una gran cantidad de CaCO_3 finamente dividido y una gran cantidad de arcilla saturada en calcio. Por lo tanto la concentración o actividad del fósforo en la solución del suelo, en suelos alcalino o calcáreos sería ampliamente gobernado por tres factores: actividad de calcio, cantidad y tamaño de partículas de CaCO_3 libre en el suelo y cantidad de arcilla saturada con calcio (14,38).

2.5. ROCA FOSFATADA BAYOVAR.

Los principales yacimientos de fosfatos naturales del Perú se localizan en Sechura, con una reserva con 10 millones de toneladas métricas, siendo uno de los más importantes de la cuenca del Pacífico. Es un abono simple fosfatado cuya ley varía de 28 a 36% de P_2O_5 , con un 13.09% de fósforo (41).

Propiedades físicas.

La roca mineral extraída de los yacimientos es partida y triturada, luego es enriquecida por flotación y finamente molida para pasar a través de tamices, de reacción alcalina y su densidad aparente es de 1.3 g./cc (30).

Propiedades químicas.

Es la fuente de fósforo utilizada en la industria y en la agricultura, tiene la composición de $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$, donde X puede ser F, Cl, OH ó CO_3 . El mineral más

frecuente es el apatito "*Fluor-apatito*" $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2\cdot\text{CaF}_2$ (22). En el Cuadro 1 se presenta las características del concentrado bayovar. La actividad del fósforo en la solución del suelo, en suelos alcalino o calcáreos sería ampliamente gobernado por tres factores: actividad de calcio, cantidad y tamaño de partículas de CaCO_3 libre en el suelo y cantidad de arcilla saturada con calcio (14,38).

Cuadro 1. Análisis del componente (%) de la roca concentrada de bayovar.

COMPONENTE	CONTENIDO (%)
* BPL ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$)	66.00
P_2O_5	30.00
CaO	47.00
K_2O	0.17
Na_2O	1.5
CO_2	3.60
SiO_2	2.90
SO_3	4.15
Mg	0.17
Al_2O_3	0.18
Fe_2O_3	0.65
F	3.05
C_2	0.06
TiO_2	0.06

* BPL : Bone phosphate lime.
 : Procedente de los yacimientos de Sechura.
 Fuente : Laboratorio Analítico Unidad bayovar.

La roca bayovar es un fertilizante de baja solubilidad ya que se incluye en aquellos que son solubles en citrato, pero tienen menos del 5% de su fósforo en forma soluble en agua (40).

Las mezclas de roca bayovar con humus de lombriz también son consideradas como fertilizantes de baja solubilidad, ya que en un trabajo realizado con la finalidad de evaluar la solubilidad de las fuentes fosfatadas mezcladas con humus se concluye que estas en diferentes proporciones pertenecen a los fertilizantes de baja solubilidad (3).

2.6. EFECTO DE LA ROCA BAYOVAR COMPARADO CON OTRAS FUENTES FOSFATADAS.

Efecto es el resultado de una causa. La roca fosfórica bayovar es considerada como fuente alternativa para contrarrestar los efectos negativos que ocasionan los altos contenidos de aluminio en suelo. Además de ser una fuente que se comporta como material encalante tiene la ventaja de presentar un alto contenido de fósforo (30% del P_2O_5) el cual se va haciendo soluble a través del tiempo, evitando de esta manera la precipitación del fósforo por efecto del aluminio presente en el suelo. De esta manera permite si no solucionar, disminuir más que notablemente, los dos principales problemas que presenta la gran mayoría de los suelos del trópico, los cuales son: los altos contenidos de aluminio llegando

a niveles tóxicos, por un lado, y la pobreza declarada en fósforo que presentan estos suelos (39).

El empleo de rocas fosfatadas en condiciones de acidez del suelo libera formas asimilables de fósforo en la solución suelo, se ha comprobado que el comportamiento de la roca bayovar es similar al de los superfosfatos en condiciones de acidez del suelo con una buena proporción de materia orgánica (23).

Las fuentes solubles en agua llevan a un aumento notable en la concentración de H_2PO_4^- en la solución suelo y a la subsiguiente transformación en formas insolubles. Las fuentes de baja solubilidad y velocidad de disolución no siempre conducen al aumento de cosechas deseadas (16).

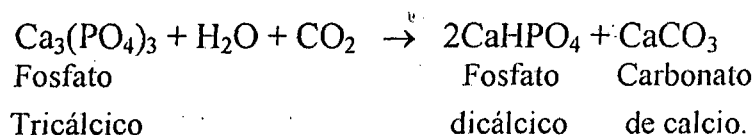
Los fertilizantes solubles se obtienen por acidulación de rocas fosfatadas con ácido sulfúrico entre ellos tenemos: ácido fosfórico (H_3PO_4 , 55% de P_2O_5), los superfosfatos (simples entre 16 y 20% de P_2O_5 y triples entre 46 y 50% de P_2O_5), estos son los fertilizantes de mayor producción y consumo mundial. También tenemos los fosfatos amónicos que son altamente solubles en agua (3.82 mol/litro y 2.87 mol/litro) y los nitrofosfatos cuya solubilidad es de 60-70% variando de acuerdo a las técnicas de fabricación (16).

En los últimos años se han realizados trabajos aplicando mezcla de fuentes: superfosfato y la disolución lenta de la roca fosfatada, con efecto residual, teniendo como resultados efectos bajos en el primer cultivo (16).

En un suelo pobre de fósforo en Alemania, se estudió la respuesta de plantas de avena a fertilizaciones con fosfato de Sechura, usando dos muestras tomadas a diferentes profundidades, aplicada en forma natural o finamente molida a menor de 60 micrones comparándola con la respuesta a otras fuentes fosfatadas, comprobó que el fosfato de Sechura no alcanzó al del superfosfato, ni de escorias Thomas, pero es comparable con el hiperfosfato y sobrepasa al fosfato de Marruecos. Así mismo se comprobó que el fosfato de Perú finamente molido, logra una cosecha más alta que el no pulverizado, indicando así el tamaño de partículas en el efecto de las rocas fosfatadas (16).

2.7. ACCION DE LAS ROCAS NATURALES EN EL SUELO.

Cuando el fosfato tricálcico (contenido en la roca fosfatada), se añade a un suelo cuyo pH es de 6.0 – 7.5 se transforma en fosfato dicálcico por la acción combinada de la hidrólisis y la carbonatación (causado por CO₂ del suelo), mediante la siguiente conversión:

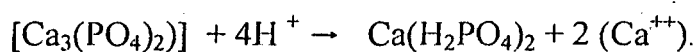


El fosfato dicálcico es fuente principal de fósforo para la nutrición vegetal, su solubilidad es relativamente baja que asegura a la planta una provisión satisfactoria de fósforo, los numerosos ácidos orgánicos que normalmente se encuentran en el suelo, diversas sales amónicas, ciertos constituyentes húmicos y la actividad de los microbios del suelo, lo hacen más soluble.

Las rocas fosfatadas son más reactivas en suelos ácidos y es mejor para suelos que fijan cantidades de fósforo (33).

La reacción de las rocas fosfadas en suelos minerales ácidos es como sigue (Chu et al, 1962) citado por (31).

(Roca fosfatada) + (Arcilla) → (Acidulación R.F.) → (Liberación-P) +



2.8. ABSORCION DE FOSFORO POR LAS PLANTAS.

Las plantas absorben el fósforo del suelo en forma de ácido fosfórico el cual es utilizado como fuente de energía muy importante en todos los procesos bioquímicos (16).

El crecimiento de las plantas exige un paso continuo de los iones o nutrientes del suelo a la planta. Los iones de la fase sólida, bien sea de las partículas cristalizadas y a partir de los coloides pasa la solución del suelo donde están en contacto con la superficie radical y pueden ser absorbidos por las plantas.

Se conoce que la disponibilidad de captar el fosfato de las rocas fosfatadas molidas depende del ciclo vegetativo de las plantas (39).

La absorción del fósforo se ve afectada por el tamaño de partícula y el tipo de fertilizantes, así en un suelo ácidos en Junín la roca bayovar bruta molida a mano 270 mesh y una mezcla de superfosfato simple con roca bruta bayovar 50:50 se obtuvo una mayor absorción con una dosis de fósforo de 160 y 240 ppm. a base de superfosfato simple y la mezcla. Los valores de absorción fueron: parte aérea (0.094-0.132 %), parte radicular (0.075-0.113%) y tubérculos (0.104-0.150%), la absorción total fue de 8,723 y 13,100 mg de fósforo por maceta (6).

El aprovechamiento de fósforo proporcionado por los abonos fosfóricos depende el tipo de cultivo. En cebada y alfalfa sembrada en la Molina se determinó que las raíces de alfalfa tienen mayor capacidad de aprovechamiento de fósforo de difícil solubilidad (hiperfosfato – roca fosfatada GAFSA-FAX), dando valores promedios de 0.21% de fósforo, absorbido mientras que el testigo rindió 0.16% de fósforo. Asimismo la alfalfa utilizó de manera similar las diferentes fuentes fosfatadas aplicadas. En cebada la solubilidad de fósforo afecta el desarrollo de la planta, la mejor forma fue con superfosfato y la menos utilizable fue el hiperfosfato, la diferencia de respuesta se atribuye a la diferente capacidad de cambio de las raíces de alfalfa y cebada, ya que el factor afecta al aprovechamiento del fósforo contenido en el hiperfosfato (26).

Las condiciones del pH del suelo afectan el comportamiento de la roca, así cuando en un suelo ácido de Pucallpa, se estudió el efecto de cinco niveles de fósforo 200, 400, 600, 800 y 1000 ppm, cinco tamaño de partículas 65, 100, 150, 200, 270 mesh, cinco niveles de encalado 0, 0.5, 1.0, 1.5 y 2.0 meq. CaO/100 g., cinco tiempos de incubación 0, 1, 2, 3 y 4 meses, sobre la absorción de elementos nutritivos en la parte aérea del sorgo, la disponibilidad del fósforo del suelo y la concentración de fósforo foliar afectadas de manera similar con el tiempo de incubación de la cal y la roca fosfórica. Hubo un efecto negativo de la interacción P-Cal sobre el fósforo disponible en ambos horizontes, así como sobre el rendimiento de materia seca en el horizonte B₂, obteniéndose rendimientos óptimos con 0.5 meq. de cal y 700 ppm de fósforo incubando al suelo durante dos meses con roca bayovar de 150 mesh. El contenido de fósforo foliar fue afectado positivamente por la aplicación de fósforo en el horizonte A₂. La mejor concentración de fósforo foliar se logró con 700 ppm de fósforo en el horizonte B₂. Las partículas de 150 y 200 mesh afectaron favorablemente la concentración de fósforo en la parte aérea del sorgo (14).

De acuerdo a la absorción de los principales nutrientes la concentración de estos pueden ser interpretados de manera como se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Concentración de nutrientes en %.

Elemento	Deficiente o Muy escasa.	Baja	Suficiente o Media	Alta	Excesiva o muy alta (a veces tóxica)
N	< 3.25	3.25 - 4.00	4.01 - 5.50	5.51 - 7.00	> 7.00
P	< 0.16	0.16 - 0.25	0.26 - 0.50	0.51 - 0.80	> 0.80
K	< 1.25	1.25 - 1.70	1.71 - 2.50	2.51 - 2.75	> 2.75

Fuente: PECK, 1979.

2.9. COEFICIENTE APARENTE DE USO (C.A.U.).

Cuando se aplica al suelo cierta cantidad de fósforo, se obtiene normalmente un suplemento de cosecha con relación al testigo, puede considerarse que el fósforo recuperando en el excelente de la cosecha proporciona la medida de fracción del abono aportado que ha absorbido la planta.

Se denomina coeficiente aparente de uso a la siguiente ecuación:

$$\text{C.A.U.} = \frac{\text{Fósforo en el excedente de la cosecha}}{\text{Fósforo aportado al suelo}} \times 100$$

Sin embargo, no debe olvidarse que el fósforo extraído por la planta procede de las reservas del suelo como del abono. El cálculo antes citado supone implícitamente que en la comparación efectuada la parte del suelo queda igual, o sea que la planta funciona ante el suelo en las mismas condiciones en presencia o ausencia de abono, lo cual no es rigurosamente exacto (7).

La fracción de fósforo absorbido por la planta es relativamente poco, y en condiciones normales del cultivo raramente absorbe más del 20 al 30% de la cantidad que suministra los fertilizantes (1).

La eficiencia del cultivo en la utilización de los fosfatos añadidos en los fertilizantes rara vez excede el 20% (37).

En un trabajo realizado con la finalidad de determinar el coeficiente aparente de uso de fertilizantes fosfatados de diferente solubilidad (roca bayovar, bayomix, superfosfato triple de calcio) mezclado con humus incubados por 15 y 30 días aplicando 150 ppm de anhídrido fosfórico (P_2O_5) por maceta en el cultivo de maíz en un suelo fuertemente ácido, se encontró que los coeficientes aparentes de uso de las muestras incubadas por 30 días son: Roca bayovar 75 – humus 25 (10.33%), roca bayovar 50 – humus 50 (11.68%), roca bayovar 25 – humus 75 (9.04%), roca bayovar 100 – humus 0 (4.52 %), super triple 75 – humus 25 (16.27%), super triple 50 – humus 50 (20.70%), super triple 25 – humus 75 (16.18%), super triple 100 – humus 0 (10.47%), bayomix 75 – humus 25 (12.62%), bayomix 50 – humus 50 (12.76%), bayomix 25 – humus 75 (11.42%), bayomix 100 – humus 0 (10.31%), y humus 100 (12.62%). De los resultados de este trabajo se concluye que el humus influye positivamente en el coeficiente aparente de uso del fósforo al ser mezclados con roca bayovar, bayomix y superfosfato triple de calcio y que a los 15 días la mezcla bayomix con humus registra el mayor

coeficiente aparente de uso, mientras que la roca bayovar y super triple con humus registran el mayor coeficiente aparente de uso a los 30 días (35).

En un trabajo realizado en Tingo María con la finalidad de evaluar el efecto de tres fertilizantes fosfóricos (Roca fosfórica super triple y super simple) y de determinar su coeficiente aparente de uso en dos suelos de pH 4.6 y 7.1 en dos cultivos (soya y maíz), con tres niveles de fertilización (50, 100 y 200 ppm de P_2O_5). De los resultados de este trabajo se concluye, en cuanto al coeficiente aparente de uso en dos suelos de pH 4.6 y 7.1 en dos cultivos (soya y maíz), con tres niveles de fertilización (50, 100 y 200 ppm de P_2O_5). De los resultados de este trabajo se concluye, en cuanto al coeficiente aparente de uso para el cultivo de soya es de 9.06 en un suelo ex cocal y 7.24 en un suelo aluvial, mejorando para el cultivo de maíz 17.51% en un suelo aluvial y 9.39% en un suelo ex cocal. Referido a los niveles los mayores coeficientes aparentes de uso para el efecto inmediato (soya) se obtuvieron en el orden de $100 > 50 >$ en ambos suelos, para el efecto residual (maíz) los coeficientes disminuyeron a medida que los niveles de fósforo aumentaran en ambos suelos. Referente a los suelos se han encontrado coeficiente aparentes de uso de 13.43 % para el suelo degradado y 24.71% para el suelo aluvial (20).

2.10. EL HUMUS DE LOMBRIZ.

Es una mezcla compleja de sustancias coloidales que aparecen como resultado de la modificación, neoformación, obtenido por la actividad de las

lombrices sobre los desechos orgánicos, estos procesos de degradación se producen en forma acelerada. Debido a su estabilidad, actúa como uno de los fertilizantes de mejor calidad, con efecto en el sustrato hasta 5 años, por su alto porcentaje de ácidos húmicos y huminas forman compuestos disponibles (29).

La adición de compuestos húmicos produce un intercambio iónico fijándose humus en los sesquióxidos de fierro y aluminio que desprenden ácido fosfórico a la solución suelo, de donde es absorbido por las raíces, ya que los iones fierro y aluminio, se precipitan, no pudiendo actuar sobre el H_2PO_4 (27).

La materia orgánica tiene una acción benéfica en producen mayor fósforo disponible en el suelo y que puede ser aprovechado por los cultivos, es atribuida su bondad debido a la acción de ciertos productos formados como consecuencia del metabolismo causado por la descomposición microbiológica, cuyos productos forman moléculas complejas estables de fierro y aluminio, que son los responsables para la fijación del fósforo en suelo ácidos y liberar así el fósforo fijado (13).

Trabajos realizados en avena, mostaza y girasol registran mayor desarrollo de plantas cuando los suelos contenían microorganismos como consecuencia de la

El humus ejerce una acción general estimulante en la nutrición mineral de los vegetales, contribuyendo a una mayor extracción de los elementos minerales

indicando que la relación entre abono orgánico y el mineral; el primero mantiene un elevado nivel de productividad en el suelo y el segundo sirve para conservar las reservas del suelo mediante la restitución de los elementos extraídos por los cultivos, siendo ambos complementarios (11). En el Cuadro 26 del anexo presentamos los análisis de algunas propiedades físicas del humus de lombriz, producido en Tingo María, utilizando sustrato en condiciones de invernadero (25).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACIÓN Y DURACION DEL EXPERIMENTO.

El presente trabajo se realizó en el Zoocriadero de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, en la Región de Andrés Bello Cáceres, cuyas coordenadas geográficas son: Longitud 75°57'07", latitud 09°07'05", altitud 660 m.s.n.m., temperatura media 24,9°C, precipitación promedio anual 3200 mm. y humedad relativa 85%. Ecológicamente se considera como bosque muy húmedo sub-tropical.

El experimento comenzó el 20 de marzo de 1996 culminando el 30 de julio de 1996 teniendo una duración de 4 meses y 10 días.

3.2. ANALISIS INICIAL DE SUELOS.

El análisis físico químico de suelos se muestran en el Cuadro 3 cuyas características físico-químicas nos demuestran que:

Suelo residual.- Se trata de un suelo franco, de reacción (pH) extremadamente ácido con un contenido de materia orgánico medio y contenido de nitrógeno total bajo. El contenido de fósforo y potasio es bajo, la que nos asegura una probabilidad de respuesta a los fertilizantes fosfo-húmicos.

Suelo aluvial.- Se trata de un suelo franco arenoso, de reacción (pH) moderadamente ácido, con un contenido de materia orgánica y nitrógeno total medio. La disponibilidad de fósforo es alto y la de potasio es bajo por lo que se espera una baja probabilidad de respuesta a los fertilizantes fosfo-húmicos.

Cuadro 3. Análisis físico-químico de los suelos experimentales.

Propiedades	Contenido		Método
	Suelo residual	Suelo aluvial	
Composición			
Arena (%)	44.40	72.00	Bouyucos o hidrómetro
Arcilla (%)	21.60	9.60	Bouyucos o hidrómetro.
Limo (%)	34.00	18.00	Bouyucos o hidrómetro.
Clase textural	Franco	Franco arenoso	Triángulo textural
pH (1:1) en agua.	3.40	5.60	Potenciómetro (1:1)
Materia orgánica (%)	2.70	8.00	Walkley – Black
Nitrógeno total (%)	0.12	0.36	% M.O x Fact. 0.045
P disponible (ppm).	6.75	20.84	Olsen modificado
K ₂ O disponible (Kg./H.)	72.00	222.00	Acido sulfúrico 6 N
Ca + Mg (meq./100 g.)	2.50	16.00	EDTA, Versenato
Al + H (meq./100 g.)	1.65	0.20	Yuan
Al (meq./100 g.)	1.40	0.25	Yuan
CIC _c (meq./100 g.)	4.15	----	Suma de Cationes
Sat. Al %	33.73	1.54	
CIC	---	17.40	Acetato de amonio

Fuente: Propia.

3.3. COMPONENTES EN ESTUDIO.

A. Fuente de fertilizantes fosfo-húmicos.

La mezcla de la roca bayovar y humus de lombriz en diversas proporciones como se indica en el Cuadro 4 incubados por 30 días constituyen los fertilizantes fosfo-húmicos.

Cuadro 4. Proporciones de roca bayovar y humus utilizado en la preparación de los fertilizantes fosfo-húmicos.

Roca bayovar (%)	Humus de lombriz (%)	Descripción
70	30	a ₁
60	40	a ₂
50	50	a ₃
40	60	a ₄
30	70	a ₅

B. Niveles de P₂O₅

Se utilizaron los siguientes niveles: b₁ = 100 ppm. , b₂ = 150 ppm. y b₃ = 200 ppm.

C. Tipo de suelo.

c₁ = Suelo residual y c₂ = suelo aluvial.

D. Testigos.

d₁ = suelo residual y d₂ = suelo aluvial.

3.4. TRATAMIENTOS EN ESTUDIO.

Los componentes antes descritos fueron distribuidos de acuerdo a los tratamientos que se describen en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos en estudio.

Trata- Mientos	Mezcla R.bayovar-humus (%)	Nueva Ley P ₂ O ₅ (%)	Niveles de P ₂ O ₅ (ppm)	Mezcla aplicada (mg/maceta)	Tipo de Suelo
a ₁ b ₁ c ₁			100	631.485	Residual
a ₁ b ₁ c ₂			100	631.485	Aluvial
a ₁ b ₂ c ₁			150	947.767	Residual
a ₁ b ₂ c ₂	70 - 30	23.74	150	947.767	Aluvial
a ₁ b ₃ c ₁			200	1263.689	Residual
a ₁ b ₃ c ₂			200	1263.689	Aluvial
a ₂ b ₁ c ₁			100	669.643	Residual
a ₂ b ₁ c ₂			100	669.643	Aluvial
a ₂ b ₂ c ₁	60 - 40	22.40	150	1004.464	Residual
a ₂ b ₂ c ₂			150	1004.464	Aluvial
a ₂ b ₃ c ₁			200	1339.286	Residual
a ₂ b ₃ c ₂			200	1339.286	Aluvial
a ₃ b ₁ c ₁			100	717.360	Residual
a ₃ b ₁ c ₂	50 - 50	20.91	100	717.360	Aluvial
a ₃ b ₂ c ₁			150	1074.40	Residual
a ₃ b ₂ c ₂			150	1074.40	Aluvial
a ₃ b ₃ c ₁			200	1434.720	Residual
a ₃ b ₃ c ₂			200	1434.720	Aluvial
a ₄ b ₁ c ₁			100	889.820	Residual
a ₄ b ₁ c ₂			100	889.820	Aluvial
a ₄ b ₂ c ₁			150	1349.730	Residual
a ₄ b ₂ c ₂	40 - 60	16.67	150	1349.730	Aluvial
a ₄ b ₃ c ₁			200	1799.640	Residual
a ₄ b ₃ c ₂			200	1799.640	Aluvial
a ₅ b ₁ c ₁			100	959.643	Residual
a ₅ b ₁ c ₂			100	959.643	Aluvial
a ₅ b ₂ c ₁	30 - 70	15.63	150	1439.539	Residual
a ₅ b ₂ c ₂			150	1439.539	Aluvial
a ₅ b ₃ c ₁			200	1919.386	Residual
a ₅ b ₃ c ₂			200	1919.386	Aluvial
d ₁		0.00	0	0.000	Residual
d ₂			0	0.000	Aluvial

3.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.

En el presente trabajo se empleó el experimento factorial 5A x 3B x 2C más dos testigos adicionales en un Diseño Completo al Azar con tres repeticiones donde:

A = Fuente de fertilizante fosfo-húmico.

B = Niveles de P_2O_5 .

C = Tipo de suelo.

Cuadro 6. Análisis de Variancia para los parámetros en comparación.

Fuente de variabilidad	G.L.
Tratamientos	31
Factorial	29
A	4
B	2
C	1
AB	8
AC	4
BC	2
ABC	8
Testigos	1
Factorial vs. Testigos	1
Error experimental	64
Total	95

Modelo aditivo lineal.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\delta)_{ik} + (\beta\delta)_{jk} + (\alpha\beta\delta)_{ijk} + \epsilon_{ijkl}$$

Para:

$i = 1, \dots, a$ fuente de fertilizante.

$j = 1, b$ niveles de P_2O_5 .

$K = 1, c$ tipo de suelo.

$l = 1, r$ repeticiones.

Donde:

Y_{ijkl} = Es la observación a la i -ésima repetición sujeto al k -ésimo tipo de suelo con el j -ésimo nivel de P_2O_5 y con la i -ésima fuente de fertilizante.

μ = Efecto de la media general.

α_i = Efecto de la i -ésima fuente de fertilizante.

β_j = Efecto del j -ésimo nivel de P_2O_5 .

δ_k = Efecto del k -ésimo tipo de suelo.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima fuente de fertilizante con el j -ésimo nivel de P_2O_5 .

$(\alpha\delta)_{ik}$ = Efecto de la interacción entre la i -ésima fuente de fertilizante con el k -ésimo tipo de suelo

$(\beta\delta)_{jk}$ = Efecto de la interacción de j -ésimo nivel de P_2O_5 con el k -ésimo tipo de suelo.

$(\alpha\beta\delta)_{ijk}$ = Efecto de la interacción de la i -ésima fuente de fertilizante con el j -ésimo nivel de P_2O_5 y el k -ésimo tipo de suelo.

ϵ_{ijkl} = Efecto del error aleatorio asociado a dicha observación Y_{ijkl} .

3.6. EJECUCION DEL EXPERIMENTO.

1. Muestreo de suelos.

Los dos tipos de suelo: el suelo residual procedente de la localidad de Santa Rosa de Shapajilla y el suelo aluvial procedente de la localidad de Castillo Grande, fueron tomadas hasta de una profundidad aproximada de 20 cm., los que fueron secados, molidos y tamizados en una malla de 2 x 2 mm.

2. Prueba biológica – ensayo de invernadero.

La prueba biológica se realizó en el invernadero ubicado en el Zoocriadero de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Se colocó 1.5 Kg de muestra de cada tipo de suelo en una maceta de plástico de 2 Kg de capacidad. En total se instalaron 96 macetas (48 con suelo residual y 48 con suelo aluvial), los cuales conformaban los 32 tratamientos con 3 repeticiones cada tratamiento.

Previo a la siembra se realizó la fertilización fosfo-húmica en los niveles de 100, 150 y 200 ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5) con cada uno de los cinco fertilizantes fosfo-húmicos y teniendo en cuenta la ley ($\%P_2O_5$) obtenido en el análisis químico de fertilizante (Ver Cuadro 7) realizados en el laboratorio de suelos.

Los tratamientos fueron distribuidos al azar en el invernadero siguiendo el modelo de diseño bloque completo al azar. La siembra se realizó el 20/04/96

colocando seis semillas de soya de la línea TGX 1437-LD a 1.5 cm. de profundidad y se desahijó a los 4 días de la germinación dejando 3 plantas por maceta.

Los riegos se efectuaron con agua destilada tratando de mantener a los suelos en su capacidad de campo. Cumplidos dos meses desde la siembra se efectuó la cosecha de la parte aérea y radicular de la planta.

3.7. DETERMINACION DE LAS OBSERVACIONES REGISTRADAS.

La determinación de las observaciones registradas se hicieron tanto en el campo, laboratorio y gabinete en dos etapas.

1. Determinación del fósforo total, soluble y disponible en el fertilizante fosfo-húmico con la finalidad de conocer su ley correspondiente de cada uno para poder fertilizar nuestras unidades experimentales de acuerdo a los tratamientos establecidos.
2. Evaluar la respuesta del cultivo de soya a la fertilización fosfo-húmica en los tipos de suelos empleados.

3.7.1 Etapa I.

A fin de conocer la ley de cada uno de los fertilizantes fosfo-húmicos.

a. Análisis químico de los fertilizantes fosfo-húmicos.

Se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

1° Obtención de extractos.

Obtención de extracto para fósforo total.

- Se pesa 1 g. de muestra finamente molida y seca en un matraz de 300 ml. Agregar 50 ml. de agua, 20 ml. de ácido clorhídrico y 5 ml. de ácido nítrico.
- Poner en ebullición 30 minutos en la campana de digestión.
- Se deja enfriar a temperatura ambiente y se diluye con 150 ml. de agua destilada.
- Se hierve durante unos pocos minutos, se transfiere el líquido a un matraz de 500 ml, enrasar y filtrar (12, 31).

Obtención del extracto para fósforo soluble en agua.

- Pesar 1 g. de muestra en un mortero de porcelana, lavar 3 veces con agua destilada (agitar sin moler), vertiendo el lavado en una fiola de 250 ml.
- Agregar más agua destilada y moler el contenido del mortero. Vertir todo el contenido del mortero en la fiola a través de un filtro.
- Repetir esta operación lavado - molienda varias veces, enrasar la fiola a 250 ml con agua destilada (31, 40).

Obtención de extracto para fósforo asimilable.

- Pesar 1 g. de muestra, lavarlo con agua destilada pasando el lavado a través con filtro recogiendo el extracto en un matraz de 500 ml. Luego con una pinza tomar el filtro con el residuo y pasar a un frasco de 250 ml. que contenga 100 ml. de citrato amónico calentado a 65°C. Se cierra el frasco herméticamente y se agita rigurosamente hasta que el filtro se reduzca a pulpa de papel.
- Se lava el embudo con agua destilada recogiendo el agua en el matraz de 500 ml. Al frasco se le agita en un baño de agua calentada de 65°C de forma que haya una dispersión continua de la muestra en la solución de citrato amónico. Exactamente 1 hora después de la adición del filtro al frasco, se pasa todo el contenido de este al matraz de 500 ml.
- Se lava el frasco de 250 ml. con 6 porciones de agua destilada y se añaden al matraz de 500 ml. Se enfría el contenido del matraz hasta temperatura ambiente, se diluye hasta el enrase con agua destilada, se agita para homogenizar y se deja en reposo (31).

Determinación del porcentaje de fósforo a partir de los extractos.

Se pipeteó 2 ml del extracto y se puso en tubos de prueba de 20 ml. Se le añadió 3 ml de solución de bicarbonato de sodio 0.5 M y 5 ml. de solución de metavanadato de amonio, se homogenizó y se dejó para que desarrolle el color por espacio de 30 minutos. Las lecturas se

hicieron en el espectrofotómetro usando la longitud de onda de 470 nm. Los resultados se muestran en el Cuadro 7.

3.7.2. Etapa II.

A fin de evaluar la respuesta del cultivo de soya a la fertilización fosfo-húmica en los tipos de suelo.

a. Altura de planta.

Las evaluaciones se realizaron cada 15 días a partir del día de siembras. Las medidas fueron tomadas con ayuda de una regla. Con los datos promedios de altura de planta se construyeron curvas de crecimiento, ajustados a la función exponencial $Y = Ae^{Bx}$ propuesto por (2).

Donde:

Y = crecimiento final.

A = ritmo de crecimiento.

e = logaritmo neperiano.

B = tasa relativa de crecimiento y

x = tiempo.

b. Materia seca.

La parte aérea y radicular fueron llevados a estufa a 75°C por 48 horas, luego se registró su peso en una balanza de precisión.

c. Fósforo en la planta.

Obtención del extracto.

- Se peso 1g. De materia seca finamente molida, luego se calcinó en una mufla eléctrica a una temperatura de 600°C por espacio de 6 horas.
- Ala muestra calcinada se le atacó por vía seca con 5ml. De ácido nítrico para luego digerirlo en una plancha digestora.
- A la disolución digerida se filtró con papel filtro N° 40, recogiendo el líquido filtrado en un vaso de 50ml.,lo mismo se hizo con el agua destilada que se utilizó en los tres lavados del crisol que contenía la solución digerida.
- Finalmente se obtuvo el extracto vertiendo el líquido filtrado a una fiola volumétrica de 50ml.,enrrasando después con agua destilada la que viene a constituir la solución stock.

Determinación del fósforo total.

- Se pipeteó 2ml. de la solución stock y se les puso en tubos de 10ml.;seguidamente se les añadió 3ml. de bicarbonato de sodio 0.5M y 5ml. de solución de metavanadato de amonio, se homogenizó bien y se dejó que desarrolle el color por 30 minutos.
- Paralelamente se desarrollo una muestra en blanco y se hizo las lecturas en el espectofotómetro usando la longitud de onda de 470nm.

Preparación de la curva.

- De una solución standard de fósforo (50ppm.) se tomaron alicuotas de 0.4, 0.8 y 1.2ml. fueron puestos en tubos de 20ml., agregándoles 1.6, 1.2 y 1.8ml. de agua destilada respectivamente. Luego se les añadió 3ml. de bicarbonato de sodio 0.5M y 5ml. de solución de metavanadato de amonio. Se les homogenizó bien y se le dejó que desarrolle el color por espacio de 30 minutos, luego se hizo las lecturas en el espectrofotómetro usando la longitud de onda de 470nm.

Cálculos:

Se utilizó la siguiente fórmula:

$$\%P = \frac{X \cdot 50\text{ml} \cdot 10\text{ml.}}{Y \cdot 2\text{ml.} \cdot 10000}$$

Donde:

X = ppm. de fósforo en la dilución.

50 ml. = Volumen de dilución ("solución stock").

10 ml. = Volumen empleado para la lectura.

Y = Peso de la muestra seca.

2 ml. = Volumen de la alicuota tomada del stock.

10,000 = Factor de conversión de ppm. a porcentaje.

d. Coeficiente aparente de uso.

La determinación del coeficiente aparente de uso (C.A.U.) se hizo mediante la siguiente fórmula:

$$\text{C.A.U. (\%)} = \frac{\text{Pptcf} - \text{Pptsf}}{\text{Pf}} \times 100$$

donde:

Pf = Fósforo aplicado como fertilizante.

Pptcf = Fósforo en la planta del tratamiento con fertilizante.

Pptsf = Fósforo en la planta del tratamiento sin fertilizante
(testigo).

e. Análisis final de suelos

Los suelos de cada uno de los tratamientos en promedio fueron llevados al Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en donde se analizó el contenido de fósforo disponible empleando el método de Olsen modificado. Los resultados se muestran en el Cuadro 16.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. DEL ANALISIS QUIMICO DE FERTILIZANTES.

CUADRO 7. Resultado del análisis químico de los fertilizantes fosfo-húmicos.

Clave	Cantidad (%)		P ₂ O ₅ Total (%)	P ₂ O ₅ soluble (%)	P ₂ O ₅ asimilable (%)
	Rb	H			
a ₁	70	- 30	23.74	0.042	4.72
a ₂	60	- 40	22.40	0.065	4.51
a ₃	50	- 50	20.91	0.098	4.29
a ₄	40	- 60	16.67	0.122	3.60
a ₅	30	- 70	15.63	0.165	3.42

Fuente : Propia.

Rb = Roca bayovar.

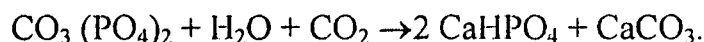
H = Humus de lombriz.

En el Cuadro 7 se observa:

Cuanto mayor es la concentración de roca bayovar y menor la concentración de humus de lombriz en las mezclas (fertilizantes fosfo-húmicos) mayor es el porcentaje de fósforo total y asimilable pero menor es el porcentaje de fósforo soluble en agua.

Es lógico pensar que si la mezcla Roca bayovar-humus, la proporción de roca bayovar fue mayor, ésta por tener más anhídrido fosfórico (P₂O₅) influirá en la riqueza final del fertilizante preparado.

Por otro lado se puede observar que a mayor concentración de humus de lombriz y menor concentración de roca bayovar en las mezclas (fertilizantes fosfohúmicos) mayor el porcentaje de fósforo soluble en agua. Este resultado nos induce a pensar que existe un real efecto solubilizante del humus de lombriz por acción de los microorganismos sobre el fosfato tricálcico contenido en la roca bayovar; este se ve corroborado con lo que afirma (33) que el fosfato tricálcico (contenido en la roca fosfatada), se añade un suelo cuyo pH es de 6.0 – 7.5, se transforma en fosfato dicálcico por acción combinada de la hidrólisis y la carbonatación (causado por el CO₂ del suelo) mediante la siguiente fórmula:



La ganancia de fósforo soluble a medida que va aumentando el contenido de humus en la mezcla podría atribuirse al efecto meteorizante que tiene el humus de lombriz sobre la roca bayovar o también a los efectos de invernadero como son la temperatura y sobre todo la humedad a que están sometidos (16).

Todas las mezclas de roca bayovar con humus pueden estar calificadas como fosfatos poco solubles debido en estos se incluye aquellos que son solubles en citratos, pero tienen menos de 5% de su fósforo en forma soluble en agua (40).

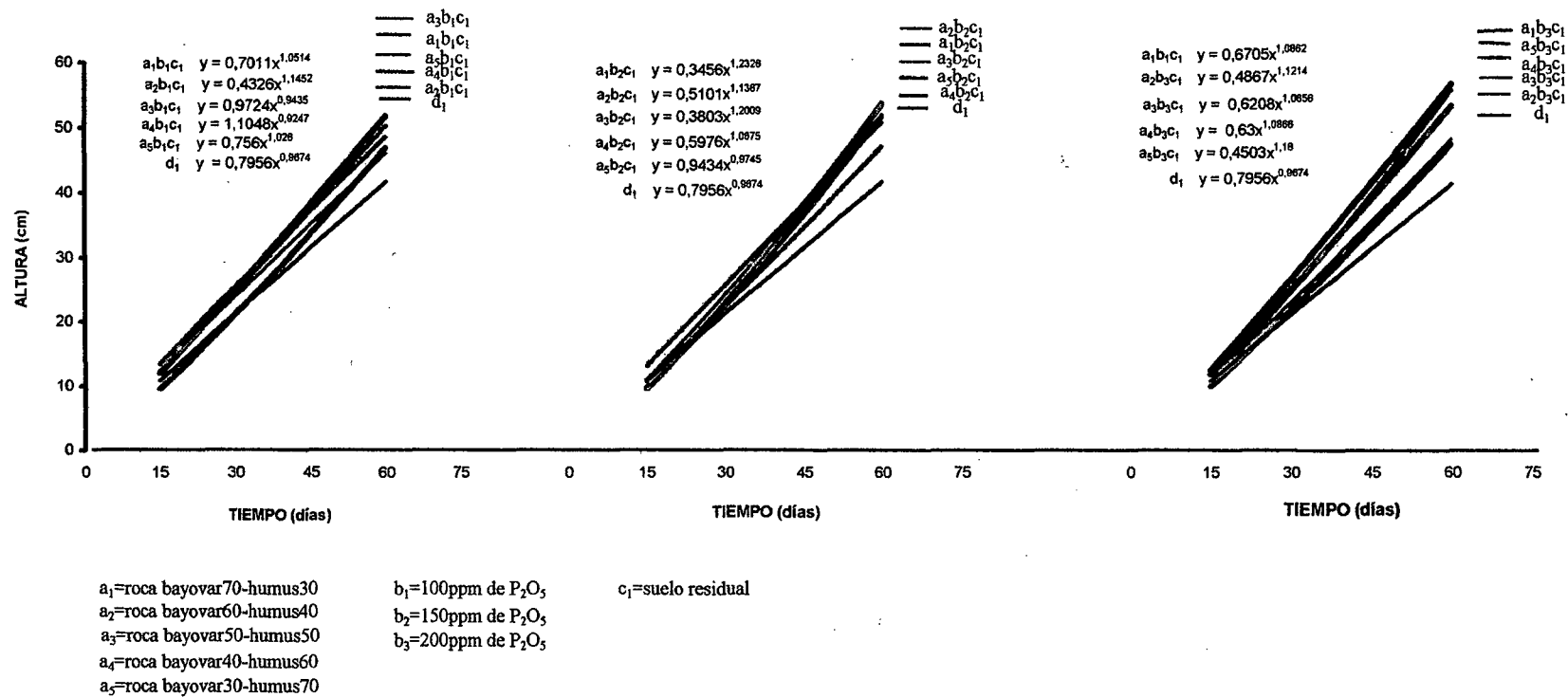


Figura 1. Efecto de los fertilizantes fosfo-húmicos con el nivel de 100, 150 y 200ppm de anhídrido fosfórico (P_2O_5) en la altura de planta en un suelo residual.

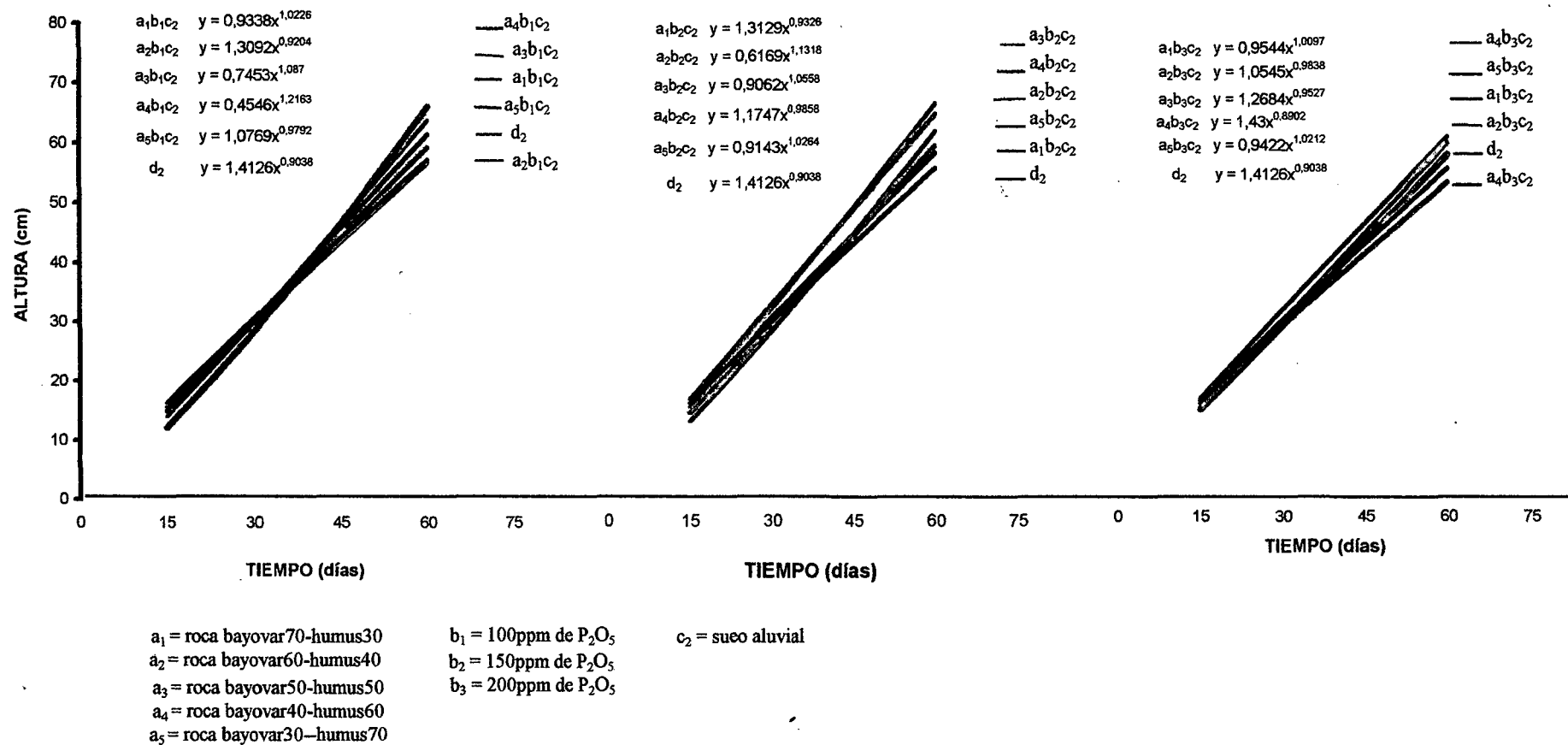


Figura 2. Efecto de los fertilizantes fosfo-húmicos con el nivel 100 , 150 y 200 ppm de anhídrido fosfórico (P_2O_5) en la altura de planta en un suelo aluvial.

4.2. De la altura de planta.

En la Figura 1 se observa que en el suelo residual hubo una respuesta positiva a la fertilización fosfórica, ya que todos los tratamientos fertilizados son superiores al testigo. El fertilizante fosfo-húmico a_1 (roca bayovar 70 – humus 30) en los tres niveles (100, 150 y 200 ppm.) de anhídrido fosfórico (P_2O_5) fue superior a los demás fertilizantes.

La mayor altura de plantas lograda se pudiera deber al mayor contenido de roca bayovar y por lo tanto al mayor contenido de fósforo total (23.74% de P_2O_5), que posee dicho fertilizante, que al reaccionar con los ácidos del suelo haya dado una mayor cantidad de fósforo disponible que fue aprovechado por las plantas y participado en el crecimiento. Este mayor aprovechamiento del fósforo se encuentra corroborado por los resultados del Cuadro 14, donde este fertilizante ocupa el primer lugar en lo que respecta al coeficiente aparente de uso en un suelo residual.

En la Figura 2 se observa que en el suelo aluvial, hubo una menor respuesta a la fertilización fosfórica y en algunos casos tuvo un efecto negativo, ya que el fertilizante fosfo-húmico a_4 (roca bayovar 40 – humus 60) con 200 ppm de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y el a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) con 100 ppm de anhídrido

fosfórico (P_2O_5) dieron resultados menores al testigo. Esta poca respuesta se puede atribuir a las condiciones fisico-químicas (buena fertilización) que posee este suelo, donde para alcanzar una altura de planta adecuada no se necesita la fertilización; pero sin embargo, las plantas absorbieron mayor cantidad de fósforo traducido en una mejor calidad del producto (Cuadro 19 del anexo). Al respecto (10) afirman que se pueden lograr máximos rendimientos de soya en suelos aluviales modernos que generalmente se ubican a lo largo y ambas márgenes de los ríos, que éstas deben ser de franco arenoso a franco arenoso arcilloso, ricos en fósforo y potasio, profundos y con buen drenaje.

4.3. DE LOS ANALISIS DE VARIANCIA.

1. En el Cuadro 8 presentamos los cuadrados medios de los efectos principales e interacciones para los caracteres materia seca radicular y parte aérea (g./maceta), absorción del fósforo (mg/maceta) y el coeficiente aparente de uso de fósforo (%).
2. En el Cuadro 9 presentamos los cuadrados medios de los efectos simples de cada uno de los factores para los caracteres materia seca radicular y parte aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y el coeficiente aparente de uso de fósforo (%).

Cuadro 8. Cuadrados medios para la materia seca radicular y parte aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg./maceta) y coeficiente aparente de uso (%).

F.V	G.L.	CUADRADOS MEDIOS			
		Materia seca radicular	Materia seca Aérea	Absorción de fósforo	C.A.U. ^{1/}
Tratamientos	31	1.291 **	57.26 **	540.14 **	1.68 **
Factorial	29	1.242 **	56.72 **	544.60 **	1.42 **
A	4	0.085 **	1.47 **	9.34 **	0.62 **
B	2	0.245 **	1.77 **	11.18 **	5.98 **
C	1	33.270 **	1559.25 **	15379.21 **	6.95 **
AB	8	0.096 **	3.14 **	19.88 **	1.04 **
AC	4	0.053 **	2.79 **	13.88 **	0.75 **
BC	2	0.170 **	19.11 **	36.24 **	0.14 **
ABC	8	0.074 **	0.24 NS	8.41 **	0.49 **
Testigos	1	4.020 **	109.31 **	830.73 **	0.00 NS
Factorial Vs. Testigo	1	0.004 NS	20.82 **	120.47 NS	10.84 **
Error experimental	64	0.012	0.18	1.55	0.06
TOTAL	95				
C.V.		7.78%	4.89%	6.60%	10.91%

N.S. = No significativo.

* = Significativo ($\alpha = 0.05$).

^{1/} = Datos transformados a $\sqrt{x+1}$

** = Altamente significativo ($\alpha = 0.01$).

4.4. DEL ANALISIS DE SIGNIFICACION DUNCAN.

Del Cuadro 10 hasta el Cuadro 19 presentamos, el análisis de significación Duncan ($\alpha = 0.05$) por efecto de los factores, interacción entre factores y por efecto de los tratamientos para los caracteres materia seca radicular y de la parte aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso de fósforo (%).

Del Cuadro 8 se deduce que:

Estadísticamente existe diferencias altamente significativas entre los factores e interacción entre factores en todos los parámetros evaluados, a excepción de la interacción factorial vs. Testigo, interacción fertilizante nivel y tipo de suelo, factorial vs. Testigo y testigo en el carácter materia seca radicular y absorción de fósforo, la interacción ABC en el carácter materia seca aérea y en el parámetro testigo en el carácter coeficiente aparente de uso resultaron ser no significativos.

Los coeficientes de variabilidad 7.78% en materia seca radicular, 4.89% en materia seca aérea, 6.60% en absorción de fósforo contenida en la parte aérea y 10.91% en coeficiente aparente de uso (C.A.U.) son aceptables para las condiciones de trabajo.

Cuadro 9. Cuadrado medio de los efectos simples de los factores en estudio para la materia seca de la parte radicular, aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y el coeficiente aparente de uso (%).

F.V	G.L	CUADRADOS MEDIOS			
		Materia seca Radicular	Materia seca aérea	Absorción de fósforo	C.A.U. ^{1/}

Efecto simple de A.					
A en c ₁ b ₁	4	0.011 NS	0.966 **	1.702 NS	0.191 *
A en c ₁ b ₂	4	0.011 NS	0.632 *	1.670 NS	0.116 NS
A en c ₁ b ₃	4	0.026 NS	3.366 **	5.617 **	0.193 *
A en c ₂ b ₁	4	0.207 **	3.535 **	45.842 **	2.932 **
A en c ₂ b ₂	4	0.187 **	1.085 **	8.718 **	0.371 **
A en c ₂ b ₃	4	0.037 *	1.419 **	16.225 **	0.631 *
Efecto simple de B.					
B en c ₁ a ₁	2	0.009 NS	0.141 NS	0.235 NS	0.412 **
B en c ₁ a ₂	2	0.021 NS	0.250 NS	0.404 NS	0.205 *
B en c ₁ a ₃	2	0.020 NS	0.959 **	2.960 NS	0.077 NS
B en c ₁ a ₄	2	0.057 *	0.055 NS	0.583 NS	0.369 **
B en c ₁ a ₅	2	0.003 NS	7.956 **	11.980 **	0.078 NS
B en c ₂ a ₁	2	0.392 **	7.285 **	0.717 NS	0.576 **
B en c ₂ a ₂	2	0.009 NS	2.840 **	22.634 **	3.008 **
B en c ₂ a ₃	2	0.046 *	4.728 **	34.683 **	3.871 **
B en c ₂ a ₄	2	0.057 *	9.638 **	67.450 **	5.505 **
B en c ₂ a ₅	2	0.481 **	0.513 NS	18.812 **	0.270 *
Efecto simple de C.					
C en a ₁ b ₁	1	4.183 **	155.958 **	956.091 **	0.236 NS
C en a ₂ b ₁	1	1.782 **	154.940 **	1484.597 **	5.060 **
C en a ₃ b ₁	1	2.356 **	172.270 **	1353.002 **	4.234 **
C en a ₄ b ₁	1	2.432 **	160.787 **	1470.787 **	4.860 **
C en a ₅ b ₁	1	3.937 **	107.273 **	805.737 **	0.060 NS
C en a ₁ b ₂	1	3.053 **	88.781 **	1022.337 **	0.380 *
C en a ₂ b ₂	1	1.325 **	126.684 **	1090.262 **	0.700 **
C en a ₃ b ₂	1	2.747 **	113.361 **	1070.136 **	0.792 **
C en a ₄ b ₂	1	2.257 **	113.014 **	1202.467 **	1.354 **
C en a ₅ b ₂	1	1.344 **	68.682 **	831.197 **	0.003 NS
C en a ₁ b ₃	1	1.402 **	68.682 **	931.5100 **	0.079 NS
C en a ₂ b ₃	1	2.196 **	88.090 **	1007.251 **	0.224 NS
C en a ₃ b ₃	1	2.369 **	76.970 **	698.760 **	0.360 *
C en a ₄ b ₃	1	1.602 **	63.570 **	773.616 **	0.060 NS
C en a ₅ b ₃	1	1.421 **	51.451 **	876.767 **	0.009 NS
Error	64	0.012	0.180	1.548	0.063

NS = No significativo * = Significativo ($\alpha = 0.05$) ^{1/} = Datos transformados a $\sqrt{x+1}$
 ** = Altamente significativo ($\alpha = 0.01$).

1. Por efecto del factor fertilizantes fosfo-húmico.

En los caracteres evaluados estadísticamente existen diferencias altamente significativas en la mayoría de los casos a excepción de:

- En el carácter materia seca radicular solo existe diferencias significativas en el suelo c_2 (aluvial) con el nivel 200ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y diferencias no significativas en el suelo c_1 (residual) con los 3 niveles de anhídrido fosfórico (P_2O_5).
- En el carácter materia seca aérea solo existe diferencias significativas en el suelo c_1 con el nivel 150ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5).
- En el carácter absorción de fósforo existe diferencias no significativas en el suelo c_1 (residual) con los niveles de 100 y 150ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5).
- En el carácter coeficiente aparente de uso solo existe diferencias significativas en el suelo c_1 (residual) con los niveles 100 y 200ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5), y diferencias no significativas en el suelo c_1 (residual) con el nivel 150ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5).

2. Por efecto del factor nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5).

En los caracteres evaluados estadísticamente existen diferencias altamente significativas en la mayoría de los casos a excepción de:

- En el carácter materia seca radicular solo existe diferencias significativas en los dos tipos de suelo con el fertilizante fosfo-húmico a_4 (roca bayovar 40 – humus 60) y en el suelo c_2 (aluvial) con el fertilizante fosfo-húmico a_3 (roca bayovar 50 - humus 50), a la vez existe diferencias no significativas en el suelo c_1 (residual) con todos los fertilizantes fosfo-húmicos a excepción del fertilizante fosfo-húmico a_4 (roca bayovar 40 – humus 60) y en el suelo c_2 (aluvial) con el fertilizante fosfo-húmico a_2 (roca bayovar 60 – humus 40).
- En el carácter materia seca aérea existe diferencias no significativas en el suelo c_1 (residual) con los fertilizantes fosfo-húmicos a_1 (roca bayovar 70 – humus 30), a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) y a_4 (roca bayovar 40 – humus 60). En el suelo c_2 (aluvial) con el fertilizante fosfo-húmico a_5 (roca bayovar 30 – humus 70).
- En el carácter absorción de fósforo contenida en la parte aérea existe diferencias no significativas en el suelo c_1 (residual) con todos los fertilizantes fosfo-húmicos, excepto con el fertilizante fosfo-húmico a_4 (roca bayovar 40 – humus 60) y en el suelo c_2 (aluvial) con el fertilizante fosfo-húmico a_1 (roca bayovar 70 – humus 30).
- En el carácter coeficiente aparente de uso solo existe diferencias significativas en el suelo c_1 (residual) con el fertilizante fosfo-húmico a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) y en el suelo c_2 (aluvial) con el

fertilizante fosfo-húmico a_5 (roca bayovar 30 – humus 70) y diferencias no significativas en el suelo c_1 con los fertilizantes fosfo-húmicos a_3 (roca bayovar 50 – humus 50) y a_5 (roca bayovar 30 – humus 70).

3. Por efecto del factor suelo.

En los caracteres evaluados estadísticamente existen diferencias altamente significativas en la mayoría de los casos a excepción de:

- En el carácter coeficiente aparente de uso solo existe diferencias significativas en los fertilizantes fosfo-húmicos a_1 (roca bayovar 70 – humus 30) con el nivel b_2 (150 ppm) de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y a_3 (roca bayovar 50 – humus 50) con el nivel b_3 (200 ppm) de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y diferencias no significativas en los fertilizantes fosfo- húmicos a_1 (roca bayovar 70 – humus 30) con los niveles b_1 y b_3 (100 y 200 ppm) de anhídrido fosfórico (P_2O_5), en a_5 (roca bayovar 30 – humus 70) con todos los niveles de anhídrido fosfórico (P_2O_5), en a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) con el nivel b_3 (200 ppm) de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y en a_4 (roca bayovar 40 – humus 60) con el nivel b_3 (200 ppm) de anhídrido fosfórico (P_2O_5).

Cuadro 10. Prueba de Duncan para el efecto fertilizante fosfo-húmico en los caracteres materia seca radicular y aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).

Materia seca radicular			Materia seca aérea			Absorción de fósforo			Coeficiente aparente de uso			
Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio		Sign.
										1/	2/	
a ₁	1.45	a	a ₂	9.03	a	a ₂	20.20	a	a ₂	6.61	2.63	a
a ₄	1.45	a	a ₁	8.91	a	a ₁	19.47	a b	a ₄	6.05	2.49	b
a ₃	1.44	a	a ₄	8.89	a	a ₄	18.95	b c	a ₁	4.98	2.41	bc
a ₅	1.40	a	a ₅	8.88	a	a ₅	18.59	c	a ₃	4.54	2.22	cd
a ₂	1.29	b	a ₃	8.30	b	a ₃	18.39	c	a ₅	3.86	2.19	d

1/ Datos originales.

a₁ = roca bayovar 70 – humus 30

a₄ = roca bayovar 40 – humus 60

2/ Datos transformados a $\sqrt{x+1}$

a₂ = roca bayovar 60 – humus 40.

a₅ = roca bayovar 30 – humus 70.

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$)

a₃ = roca bayovar 50 – humus 50.

A. Del efecto factor fertilizante fosfo-húmico.

En el Cuadro 10 se observa que:

El fertilizante fosfo-húmico a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) pese a que ocupó el último lugar en el carácter materia seca radicular, en los demás caracteres ocupa el primer lugar, diferenciándose estadísticamente solamente del fertilizante fosfo-húmico a_3 (roca bayovar 50 –humus 50) en el carácter absorción de fósforo y de todo el resto de fertilizantes fosfo-húmicos en el carácter coeficiente aparente de uso (C.A.U.).

La superioridad que presenta el fertilizante fosfo-húmico a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) podría atribuirse a que el humus de lombriz en esta proporción ejerce un mayor efecto meteorizante de la roca bayovar, liberando así el fósforo soluble y disponible que es absorbido por las raíces y rápidamente traslocado a la parte aérea, por lo tanto se tiene un mayor coeficiente aparente de uso debido al mayor crecimiento y desarrollo que logran alcanzar las plantas; es sabido que: “el crecimiento de las plantas exige un paso continuo de los iones o nutrientes del suelo a la planta” (16) y que la absorción de fósforo se ve afectada por el tamaño de partícula y tipo de fertilizante (6), además el humus de lombriz brinda condiciones físico, químicas y biológicas favorables para el desarrollo y crecimiento de las plantas.

Cuadro 11. Prueba de Duncan para el efecto nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5) en los caracteres materia seca radicular y aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).

Materia seca radicular			Materia seca aérea			Absorción de fósforo			Coeficiente aparente de uso			
Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	
										1/	2/	
b ₁	1.46	a	b ₁	9.05	a	b ₁	19.74	a	b ₁	7.92	2.85	a
b ₂	1.45	a	b ₂	8.78	b	b ₂	19.15	a b	b ₂	4.67	2.35	b
b ₃	1.30	b	b ₃	8.57	b	b ₃	18.52	b	b ₃	3.02	1.96	c

1/ Datos originales.

b₁ = 100 ppm.de P_2O_5 .

2/ Datos transformados a $\sqrt{x+1}$

b₂ = 150 ppm.de P_2O_5

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$).

b₃ = 200 ppm.de P_2O_5

B. Del efecto factor nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5).

En el Cuadro 11 se observa que:

El nivel b_1 (100 ppm) de anhídrido fosfórico (P_2O_5) ocupa el primer lugar en todos los caracteres evaluados, no se diferencia estadísticamente del nivel b_2 (150 ppm) de anhídrido fosfórico (P_2O_5) en los caracteres materia seca radicular y absorción de fósforo contenida en la parte aérea; pero sí, se diferencia de los dos niveles (150 y 200 ppm) de anhídrido fosfórico (P_2O_5) en los caracteres materia seca de la parte aérea y coeficiente aparente de uso (C.A.U.).

La disminución de los valores de materia seca radicular, parte aérea y de absorción de fósforo contenida en la parte aérea al aumentar el nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5) añadido al suelo podría atribuirse al efecto negativo que produjo la fertilización fosfo-húmica en el suelo aluvial (Cuadro 13), esto se pudiera deberse a dos cosas: Primero, que al aumentar el nivel de fertilización fosfo-húmica también aumentamos la cantidad de materia orgánica y es sabido que “al aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo, aumenta la cantidad de máxima absorción de fósforo” (16) y segundo, a la fijación parcial del fósforo del suelo por el CaO que se encuentra en alto porcentaje en la roca bayovar (Cuadro1), y esto se corrobora en los resultados de análisis de suelo final donde se observa una disminución del fósforo disponible en todos los tratamientos que han sido fertilizados en el suelo aluvial.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para el efecto tipo de suelo en los caracteres materia seca radicular y aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).

Materia seca radicular			Materia seca aérea			Absorción de fósforo			Coeficiente aparente de uso			
Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign	
										1/	2/	
c ₂	2.01	a	c ₂	12.96	a	c ₂	32.21	a	c ₂	6.86	2.67	a
c ₁	0.80	b	c ₁	4.64	b	c ₁	6.06	b	c ₁	3.54	2.11	b

1/ Datos originales.

c₁ = suelo residual.

2/ Datos transformados a $\sqrt{x+1}$

c₂ = suelo aluvial.

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$)

Por otro lado la disminución de los valores en el carácter coeficiente aparente de uso (C.A.U) al aumentar el nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5) podría deberse a que las plantas absorben los nutrientes de acuerdo a los requerimientos que les exija su crecimiento y desarrollo y que por más fertilizantes que apliquemos estos requerimientos van a ser los mismos por lo tanto si dividimos la absorción, entre la cantidad aplicada de fósforo, el resultado va a ser menor cuánto más cantidad de fósforo haya sido aplicado (Mansilla), comunicación verbal. Al respecto (33) indica que a mayor fósforo aplicado, mayor es la fijación por el suelo y menor el grado de recuperación.

C. Del efecto tipo de suelo.

En el Cuadro 12 se observa:

Que el suelo c_2 (aluvial) superó estadísticamente al suelo c_1 (residual) en todos los caracteres evaluados, superioridad que se puede atribuir a las mejores características físico-químicas que tienen los suelos aluviales como son: mejor estructura y mayor porosidad que influye en el mayor crecimiento y desarrollo de las raíces, mayor contenido de nitrógeno que influye en la mayor proliferación de raíces y crecimiento de la parte aérea, mayor contenido de fosfatos nativos que participan en el crecimiento y desarrollo de las plantas, menor contenido de hierro y aluminio que son causantes de la fijación de fosfatos en los suelos, mayor contenido de materia orgánica el cual tiene una acción benéfica en producir mayor fósforo disponible en los suelos, mayor valor de pH que influyen en el mayor

aprovechamiento de fosfatos solubles y disponibles. Todo esto se ve corroborado por las siguientes afirmaciones:

- “El desarrollo de las raíces depende de muchos factores tales como porosidad del suelo, uso adecuado de otros fertilizantes, etc., los cuales indirectamente influyen en el aprovechamiento de los fertilizantes fosforados. Es conocido el efecto favorable del nitrógeno para la asimilación del fósforo que se debe a la mayor proliferación de raíces por el primero” (31).
- “El efecto de las rocas fosfatadas aplicados como fertilizantes depende de algunas características del suelo como el contenido, formas y disponibilidad de fosfatos nativos, su reacción (pH), contenido de aluminio y hierro, humus, etc., de algunas propiedades del fertilizante como su contenido de fosfatos, solubilidad, velocidad de disolución, así como de su manejo, dosis y formas de aplicación” (16).
- “El crecimiento de las plantas exige un paso continuo de los iones o nutrientes del suelo a la planta” (16).
- “Los suelos que tienen un alto contenido de hierro y aluminio como los oxisoles y ultisoles tienen una alta fijación de fósforo, en tanto en suelos menos ácidos tienen menor capacidad de fijación. La fijación es en forma de P-Al y P-Fe (33).

Cuadro 13. Prueba de Duncan para el efecto de la interacción nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5) por tipo de suelo en los caracteres materia seca radicular y aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).

Materia seca radicular			Materia seca aérea			Absorción de fósforo			Coeficiente aparente de uso		
Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio 1/ 2/	Sign.
b_1c_2	2.17	a	b_1c_2	14.04	a	b_1c_2	33.86	a	b_1c_2	11.45 3.41	a
b_2c_2	2.04	b	b_2c_2	12.08	b	b_2c_2	32.31	b	b_2c_2	6.04 2.63	b
b_3c_2	1.85	c	b_3c_2	11.97	c	b_3c_2	30.45	b	b_1c_1	4.39 2.30	c
b_2c_1	0.86	d	b_3c_1	5.17	d	b_3c_1	6.59	c	b_2c_1	3.30 2.06	d
b_1c_1	0.77	d e	b_2c_1	4.68	e	b_2c_1	5.98	c	b_3c_2	3.11 1.96	d
b_3c_1	0.76	e	b_1c_1	4.07	f	b_1c_1	5.62	c	b_3c_1	2.94 1.96	d

1/ Datos originales.

b_1 = 100 ppm.de P_2O_5 .

c_1 = suelo residual.

2/ Datos transformados a $\sqrt{x+1}$

b_2 = 100 ppm.de P_2O_5 .

c_2 = suelo residual.

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$)

b_3 = 100 ppm.de P_2O_5 .

D. Del efecto combinado de los niveles de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y tipo de suelo.

En el Cuadro 13 se observa que:

La interacción b_1c_2 (100 ppm de P_2O_5 en un suelo aluvial) ocupa el primer lugar y se diferencia estadísticamente de las demás interacciones en todos los caracteres evaluados. En el suelo aluvial es notable que hubo un efecto negativo al aumentar el nivel de anhídrido fosfórico añadido el que pudiera deberse a lo mismo que enunciamos al momento de discutir los resultados del Cuadro 11.

En las interacciones entre nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y suelo residual en sí, no existe una diferencia estadística a excepción en el carácter materia seca aérea. Esto podría deberse a que el fósforo soluble y disponible que añadimos con la fertilización fosfo-húmica se fijó rápidamente por óxidos amorfos hidratados de hierro y aluminio que se encuentran presentes en estos tipos de suelos (16) y, que la ganancia en materia seca aérea se deba a la acción benéfica del humus por su aporte de otros nutrientes que participan en el desarrollo de las plantas, no descartándose un mejor aprovechamiento de los fertilizantes fosfo-húmicos preparados con otros cultivos de ciclo de vida más largo. Esto decimos basándonos en los resultados de análisis de suelo final donde observamos una ganancia de fósforo disponible al aumentar el nivel de fertilización (Cuadro 16). Además es conocido que “la disponibilidad de captar el fósforo de las rocas fosfatadas molidas depende del ciclo vegetativo de las plantas” (39).

Cuadro 14. Prueba de Duncan para el efecto de la interacción fertilizante fosfo-húmico por tipo de suelo en los caracteres materia seca radicular y aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).

Materia seca radicular			Materia seca aérea			Absorción de fósforo			Coeficiente aparente de uso		
Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio 1/ 2/	Sign.
a ₁ c ₂	2.13	a	a ₂ c ₂	13.53	a	a ₂ c ₂	34.25	a	a ₂ c ₂	9.51	3.12 a
a ₃ c ₂	2.09	a b	a ₄ c ₂	13.15	a b	a ₄ c ₂	33.17	a	a ₄ c ₂	8.73	2.91 a
a ₄ c ₂	2.04	a b	a ₁ c ₂	13.02	b	a ₁ c ₂	31.77	b	a ₁ c ₂	5.94	2.60 b
a ₅ c ₂	1.99	b	a ₃ c ₂	12.73	b c	a ₃ c ₂	31.45	b c	a ₃ c ₂	6.39	2.54 b
a ₂ c ₂	1.83	c	a ₅ c ₂	12.39	c	a ₅ c ₂	30.40	c	a ₁ c ₁	4.03	2.22 c
a ₄ c ₁	0.86	d	a ₅ c ₁	5.37	d	a ₅ c ₁	6.77	d	a ₅ c ₁	3.95	2.21 c
a ₅ c ₁	0.81	d	a ₁ c ₁	4.80	e	a ₁ c ₁	6.34	d e	a ₅ c ₂	3.77	2.16 cd
a ₃ c ₁	0.80	d	a ₄ c ₁	4.64	e	a ₂ c ₁	6.14	d e	a ₂ c ₁	3.70	2.15 cd
a ₁ c ₁	0.77	d	a ₂ c ₁	4.62	e	a ₄ c ₁	5.73	d e	a ₄ c ₁	3.36	2.06 cd
a ₂ c ₁	0.75	d	a ₃ c ₁	3.87	f	a ₃ c ₁	5.34	e	a ₃ c ₁	2.68	1.90 d

1/ Datos originales.

a₁ = RB 70 - H 30

a₄ = RB 70 - H 30.

c₁ = suelo residual.

2/ Datos transformados a $\sqrt{x+1}$

a₂ = RB 60 - H 40.

a₅ = RB 70 - H 30.

C₂ = suelo residual.

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$)

a₃ = RB 50 - H 50

Por otro lado se puede observar que el comportamiento de los niveles de fertilización fue diferente en cada uno de los suelos en todos los caracteres evaluados a excepción del carácter eficiente aparente de uso (C.A.U.) donde el comportamiento es igual. Esto quizás se deba en lo que afirma (16). "El efecto de las rocas fosfatadas aplicadas como fertilizantes depende de algunas características del suelo como el contenido, formas y disponibilidad de fosfatos nativos, su reacción (pH), contenido de aluminio y fierro, humus, etc., de algunas propiedades del fertilizante como su contenido de fosfatos, solubilidad, velocidad de disolución, así como su manejo, dosis y formas de aplicación.

E. Del efecto combinado de los fertilizantes fosfo-húmicos y tipo de suelo.

En el Cuadro 14 se observa que:

En el suelo c_2 (aluvial) el fertilizante fosfo-húmico a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) a pesar de que ocupa el último lugar, en el carácter materia seca radicular, es el que alcanzó mayor promedio en el resto de caracteres evaluados y no se diferencia estadísticamente del fertilizante fosfo-húmico a_4 (roca bayovar 40 – humus 60), pero sí se diferencia de los demás.

Por otro lado el suelo c_1 (residual) el fertilizante fosfo-húmico a_4 (roca bayovar 40 – humus 60) ocupó el primer lugar y no se diferencia estadísticamente de los demás en el carácter materia seca de la parte radicular. En el carácter materia seca de la parte aérea y absorción de fósforo contenida en la parte aérea y

el fertilizante fosfo-húmico a_5 (roca bayovar 30 – humus 70) ocupó el primer lugar, es superado ligeramente por a_1 (roca bayovar 70 - humus 30) en el carácter coeficiente aparente de uso, se diferencia estadísticamente de los demás en el carácter materia seca parte aérea y del fertilizante fosfo-húmico a_3 (roca bayovar 50 – humus 50) en los caracteres absorción de fósforo y coeficiente aparente de uso.

La superioridad del fertilizante fosfo-húmico a_5 (roca bayovar 30 – humus 70) se puede atribuir al mayor contenido de humus de lombriz que posee esto, que además de proporcionar fósforo al suelo proporciona mayor cantidad de materia orgánica y otros nutrientes que se encuentran contenidas en el humus de lombriz (Cuadro 26). Es conocido que debido a su estabilidad el humus de lombriz actúa como uno de los fertilizantes de mejor calidad, con efecto en el sustrato hasta 5 años, por su alto porcentaje de ácido húmicos y huminas forman compuestos disponibles (29).

En la Figura 3 se puede observar el diferente comportamiento del fertilizante fosfohúmico, tanto en el suelo residual como en el suelo aluvial en el carácter coeficiente aparente de uso. En el suelo aluvial el fertilizante fosfo-húmico a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) y el a_4 (roca bayovar 40 – humus 60) son los que lograron mayores promedios fertilizante fosfo-húmico a_5 (roca bayovar 30 – humus 70) ocupa el último lugar. La superioridad que presenta los fertilizantes

antes mencionados pudiera deberse a que en uno de ellos la proporción de humus de lombriz ejerce un mayor efecto meteorizante de la roca bayovar poniendo a disposición mayor cantidad de fósforo para la planta; mientras que en el otro fertilizante fosfo-húmico tanto la proporción de roca bayovar y humus de lombriz pudieran estar contribuyendo en la mineralización del fosfato orgánico presente en el suelo, ya que al aplicar dicho fertilizante además de estar aplicando fósforo estamos aplicando nitrógeno que se encuentra en pequeñas cantidades en el humus.

Al respecto (Acquayi, 1963) encontró que las aplicaciones de nitrógeno y fósforo aumentan la mineralización del fosfato húmico. Estos efectos pueden atribuirse al establecimiento por medio de la fertilización de un medio más favorable para los microorganismos del suelo encargados de la mineralización (33). Además no debe olvidarse que el cálculo del coeficiente aparente de uso supone implícitamente que en la comparación efectuada, la parte del suelo queda igual, o sea que la planta funciona ante el suelo en las mismas condiciones en presencia o ausencia de abono lo cual no es rigurosamente exacto y esto lo verificamos al observar nuestro análisis final del suelo (Cuadro 17).

Por otro lado en la misma Figura se puede observar que en el suelo residual el fertilizante fosfo-húmico a₁ (roca bayovar 70 – humus 30) ocupa el primer

lugar y a medida que va disminuyendo la proporción de roca bayovar, también el coeficiente aparente de uso disminuye hasta que la proporción sea roca bayovar 50 – humus 50, de ahí en adelante comienza a ascender con la mezcla roca bayovar 40 – humus 60, este ascenso podría atribuirse a la bondad que tiene el humus de lombriz en la contribución de una mayor absorción de nutrientes.

F. Del efecto combinado de los niveles de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y fertilizante fosfo-húmico.

En el Cuadro 15 se observa que:

El fertilizante fosfo-húmico a_5 (roca bayovar 30 – humus 70 con 100 y 200 ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5)), ocupa el primer lugar en el carácter materia seca de la parte radicular y la parte aérea respectivamente, mientras que, en los caracteres de absorción de fósforo contenida en la parte aérea y coeficiente aparente de uso, el fertilizante fosfo-húmico a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) con 100 ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5) es el que respondió mejor. La diferencia estadística es mínima en todas las interacciones en todos los caracteres evaluados a excepción del carácter coeficiente aparente de uso donde las interacciones a_2b_1 (roca bayovar 60 – humus 40 con 100 ppm. de P_2O_5) y a_4b_1 (roca bayovar 40 – humus 60 con 100 ppm. de P_2O_5) ocupan los primeros lugares diferenciándose estadísticamente de los demás. Por otro lado en este mismo carácter se observa que casi todos los fertilizantes alcanzaron mayores valores con el nivel 100 ppm.

de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y que a medida que vamos aumentando el nivel de fertilización el coeficiente aparente de uso va disminuyendo, lo que se puede deber a lo mismo que enunciamos al momento de discutir los resultados del Cuadro 11.

Lo contrario sucede con el fertilizante fosfo-húmico a_5 (roca bayovar 30 – humus 70) que alcanzó mayor coeficiente aparente de uso con 200 ppm. de (P_2O_5) y que, a medida que vamos disminuyendo este nivel el coeficiente aparente de uso también disminuye. Este diferente comportamiento pudiera atribuirse a la acción benéfica del humus de lombriz que ejerce una acción estimulante en la nutrición de los vegetales contribuyendo a una mayor extracción de elementos vegetales. (11), influencia en la solubilidad de los minerales del suelo y sirve como fuente de energía para el desarrollo de los microorganismos (18 y 32).

G. Del efecto de los tratamientos.

En el carácter materia seca parte radicular (Cuadro 18 del anexo) el tratamiento $a_5b_1c_2$ (roca bayovar 30 – humus 70, con 100 ppm. de P_2O_5 en un suelo aluvial) ocupa el primer lugar, no se diferencia estadísticamente del tratamiento $a_1b_1c_2$ (roca bayovar 70 – humus 30, con 100 ppm de P_2O_5 en un suelo aluvial); Pero sí se diferencia estadísticamente de los demás. El tratamiento d_1 (testigo en un suelo residual) ocupa el último lugar.

Cuadro 15. Prueba de Duncan para el efecto de la interacción fertilizante fosfo-húmico por nivel de anhídrido fosfórico (P_2O_5) en los caracteres materia seca radicular y aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y coeficiente aparente de uso (%).

Materia seca radicular			Materia seca aérea			Absorción de fósforo			Coeficiente aparente de uso		
Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.	Clave	Promedio	Sign.
										1/	2/
a_5b_1	1.64	a	a_5b_3	9.94	a	a_2b_1	21.56	a	a_2b_1	10.77	3.30 a
a_4b_2	1.58	ab	a_4b_1	9.69	a	a_4b_1	21.53	ab	a_4b_1	10.73	3.30 a
a_1b_1	1.57	ab	a_1b_1	9.65	a	a_5b_3	20.97	ab	a_3b_1	8.03	2.88 b
a_1b_2	1.55	abc	a_2b_1	9.36	ab	a_4b_2	20.23	abc	a_1b_1	7.03	2.84 bc
a_3b_2	1.53	abc	a_2b_2	9.05	bc	a_2b_2	20.02	bc	a_4b_2	5.83	2.57 bc
a_3b_1	1.46	bcd	a_4b_2	8.95	bcd	a_3b_1	19.85	cd	a_2b_2	5.62	2.55 cd
a_4b_3	1.42	cde	a_1b_2	8.73	cde	a_1b_1	19.26	cde	a_5b_3	4.87	2.42 de
a_4b_1	1.34	def	a_5b_2	8.72	cde	a_1b_2	19.13	cde	a_1b_2	4.63	2.35 def
a_3b_3	1.34	def	a_2b_3	8.68	cde	a_2b_3	18.99	cde	a_5b_2	3.77	2.18 efg
a_2b_1	1.31	def	a_3b_1	8.59	cde	a_1b_3	18.77	cdef	a_3b_2	3.53	2.09 efg
a_5b_2	1.30	ef	a_3b_2	8.47	def	a_3b_2	18.29	defg	a_2b_3	3.43	2.06 fg
a_2b_2	1.29	ef	a_1b_3	8.35	efg	a_3b_2	18.06	efgh	a_1b_3	3.19	2.04 fgh
a_2b_3	1.26	f	a_4b_3	8.04	fg	a_3b_3	17.28	fgh	a_5b_1	2.94	1.96 gh
a_5b_3	1.26	f	a_5b_1	7.98	fg	a_4b_3	16.59	gh	a_3b_3	2.05	1.70 hi
a_1b_3	1.23	f	a_3b_3	7.86	g	a_5b_1	16.50	h	a_4b_3	1.59	1.60 i

1/ Datos originales. a_1 = Rb 70 - H 30., a_2 = Rb 60 - H 40 , a_3 = Rb 50 - H 50, a_4 = Rb 40 - H 60., a_5 = Rb 30 - H 70 , b_1 = 100 ppm.de P_2O_5

Nivel de significación ($\alpha = 0.05$) , 2/ Datos transformados a $\sqrt{x+1}$, b_2 = 150 ppm.de P_2O_5 , b_3 = 200 ppm.de P_2O_5

Cuadro 16. Prueba de Significación Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto de los tratamientos en estudio en el carácter coeficiente aparente de uso del fósforo (%).

Tratamiento	Promedio		Significación
	1/	2/	
$a_2b_1c_2$	16.83	4.21	a
$a_4b_1c_2$	16.67	4.20	a
$a_3b_1c_2$	12.86	3.72	b
$a_4b_2c_2$	8.20	3.04	c
$a_1b_1c_2$	8.32	3.03	c
$a_2b_2c_2$	7.36	2.89	cd
$a_1b_1c_1$	5.95	2.64	cde
$a_1b_2c_2$	5.85	2.60	cdef
$a_5b_3c_2$	5.05	2.46	defg
$a_3b_2c_2$	5.06	2.45	defg
$a_4b_1c_1$	4.79	2.40	efgh
$a_5b_3c_1$	4.64	2.38	efgh
$a_2b_1c_1$	4.72	2.38	c fgh
$a_2b_3c_2$	4.33	2.25	efghi
$a_2b_2c_1$	3.94	2.21	efghi
$a_5b_2c_1$	3.85	2.20	efghij
$a_1b_3c_2$	3.66	2.16	fghij
$a_5b_2c_2$	3.69	2.16	fghij
$a_1b_2c_1$	3.40	2.10	ghij
$a_4b_2c_1$	3.39	2.09	ghij
$a_5b_1c_1$	3.31	2.06	ghij
$a_3b_1c_1$	3.20	2.04	hij
$a_3b_3c_1$	2.86	1.94	hijk
$a_1b_3c_1$	2.73	1.93	hijk
$a_2b_3c_1$	2.52	1.86	ijk
$a_5b_1c_2$	2.56	1.86	ijk
$a_3b_2c_1$	1.99	1.73	jk
$a_4b_3c_1$	1.90	1.70	k
$a_4b_3c_2$	1.27	1.50	kl
$a_3b_3c_2$	1.24	1.45	kl
d_1	0.00	1.00	l
d_2	0.00	1.00	l

1/ Datos originales.

2/ Datos transformados a $\sqrt{x+1}$

En los caracteres absorción de fósforo (Cuadro 19 del anexo) y el coeficiente aparente de uso (Cuadro 16), el tratamiento $a_2b_1c_2$ (roca bayovar 60 – humus 40, con 100 ppm. de P_2O_5 en un suelo aluvial) ocupa el primer lugar, no se diferencia estadísticamente del tratamiento $a_4b_1c_2$ (roca bayovar 40 – humus 60, con 100 ppm. de P_2O_5 en un suelo aluvial); Pero sí, estos se diferencian de los demás. El tratamiento b_1 (testigo en un suelo residual) ocupa el último lugar en el carácter absorción de fósforo y ambos testigos en el carácter coeficiente aparente de uso, ya que para los cálculos a los testigos se le da un valor cero debido a que no fueron fertilizados.

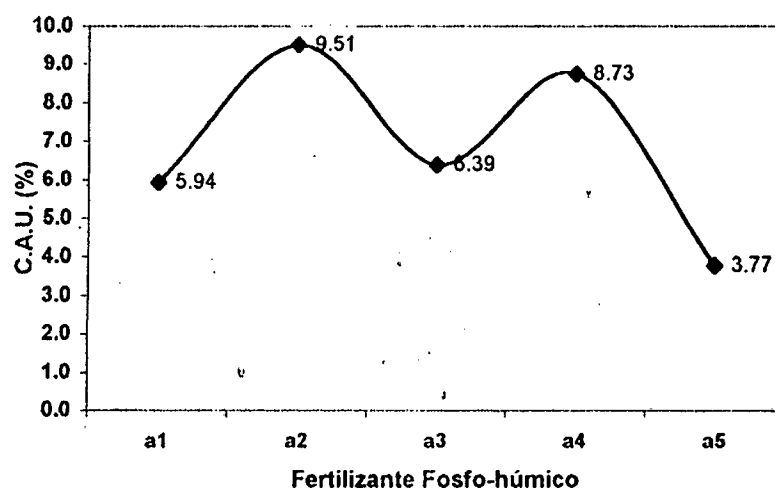
En el Cuadro 16 y Figura 4, observamos, que en el suelo residual el fertilizante fosfo-húmico a_1 (roca bayovar 70 – humus 30) con el nivel de 100 ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5), alcanzó el mayor coeficiente aparente de uso (5.95%). El fertilizante fosfo-húmico a_4 (roca bayovar 40 – humus 60) con el nivel de 200 ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5) tiene el menor coeficiente aparente de uso (1.90%). La superioridad alcanzada por el fertilizante antes mencionado pudiera atribuirse a su mayor concentración de fósforo total (23.74% de P_2O_5) que al reaccionar con los ácidos del suelo, haya ido liberando fósforo lentamente que fue aprovechado por las plantas.

En el Cuadro 16 y Figura 5 se observa, que en el suelo aluvial el mayor coeficiente aparente de uso (16.83% y 16.67%) lograron los fertilizantes fosfo-

húmicos a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) y a_4 (roca bayovar 40 – humus 60) respectivamente con el nivel de 100 ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5). El menor coeficiente aparente de uso (1.24%) obtuvo el fertilizante fosfo-húmico a_3 (roca bayovar 50 – humus 50) con el nivel de 200 ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5). La superioridad alcanzada por los fertilizantes antes mencionados fue explicada al momento de discutir los resultados del Cuadro 14.

La diferencia entre los valores más altos y los bajos, pudiera atribuir a la fijación de fósforo por el suelo. Al respecto (33) indica que a mayor fósforo aplicado, mayor es la fijación por el suelo y menor el grado de recuperación.

Los valores encontrados son bajos en comparación a los reportados por (20); pero sin embargo, el papel del humus en el aporte y solubilidad del fósforo resalta en este trabajo. Considerando que los resultados obtenidos por (20) fue utilizando fertilizantes más solubles como son el superfosfato triple de calcio y superfosfato simple de calcio. (1) indica que el coeficiente aparente de uso del fósforo es en promedio de 20 a 30%; por lo que los valores bajos encontrados podrían atribuirse a dos razones: El primero sería a la acidez del suelo ya que es ampliamente conocido que a mayor acidez mayor es la fijación de fósforo y el segundo sería la baja solubilidad que poseen los fertilizantes utilizados. Al respecto (3) afirma que las mezclas de roca bayovar y humus, pertenecen a los fertilizantes de baja solubilidad.



a1 =Rb70-H30
 a2 =Rb60-H40
 a3 =Rb50-H50
 a4 =Rb40-H60
 a5 =Rb30-H70
 Rb=roca bayovar
 H =humus de lombriz

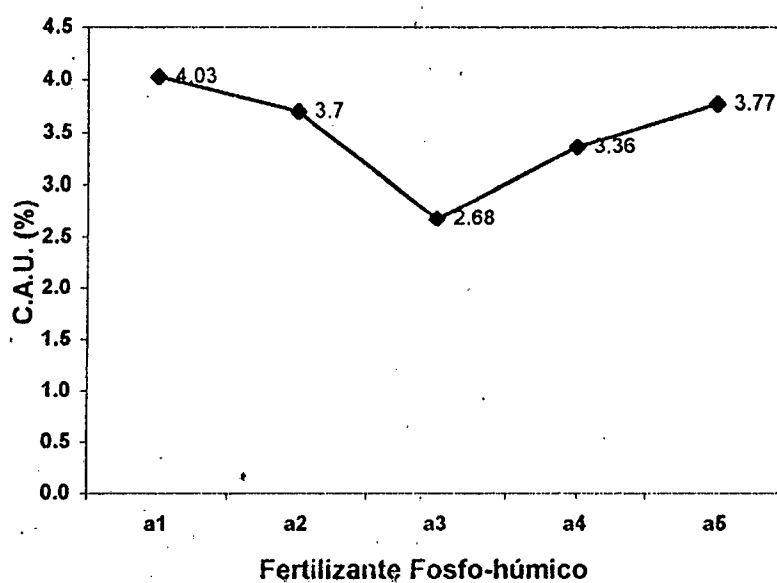


Figura 3. Comportamiento del coeficiente aparente de uso (C.A.U.) de los fertilizantes fosfo-húmicos en un suelo aluvial (arriba) y un suelo residual (abajo)

En los dos tipos de suelo (Figura 4 y 5) se observa que hay una disminución del coeficiente aparente de uso al aumentar el nivel de fertilización casi con todos los fertilizantes. Resultado parecido reporta (20); las atribuciones fueron discutidas al presentar los resultados del Cuadro 11.

Algo contrario sucede con el fertilizante fosfo-húmico a₅ (roca bayovar 30 – humus 70) donde al aumentar el nivel de fertilización, aumenta también el coeficiente aparente de uso, lo que pudiera obedecer al efecto complementario del humus de lombriz que en su condición de enmienda evita que el fósforo soluble se fije en los colores inorgánicos, por otro lado el mayor desarrollo que ocasiona la presencia de humus, produce un incremento en la absorción de nutrientes, entre estos el nitrógeno que origina una mayor producción de proteínas y por lo tanto del área foliar, el que se traduce una abundante producción de materia seca.

El efecto de los fertilizantes depende de las características físico químicas tanto del fertilizante como del suelo (17) al respecto (20) encontró valores del coeficiente aparente de uso para el cultivo de soya de 9.06% en un suelo ex cocal y 7.24% en un suelo aluvial, contrario en nuestros resultados donde el mayor coeficiente aparente de uso se logra en el suelo aluvial.

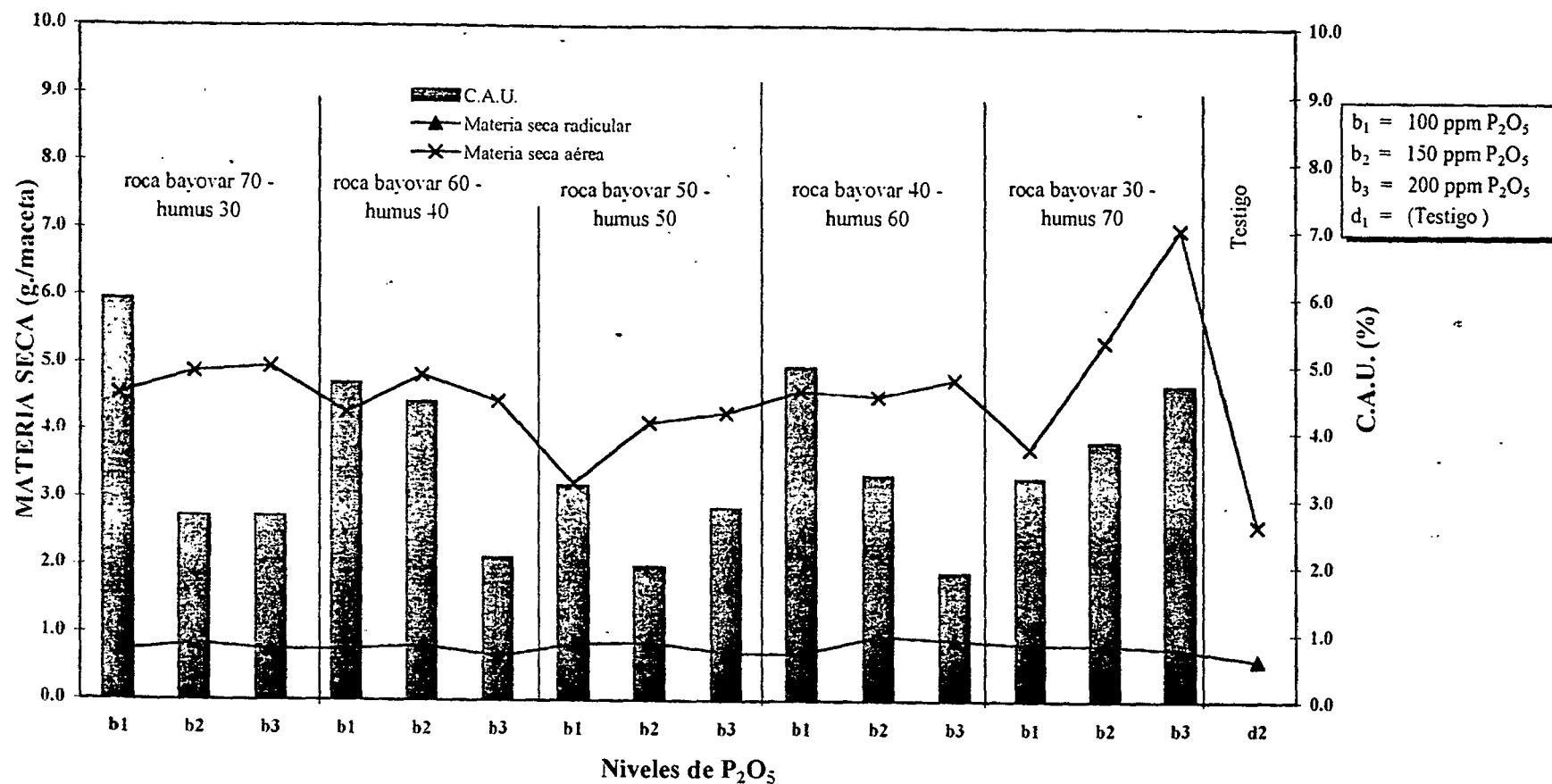


Figura 4. Efecto de la fertilización fosfo-húmica en la materia seca radicular y parte aérea (g./maceta) y el coeficiente aparente de uso (%) en un suelo residual.

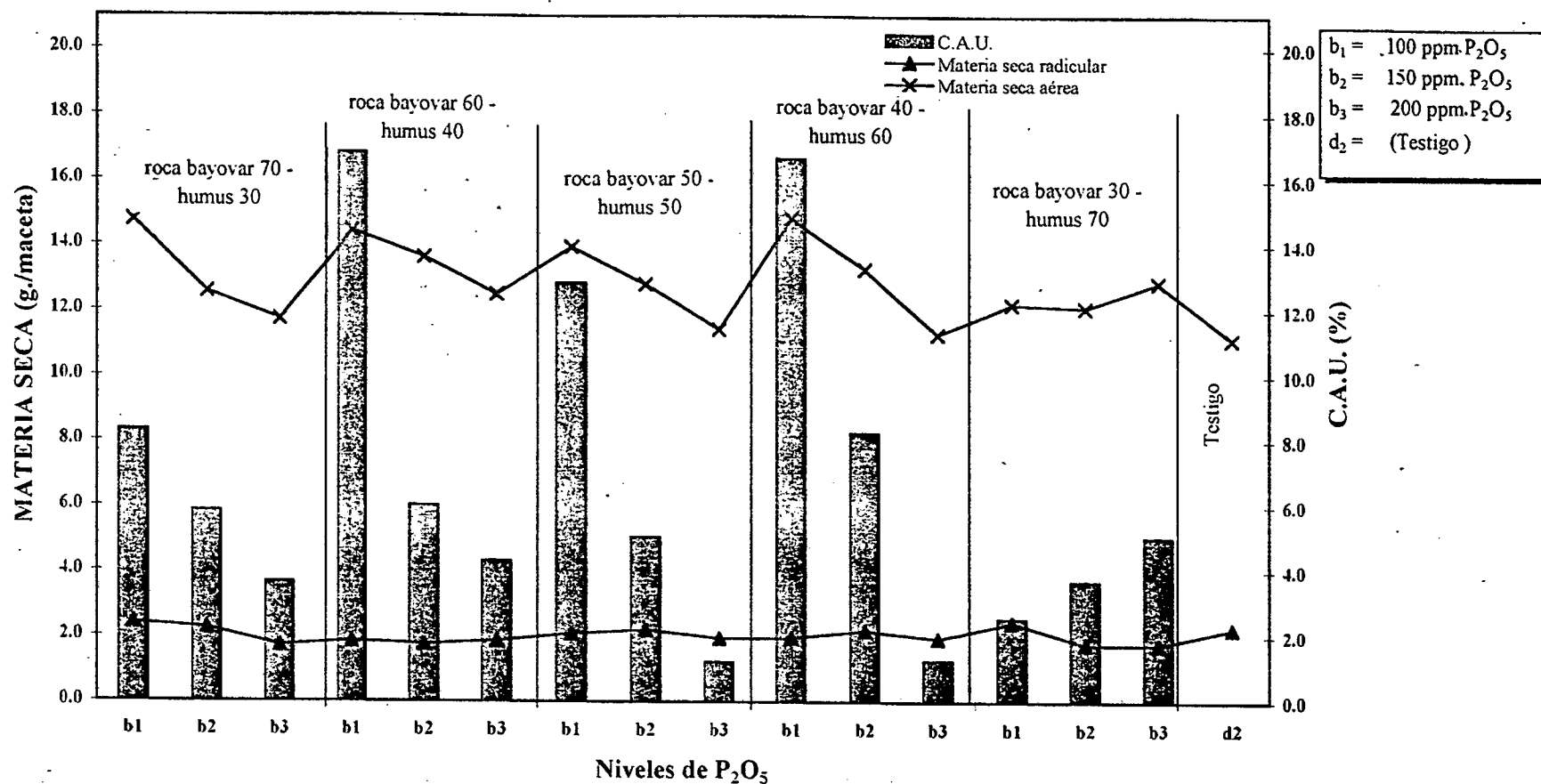


Figura. 5. Efecto de la fertilización fosfo-húmica en la materia seca radicular y parte aérea (g./maceta) y el coeficiente aparente de uso (%) en un suelo aluvial.

Es sabido que la eficiencia del uso de los fertilizantes depende del grado de acidez de los suelos, por que en suelos más ácidos habrá mayor fijación de fósforo; además el humus de lombriz participa en el mayor aprovechamiento del fósforo en el suelo, eso demuestra los resultados de análisis final del suelo (Cuadro 17) donde el testigo resulta tener mayor fósforo disponible que el resto de los tratamientos realizados en el suelo aluvial, después de todo el cálculo de los valores del coeficiente aparente de uso no es rigurosamente exacto; al respecto (7) afirma que el fósforo extraído por las plantas proviene tanto de la reserva del suelo como del abono. Por otro lado se observa que no hubo respuesta a la fertilización en cuanto a productividad de materia seca radicular en los dos tipos de suelo (Cuadro 8), ya que la interacción factorial vs. Testigo resultó no significativo.

En el carácter materia seca aérea se observa que en el suelo residual (Figura 4) hay un ligero incremento al aumentar el nivel de fertilización, esto era de esperarse debido a la pobreza que presenta este suelo (Cuadro 3); el incremento es mayor con el fertilizante fosfo-húmico a₅ (roca bayovar 30 – humus 70), lo que se puede atribuir al mayor contenido de humus que tiene dicho fertilizante con el que, además de estar proporcionando fósforo, estamos aportando otros nutrientes contenidos en el humus de lombriz (Cuadro 26 del anexo), que participan en el crecimiento de las plantas lo que se traduce en una mayor productividad de materia seca aérea. En el suelo aluvial (Figura 5) se observa una disminución de

la productividad de materia seca aérea al aumentar el nivel de fertilización, lo que se atribuye al anunciar en los resultados del Cuadro 11 sobre éste carácter.

H. De los análisis del suelo final.

En el Cuadro 17 se observa:

En el suelo aluvial hubo un efecto negativo a la fertilización fosfo-húmica ya que el testigo resulta tener mayor fósforo disponible que aquellos tratamientos que han sido fertilizados; esto podría atribuirse a los siguientes:

1. Con la fertilización fosfo-húmica agregamos CaO que se encuentra en alto porcentaje en la roca bayovar (cuadro 1) el que pudiera haber fijado el fósforo disponible del suelo. Al respecto (14) encontró que hay un efecto negativo a la interacción P-Cal sobre el fósforo disponible.
2. Al elevado contenido de materia orgánica del suelo aluvial (8%). En suelos con alto contenido de carbono y gran proliferación de microorganismos, el fósforo puede ser consumido por estas para su multiplicación y acumulado en el suelo en forma orgánica.
3. Al acción benéfica del humus que contribuyó en la extracción del fósforo del suelo. "El humus ejerce una acción estimulante en la nutrición mineral de los vegetales, contribuyendo a una mayor extracción de los elementos minerales" (11).

Cuadro 17. Análisis final de suelo para la determinación de fósforo disponible (ppm).

Tratamiento	P disponible	Tratamiento	P disponible
d ₂	15.12	a ₅ b ₃ c ₁	8.14
a ₁ b ₃ c ₂	14.68	a ₃ b ₃ c ₁	8.06
a ₁ b ₁ c ₂	14.63	a ₁ b ₃ c ₁	8.02
a ₄ b ₃ c ₂	14.58	a ₂ b ₃ c ₁	7.98
a ₁ b ₂ c ₂	14.37	a ₃ b ₂ c ₁	7.89
a ₅ b ₂ c ₂	14.26	a ₅ b ₂ c ₁	7.81
a ₃ b ₁ c ₂	14.22	a ₄ b ₃ c ₁	7.81
a ₅ b ₃ c ₂	14.07	a ₃ b ₁ c ₁	7.49
a ₄ b ₁ c ₂	14.04	a ₄ b ₂ c ₁	7.45
a ₅ b ₁ c ₂	13.90	a ₅ b ₁ c ₁	7.40
a ₄ b ₂ c ₂	13.73	a ₂ b ₂ c ₁	7.40
a ₂ b ₃ c ₂	13.61	a ₁ b ₂ c ₁	7.32
a ₂ b ₁ c ₂	13.48	a ₄ b ₁ c ₁	7.16
a ₂ b ₂ c ₂	13.34	a ₂ b ₁ c ₁	7.16
a ₃ b ₂ c ₂	13.26	a ₁ b ₁ c ₁	7.08
a ₃ b ₃ c ₂	13.16	d ₁	5.90

Por otro lado en el suelo residual hubo una ganancia de fósforo disponible por efecto de la fertilización fosfo-húmica, ya que todos los suelos han sido fertilizados tienen mayor fósforo disponible que el testigo. También se puede observar que mayor es la ganancia de fósforo disponible en el suelo cuanto mayor es el nivel anhídrido fosfórico (P₂O₅) aplicado. Esto era de esperarse ya que a mayor nivel de fertilización, mayor cantidad de anhídrido fosfórico de (P₂O₅), se está añadiendo al suelo, el que poco a poco va a pasar a la forma disponible

cuando reaccione con los ácidos del suelo. “La roca bayovar además de ser una fuente que se comporta como material encalante tiene la ventaja de presentar un alto contenido de fósforo (30% de P_2O_5), el cual se va haciendo soluble a través del tiempo, evitando de ésta manera la precipitación del fósforo por efecto del aluminio presente en el suelo”. (39). Por otro lado también pudiera deberse a la materia orgánica que se encuentra contenida en los fertilizantes fosfo-húmicos preparados; la materia orgánica tiene una acción benéfica en producir mayor fósforo disponible en el suelo y que puede ser aprovechado por los cultivos, es atribuido su bondad debido a la acción de ciertos productos formados como consecuencia del metabolismo causado por la descomposición microbológica, cuyos productos forman moléculas complejas estables de hierro y aluminio, que son los responsables para la fijación del fósforo en suelos ácidos y liberar así el fósforo fijado (13).

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados y discusiones del estudio se concluye:

1. El fósforo total de los fertilizantes fosfo-húmicos fluctúa entre 23.74% de anhídrido fosfórico (P_2O_5) para la mayor proporción de roca bayovar y 15.63% de anhídrido fosfórico (P_2O_5) para la menor proporción de roca bayovar en la mezcla con humus de lombriz.
2. Que a medida que se incrementa humus de lombriz en las mezclas mayor es la cantidad de fósforo soluble en agua, los valores fluctúan entre 0.042 y 0.165% de anhídrido fosfórico (P_2O_5) para la menor y mayor proporción de humus respectivamente. Así mismo, el fósforo asimilable está en proporción directa al contenido de roca bayovar en la mezcla.
3. La eficiencia de los fertilizantes depende de la acidez del suelo. Los coeficientes aparentes de uso del fósforo por el cultivo de soya son 6.86% para el suelo aluvial y 3.54% para el suelo residual.
4. Referente a los niveles de fertilización, el mayor coeficiente aparente de uso se obtuvo con el nivel 100 ppm. , Disminuyendo el valor a medida que aumentara los niveles de fósforo en ambos tipos de suelo.

5. En el suelo aluvial se obtuvieron mayores coeficientes aparente de uso de fósforo por el cultivo de soya (16.83% y 16.67%) con los tratamientos $a_2b_1c_2$ (roca bayovar 60 – humus 40, con 100 ppm. de P_2O_5) y $a_4b_1c_2$ (roca bayovar 40 – humus 60, con 100 ppm. de P_2O_5), mientras que en el suelo residual el mayor valor (5.95%) se obtuvo con el tratamiento $a_1b_1c_1$ (roca bayovar 70 – humus 30, con 100 ppm. de P_2O_5).
6. De acuerdo a sus características de cada tipo de suelo, los fertilizantes fosfo-húmicos tuvieron efectos diferentes dependiendo de algunas de sus características como son contenido de anhídrido fosfórico (P_2O_5) total, contenido de humus, solubilidad y disponibilidad de fósforo, además de la dosis de fertilización. De esto depende que se logre mejores resultados tanto en la altura de planta, productividad de materia seca, absorción de fósforo y coeficiente aparente de uso.

VI. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y discusiones se recomienda:

1. Realizar estudios experimentales similares utilizando como base el nivel 100 ppm. de anhídrido fosfórico (P_2O_5) y dosis mayores en el suelo residual y una dosis menor en el suelo aluvial.
2. Realizar trabajos sembrando dos veces el mismo cultivo para evaluar el efecto residual en ambos tipos de suelo.

VII. RESUMEN

El trabajo se realizó desde el 20 de marzo hasta el 30 de julio en el zoocriadero y Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María - Perú, con el fin de evaluar la solubilidad de los fertilizantes fosfo- húmicos y determinar el coeficiente aparente de uso (C.A.U.) del fósforo utilizando como cultivo indicador la soya de la línea TGX 1437 - LD.

• Los suelos empleados son dos: un suelo residual (pH=3.4) y aluvial (pH=5.6) procedente e de Santa Rosa de Shapajilla y de Castillo Grande respectivamente. Ambos fueron depositados a una razón de 1.5Kg. en envases de plástico de 2Kg. de capacidad, donde se sembró soya, quedando tres plantas al desahije. Los tratamientos estaban conformados por la combinación de fertilizantes fosfo-húmicos (roca bayovar 70 - humus 30, roca bayovar 60 - humus 40, roca bayovar 50 - humus 50, roca bayovar 40 - humus 60 y roca bayovar 30 - humus 70) con tres niveles de P_2O_5 (100, 150 y 200ppm.) y dos suelos (residual - aluvial) más dos testigos; los que fueron adoptadas al Diseño Completo al Azar con arreglo factorial de $5 \times 3 \times 2 + 2$ testigos adicionales con 3 repeticiones. Se evaluó altura de planta, materia seca radicular y aérea, fósforo en la planta y el coeficiente aparente de uso.

De los resultados se concluye: el humus juega un papel importante ya que tiene un efecto positivo en el porcentaje de solubilidad y disponibilidad de los fertilizantes

fosfo-húmicos empleados. El mayor coeficiente aparente de uso se obtuvo con el fertilizante fosfo-húmico a_2 (roca bayovar 60 – humus 40) en un suelo aluvial y el fertilizante fosfo-húmico a_1 (roca bayovar 70 – humus 30) en un suelo residual.

La eficiencia de los fertilizantes depende de la acidez del suelo. Los coeficientes aparentes de uso son 6.86% para el suelo aluvial y 3.54% para el suelo residual. Referente a los niveles, el mayor coeficiente aparente de uso se obtuvo con el nivel 100ppm., disminuyendo el valor a medida que aumentará los niveles de fósforo en ambos tipos de suelo.

VIII. BIBLIOGRAFIA

1. **AGUIRRE, A. J.** 1963. Suelos, abonos y enmiendas. Edit. Dossat S.A. Madrid, España. 452 p.
2. **ANDERSON, T. W.** 1971. The statical analysis of times series. Jhon Wiley. New York. 704 p.
3. **AVELLANEDA, A. E.** 1996. Evaluación de la solubilidad de las fuentes fosfatadas mezcladas con humus de lombriz en condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. U.N.A.S. Tingo María, Perú. 83 p.
4. **BEAR, F. E.** 1969. Los suelos en relación con crecimiento en los cultivos. Trad. por José Abeijon Veloso. Omega. Barcelona, España. 368p.
5. **BLACK, C. A.** 1975. Relaciones suelo-planta, 2da. Edición. Edit. Hemisferio Sur. Argentina. 866 p.
6. **BUITRON, B. F. Z.** 1976. Evaluación biológica de la roca bruta bayovar aplicado solo y mezcla (50:50) con superfosfato simple, usando un cultivar de papa bajo condiciones de invernadero. Tesis Ing. Agr. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 110 p.
7. **CABELLO, M. R.** 1979. Determinación del coeficiente aparente de uso del fósforo de diferentes fuentes bajo condiciones de invernadero en dos cultivos consecutivos de papa, maíz. En un suelo ácido de Villa Rica. Tesis Ing. Agr. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 10 p.

8. **CALZADA, B. J.** 1970. Métodos estadísticos para la investigación. 3era. Ed. Edit. Jurídica. Lima, Perú. 643 p.
9. **CASTILLO, J.** 1979. Fijación adsorción de fósforo en suelos de puna de 3,450 a 4,100 m.s.n.m. Allpachaca. Tesis Ing. Agr. U.N.S.C.H. Ayacucho, Perú. 86 p.
10. **CESARE, G. y SEDANO, V.** 1992. El cultivo intensivo de la soya en Tingo María. Divulgación agropecuaria N° 14. U.N.A.S. Tingo María, Perú. 24 p.
11. **CHAMINADE, R.** 1959. Influencia del humus en la nutrición mineral de los vegetales. Revista de la Potasa. Instituto Internacional de la Potasa. Berna, Suiza. Pp. 4-4.
12. **CHAPMAN, H. D.** 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y agua. Trad. por Agustín Contín. Edit. Trillas. México. 195p.
13. **DALTON, J; D. GLEEN RUSSEL and D. H. SELING.** 1952. Effect of organic matter on phasphate availability. Soil Sc. March. New York. V. 73. N-3.
14. **DAVELOUIS, J. R.** 1973. Efecto del fósforo y de la finura de la roca fosfatada de Sechura, del encaldo y del tiempo de incubación sobre el rendimiento y la absorción de fósforo por el sorgo. Tesis. Mag. Scientiae. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 120 p.

15. **ESTRADA, J.; ZAPATA, F. BAZAN, R.** Análisis de suelo y plantas. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 84
16. **FASSBENDER, H. W.** 1967. Los fosfatos naturales de Sechura, Perú Boletín de la Corporación Nacional de Fertilizantes. Lima, Perú. V. 7. Pp. 15-23.
17. ----- 1987. Química de suelos con énfasis de suelo de América Latina. IICA. Costa Rica. 298 p.
18. **FERRUZZI, C.** 1978. Manual de Lombricultura. Trad. Del italiano por Carlos Buxa. Madrid, España. 138 p.
19. **FINNGERMAN, M.** 1969. Evaluación y densidad zoológica. Trad. Por Fernando Colchero. Interamericano. México. Pp. 68-78.
20. **GARCIA, A. H.** 1997. Evaluación y determinación del coeficiente aparente de uso de fuentes fosfóricas en dos suelos y dos cultivos secuenciales en invernadero. Tesis Ing. Agr. U.N.A.S. Tingo María, Perú. 90 p.
21. **GERRETSEN, F. C.** 1969. Influence of microorganism the phosphate in take by the plant. Plant and soil. Estados Unidos. 1:51-81 p.
22. **GROSS, G.** 1986. Abonos. Guía práctica de la fertilización. 7ma. Ed. Edit. Mundi Prensaj. Madrid, España. 554 p.
23. **GUERRERO, A.** 1990. El suelo, los abonos y la fertilización de cultivos. Mundi Prensa. Madrid, España. 206 p.

24. INSTITUTO DE LAS INVESTIGACIONES DE LA AMAZONIA PERUANA. 1989. Lombricultura, Biotecnología de recuperación. Pucallpa, Perú. 4:1-2.
25. GIMENEZ, S. J. 1992. Evaluación de diferentes sustratos orgánicos en la crianza de lombriz (*Eisenia foetida* Sav.) y la producción de humus en Tingo María. Tesis Ing. Agr. U.N.A.S. Tingo María, Perú. 148 p.
26. LUNA, M. 1972. Estudio comparativo sobre el aprovechamiento del fósforo de diferentes fosforados por alfalfa y cebada. Tesis Mag. Scientiae-Suelo. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 108 p.
27. MILLAR, E. C. 1962. Fundamento de la ciencia del suelo. Edit. Continental, S.A. México. 22 D.F. 612 p.
28. OLSEN, S. R. ; WATANABE, F. S. 1957. A method to determine o phosphorus adsorption maximum of soil as measured by the langmuir isotherm. S.S.S.A.P. Estados Unidos. 21(1): 144-149.
29. NOVAK, A. 1990. La lombriz de tierra. Curso básico, Lombricultura, Ciencia y Tecnología. Lima, Perú. s.n. 27 p.
30. PICCINI, A. D. 1983. Fertilidad de suelos. Manual de prácticas. U.N.A.S. Tingo María, Perú. 40 p.
31. PRIMO, M. S. 1973. Química agrícola 1. Suelos y fertilizantes. Alhambra. Madrid, España. 471 p.
32. SAENZ, C. 1987. La lombriz en el mejoramiento de la tierra. Gaceta Agrícola. México. 18 (47): Pp. 62-64.

33. **SANCHEZ, P.** 1981. Suelos del trópico, caracterización y manejo. IICA. Costa Rica. 634 p.
34. **SAUCHELLI, V.** 1966. Química y tecnología de los fertilizantes. Edit. Continental. México, 828 p.
35. **SIFUENTES, M.** 1997. Evaluación de fertilizantes fosfatados mezclados con humus y determinación del coeficiente aparente de uso en un suelo ácido en el cultivo de maíz en Tingo María. Tesis Ing. Agr. U.N.A.S. Tingo María, Perú. 77 p.
36. **TAHMANE, R. V.** 1979. Suelos, su química y su fertilidad en los suelos tropicales. 2da. Ed. Edit. Diana. México. 479 p.
37. **TEUSCHER, G. L.; R. ADLER.** 1985. El suelo y su fertilidad. 3ra. Ed. CECSA. México. 520 p.
38. **TISDALE, S. L. y W. NELSON.** 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Edit. Montaner y Simón S.A. Barcelona, España. 760 p.
39. **VILLAGARCIA, H. S.** 1982. Resultados de ensayos de invernadero y de campo sobre la fertilización y nutrición mineral en el cultivo de papa. Suelos del trópico húmedo. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 136 p.
40. **WEBB, J. R.** 1985. Fosfatos solubles en agua. Boletín de la Corporación Nacional de Fertilizantes. Lima, Perú. Vol. (5); Pp. 19-25.
41. **ZAPATA, F. y S. VILLAGARCIA.** 1983. Manual de uso de fertilizantes. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 104 p.

IX. ANEXO

Cuadro 18. Prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto de los tratamientos en estudio en el carácter materia seca radicular y aérea (g./maceta).

Trat	Prom.	Significación	Trat.	Prom.	Significación
a ₅ b ₁ c ₂	2.45	a	a ₄ b ₁ c ₂	14.87	a
a ₁ b ₁ c ₂	2.40	ab	a ₁ b ₁ c ₂	14.75	a
a ₁ b ₂ c ₂	2.26	bc	a ₂ b ₁ c ₂	14.44	ab
d ₂	2.25	bc	a ₃ b ₁ c ₂	13.94	bc
a ₃ b ₂ c ₂	2.21	bc	a ₂ b ₂ c ₂	13.64	cd
a ₄ b ₂ c ₂	2.19	c	a ₄ b ₂ c ₂	13.25	cde
a ₃ b ₁ c ₂	2.09	cd	a ₅ b ₃ c ₂	12.87	def
a ₄ b ₁ c ₂	1.98	de	a ₃ b ₂ c ₂	12.81	ef
a ₃ b ₃ c ₂	1.96	def	a ₁ b ₂ c ₂	12.57	ef
a ₄ b ₃ c ₂	1.94	defg	a ₂ b ₃ c ₂	12.51	efg
a ₂ b ₃ c ₂	1.87	efgh	a ₅ b ₁ c ₂	12.21	fg
a ₂ b ₁ c ₂	1.85	efgh	a ₅ b ₂ c ₂	12.10	fgh
a ₅ b ₂ c ₂	1.77	efgh	a ₁ b ₃ c ₂	11.73	ghi
a ₂ b ₂ c ₂	1.76	fgh	a ₃ b ₃ c ₂	11.44	ghi
a ₅ b ₃ c ₂	1.75	gh	a ₄ b ₃ c ₂	11.29	hi
a ₁ b ₃ c ₂	1.72	h	d ₂	11.15	hi
a ₄ b ₂ c ₁	0.97	i	a ₅ b ₃ c ₁	7.01	j
a ₄ b ₃ c ₁	0.90	ij	a ₅ b ₂ c ₁	5.34	k
a ₃ b ₂ c ₁	0.86	ijk	a ₁ b ₃ c ₁	4.96	kl
a ₁ b ₂ c ₁	0.84	ijk	a ₁ b ₂ c ₁	4.88	kl
a ₃ b ₁ c ₁	0.84	ijk	a ₂ b ₃ c ₁	4.84	kl
a ₅ b ₁ c ₁	0.83	ijkl	a ₄ b ₃ c ₁	4.78	kl
a ₅ b ₂ c ₁	0.83	ijkl	a ₄ b ₂ c ₁	4.61	klm
a ₂ b ₂ c ₁	0.82	ijkl	a ₁ b ₁ c ₁	4.55	klm
a ₅ b ₃ c ₁	0.77	ijkl	a ₄ b ₁ c ₁	4.52	klm
a ₂ b ₁ c ₁	0.76	ijkl	a ₂ b ₂ c ₁	4.45	lm
a ₁ b ₃ c ₁	0.75	ijkl	a ₂ b ₁ c ₁	4.28	lm
a ₁ b ₁ c ₁	0.73	jkl	a ₃ b ₃ c ₁	4.27	lm
a ₃ b ₃ c ₁	0.71	jkl	a ₃ b ₂ c ₁	4.12	lm
a ₄ b ₁ c ₁	0.70	jkl	a ₅ b ₁ c ₁	3.75	mn
a ₂ b ₃ c ₁	0.66	kl	a ₃ b ₁ c ₁	3.23	no
d ₁	0.61	l	d ₁	2.61	o

Trat = Tratamiento

Prom. = Promedio

Cuadro 19. Prueba de significación Duncan ($\alpha=0.05$) para el efecto de los tratamientos en estudio en el carácter absorción total del fósforo (mg/maceta).

Tratamiento	Promedio	Significación
$a_2b_1c_2$	37.29	a
$a_4b_1c_2$	37.19	a
$a_3b_1c_2$	34.87	b
$a_4b_2c_2$	34.39	b c
$a_2b_2c_2$	33.50	b c d
$a_5b_3c_2$	33.06	b c d
$a_1b_2c_2$	32.19	c d e
$a_2b_3c_2$	31.95	d e
$a_1b_1c_2$	31.88	d e
$a_3b_2c_2$	31.43	d e
$a_1b_3c_2$	31.23	d e
$a_5b_2c_2$	30.06	e f
$a_5b_1c_2$	28.08	f g
$a_3b_3c_2$	28.07	f g
$a_4b_3c_2$	27.94	f g
d_2	26.27	g
$a_5b_3c_1$	8.88	h
$a_1b_1c_1$	6.64	h i
$a_2b_2c_1$	6.54	h i
$a_5b_2c_1$	6.52	h i
$a_1b_3c_1$	6.31	i
$a_1b_2c_1$	6.08	i
$a_4b_2c_1$	6.07	i
$a_2b_3c_1$	6.04	i
$a_4b_1c_1$	5.87	i
$a_2b_1c_1$	5.83	i
$a_3b_3c_1$	5.71	i
$a_4b_3c_1$	5.23	i j
$a_5b_1c_1$	4.91	i j
$a_3b_1c_1$	4.83	i j
$a_3b_2c_1$	4.70	i j
d_1	2.74	j

Cuadro 20. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de la materia seca radicular (g./maceta).

TRATAMIENTO	REPETICION			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
a ₁ b ₁ c ₁	0.58	0.74	0.87	2.19	0.73
a ₁ b ₁ c ₂	2.67	2.30	2.23	7.20	2.40
a ₁ b ₂ c ₁	0.93	0.80	2.78	4.51	1.50
a ₁ b ₂ c ₂	2.22	2.27	2.30	6.79	2.26
a ₁ b ₃ c ₁	0.82	0.70	0.73	2.25	0.75
a ₁ b ₃ c ₂	1.70	1.88	1.57	5.15	1.72
a ₂ b ₁ c ₁	0.64	0.75	0.90	2.29	0.76
a ₂ b ₁ c ₂	1.86	1.96	1.74	5.56	1.85
a ₂ b ₂ c ₁	0.68	0.97	0.82	2.47	0.82
a ₂ b ₂ c ₂	1.85	1.81	1.63	5.29	1.76
a ₂ b ₃ c ₁	0.69	0.63	0.65	1.97	0.66
a ₂ b ₃ c ₂	1.78	1.96	1.86	5.60	1.87
a ₃ b ₁ c ₁	0.96	0.80	0.75	2.51	0.84
a ₃ b ₁ c ₂	2.06	2.19	2.02	6.27	2.09
a ₃ b ₂ c ₁	0.92	0.86	0.79	2.57	0.86
a ₃ b ₂ c ₂	2.06	2.33	2.24	6.63	2.21
a ₃ b ₃ c ₁	0.70	0.76	0.66	2.12	0.71
a ₃ b ₃ c ₂	1.87	1.91	2.11	5.89	1.96
a ₄ b ₁ c ₁	0.75	0.63	0.73	2.11	0.70
a ₄ b ₁ c ₂	1.85	1.90	2.18	5.93	1.98
a ₄ b ₂ c ₁	1.03	0.97	0.90	2.90	0.97
a ₄ b ₂ c ₂	2.04	2.23	2.31	6.58	2.19
a ₄ b ₃ c ₁	0.80	1.02	0.89	2.71	0.90
a ₄ b ₃ c ₂	2.04	1.93	1.84	5.81	1.94
a ₅ b ₁ c ₁	0.89	0.84	0.77	2.50	0.83
a ₅ b ₁ c ₂	2.48	2.35	2.53	7.36	2.45
a ₅ b ₂ c ₁	0.79	0.88	0.81	2.48	0.83
a ₅ b ₂ c ₂	1.68	1.75	1.89	5.32	1.77
a ₅ b ₃ c ₁	0.81	0.73	0.78	2.32	0.77
a ₅ b ₃ c ₂	1.93	1.67	1.64	5.24	1.75
d ₁	0.58	0.65	0.61	1.84	0.61
d ₂	2.25	2.20	2.30	6.75	2.25

Cuadro 21. Efecto de los tratamientos en el rendimiento de la materia seca de la parte aérea (g./maceta).

TRATAMIENTO	REPETICION			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
a ₁ b ₁ c ₁	5.02	4.46	4.18	13.66	4.55
a ₁ b ₁ c ₂	14.74	14.68	14.83	44.25	14.75
a ₁ b ₂ c ₁	4.62	5.16	4.86	14.64	4.88
a ₁ b ₂ c ₂	13.05	12.42	12.25	37.72	12.57
a ₁ b ₃ c ₁	5.45	4.38	5.06	14.89	4.96
a ₁ b ₃ c ₂	11.78	12.42	10.99	35.19	11.73
a ₂ b ₁ c ₁	3.83	4.01	5.00	12.84	4.28
a ₂ b ₁ c ₂	14.42	14.21	14.70	43.33	14.44
a ₂ b ₂ c ₁	4.54	4.48	4.33	13.35	4.45
a ₂ b ₂ c ₂	13.57	13.61	13.74	40.92	13.64
a ₂ b ₃ c ₁	4.69	5.28	4.56	14.53	4.84
a ₂ b ₃ c ₂	13.08	12.16	12.28	37.52	12.51
a ₃ b ₁ c ₁	2.84	3.61	3.23	9.68	3.23
a ₃ b ₁ c ₂	14.00	13.93	13.90	41.83	13.94
a ₃ b ₂ c ₁	4.05	4.38	3.93	12.36	4.12
a ₃ b ₂ c ₂	12.74	12.77	12.93	38.44	12.81
a ₃ b ₃ c ₁	4.63	4.37	3.82	12.82	4.27
a ₃ b ₃ c ₂	11.55	10.76	12.00	34.31	11.44
a ₄ b ₁ c ₁	5.03	4.15	4.37	13.55	4.52
a ₄ b ₁ c ₂	14.61	14.68	15.22	44.51	14.84
a ₄ b ₂ c ₁	4.23	4.81	4.79	13.83	4.61
a ₄ b ₂ c ₂	13.53	13.01	13.33	39.87	13.29
a ₄ b ₃ c ₁	5.49	4.52	4.34	14.35	4.78
a ₄ b ₃ c ₂	11.28	11.57	11.03	33.88	11.29
a ₅ b ₁ c ₁	4.48	3.30	3.48	11.26	3.75
a ₅ b ₁ c ₂	11.47	12.59	12.57	36.63	12.21
a ₅ b ₂ c ₁	5.22	5.88	4.91	16.01	5.34
a ₅ b ₂ c ₂	11.66	12.13	12.52	36.31	12.10
a ₅ b ₃ c ₁	6.70	6.94	7.39	21.03	7.01
a ₅ b ₃ c ₂	12.88	13.47	12.25	38.60	12.87
d ₁	2.76	2.72	2.35	7.83	2.61
d ₂	11.62	11.09	10.73	33.44	11.15

Cuadro 22. Efecto de los tratamientos en la absorción de fósforo (mg./maceta)

TRATAMIENTO	REPETICION			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
a ₁ b ₁ c ₁	6.90	6.78	6.23	19.91	6.64
a ₁ b ₁ c ₂	33.15	30.18	32.32	95.65	31.88
a ₁ b ₂ c ₁	5.87	6.65	5.72	18.24	6.08
a ₁ b ₂ c ₂	34.07	30.38	32.11	96.56	32.19
a ₁ b ₃ c ₁	6.98	5.88	6.07	18.93	6.31
a ₁ b ₃ c ₂	30.69	31.51	31.49	93.69	31.23
a ₂ b ₁ c ₁	4.76	6.01	6.72	17.49	5.83
a ₂ b ₁ c ₂	36.32	36.14	39.41	111.87	37.29
a ₂ b ₂ c ₁	6.90	6.16	6.57	19.63	6.54
a ₂ b ₂ c ₂	32.84	33.64	34.03	100.51	33.50
a ₂ b ₃ c ₁	5.65	7.40	5.06	18.11	6.04
a ₂ b ₃ c ₂	35.85	31.58	28.42	95.85	31.95
a ₃ b ₁ c ₁	4.39	5.61	4.50	14.50	4.83
a ₃ b ₁ c ₂	35.84	34.62	34.14	104.60	34.87
a ₃ b ₂ c ₁	4.47	5.10	4.53	14.10	4.70
a ₃ b ₂ c ₂	32.53	30.89	30.81	94.23	31.41
a ₃ b ₃ c ₁	8.76	5.61	5.08	19.45	6.48
a ₃ b ₃ c ₂	29.61	26.41	28.18	84.20	28.07
a ₄ b ₁ c ₁	6.48	5.16	5.98	17.62	5.87
a ₄ b ₁ c ₂	36.58	36.23	38.75	111.56	37.19
a ₄ b ₂ c ₁	6.33	5.43	6.46	18.22	6.07
a ₄ b ₂ c ₂	34.77	34.91	33.48	103.16	34.39
a ₄ b ₃ c ₁	6.10	4.99	4.60	15.69	5.23
a ₄ b ₃ c ₂	27.14	28.65	28.03	83.82	27.94
a ₅ b ₁ c ₁	5.78	4.31	4.63	14.72	4.91
a ₅ b ₁ c ₂	27.41	27.61	29.23	84.25	28.08
a ₅ b ₂ c ₁	6.47	7.16	5.93	19.56	6.52
a ₅ b ₂ c ₂	30.55	30.70	28.93	90.18	30.06
a ₅ b ₃ c ₁	9.09	9.19	8.36	26.64	8.88
a ₅ b ₃ c ₂	32.33	32.87	33.97	99.17	33.06
d ₁	2.96	3.07	2.19	8.22	2.74
d ₂	28.67	25.97	24.18	78.82	26.27

Cuadro 23. Coeficiente aparente de uso del fósforo (%) de los fertilizantes fosfo-húmicos incubados por 30 días.

TRATAMIENTO	REPETICION			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
a ₁ b ₁ c ₁	6.35	6.17	5.33	17.85	5.95
a ₁ b ₁ c ₂	10.25	5.72	8.98	24.95	8.32
a ₁ b ₂ c ₁	3.19	3.98	3.03	10.20	3.40
a ₁ b ₂ c ₂	7.77	4.01	5.77	17.55	5.85
a ₁ b ₃ c ₁	3.24	2.40	2.54	8.18	2.73
a ₁ b ₃ c ₂	3.24	3.87	3.86	10.97	3.66
a ₂ b ₁ c ₁	3.09	4.99	6.08	14.16	4.72
a ₂ b ₁ c ₂	15.35	15.07	20.06	50.48	16.83
a ₂ b ₂ c ₁	4.23	3.48	3.90	11.61	3.87
a ₂ b ₂ c ₂	6.69	3.50	7.90	18.09	6.03
a ₂ b ₃ c ₁	2.22	3.56	1.77	7.55	2.52
a ₂ b ₃ c ₂	7.31	4.05	1.64	13.00	4.33
a ₃ b ₁ c ₁	2.52	4.39	2.69	9.60	3.20
a ₃ b ₁ c ₂	14.35	12.48	11.76	38.59	12.86
a ₃ b ₂ c ₁	1.76	2.40	1.82	5.98	1.99
a ₃ b ₂ c ₂	6.19	4.53	4.45	15.17	5.06
a ₃ b ₃ c ₁	4.60	2.19	1.78	8.57	2.86
a ₃ b ₃ c ₂	2.42	-0.03	1.33	3.72	1.24
a ₄ b ₁ c ₁	5.71	3.70	4.95	14.36	4.79
a ₄ b ₁ c ₂	15.74	15.21	19.06	50.01	16.67
a ₄ b ₂ c ₁	3.65	2.74	3.79	10.18	3.39
a ₄ b ₂ c ₂	8.65	8.79	7.34	24.78	8.26
a ₄ b ₃ c ₁	2.57	1.72	1.42	5.71	1.90
a ₄ b ₃ c ₂	0.66	1.82	1.34	3.82	1.27
a ₅ b ₁ c ₁	4.64	2.40	2.89	9.93	3.31
a ₅ b ₁ c ₂	1.49	1.94	4.25	7.68	2.56
a ₅ b ₂ c ₁	3.80	4.50	3.24	11.54	3.85
a ₅ b ₂ c ₂	4.18	4.34	2.54	11.06	3.69
a ₅ b ₃ c ₁	4.85	4.92	4.29	14.06	4.69
a ₅ b ₃ c ₂	4.50	4.91	5.75	15.16	5.05
d ₁	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
d ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Cuadro 24. Efecto de los tratamientos en la concentración de fósforo (%) de la parte aérea

TRATAMIENTO	REPETICION			SUMA	PROMEDIO
	I	II	III		
a ₁ b ₁ c ₁	0.1374	0.1520	0.1490	0.4384	0.1461
a ₁ b ₁ c ₂	0.2251	0.2056	0.2166	0.6473	0.2158
a ₁ b ₂ c ₁	0.1271	0.1289	0.1177	0.3737	0.1246
a ₁ b ₂ c ₂	0.2611	0.2446	0.2621	0.7678	0.2559
a ₁ b ₃ c ₁	0.1282	0.1342	0.1200	0.8006	0.1275
a ₁ b ₃ c ₂	0.2605	0.2537	0.2864	0.4086	0.2669
a ₂ b ₁ c ₁	0.1244	0.1498	0.1344	0.7743	0.1362
a ₂ b ₁ c ₂	0.2519	0.2543	0.2681	0.4412	0.2581
a ₂ b ₂ c ₁	0.1520	0.1375	0.1517	0.7369	0.1471
a ₂ b ₂ c ₂	0.2420	0.2472	0.2477	0.3717	0.2456
a ₂ b ₃ c ₁	0.1205	0.1402	0.1110	0.7652	0.1239
a ₂ b ₃ c ₂	0.2741	0.2597	0.2314	0.4496	0.2551
a ₃ b ₁ c ₁	0.1547	0.1555	0.1394	0.7501	0.1499
a ₃ b ₁ c ₂	0.2560	0.2485	0.2456	0.3422	0.2500
a ₃ b ₂ c ₁	0.1104	0.1165	0.1153	0.1374	0.1141
a ₃ b ₂ c ₂	0.2553	0.2419	0.2383	0.7355	0.2452
a ₃ b ₃ c ₁	0.1893	0.1283	0.1329	0.4505	0.1502
a ₃ b ₃ c ₂	0.2564	0.2454	0.2348	0.7366	0.2455
a ₄ b ₁ c ₁	0.1289	0.1243	0.1369	0.3901	0.1300
a ₄ b ₁ c ₂	0.2504	0.2451	0.2546	0.7501	0.2500
a ₄ b ₂ c ₁	0.1496	0.1129	0.1349	0.3974	0.1325
a ₄ b ₂ c ₂	0.2570	0.2683	0.2510	0.7763	0.2588
a ₄ b ₃ c ₁	0.1112	0.1104	0.1065	0.3281	0.1094
a ₄ b ₃ c ₂	0.2406	0.2476	0.2541	0.7423	0.2474
a ₅ b ₁ c ₁	0.1290	0.1308	0.1331	0.3929	0.1310
a ₅ b ₁ c ₂	0.2390	0.2201	0.2325	0.6916	0.2303
a ₅ b ₂ c ₁	0.1240	0.1218	0.1207	0.3665	0.1222
a ₅ b ₂ c ₂	0.2620	0.2531	0.2311	0.7462	0.2487
a ₅ b ₃ c ₁	0.1357	0.1324	0.1131	0.3812	0.1271
a ₅ b ₃ c ₂	0.2510	0.2440	0.2773	0.7723	0.2574
d ₁	0.1072	0.1129	0.0933	0.3134	0.1045
d ₂	0.2467	0.2342	0.2300	0.7109	0.2370

Cuadro 25. Efecto de los tratamientos en la concentración (%), absorción de fósforo (mg./maceta) de la parte radicular y el coeficiente aparente de uso de los fertilizantes fosfo-húmicos incubados por 30 días.

TRATAMIENTO	CONCENTRACIÓN (%P)	ABSORCIÓN (mg./maceta)	C.A.U. (%)
a ₁ b ₁ c ₁	0.1599	1.1673	0.6619
a ₁ b ₁ c ₂	0.3407	8.1768	0.3271
a ₁ b ₂ c ₁	0.1517	1.2743	0.5508
a ₁ b ₂ c ₂	0.3137	7.1710	-0.8058
a ₁ b ₃ c ₁	0.1957	1.4678	0.5604
a ₁ b ₃ c ₂	0.2602	4.4754	-2.6623
a ₂ b ₁ c ₁	0.1856	1.6704	1.4301
a ₂ b ₁ c ₂	0.3767	6.5546	-2.1498
a ₂ b ₂ c ₁	0.2174	1.7827	1.0677
a ₂ b ₂ c ₂	0.3887	6.3358	-1.6560
a ₂ b ₃ c ₁	0.1707	1.1266	0.2999
a ₂ b ₃ c ₂	0.3302	6.1747	-1.3650
a ₃ b ₁ c ₁	0.1399	1.1752	0.6740
a ₃ b ₁ c ₂	0.2082	4.3514	-5.5139
a ₃ b ₂ c ₁	0.1208	1.0389	0.3106
a ₃ b ₂ c ₂	0.2826	6.2455	-1.7479
a ₃ b ₃ c ₁	0.1608	1.1417	0.3114
a ₃ b ₃ c ₂	0.4834	9.4746	1.1543
a ₄ b ₁ c ₁	0.2166	1.5162	1.1946
a ₄ b ₁ c ₂	0.3258	6.4508	-2.3083
a ₄ b ₂ c ₁	0.1926	1.8682	1.1597
a ₄ b ₂ c ₂	0.3127	6.8481	-1.1345
a ₄ b ₃ c ₁	0.1986	1.7874	0.8044
a ₄ b ₃ c ₂	0.3207	6.2216	-1.3292
a ₅ b ₁ c ₁	0.1210	0.9317	0.3022
a ₅ b ₁ c ₂	0.3345	8.4629	0.7639
a ₅ b ₂ c ₁	0.1402	1.1356	0.4090
a ₅ b ₂ c ₂	0.3359	6.3485	-1.6430
a ₅ b ₃ c ₁	0.2065	1.6107	0.6695
a ₅ b ₃ c ₂	0.4366	7.1438	-0.6251
d ₁	0.1203	0.7338	0.0000
d ₂	0.3402	7.9626	0.0000

Cuadro 26. Análisis de algunas propiedades fisico-químicas de humus de lombriz.

Trat.	M.O.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	H	CIC	pH	CE	C/N	Ceniza	Da	Zn	E.P
	%	%	%	%	%	%	Ppm	ppm	ppm	ppm	%	Meq/100 g		Mmhos/cc		%	g/cc	ppm	%
T ₁	47.0	2.30	2.50	1.24	4.20	1.70	0.24	2.00	0.50	0.97	20.0	48.0	6.90	8.70	11.85	19.50	1.07	0.2	58.0
T ₂	46.0	2.20	2.50	0.91	4.50	1.50	0.22	2.10	0.50	0.96	23.0	43.0	6.80	7.70	12.10	17.40	1.07	0.2	60.4
T ₃	45.0	2.10	2.40	0.87	4.40	1.80	0.20	2.20	0.40	1.02	22.0	38.0	6.60	9.13	12.40	21.50	1.08	0.2	58.7
T ₄	44.0	2.20	2.05	0.72	4.30	1.70	0.19	2.10	0.50	1.09	20.0	39.0	6.70	7.10	11.60	20.10	1.05	0.1	60.3
T ₅	47.0	2.20	2.70	0.77	4.90	1.50	0.20	2.20	0.50	1.10	21.0	41.0	6.70	7.20	12.40	18.50	1.05	0.2	59.7

Fuente : JIMENEZ, 1992.

T₁ = Estiércol de bovino + cascarilla de cacao. V : 4/1

T₂ = Estiércol de bovino + pulpa de café. V : 4/1

T₃ = Estiércol de bovino + hojas de *Eritrina sp.* V : 4/1

T₄ = Estiércol de bovino + rastrojo de maíz. V : 4/1

T₅ = Estiércol de bovino + pasto yaragua. V : 4/1

Cuadro 27. Cuadrado medio de los efectos simples de los factores en estudio para la materia seca de la parte radicular, aérea (g./maceta), absorción de fósforo (mg/maceta) y el coeficiente aparente de uso (%).

F.V	G.L	CUADRADOS MEDIOS			
		Materia seca Radicular	Materia seca Aérea	Absorción de fósforo	C.A.U. ^{1/}
Efecto simple de AB.					
A en b ₁	4	0.12 NS	3.35 *	25.93 **	1.79 NS
A en b ₂	4	0.12 NS	0.31 NS	5.80 **	0.28 NS
A en b ₃	4	0.03 NS	4.09 **	17.36 **	0.64 NS
B en a ₁	2	0.21 NS	2.70 *	0.39 NS	0.96 NS
B en a ₂	2	0.00 NS	0.71 NS	10.01 **	2.33 NS
B en a ₃	2	0.06 NS	0.92 NS	10.46 **	2.17 NS
B en a ₄	2	0.09 NS	4.12 *	39.43 **	4.36 *
B en a ₅	2	0.27 NS	5.86 **	30.41 **	0.32 NS
Efecto simple de AC.					
A en c ₁	4	0.02 NS	2.60 *	2.74 *	0.16 NS
A en c ₂	4	0.12 NS	1.66 NS	20.54 **	1.22 NS
C en a ₁	1	8.26 **	303.98 **	2908.81 **	0.64 NS
C en a ₂	1	5.25 *	364.95 **	3556.06 **	4.22 *
C en a ₃	1	7.46 **	353.07 **	3067.53 **	1.84 NS
C en a ₄	1	6.24 *	326.23 **	3389.66 **	3.25 NS
C en a ₅	1	6.27 *	222.18 **	2512.93 **	0.01 NS
Efecto simple de BC.					
B en c ₁	2	0.05 NS	3.08 NS	3.61 *	0.46 NS
B en c ₂	2	0.37 NS	16.25 **	43.81 **	7.81 **
C en b ₁	1	14.31 **	746.60 **	5983.77 **	9.11 **
C en b ₂	1	10.42 **	504.87 **	5197.94 **	2.39 NS
C en b ₃	1	8.88 **	345.98 **	4269.99 **	0.00 NS
Error	64	0.012	0.180	1.548	0.063

NS = No significativo

* = Significativo ($\alpha = 0.05$)

** = Altamente significativo ($\alpha = 0.01$)

^{1/} = Datos transformados a.

Cuadro 28. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples para los caracteres materia seca radicular y aérea, absorción de fósforo y coeficiente aparente de uso (%).

F.V.	Materia seca radicular		Materia seca aérea		Absorción de fósforo		C.A.U.	
	Prom.	Sign.	Prom.	Sign.	Prom.	Sign.	Prom.	Sign.
A en b₁								
a ₅	1.64	a	7.98	c	16.50	c	1.96	c
a ₁	1.57	a b	9.65	a	19.26	b	2.84	b
a ₃	1.46	b c	8.59	b	19.85	b	2.88	b
a ₄	1.34	c d	9.69	a	21.53	a	3.30	a
a ₂	1.31	d	9.36	a	21.56	a	3.30	a
A en b₂								
a ₄	1.58	a	8.95	a b	20.23	a	2.57	a
a ₁	1.55	a	8.73	a b	19.13	a b	2.35	a b
a ₃	1.53	a	8.47	b	18.06	b	2.09	c
a ₅	1.30	b	8.72	a b	18.29	b	2.18	b c
a ₂	1.29	b	9.05	a	20.02	a	2.55	a
A en b₃								
a ₄	1.42	a	8.04	c	16.59	c	1.60	c
a ₃	1.34	a b	7.86	c	17.28	c d	1.70	c
a ₂	1.26	b	8.69	b	18.99	b	2.06	b
a ₅	1.26	b	9.94	a	20.97	a	2.42	a
a ₁	1.23	b	8.35	b c	18.77	b c	2.04	b
B en a₁								
b ₁	1.57	a	9.65	a	19.26	a	2.84	a
b ₂	1.55	a	8.73	b	19.13	a	2.35	b
b ₃	1.23	b	8.35	b	18.77	a	2.04	c
B en a₂								
b ₁	1.31	a	9.36	a	21.56	a	3.30	a
b ₂	1.29	a	9.05	a b	20.02	b	2.55	b
b ₃	1.26	a	8.69	b	18.99	b	2.06	c
B en a₃								
b ₂	1.53	a	8.47	a	19.85	a	2.88	a
b ₁	1.46	a b	8.59	a	18.06	b	2.09	b
b ₃	1.34	b	7.86	b	17.28	b	1.70	c

F.V.	Materia seca radicular		Materia seca aérea		Absorción de fósforo		C.A.U.	
	Prom.	Sign.	Prom.	Sign.	Prom.	Sign.	Prom.	Sign.
B en a₄								
b ₁	1.58	a	9.69	a	21.53	a	3.30	a
b ₂	1.42	b	8.95	b	20.23	a	2.57	b
b ₃	1.34	b	8.04	c	16.59	b	1.60	c
B en a₅								
b ₁	1.64	a	7.98	c	16.50	c	1.96	b
b ₂	1.30	b	8.72	b	18.29	b	2.18	b
b ₃	1.26	b	9.94	a	20.97	a	2.42	a
A en c₁								
a ₄	1.17	a	4.64	b	5.73	a b	2.06	a b
a ₅	0.81	b	5.37	a	6.77	a	2.21	a
a ₃	0.80	b	3.87	c	5.34	b	1.90	b
a ₁	0.77	b	4.80	b	6.34	a b	2.22	a
a ₂	0.75	b	4.52	b	6.14	a b	2.15	a b
A en c₂								
a ₁	2.13	a	13.02	b	31.77	b	2.60	b
a ₃	2.09	a b	12.73	b c	31.45	b c	2.54	b
a ₄	2.04	b	13.15	a b	33.17	a	2.91	a
a ₅	1.99	b	12.39	c	30.40	c	2.16	c
a ₂	1.83	c	13.53	a	34.25	a	3.12	a
C en a₁								
c ₂	2.13	a	13.02	a	31.77	a	2.60	a
c ₁	0.77	b	4.80	b	6.34	b	2.22	b
C en a₂								
c ₂	1.83	a	13.53	a	34.25	a	3.12	a
c ₁	0.75	b	4.52	b	6.14	b	2.15	b
C en a₃								
c ₂	2.09	a	13.15	a	31.45	a	2.54	a
c ₁	0.80	b	4.64	b	5.34	b	1.90	b

F.V.	Materia seca radicular		Materia seca aérea		Absorción de fósforo		C.A.U.	
	Prom.	Sign.	Prom.	Sign.	Prom.	Sign.	Prom.	Sign.
C en a₄								
c ₂	2.04	a	13.15	a	33.17	a	2.91	a
c ₁	1.17	b	4.64	b	5.73	b	2.06	b
C en a₅								
c ₂	1.99	a	12.39	a	30.40	a	2.21	a
c ₁	0.81	b	5.37	b	6.77	b	2.16	a
B en c₁								
b ₂	0.86	a	4.68	b	5.98	a b	2.07	b
b ₁	0.77	b	4.07	c	5.62	b	2.30	a
b ₃	0.76	b	5.17	a	6.59	a	1.96	b
B en c₂								
b ₁	2.15	a	14.04	a	33.86	a	3.41	a
b ₂	2.04	b	12.88	b	32.31	b	2.03	b
b ₃	1.85	c	11.97	c	30.45	c	1.96	b
C en b₁								
c ₂	2.15	a	14.04	a	33.86	a	3.41	a
c ₁	0.77	b	4.07	b	5.62	b	2.30	a
C en b₂								
c ₂	2.04	a	12.88	a	32.31	a	2.07	a
c ₁	0.86	b	4.68	b	5.98	b	2.03	a
C en b₃								
c ₂	1.85	a	11.97	a	30.45	a	1.96	a
c ₁	0.76	b	5.17	b	6.59	b	1.96	a