

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**FUENTES Y NIVELES DE FERTILIZACIÓN FOSFORADA
EN LA OBTENCIÓN DE PLANTONES DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) VARIEDAD 'CATIMOR'**

TESIS

Para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Juana Esther Fernández Paima

PROMOCIÓN I - 1998

"Unasinos Líderes del Tercer Milenio"

TINGO MARÍA - PERÚ

2003

DEDICATORIA

A mis Padres:

MANUEL y AMALFA

quienes con su esfuerzo, amor y sacrificio hicieron posible la culminación de mis estudios.

A mi esposo JOSÉ LUIS y mi hija MELANY GABRIELA; por su apoyo en la culminación de mi trabajo de investigación.

A mis hermanos: IRSI, MANUEL, IRAIDA y ROSA; por el apoyo constante para la culminación de mi carrera profesional.

Con cariño a mis sobrinos: CARLOS, CÉSAR, IRSI MARÍA, MANOLO PIERO y ALVARO.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y a todos los docentes de la Facultad de Agronomía por su contribución en mi formación profesional.
- Al Ing. M. Sc. Wilfredo Zavala Solórzano, patrocinador, por su ayuda y orientación acertada para la culminación del presente trabajo de investigación.
- A los miembros del Jurado de Tesis: Ings. Luis Mansilla Minaya, Carlos Miranda Armas y Jorge Cerón Chávez, por la colaboración al presente trabajo de investigación.
- Al Ing. Rolando Reyes Salazar, por el asesoramiento en la redacción de la presente tesis.
- A mis sobrinos Carlos y César Donayre Fernández, por la ayuda desinteresada en las evaluaciones de campo.
- A mi cuñado Carlos Donayre Donayre, por la ayuda brindada para la culminación del presente trabajo de investigación.
- A mi amiga Silvia Alejandro López y a todas aquellas personas que de alguna forma han colaborado para la culminación de la presente tesis.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA	11
2.1 Cultivo de café	11
2.2. Requerimiento de suelo	14
2.3 Manejo de fuentes fosforada	15
2.4 El fósforo	16
2.5 Absorción de fósforo por las plantas	19
2.6 Mineralización de los fosfatos orgánicos	21
2.7 Factores que influyen en la adsorción de fosfatos en los suelos ...	22
2.8 Roca fosfatada	24
2.9 Características generales de la roca fosfatada Bayóvar	27
2.10 Efecto de la roca bayóvar comparado con otras fuentes fosfatadas	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
3.1 Campo experimental.....	31
3.2 Componentes en estudio.....	33
3.3 Diseño experimental.....	34
3.4 Tratamientos en estudio.....	36

3.5	Características del campo experimental.....	36
3.6	Observaciones registradas y metodologías.....	37
3.7	Ejecución del experimento.....	40
IV:	RESULTADOS.....	44
4.1	Altura de planta y diámetro de tallo	44
4.2	Volumen de raíces y materia seca	53
4.3	Area foliar	62
4.4	Análisis de rentabilidad.....	65
V.	DISCUSIÓN.....	67
VI.	CONCLUSIONES.....	78
VII.	RECOMENDACIONES.....	79
VIII.	RESUMEN.....	80
IX.	BIBLIOGRAFÍA.....	82
X.	ANEXO	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Pág.
1. Análisis de la roca concentrada de Bayóvar	26
2. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento	32
3. Análisis físico - químico del sustrato utilizado	33
4. Esquema del análisis de variancia	34
5. Descripción de los tratamientos en estudio	36
6. Resumen del análisis de variancia para el carácter altura de planta y diámetro de tallo de plantas de café variedad 'Catimor'	45
7. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal del factor fuentes de fósforo en la altura de planta y diámetro de tallo.	46
8. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de dosis de fósforo en la altura de planta	49
9. Cuadrados medios de los efectos simples entre los factores en estudio para el diámetro de tallo del café variedad 'Catimor'	50
10. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de los factores en estudio del carácter diámetro de tallo del cultivo de café variedad 'Catimor'	52

11. Resumen del análisis de variancia para el volumen de raíces y materia seca de plantas de café variedad ‘Catimor’	54
12. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal del factor fuentes de fósforo en el volumen de raíces y porcentaje de materia seca del café variedad ‘Catimor’	55
13. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de dosis de fósforo en el volumen de raíces	58
14. Cuadrado medio de los efectos simples entre los factores en estudio para volumen de raíces de café variedad ‘Catimor’	59
15. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de los factores en estudio del carácter volumen de raíces del café variedad ‘Catimor’	61
16. Análisis de variancia para el área foliar de plantas de café variedad ‘Catimor’	62
17. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las fuentes de fósforo en el área foliar de plantas de café variedad ‘Catimor’	63
18. Comparación de costos de producción y relación beneficio/costo de los tratamientos en estudio	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1.	Efecto principal de las fuentes de fósforo en la altura de planta del café variedad 'Catimor'	47
2.	Efecto principal de las fuentes de fósforo en el diámetro de tallo del café variedad 'Catimor'	48
3.	Efecto principal de las fuentes de fósforo en el volumen de raíces del café variedad 'Catimor'	56
4.	Efecto principal de las fuentes de fósforo en el porcentaje de materia seca del café variedad 'Catimor'.....	57
5.	Efecto principal de las fuentes de fósforo en el área foliar del café variedad 'Catimor'	64

I. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los cultivos de gran importancia económica porque genera divisas para el Perú, principalmente en lo que se refiere a exportación y porque de él dependen muchas familias, se cultiva aproximadamente en 74 países y se consume prácticamente en todo el mundo, por ello la caficultura constituye la actividad agrícola principal de la Selva Alta, en la que participan los agricultores de la provincia de Leoncio Prado.

Uno de los problemas con los que a diario se enfrenta el caficultor y el investigador, es el de encontrar la tecnología apropiada para producir plantones de café con buen vigor, así como reducir de manera continua y consistente sus costos de producción tanto a nivel de almácigo como en las distintas etapas de la producción del grano de café. Con estos antecedentes, se consideró de suma importancia establecer un experimento para evaluar las ventajas económicas de combinar fuentes de fósforo a diferentes dosis en la producción de almácigos de café de buena calidad.

De los elementos esenciales, el fósforo es el elemento más estudiado y costoso en el establecimiento y mejoramiento de sistemas de cultivos continuos en los suelos ácidos de los trópicos. Se sabe que sólo una pequeña parte del fósforo aplicado como fertilizante es aprovechado por las plantas; la magnitud de este

proceso está relacionado con la fuente de fósforo utilizado y las características presentadas por los suelos.

En la mayoría de los suelos tropicales los principales factores que se oponen al establecimiento de sistemas de producción de alimentos viables a largo plazo son: bajo contenido de nutrientes, baja CIC_e, toxicidad de aluminio y suelos superficiales, y bajo conocimiento sobre estos factores por parte del agricultor.

Debido a este problema frecuente que se da en nuestra selva nos vemos obligados a realizar trabajos de investigación para contribuir a la solución de este problema, para lo cual nos planteamos los siguientes objetivos:

1. Determinar la mejor fuente de fertilización fosforada y el nivel adecuado para la obtención de plántones de café.
2. Efectuar el análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CULTIVO DE CAFÉ

2.1.1 Origen y distribución geográfica

El origen botánico de *Coffea arabica* L. todavía no está del todo clasificado. Esta especie tiene 44 cromosomas, siendo 11 el número básico para el género *Coffea*. Esta constitución tetraploide pareciera resultar del cruce de dos especies y de un doblamiento cromosomal posterior. Esto no se ha podido verificar desde que en Etiopía y Sudán, regiones de donde procede la especie *Coffea arabica* L. no existen otras especies del género *Coffea*. Información adicional al respecto indica la posibilidad de que la especie *Coffea arabica* L. podría provenir del cruce de las especies diploides *Coffea canephora* y *Coffea eugenioides* (26).

De la especie Robusta *Coffea canephora*, aún todavía se tiene áreas de las selvas africanas con altitudes desde el nivel del mar hasta los 1000 m, donde crece en forma silvestre. Esto ocurre especialmente en habitats de trópico húmedo de Guinea y Congo. Su explotación se hace más intensiva por su resistencia a la roya amarilla (17, 26).

2.1.2 Clasificación taxonómica

Reino	:	Vegetal
División	:	Fanerógamas
Sub-división	:	Angiosperma
Clase	:	Dicotiledoneas

Orden	:	Gentianales
Familia	:	Rubiaceae
Género	:	Coffea
Especie	:	<i>arabica</i>
Nombre científico	:	<i>Coffea arabica</i> L. (26).

2.1.3 Variedad 'Catimor' de la especie *Coffea arabica* L.

Dentro de los descubrimientos y desarrollos efectuados sobre las variedades históricas de las *Coffea arabica* y *C. canephora*, destacan los de los híbridos naturales. La principal hibridación natural entre las *Coffea arabica* y *C. canephora*, se descubrió en la isla de Timor, y que se conoce como el híbrido del Timor. Esta hibridación se considera de gran importancia científica y comercial, ya que además de su productividad relativamente alta es resistente a la "roya del cafeto", plaga que destruyó totalmente las plantaciones del Sureste Asiático y de Oceanía a finales del siglo XIX y principios del siglo XX (38).

El cafeto 'Catimor' se caracteriza por su porte bajo, su tronco de grosor intermedio, su considerable número de ramas laterales, formando una copa medianamente vigorosa y compacta (38).

En general son muy precoces y productivos con rendimiento superiores a otras variedades comerciales. Se adapta muy bien a regiones bajas y medias, en rangos de 600 a 900 m.s.n.m., con temperaturas medias variables de 21 - 23°C,

lluvias superiores a los 3,000 mm anuales. El Catimor se cultiva con éxito en toda Sudamérica y Centroamérica (38).

Algunos estudios realizados por ANACAFE con ciertas líneas de 'Catimor' indican que en zonas bajas e intermediarias (600 y 900 m.s.n.m.), no se aprecian diferentes organolépticas. Sin embargo, en zonas altas se evidencian menores estándares de calidad de taza respecto a las variedades convencionales. Los trabajos de mejoramiento, buscan reducir la variabilidad de esta variedad y actualmente se cuenta con líneas bastantes homogéneas para las diferentes características. Actualmente realiza pruebas de adaptación y rendimiento con esta variedad en diferentes zonas cafetaleras, con el propósito de determinar las mejores líneas de este cultivar (25).

En trabajos realizados con la variedad 'Catimor' en terrenos definitivos o plantaciones comerciales ubicados a altitudes mayores a 1500 m.s.n.m., se pudo observar problemas fitosanitarios como ataque de "ojo de gallo" (*Micena citricolor*), así mismo las plantaciones presentan rompimiento de ejes laterales, caída de flores y formación de caracolillos en más del 5%, por otro lado responde a la fertilización N-P-K, ya que al aplicar urea, superfosfato triple de calcio y cloruro de potasio se incrementó la producción en un 20% (17, 30).

Para obtener plantones de café variedad 'Catimor' en vivero utilizando bolsas se efectúa un gasto promedio de S/. 1069.75 por ha, es decir por la obtención de 7500 plantones. El costo de cada plantón sería de S/. 0.14, al cual se debe

incluir el costo de transporte en caso de llevar plantones a otros lugares, por lo que es necesario y recomendable que cada agricultor realice su vivero en su propia parcela para disminuir los costos de producción para la obtención de plantones de café (17, 30).

2.2 REQUERIMIENTO DE SUELO

El café no parece tener exigencias bien definidas en cuanto a la naturaleza de los sustratos, ya que puede crecer tanto en suelos ácidos de texturas arcillosas a franco arcillosas y en suelos aluviales. En lo concerniente al pH de los sustratos admiten que las mejores condiciones se cumple entre 4.5 y 5.0, pero resulta también evidente que el café pueda desarrollarse a pH 7, por lo que este criterio no debe tomarse con excesivo rigor (12).

Las bolsas de plástico deben contener un sustrato adecuado para mantener la planta hasta su completo desarrollo en el vivero y garantizar una menor pérdida en el plantío. Es necesario emplear sustratos que tienen volumen constante al estar secos o mojados, ya que es indeseable un encogimiento excesivo al secarse, así mismo debe ser poroso para facilitar el drenaje y la aireación (24).

Los elementos minerales que toma la planta del suelo en mayores cantidades para crecer y formar los frutos son: nitrógeno, potasio, calcio, fósforo, azufre y magnesio, llamados macro elementos y también otros micro elementos: zinc, boro, hierro, molibdeno, manganeso, cobre que son importantes para lograr su desarrollo y fertilización (32).

Los efectos indirectos de la alta concentración de aluminio, asociados a los suelos minerales ácidos, se notan por la disminución de la solubilidad del fósforo, calcio y magnesio interfiriendo en su absorción. La interacción con el fósforo es más notoria puesto que puede precipitar a este nutriente tanto en el suelo, en forma de fosfatos de aluminio y pH bajos, así como a nivel radicular impidiendo su traslocación, por lo que es este último caso, la planta puede mostrar síntomas de deficiencia de fósforo aunque se provea de este elemento en cierta proporción (2).

2.3 MANEJO DE FUENTES FOSFORADAS

El fósforo es uno de los insumos más caros en el establecimiento y mejoramiento de sistemas de cultivos continuos en suelos extremadamente ácidos del trópico, particularmente porque estos suelos tienen una alta capacidad de fijación de fósforo. En estas condiciones se presenta como alternativa viable la aplicación directa de rocas fosfatadas, las cuales se encuentran formando parte importante de las reservas de América del Sur; como Colombia (Pesca, Azufrada, Sardinata y Tesalia), Venezuela (Riecito y Labatae), Brasil (Catalao, Tapira, Ipanema y Olinda) y Perú (Bayóvar). Todas estas reservas, salvo el caso de Bayóvar en Perú, están clasificados como materiales de baja reactividad, las cuales son considerados como inadecuados para su aplicación directa como fertilizante (8).

Las rocas fosfatadas de baja reactividad tiene que reaccionar con ácidos para aumentar su solubilidad, principio que se aplica en la industria para la fabricación

de superfosfato solubles a partir de rocas fosfóricas, si el suelo es ácido, el mismo proceso se produce en forma natural, pero pocas plantas cultivadas pueden soportar altos niveles de aluminio intercambiable presente a valores tan bajos de pH. Cuando se emplea variedades tolerantes al aluminio, estas rocas fosfóricas pueden ser tan eficientes como los superfosfatos. Aparentemente, la química de los suelos ácidos pueden efectivamente reemplazar una fábrica de superfosfato cuando se emplea plantas tolerantes a la acidez (29).

La posibilidad de tomar el fósforo de las rocas fosfatadas molidas dependen del ciclo vegetativo del cultivo de ahí que a mayor tiempo de duración del cultivo mayor será el uso del fósforo que proviene de las rocas fosfatadas (35).

Así mismo se ha llegado a comprobar un excelente comportamiento de la roca fosfórica Bayóvar como fuente de fósforo en un experimento llevado a cabo en un ultisol de Yurimaguas y en un alfisol de Chanchamayo con el cultivo de papa, el cual tiene un período vegetativo de 3 a 4 meses bajo condiciones de climas tropicales (37).

2.4 EL FÓSFORO

2.4.1 El fósforo en la planta

Las plantas pueden absorber pequeñas cantidades de P_2O_5 por contacto directo de las raíces con los elementos sólidos, pero la mayor parte del P_2O_5 que necesitan lo toman de la solución suelo, en forma de iones fosfato. El ácido fosfórico no solo es parte integrante de numerosos componentes de la planta, sino

que también participa directamente en los fenómenos metabólicos y energéticos. El metabolismo de los hidratos de carbono es regulado en la planta por los fosfatos ricos en energía (20, 21).

2.4.2 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 puede ser volatilizados y altamente lixiviados, esta estabilidad resulta de una baja solubilidad, lo que a veces causa una deficiencia en la disponibilidad del fósforo por las plantas. El fósforo en la capa arable del suelo está en una cantidad aproximada de 0.12% de su peso, del cual, una infinitésima parte está disponible para las plantas (16).

El fósforo en suelos ácidos

El contenido total de fósforo en los 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 (16).

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 (3).

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 $[\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}]$, estrengita $(\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O})$, 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 (13).

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

- **Fósforo en la solución suelo.**- Es el fosfato disuelto en la solución.
- **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.

- **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 (35, 36).

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 (16).

En forma general se ha observado que el contenido de fósforo inorgánico en los suelos es casi siempre mayor que el fósforo orgánico aunque en las capas superficiales debido a la acumulación de la materia orgánica el contenido de fósforo orgánico es mayor que en el subsuelo (36).

2.5 ABSORCIÓN DE FÓSFORO 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 (15).

El crecimiento de las plantas exige un paso continuo de 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 a la solución del suelo donde están en contacto con la superficie radical y pueden ser absorbidos por las plantas. Se conoce que la posibilidad de captar el fosfato de las rocas fosfatadas molidas depende del ciclo vegetativo de las plantas (38).

La absorción del fósforo se ve afectada por el tamaño de partícula y el tipo de fertilizantes; así en un suelo ácido en Junín, al usar la roca bayóvar bruta molida a 270 mesh y una mezcla de superfosfato simple con roca bruta bayóvar 50:50 a diferentes dosis, 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 8.72 y 13.10 mg de fósforo por maceta (7).

El aprovechamiento de fósforo proporcionado por los abonos fosfóricos depende el tipo de cultivo (19). En cebada y alfalfa sembrada en suelos de 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 (27).

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 bayóvar 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 (13).

2.6 MINERALIZACIÓN DE LOS FOSFATOS ORGÁNICOS

Se desarrolla a partir de los compuestos polimerizados (nucleoproteínas), se forman compuestos más simples (proteínas y ácidos nucleicos) y así liberan ácido fosfórico (16).

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*; entre las levaduras:

Rodeentelaria mucilaginosa y entre los hongos: *Saccharomyces ellipsoideus*. Estos microorganismos habitan en la rizósfera y producen la liberación de iones de fosfato que son aprovechados directamente por las plantas.

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. A través de la materia orgánica se puede liberar una alta cantidad de fósforo en la solución del suelo, lo que es de gran importancia en la nutrición vegetal (16).

Las aplicaciones de nitrógeno y fósforo aumenta 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).

2.7 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA ADSORCIÓN DE FOSFATOS EN LOS SUELOS

2.7.1 Influencia de la reacción del suelo (pH) en la adsorción 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 (35).

2.7.2 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 (montmorrillonita). Esto se debe principalmente a las presencias de hidróxidos de hierro y aluminio en suelo que predominan arcillas del primer tipo (37). 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 (16).

2.7.3 Materia orgánica

Al aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo aumenta la cantidad de la máxima capacidad de adsorción del fósforo por el efecto de generación de cargas (16).

2.7.4 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 (16). En los suelos de la puna de Ayacucho se encontró una asociación positiva y significativa entre la fijación del fósforo y el aluminio cambiante (11).

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. La fijación es en forma de P-Al y P-Fe (33).

2.7.5 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 (13, 36).

2.8 ROCA FOSFATADA

Los principales yacimientos de fosfatos naturales del Perú se localizan en el departamento de Piura, con una reserva de 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 (39).

2.8.1 Composición física

La roca mineral extraída de los yacimientos es partida y triturada, luego es enriquecida y finamente molida para pasar a través de tamices. Su reacción es alcalina y su densidad aparente es de 1.3 g/cc (28).

- **Granulometría**

Los análisis granulométricos indican que la mayor parte (60%) del fosfato presenta en su forma natural partículas entre 125 y 149 micrones, y que el 95% de las partículas se encuentran entre 210 y 74 micrones, siendo así el producto de una granulometría muy aceptable (35).

- **Solubilidad**

Los fosfatos de Sechura ocupan el primer lugar en el orden de solubilidad relativa entre diferentes rocas fosfatadas. Se comprobó que la solubilidad presenta una dependencia exponencial decrecientes a valores neutros de pH (13).

- **Velocidad de disolución**

Además de las consideraciones del suelo, la velocidad de disolución de las rocas fosfatadas dependen de algunas de sus características, de manera especial de la estructura de su superficie. La apatita hidroxidada, el hiperfosfato (producto comercial fabricado a base de rocas fosfatadas) y el fosfato de Sechura; aumenta su velocidad de disolución en forma exponencial con la disminución del tamaño de sus partículas (37, 38).

2.8.2 Composición química

Cuanto más bajo es el contenido de flúor de los fosfatos naturales, son más aceptables para la fabricación de los fertilizantes y para su uso directo como fertilizante (9).

El pH de la roca fosfórica es de 10, que al incorporarse a suelos ácidos existirá ruptura de molécula estructural; a menor valor de pH (debajo de 5.0) será mayor la ruptura, liberándose lentamente el fósforo en forma de PO_4^- y el Ca, constituyentes estructurales y poniéndose disponibles para la planta (16).

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 $\frac{1}{2}$ de CO_3 . El mineral más frecuente es el apatito (Fluor-apatita) $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{CaF}_2$ (22). En el Cuadro 1 se presenta las características del concentrado Bayóvar (36).

CUADRO 1. Análisis de la roca concentrada de Bayóvar.

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	1.50
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

* BPL : Bone phosphate lime.

FUENTE : Laboratorio Analítico Unidad Bayóvar.

2.9 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ROCA FOSFATADA BAYÓVAR

Para la aplicación directa de los fosfatos naturales se debe tener en cuenta:

- La roca fosfórica debe concentrarse a no menos de 29 % de P_2O_5 .
- La finura de la roca debe ser tal que el producto pase por lo menos en un 60%, la malla de 200 micrones (16).

Los fosfatos naturales se presentan en forma de apatitas carbonatadas o fluoradas mezclada con impurezas de diatomitas y vidrios volcánicos (35).

2.9.1 Efecto de la roca fosforica sobre las propiedades físicas

Mejora la agregación de partículas y la estructura del suelo y las condiciones de aireación y movimiento de agua junto a las partículas de arena, limo y arcilla; por efecto de carga.

2.9.2 Efecto de la roca fosforica sobre las propiedades químicas

La roca fosfórica al disolverse aumenta los iones OH^- y disminuye los iones H^+ en la solución del suelo, e influye en la disminución de la toxicidad del Al, Mn y Fe, regulación de la disponibilidad de $PO_4^{=}$ y aumento de la disponibilidad del Ca y Mg.

2.9.3 Efectos biológicos

Mejora las condiciones de desarrollo de los microorganismos que intervienen en la mineralización de la materia orgánica, nitrificación y fijación de

nitrógeno. El exceso de la roca fosfórica puede ocasionar los siguientes efectos:

- La inmovilización o reducción de la disponibilidad de algunos elementos nutritivos como, hierro, magnesio, zinc, boro, cobre y deficiencias de los mismos.
- Si se usa sólo roca fosfórica se reprime la absorción de magnesio a causa del antagonismo Ca/Mg.
- Afecta adversamente la relación Ca/K y puede inducir deficiencias de potasio (K) (7).

2.10 EFECTO DE LA ROCA BAYÓVAR COMPARADO CON OTRAS FUENTES FOSFATADAS

Efecto es el resultado de una causa. La roca fosfórica Bayóvar es considerada como fuente alternativa para contrarrestar los efectos negativos que ocasionan los altos contenidos de aluminio en el 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 (37).

El empleo de rocas fosfatadas en condiciones de acidez del suelo liberan formas asimilables de fósforo en la solución suelo, se ha comprobado que el comportamiento de la roca bayóvar es similar a los superfosfatos en condiciones de acidez del suelo con una buena proporción de materia orgánica (21).

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 (15).

Los fertilizantes solubles se obtienen por acidulación de rocas fosfatadas con ácido sulfúrico y entre otros tenemos: Acido 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 (15).

En un suelo pobre en fósforo de 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 (15).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 CAMPO EXPERIMENTAL

Ubicación

El presente experimento se realizó entre Mayo del 2001 hasta Febrero del 2002 en el Vivero del Fundo Agrícola N° 1 de la Universidad Nacional Agraria de la selva, ubicada en el Km. 1.5 de la margen derecha del río Huallaga, distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco y región Andrés Avelino Cáceres, cuyas coordenadas geográficas son:

Longitud : 75°57'00''
Latitud sur : 09°09'08''
Altitud : 660 m.s.n.m.

Registros meteorológicos

Los datos meteorológicos para el presente trabajo (Cuadro 2) fueron obtenidos de la estación meteorológica “José Abelardo Quiñónez” de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. En él se muestran las características climáticas del campo experimental correspondiendo a un clima de bosque muy húmedo tropical (bmh-T), con una temperatura media de 24.8°C, aceptables para el desarrollo de plántones de café a nivel de vivero. La humedad relativa muestra ligeros cambios aún en presencia de variaciones pluviales (precipitaciones).

CUADRO 2. Datos meteorológicos registrados durante la ejecución del experimento.

Año	Mes	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)	H.R° (%)	Horas Sol
2001	Mayo	25.1	218.0	86.3	168.7
	Junio	24.1	129.4	86.1	166.4
	Julio	24.5	187.0	85.0	182.3
	Agosto	24.5	41.6	79.2	213.0
	Setiembre	25.3	180.2	79.4	175.4
	Octubre	25.9	202.2	80.9	173.2
	Noviembre	25.0	456.7	85.5	100.6
	Diciembre	25.5	314.9	83.3	155.6
2002	Enero	24.2	443.2	84.4	112.5
	Febrero	24.3	310.7	83.9	96.4
Total		248.4	2483.9	834.0	1544.1
Promedio		24.8	248.4	83.4	154.4

Fuente : SENAMHI, Tingo María.

Análisis del sustrato utilizado

El sustrato utilizado para el llenado de las bolsas fue obtenido de la cantera Las Palmas, cuyo análisis físico – químico se muestra en el Cuadro 3, el cual nos indica que el sustrato utilizado presenta una clase textural franco, con pH ligeramente ácido cercano a la neutralidad, con nivel bajo de materia orgánica y nitrógeno, nivel bajo de fósforo y alto de potasio y contenido alto de bases cambiables (Ca + Mg).

CUADRO 3. Análisis físico - químico del sustrato utilizado en el presente experimento.

Parámetros	Contenido	Método
Análisis físico.		
Arena (%)	47.5	Hidrómetro
Limo (%)	31.9	Hidrómetro
Arcilla (%)	20.6	Hidrómetro
Clase textural	Franco	Triángulo textural
Análisis químico		
pH	5.40	Potenciómetro (1:1)
Materia orgánica (%)	1.40	Walkley y Black
N (%)	0.06	M. O. x fc 0.045
P (ppm)	6.00	Olsen modificado
K ₂ O (kg/ha)	383.00	Acido sulfúrico 6 N
CaCO ₃ (%)	0.00	Gasovolumétrico
Ca + Mg (meq/100 g)	16.70	Versenato
Al + H (meq/100 g)	1.60	Yuan
CICe (meq/100 g)	18.30	Suma de cationes

Fuente: Laboratorio de Análisis de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva - Tingo María.

3.2 COMPONENTES EN ESTUDIO

A. Fuentes de fósforo (A)

a_1 = Superfosfato de calcio triple (46% de P₂O₅).

a_2 = Superfosfato de calcio simple (20% de P₂O₅).

a_3 = Fosbayovar (30% de P₂O₅).

B. Niveles de las fuentes de fósforo (B)

$$b_1 = 50 \text{ ppm de P}_2\text{O}_5$$

$$b_2 = 100 \text{ ppm de P}_2\text{O}_5$$

$$b_3 = 200 \text{ ppm de P}_2\text{O}_5$$

$$b_4 = 400 \text{ ppm de P}_2\text{O}_5$$

C. Testigo adicional (T)

$$t_0 = \text{Sustrato utilizado (Suelo franco)}$$

3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental adoptado fue el completamente al azar (DCA); con arreglo factorial 3 x 4, más un testigo adicional.

CUADRO 4. Esquema del análisis de variancia.

Fuentes de variabilidad	Grados de libertad
Tratamientos	12
Factorial	11
A	2
B	3
A x B	6
Factorial vs. Testigo	1
Error experimental	39 ⁽¹⁾ , 247 ⁽²⁾
Total	51 ⁽¹⁾ , 259 ⁽²⁾

⁽¹⁾ Variables con 4 repeticiones por tratamiento.

⁽²⁾ Variables con 20 repeticiones por tratamiento.

Para la característica altura de planta y diámetro de tallo se utilizaron 20 repeticiones, mientras que para volumen de raíces, materia seca y área foliar se usaron 4 repeticiones (plantas). Las características evaluadas se sometieron al análisis de variancia y la significación estadística fue determinada por la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijl}$$

Para:

$i = 1, \dots, a$ fuentes de fósforo.

$j = 1, \dots, b$ nivel o dosis de fósforo.

$l = 1, \dots, r$ repeticiones.

Donde:

Y_{ijl} = Es la observación a la l -ésima repetición con el j -ésimo nivel o dosis de las fuentes de fósforo y con la i -ésima fuente de fósforo.

μ = Efecto de la media general.

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

β_j = Efecto del j -ésimo nivel o dosis de las fuentes de fósforo.

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

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

3.4 TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Los tratamientos generados según el arreglo factorial $3 \times 4 = 12$ tratamientos, más 1 testigo adicional, se detallan a continuación:

CUADRO 5. Descripción de los tratamientos en estudio.

Clave	Tratamiento	Fuente de fósforo	Nivel o dosis (ppm de P_2O_5)
T ₁	a ₁ b ₁	Superfosfato triple de calcio	50
T ₂	a ₁ b ₂	Superfosfato triple de calcio	100
T ₃	a ₁ b ₃	Superfosfato triple de calcio	200
T ₄	a ₁ b ₄	Superfosfato triple de calcio	400
T ₅	a ₂ b ₁	Superfosfato simple de calcio	50
T ₆	a ₂ b ₂	Superfosfato simple de calcio	100
T ₇	a ₂ b ₃	Superfosfato simple de calcio	200
T ₈	a ₂ b ₄	Superfosfato simple de calcio	400
T ₉	a ₃ b ₁	Fosbayovar	50
T ₁₀	a ₃ b ₂	Fosbayovar	100
T ₁₁	a ₃ b ₃	Fosbayovar	200
T ₁₂	a ₃ b ₄	Fosbayovar	400
T ₁₃	Testigo	-----	-----

3.5 CARACTERISTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

1. Dimensiones del vivero experimental

- Largo 5.00 m.
- Ancho 1.20 m
- Area total 6.00 m²

2. Bolsas

- N° total de bolsas por tratamiento	24
- N° de bolsas evaluadas por tratamiento	20
- N° de bolsas evaluadas por fuente de M.O.	80
- Número total de bolsas del experimento	312
- Número de bolsas evaluadas del experimento	260

3. De los tratamientos

- N° de fuentes de fósforo	03
- N° de niveles o dosis de las fuentes	04
- N° de testigos	01
- Total de tratamientos	13

3.6 OBSERVACIONES REGISTRADAS Y METODOLOGÍA

3.6.1 Análisis físico químicos del sustrato

El análisis físico-químico del sustrato utilizado en el llenado de las bolsas se realizó en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, para lo cual se tomaron muestras del suelo para luego ser secadas bajo sombra.

3.6.2 Altura de la planta

Las evaluaciones de esta característica se hicieron cada 30 días, para lo cual se tomaron al azar 20 plantas por tratamiento. La medición se realizó desde el cuello de la planta hasta la yema terminal visible.

3.6.3 Diámetro de tallo

Para la evaluación de este parámetro se utilizaron las 20 plantas evaluadas en altura de planta, haciendo uso de un vernier digital al nivel del cuello de la planta cada 30 días, hasta que las plantas presentaron 6 pares de hojas, siendo el estado óptimo para realizar el trasplante.

3.6.4 Volumen de las raíces

Esta característica se determinó a los 198 días después del repique, para lo cual se seleccionaron 4 plantas al azar, constituyendo cada planta una repetición. La metodología consistió en sumergir la plántula hasta el cuello de la raíz en una probeta graduada llena con agua destilada, permitiéndonos determinar el volumen por diferencia de valores.

3.6.5 Materia seca

La determinación de materia seca se realizó a los 198 días después del repique, para lo cual se tomaron 04 plantas de cada tratamiento colocándoles en bolsas separando tanto la parte aérea (tallos y hojas) y la parte radicular. Se tomaron muestras frescas de la parte aérea y radicular, las cuales fueron pesadas y puestas en bolsas de papel kraft, para secarlas en la estufa a 70°C durante 24 horas, hasta que adquirieran peso constante. Las muestras secas fueron pesadas, y mediante la siguiente fórmula se determinó el porcentaje de materia seca.

$$\text{Materia seca (\%)} = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso fresco}} \times 100$$

3.6.6 Área foliar

La determinación del área foliar en cada tratamiento en estudio se realizó a los 198 días después del repique, haciendo uso para ello de las mismas plantas utilizadas para la determinación del volumen de raíces y materia seca. Para evaluar esta característica se utilizó el método de las pesadas, procediendo de la siguiente manera:

- Se dibujaron en un papel las siluetas de las hojas presentes en una planta a evaluar.
- Luego, se cortó cuidadosamente para posteriormente todas juntas ser pesadas en una balanza analítica.
- Se cortaron 3 muestras de 100 cm² del papel utilizado para dibujar las siluetas de las hojas y se pesaron. Mediante el valor promedio y haciendo uso de la siguiente fórmula se determinó el área foliar por planta dentro de cada tratamiento en estudio.

$$\text{Area foliar (cm}^2\text{)} = \frac{\text{PSH} \times 100}{\text{PMP}}$$

Donde:

PSH = Peso de las siluetas de las hojas (gramos).

100 = Área de las muestras de papel (10 cm x 10 cm).

PMP = Peso de la muestra de papel de 100 cm² (gramos).

3.6.7 Análisis de rentabilidad

La evaluación de la rentabilidad de los diferentes tratamientos en estudio, se realizó por el método Análisis comparativo de ingresos y costos de producción, proyectado al requerimiento de plántones para instalar 1.0 hectárea de terreno. El índice de rentabilidad (B/C) en cada tratamiento, se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Ingreso Bruto}}{\text{Costo de Producción}}$$

El ingreso bruto en todos los tratamientos en estudio, se determinó multiplicando el número de plántones producidos para 1.0 ha (5,000) por el precio de cada plánton en bolsa (S/. 0.40). Mientras que los costos de producción por tratamiento fueron determinados proyectando dichos costos al equivalente para producir 5000 plántones, necesarios para instalar a campo definitivo 1.0 de hectárea de café.

3.7 EJECUCION DEL EXPERIMENTO

3.7.1 Obtención del sustrato

El sustrato utilizado para el llenado de las bolsas fue un suelo franco con pH 5.4, con características favorables para la producción de plántulas de café, el cual fue adquirido de la cantera de Las Palmas.

3.7.2 Análisis físico-químicos del sustrato

Para el análisis físico - químico del suelo se sacaron muestras del sustrato, para posteriormente homogenizarlos y secarlo al medio ambiente bajo sombra. La muestra seca fue llevada al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

3.7.3 Preparación del germinador

La preparación e instalación del germinador se realizó cerca al área seleccionada para el vivero experimental, en un área de 1.5 m x 1.0 m de 20 cm de altura. El sustrato utilizado estuvo constituido por arena lavada de río, procediendo a su desinfección con Basamid a razón de 30 g/m², manteniéndole cubierto con plástico por un período de 30 días, con riego cada 3 días con la finalidad de que conservara la humedad.

Culminando el periodo de desinfección se realizó la siembra al voleo de las semilla de café (01/05/01) previamente desinfectadas (1.5 kg), las cuales presentaban un 90% de poder germinativo. Posteriormente se realizó el primer riego a fin de inducir la germinación. A fin de mantener la humedad adecuada para la germinación de las semillas se cubrió el germinador con hojas de plátano.

Durante el proceso de germinación, se presentó ataque de hormigas "coqui" (*Attha cephalotes*) a las hojas de plátano que cubrían el germinador, para lo cual se fumigó con Lambdacihalotrina (ICON 10 PM) por los alrededores de la

cama germinadora, así como también se procedió a espolvorear el germinado y cambiar las hojas de plátano que cubrían las semillas por restos vegetales de gramíneas.

3.7.4 Manejo del germinador

Con la finalidad de obtener plántulas en un estado óptimo para el repique, se realizaron riegos oportunos al germinador. Asimismo, se realizó un deshierbo manual y el manejo de sombra del germinador al estado de "fosforito" en un 50%.

3.7.5 Construcción del tinglado (vivero)

El tinglado fue construido en las instalaciones del Fundo I de la U.N.A.S., para lo cual se utilizaron materiales de la zona como bambú, cubriendo con malla negra de 1.20 m de ancho x 5.0 m de largo.. Posteriormente se rellenaron las camas con tierra, procurando que quede lo más nivelado posible.

3.7.6 Preparación del sustrato y llenado de bolsas

Inicialmente se tamizó el suelo con una malla de 2 mm de diámetro, para posteriormente desinfectar el sustrato con Basamid. Transcurridos 15 días de la desinfección se procedió a llenar las bolsas de 1 kg de capacidad (6 x 12”), para posteriormente realizar la distribución y fertilización por tratamiento de acuerdo al croquis experimental (Ver Figura 6 del anexo).

3.7.7 Repique de plántulas a las bolsas con sustrato

Esta actividad se realizó a los 98 días de la siembra (07/08/01), cuando las plántulas se encontraban en el estado de "mariposa" (estado en que la planta empieza a fotosintetizar), para lo cual se realizó un hoyo en la bolsa del grosor de un lápiz a una profundidad aproximada de 8 cm, donde se colocó la plántula evitando torcer la raíz.

3.7.8 Manejo del vivero

Con la finalidad de que las plantulas tuvieran condiciones adecuadas de desarrollo, se realizaron las siguientes labores:

- Control de malezas: En forma periódica, según sea necesario.
- Riego: Estuvo en función a las necesidades de las plántulas.
- Control de plagas y enfermedades: Esta labor se realizó con la finalidad de evitar daños que inciden en el normal desarrollo de las plántulas, para lo cual se hicieron aplicaciones de Benlate a razón de 35 g/20 lt. de agua para el control de chupadera fungosa; también hubo leve ataque de Cercospora en los tratamientos T₁, T₂, T₁₁ y T₁₂, no realizándose aplicación alguna.

IV. RESULTADOS

4.1 ALTURA DE PLANTA Y DIÁMETRO DE TALLO

En el Cuadro 6 se presenta el análisis de variancia para la característica altura de planta y diámetro de tallo, donde se observa que:

- Existen diferencias significativas al 5% de probabilidad para tratamientos, factorial, efecto principal de las fuente de fósforo (A) y dosis de fósforo (B) en relación a la altura de planta.
- No existen diferencias significativas para la interacción A x B y el contraste factorial vs. testigo en la altura de planta; así como para la dosis de fósforo (B) y el contraste factorial vs. testigo en el carácter diámetro de tallo.
- Existen diferencias significativas al 1% de probabilidad para tratamientos, factorial, efecto principal de las fuentes de fósforo (A) e interacción A x B en el carácter diámetro de tallo.
- El coeficiente de variabilidad para los dos caracteres en estudio nos indica buena homogeneidad de los resultados experimentales.

CUADRO 6. Resumen del análisis de variancia para el carácter altura de planta y diámetro de tallo de plantas de café variedad ‘Catimor’.

Fuentes de variación	GL	Cuadrado medios	
		Altura de planta	Diámetro de tallo
Tratamientos	12	110.940 S	9.057 AS
Factorial	11	120.970 S	9.748 AS
A (Fuentes de fósforo)	2	214.964 S	35.236 AS
B (Dosis de fósforo)	3	158.049 S	1.243 NS
A x B	6	71.100 NS	5.504 AS
Factorial vs. Testigo	1	0.608 NS	1.459 NS
Error experimental	247	54.236	1.059
Total	259		
	c.v. (%)	19.75%	19.81%

NS = No existen diferencias estadísticas significativas.

S = Diferencias estadísticas significativas al 5% de probabilidad.

AS = Diferencias estadísticas significativas al 1% de probabilidad.

4.1.1 Efecto principal de las fuentes de fósforo en la altura de planta y diámetro de tallo

En el Cuadro 7, se presenta la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las fuentes de fósforo en las características altura de planta y diámetro de tallo, donde se observa que:

- La mayor altura de planta se obtuvo con el superfosfato triple de calcio (38.88 cm), no diferenciándose estadísticamente del fosbayóvar; pero sí, del superfosfato simple de calcio (Figura 1).
- En relación al diámetro de tallo, el mayor valor se obtuvo con el superfosfato triple de calcio (5.98 mm), diferenciándose estadísticamente de las demás fuentes (Figura 2).

CUADRO 7. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal del factor fuentes de fósforo en la altura de planta y diámetro de tallo.

Factor Fuente de fósforo	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (mm)
a ₁ (Super triple)	38.88 a	5.98 a
a ₂ (Super simple)	35.60 b	4.83 b
a ₃ (Fosbayóvar)	37.36 a b	4.84 b
T ₁₃ (Testigo)	37.46	4.94

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

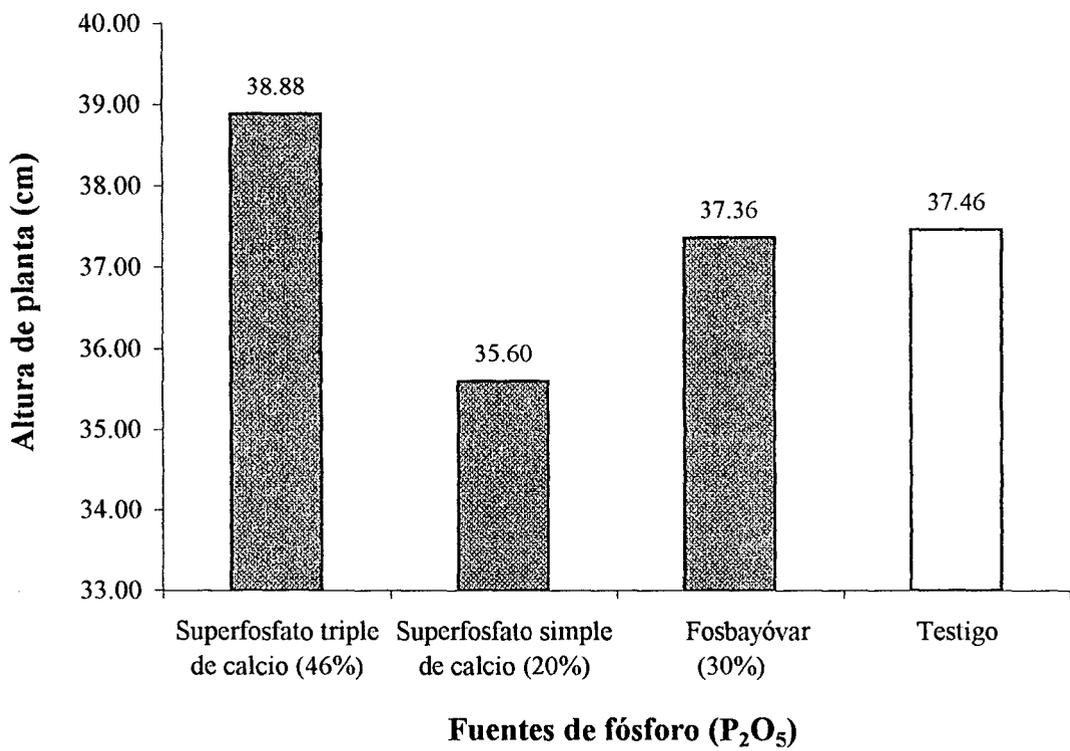


FIGURA 1. Efecto principal de las fuentes de fósforo en la altura de planta del café variedad 'Catimor'.

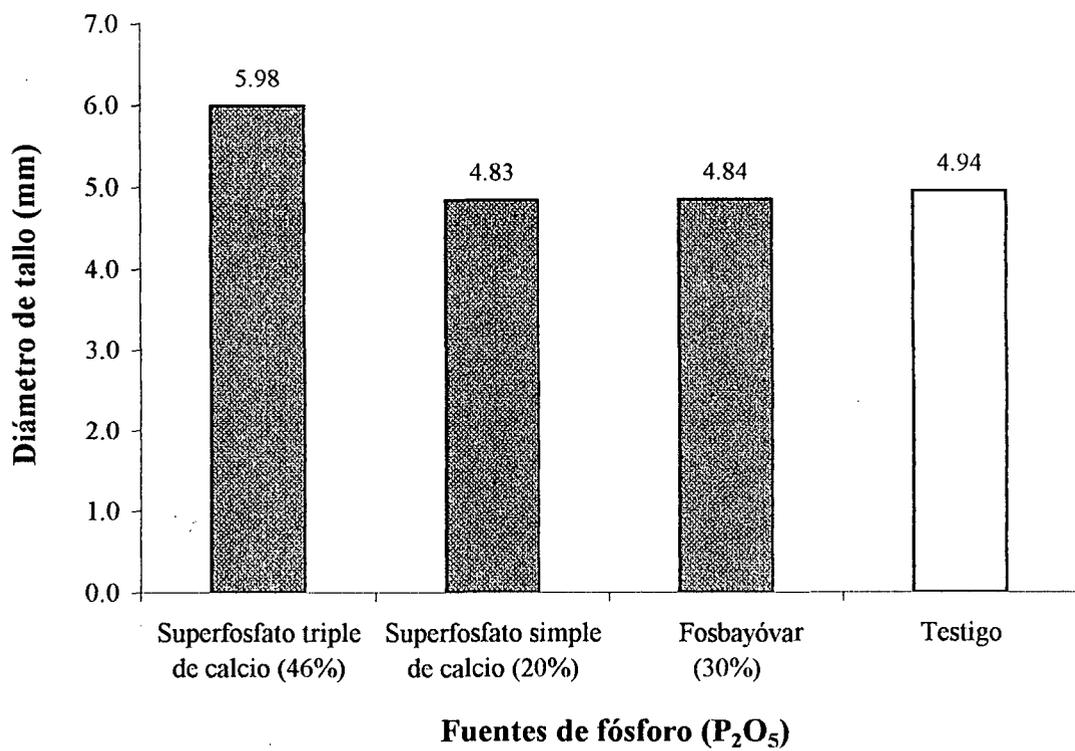


FIGURA 2. Efecto principal de las fuentes de fósforo en el diámetro de tallo del café variedad 'Catimor'.

4.1.2 Efecto principal de las dosis de fósforo en la altura de planta

En el Cuadro 8, se presenta la prueba de Duncan para el efecto principal de las dosis de fósforo en altura de planta, donde se observa que:

- Con la dosis 200 ppm, se obtuvo la mayor altura de planta con 38.54 cm, no diferenciándose significativamente de las dosis 50 ppm y 400 ppm con 38.04 y 37.62 cm, respectivamente; pero sí de la dosis 100 ppm que solamente alcanzó 34.91 cm.

CUADRO 8. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de dosis de fósforo en la altura de planta.

Factor Dosis de las fuentes	Altura de planta (cm)
b ₁ (50 ppm)	38.04 a
b ₂ (100 ppm)	34.91 b
b ₃ (200 ppm)	38.54 a
b ₄ (400 ppm)	37.62 a
T ₁₃ (Testigo)	37.46

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

4.1.3 Efectos simples de los factores en estudio para altura y diámetro de tallo

En el Cuadro 9, se presenta los cuadrados medios de los efectos simples para la característica diámetro de tallo, donde se observa que:

1. Por efecto del factor fuente de fósforo - dosis de fósforo

- Existe diferencias significativas al 1% de probabilidad en la fuente de fósforo (A) al nivel 50 ppm, 100 ppm y 200 ppm; y diferencias no singificativas al nivel 400 ppm, pero en general no existe diferencias significativas con el testigo.

2. Por efecto del factor dosis de fósforo – fuente de fósforo

- Para el factor dosis (B) en la fuente superfosfato triple existe diferencias significativas al 1% de probabilidad, mientras que en las fuentes superfosfato simple y fosbayóvar resultó no significativo.

CUADRO 9. Cuadrados medios de los efectos simples entre los factores en estudio para el diámetro de tallo de café variedad ‘Catimor’.

Fuentes de variación		GL	Cuadrados medios
Efecto Simple del factor fuente de fósforo (A) en:			
A en	b ₁ (50 ppm)	2	22.876 AS
A en	b ₂ (100 ppm)	2	8.982 AS
A en	b ₃ (200 ppm)	2	19.706 AS
A en	b ₄ (400 ppm)	2	0.183 NS
Efecto Simple del nivel de fuentes de fósforo (B) en:			
B en	a ₁ (Super triple)	3	10.322 AS
B en	a ₂ (Super simple)	3	0.676 NS
B en	a ₃ (Fosbayóvar)	3	1.253 NS
Error Experimental		247	1.059

NS = No existen diferencias estadísticas significativas.

S = Diferencias estadísticas significativas al 5% de probabilidad.

AS = Diferencias estadísticas significativas al 1% de probabilidad.

En el Cuadro 10, se presenta la prueba de comparación múltiple de Duncan de los efectos simples en el diámetro de tallo, donde se observa que:

a). Del efecto simple de A en 50 ppm, 100 ppm y 200 ppm

El superfosfato triple de calcio muestra el mayor diámetro en las dosis 50, 100 y 200; comportándose estadísticamente diferente al superfosfato simple y fosbayóvar.

b). Del efecto simple de A en b_4 (400 ppm)

Las tres fuentes de fósforo en estudio presentan similares comportamientos de diámetro de tallo en la dosis 400 ppm.

c). Del efecto simple de B en Superfosfato triple de calcio

La dosis 50 ppm muestra el mayor diámetro de tallo con 6.59 mm, comportándose en forma similar a las dosis 200 ppm y 100 ppm; y estadísticamente diferente a la dosis 400 ppm.

d). Del efecto simple de B en Superfosfato simple de calcio y Fosbayóvar

Las cuatro dosis de las fuentes de fósforo (50, 100, 200 y 400 ppm), muestran comportamientos similares en las fuentes superfosfato simple y fosbayóvar.

CUADRO 10. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de los factores en estudio del carácter diámetro de tallo del cultivo de café variedad 'Catimor'.

Factores	Diámetro de tallo (mm)							
De A (Fuente de fósforo) en:	b₁ (50 ppm)		b₂ (100 ppm)		b₃ (200 ppm)		b₄ (400 ppm)	
a ₁ (Super triple)	6.59	a	5.92	a	6.43	a	5.00	a
a ₂ (Super simple)	4.98	b	4.68	b	4.67	b	5.00	a
a ₃ (Fosbayóvar)	4.56	b	4.85	b	4.76	b	5.16	a
De B (nivel de fósforo) en:	a₁ (Super triple)		a₂ (Super simple)		a₃ (Fosbayóvar)			
b ₁ (50 ppm)	6.59	a	4.98	a	4.56 a			
b ₂ (100 ppm)	5.92	a	4.68	a	4.85 a			
b ₃ (200 ppm)	6.43	a	4.67	a	4.76 a			
b ₄ (400 ppm)	5.00	b	5.00	a	5.16 a			

Tratamiento unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

4.2 VOLUMEN DE RAICES Y MATERIA SECA

En el Cuadro 11, se presenta el resumen del análisis de variancia para las características volumen de raíces y porcentaje de materia seca donde se observa que:

- Existen diferencias significativas al 1% de probabilidad para tratamientos, factorial, efecto principal de las fuentes de fósforo (A), dosis de fósforo (B), interacción A x B y contraste factorial vs. testigo para la característica volumen de raíces.
- En relación a materia seca existe diferencias estadística significativas al 1% de probabilidad para tratamientos, factorial y efecto principal de las fuentes de fósforo (A); y diferencias no significativas para el efecto principal de las dosis de fósforo (B), interacción A x B y contraste factorial vs. testigo.
- Los coeficientes de variabilidad para volumen de raíces (13.72%) y materia seca (7.31%) nos indican muy buena y excelente homogeneidad de los resultados experimentales.

diferenciándose significativamente en la expresión de estas dos características de las demás fuentes de fósforo en estudio (Figura 3 y 4).

- Con la fuente fosbayóvar, se obtuvieron los menores valores de volumen de raíces (9.31 cm^3) y porcentaje de materia seca (19.34%) en relación a las otras dos fuentes de fósforo.
- Se observa un efecto favorable de las fuentes de fósforo en el volumen de raíces, los cuales muestra valores superiores a lo alcanzado por el tratamiento T_{13} (testigo).

CUADRO 12. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal del factor fuentes de fósforo en el volumen de raíces y porcentaje de materia seca del café variedad 'Catimor'.

Factor Fuente de fósforo	Volumen de raíces (cm^3)	Materia seca (%)
a_1 (Super triple)	16.88 a	22.36 a
a_2 (Super simple)	11.31 b	21.08 b
a_3 (Fosbayóvar)	9.31 c	19.34 c
T_{13} (Testigo)	8.33	19.75

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

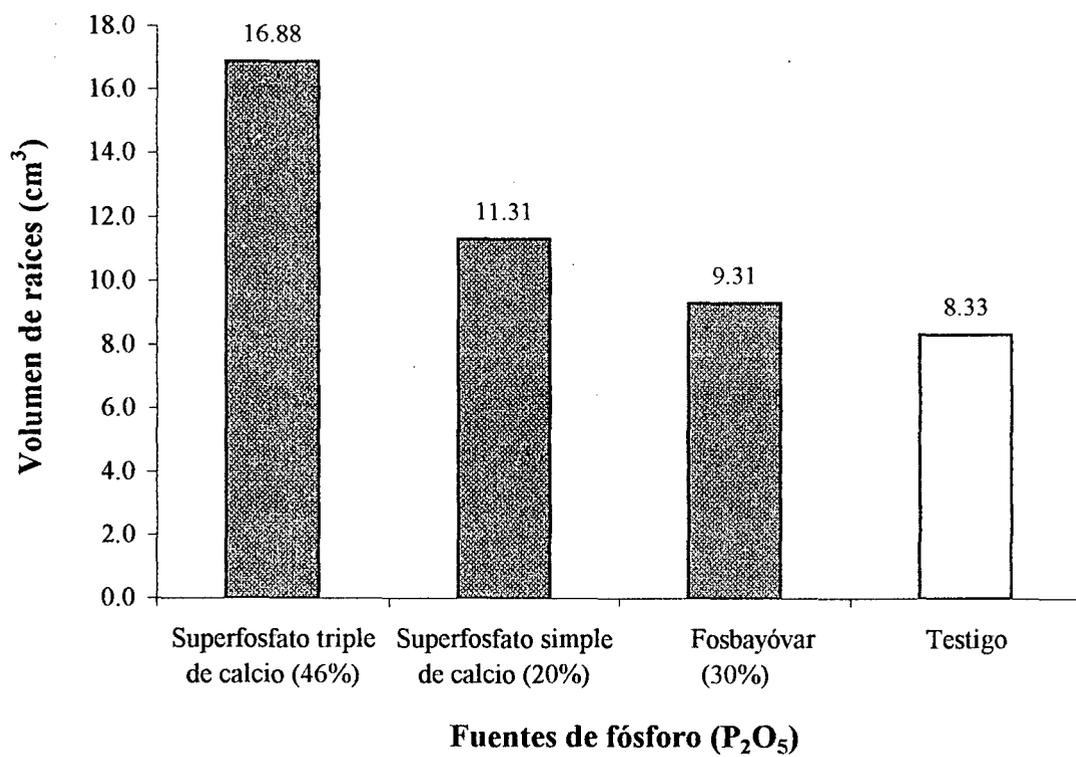


FIGURA 3. Efecto principal de las fuentes de fósforo en el volumen de raíces del café variedad 'Catimor'.

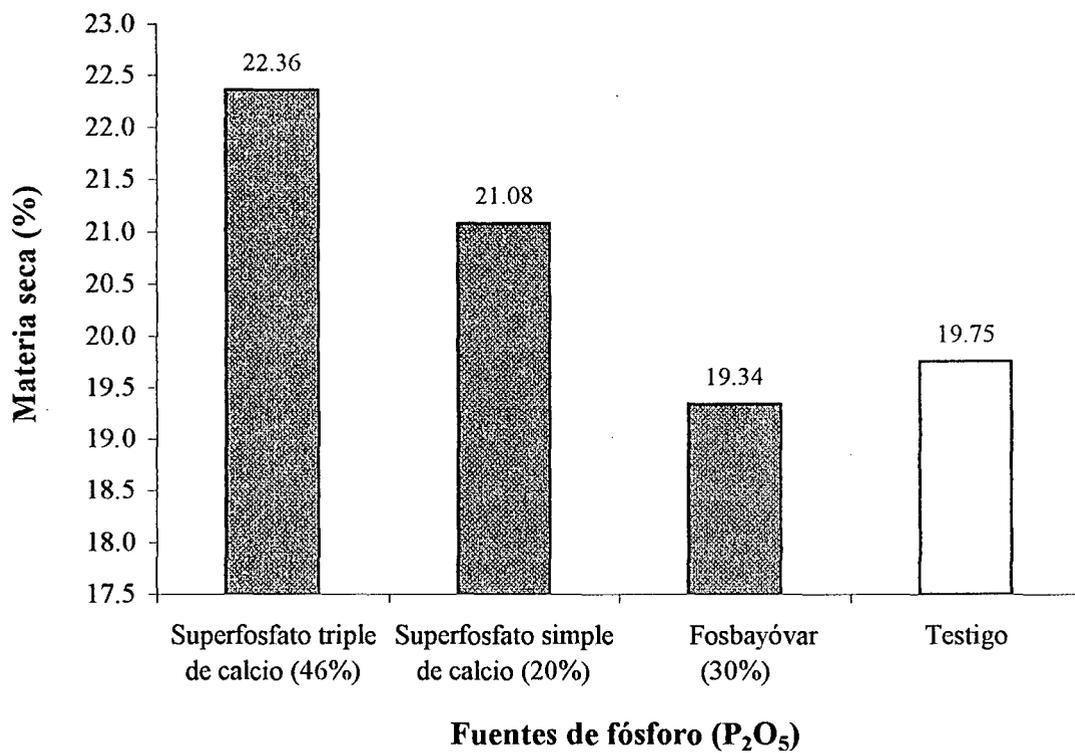


FIGURA 4. Efecto principal de las fuentes de fósforo en el porcentaje de materia seca del café variedad 'Catimor'.

4.2.2 Efecto principal de niveles de fósforo en el volumen de raíces

En el Cuadro 13 se presenta la prueba de Duncan del efecto principal de los niveles de las fuentes de fósforo en el volumen de raíces, observándose que:

- Con los niveles de las fuentes de fósforo 50, 100 y 200 ppm, se alcanzaron los más altos valores, diferenciándose significativamente del nivel 400 ppm, que ocupó el último lugar con 10.92 cm³.

CUADRO 13. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de dosis de fósforo en el volumen de raíces.

Factor Dosis de fósforo	Volumen de raíces (cm³)
b ₁ (50 ppm)	13.08 a
b ₂ (100 ppm)	13.08 a
b ₃ (200 ppm)	12.92 a
b ₄ (400 ppm)	10.92 b
T ₁₃ (Testigo)	8.33

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

4.1.3 Efecto simple de los factores en estudio para volumen de raíces

En el Cuadro 14, se presenta los cuadrados medios de los efectos simples para la característica volumen de raíces, donde se observa que:

1. Efecto del factor fuente de fósforo - dosis de fósforo

- Existe diferencias significativas al 1% de probabilidad en el factor fuente de fósforo (A) para las diferentes dosis o niveles de las fuentes de fósforo.

2. Efecto del factor dosis de fósforo - fuente de fósforo

- Existe significación estadística al 1% de probabilidad para la característica volumen de raíces en el factor dosis (B) para superfosfato triple de calcio y superfosfato simple de calcio, y diferencias no significativas para fosbayóvar.

CUADRO 14. Cuadrado medio de los efectos simples entre los factores en estudio para volumen de raíces de café variedad 'Catimor'.

Fuentes de variación	GL	Cuadrado medio
Efecto Simple del factor fuente de fósforo (A) en:		
A en b ₁ (50 ppm)	2	102.333 AS
A en b ₂ (100 ppm)	2	74.083 AS
A en b ₃ (200 ppm)	2	102.333 AS
A en b ₄ (400 ppm)	2	48.083 AS
Efecto Simple del nivel de fuentes de fósforo (B) en:		
B en a ₁ (Super triple)	3	17.417 AS
B en a ₂ (Super simple)	3	45.063 AS
B en a ₃ (Fosbayóvar)	3	5.063 NS
Error Experimental	39	2.788

NS = No existen diferencias estadísticas significativas.

AS = Diferencias estadísticas significativas al 1% de probabilidad.

En el Cuadro 15, se observa:

a). Del efecto simple de A en 50, 100 y 200 ppm

El superfosfato triple de calcio en la dosis 50, 100 y 200 ppm ocupa el primer lugar, con un promedio de volumen de raíces de 16.75, 18.00 y 18.75 cm³ respectivamente, diferenciándose estadísticamente de las demás fuentes de fósforo en estudio.

b). Del efecto simple de A en 400 ppm

El superfosfato simple de calcio en la dosis 400 ppm obtuvo el mayor volumen de raíces con 16.00 cm³, comportándose similarmente al superfosfato triple de calcio y estadísticamente diferente al fosbayóvar, que solamente obtuvo 9.25 cm³.

c). Del efecto simple de B en superfosfato triple de calcio

Con la dosis 200 ppm, se obtuvo el mayor volumen de raíces con 18.75 cm³, comportándose en forma similar a las dosis 50 y 100 ppm; y estadísticamente diferente a la dosis 400 ppm.

d). Del efecto simple de B en superfosfato simple de calcio

La dosis 400 ppm en el superfosfato simple de calcio ocupó el primer lugar; diferenciándose significativamente de las demás dosis en estudio.

e). Del efecto simple de B en fosbayóvar

Las diferentes dosis en el fosbayóvar, presentaron comportamientos similares en el carácter volumen de raíces.

CUADRO 15. Prueba de comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de los factores en estudio del carácter volumen de raíces del café variedad 'Catimor'.

Factores	Volúmen de raíces (cm ³)							
De A (Fuente de fósforo) en:	b₁ (50 ppm)		b₂ (100 ppm)		b₃ (200 ppm)		b₄ (400 ppm)	
a ₁ (Super triple)	16.75	a	18.00	a	18.75	a	14.00	a
a ₂ (Super simple)	8.25	b	11.25	b	9.75	b	16.00	a
a ₃ (Fosbayóvar)	7.75	b	10.00	b	10.25	b	9.25	b
De B (nivel de fósforo) en:	a₁ (Super triple)		a₂ (Super simple)		a₃ (Fosbayóvar)			
b ₁ (50 ppm)	16.75	a	8.25	c	7.75	a		
b ₂ (100 ppm)	18.00	a	11.25	b	10.00	a		
b ₃ (200 ppm)	18.75	a	9.75	b c	10.25	a		
b ₄ (400 ppm)	14.00	b	16.00	a	9.25	a		

4.3 ÁREA FOLIAR

En el Cuadro 16 se presenta el análisis de variancia para el área foliar, donde se deduce que:

- No existe diferencias significativas para tratamientos, factorial, efecto principal de las dosis de fósforo (B), interacción A x B y contraste factorial vs. trestigo.
- Existe diferencias significativas al 1% de probabilidad para efecto principal de las fuentes de fósforo (A) en el carácter en estudio.
- El coeficiente de variabilidad (13.72%) nos indica muy buena homogeneidad de los resultados experimentales.

CUADRO 16. Análisis de variancia para el área foliar de plantas de café variedad 'Catimor'.

Fuentes de variación	GL	Cuadrado medio	
Tratamientos	12	137095.86	NS
Factorial	11	149476.26	NS
A (Fuentes de fósforo)	2	494179.65	AS
B (Dosis de fósforo)	3	94075.79	NS
A x B	6	62275.37	NS
Factorial vs. Testigo	1	911.39	NS
Error experimental	39	84168.95	
Total	51		

c.v. (%) : 13.72%

NS = No existe diferencias estadísticas significativas.

AS = Diferencias estadísticas significativas al 1% de probabilidad.

4.3.1 Efecto principal de las fuentes de fósforo en el carácter área foliar

En el Cuadro 17 se presenta la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) del efecto principal de las fuentes de fósforo en el área foliar, donde se observa que:

- Con el superfosfato triple de calcio, se obtuvo el mayor valor de área foliar con 1426.18 cm², diferenciándose significativas de las demás fuentes de fósforo en estudio; donde el superfosfato simple de calcio ocupó el último lugar con 1097.06 cm² (Figura 5).

CUADRO 17. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto principal de las fuentes de fósforo en el área foliar de plantas de café variedad 'Catimor'.

Factor Fuentes de fósforo	Area foliar (cm²)
a ₁ (Superfosfato triple de calcio)	1426.18 a
a ₃ (Fosbayóvar)	1154.76 b
a ₂ (Superfosfato simple de calcio)	1097.06 b
T ₁₃ (Testigo)	1095.40

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

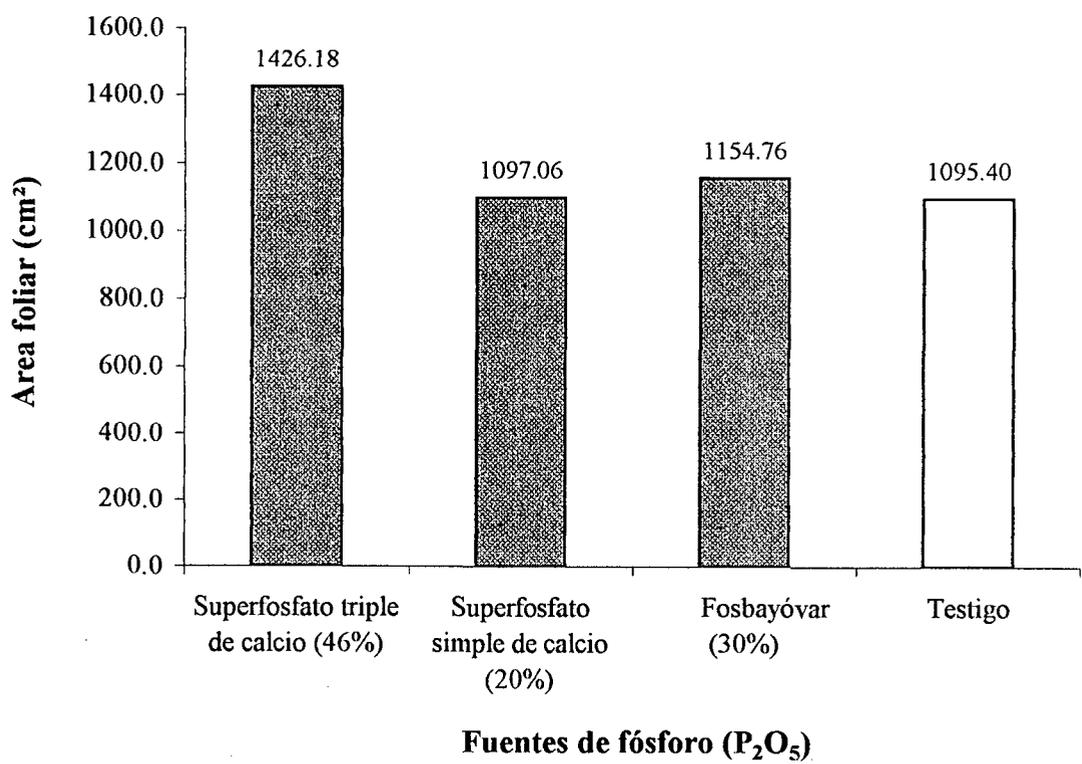


FIGURA 5. Efecto principal de las fuentes de fósforo en el área foliar del café variedad 'Catimor'.

4.4 ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

El análisis económico mostrado en el Cuadro 18, corresponden a los costos de producción de plantones de café variedad 'Catimor' para una hectárea para cada nivel o tratamiento en estudio, donde se puede observar que las variaciones en las cantidades utilizadas de las fuentes de fósforo en cada nivel o tratamiento es mínima, cuya misma tendencia puede observarse claramente en los costos de producción y por ende la relación beneficio/costo (B/C). Estas variaciones mínimas puede explicarse a que las concentraciones utilizadas de fósforo están expresadas en partes por millón (ppm).

Para la determinación de la relación beneficio/costo, fue necesario estimar el ingreso total, que está representado por la multiplicación del costo de 1 plantón (S/.) por el número de plantones necesario para la instalación de una hectárea (5000 plantones), para posteriormente este valor de ingreso total dividirlo con el valor de costo de producción estimado para cada tratamiento en estudio; cuyos valores de relación beneficio/costo variaron de 1.66 a 1.68 en los tratamientos en estudio, siendo un indicativo de que el fósforo en todos los tratamientos representa una mínima cantidad, lo cual no va a influir en los costos de producción en forma significativa. La menor relación beneficio/costo se obtuvo con la aplicación de superfosfato triple de calcio a 400 ppm ($B/C = 1.66$), debido principalmente a la mayor cantidad y mayor costo de esta fuente utilizada en el presente experimento.

CUADRO 18. Comparación de costos de producción y relación beneficio/costo de los tratamientos en estudio.

Fuente de fósforo - dosis de las fuentes	Nivel	Cantidad		Costo de Sustrato (S/.)	Costo de Producción (S/.)	Relación B/C
		Tierra (t)	Fuente de fósforo (kg)			
T ₁	a ₁ b ₁	5.500	0.60	122.02	1191.77	1.68
T ₂	a ₁ b ₂	5.500	1.20	123.04	1192.79	1.68
T ₃	a ₁ b ₃	5.500	2.39	125.06	1194.81	1.67
T ₄	a ₁ b ₄	5.500	4.78	129.13	1198.88	1.67
T ₅	a ₂ b ₁	5.500	1.38	122.93	1192.68	1.68
T ₆	a ₂ b ₂	5.500	2.75	124.85	1194.60	1.67
T ₇	a ₂ b ₃	5.500	5.50	128.70	1198.45	1.67
T ₈	a ₂ b ₄	5.500	11.00	136.40	1206.15	1.66
T ₉	a ₃ b ₁	5.500	0.92	121.92	1191.67	1.68
T ₁₀	a ₃ b ₂	5.500	1.83	122.83	1192.58	1.68
T ₁₁	a ₃ b ₃	5.500	3.67	124.67	1194.42	1.67
T ₁₂	a ₃ b ₄	5.500	7.33	128.33	1198.08	1.67
T ₁₃	Testigo	5.500		121.00	1190.75	1.68

Costo/plantón (S/.) : 0.40

Bolsa con sustrato : 1.0 kg.

Costo del sustrato : S/. 22.00 por tonelada

Costo de producción por tratamiento: Costo de producción (Cuadro 44) + Costo de sustrato

Beneficio (ingreso bruto) : N° plantones/ha x Costo de plantón

$$= 5500 \times S/. 0.40 = S/. 2000.00$$

V. DISCUSIÓN

5.1 DE LA ALTURA DE PLANTA Y DIÁMETRO DE TALLO

Las diferencias estadísticas significativas encontradas para el efecto de tratamiento, factorial, factor fuente de fósforo (A) y factor dosis de las fuentes de fósforo (B) en la altura de planta (Cuadro 6), pueden deberse posiblemente a los diferentes contenidos de fósforo existentes en el sustrato después de la aplicación de los tratamientos en estudio. En forma similar, en el carácter diámetro de tallo, las diferencias encontradas para tratamientos, factorial, factor fuentes de fósforo (A) e interacción A x B; se debe posiblemente a la diferencia de cantidades de fósforo utilizadas en cada unidad experimental. Estas diferencias observadas nos estaría indicando que las diversas fuentes de fósforo en sus diferentes dosis, tienen comportamientos diferentes ante estas características, básicamente por su contenido $P_2 O_5$ y su efecto dentro de la planta.

Las diferencias no significativas encontradas para el contraste factorial vs. testigo en ambos caracteres en estudio, se debe principalmente a la dispersión de valores de los tratamientos originados por la interacción de los factores en estudio (A x B), cuyo promedio es similar al promedio del testigo. Esta diferencia de valores dentro de los factores en estudio, se debe al efecto diferente de cada fuente y cada nivel de fósforo (Cuadro 26 y 27 del anexo).

El análisis factorial del efecto principal de las fuentes de fósforo (Cuadro 7), nos muestra valores estadísticamente superiores del superfosfato triple de calcio tanto en altura de planta como en diámetro de tallo. Esta superioridad mostrada por el superfosfato triple de calcio se debe principalmente a su mayor concentración de fósforo, a su mayor solubilidad y al mayor aporte de otros nutrientes, tales como el calcio y el azufre; que van a repercutir favorablemente en la fertilidad del suelo y por ende en el crecimiento y desarrollo de la planta (14).

Estos efectos positivos de las fuentes de fósforo, puede deberse al pH que va ejercer un control relativo de las dos formas como anión que se absorbe este elemento; donde el anión monovalente fosfato (H_2PO_4^-) que la planta absorbe más rápidamente se ve favorecido por un pH menor que 7, mientras que el anión divalente fosfato ($\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$) cuya absorción es menos rápida, el cual estará por encima de 7.0 (31).

El efecto principal de las dosis de las fuentes de fósforo (Cuadro 8), nos indican comportamientos similares de altura de planta entre las diferentes dosis de las fuentes estudiadas, a excepción de la dosis 100 ppm que resultó estadísticamente inferior a las demás dosis en el carácter altura de planta. Esta similitud de comportamientos puede deberse a que la mayor parte de fósforo aplicado al suelo mediante fertilizantes fosfatados pasan a formas solubles no utilizables por la planta.

Las plantas absorben fósforo en estado soluble, pero cuando se introduce fósforo al suelo, más del 90% pasa rápidamente a formas solubles, no disponibles. Así, gran parte de los fertilizantes fosfatados que se aplican no son utilizados por las plantas, sino que se almacenan en el suelo. Por ejemplo, algunos suelos volcánicos del sur de Chile, con gran capacidad de inmovilizar fósforo, han acumulado más de 2 t/ha de fósforo total (6), pero los niveles de fósforo soluble pueden continuar cercanos a los 15 ppm. La situación anterior se agrava cuando el uso agrícola disminuye los valores de materia orgánica del suelo o induce cambios hacia los extremos de la escala del pH; la ineficiencia de uso aumenta y se hace necesario elevar aún más las dosis de fertilización.

Referente a los cuadrados medios de los efectos simples entre los factores en estudio para la característica diámetro de tallo (Cuadro 9); se observa que difieren significativamente en las tres primeras dosis (50, 100 y 200 ppm); indicándonos que las distintas fuentes en estudio tienden a comportarse en forma diferente hasta una dosis de 200 ppm, quizás porque constituye el límite máximo donde la planta tiende a absorber nutrientes en función a las fuentes utilizadas, lo cual va estar en relación directa con su contenido nutricional (porcentaje del elemento dentro del fertilizante). Valores superiores a 200 ppm, nos estaría indicando una similitud en la manifestación de estas dos características, debido posiblemente a que dicho suelo haya alcanzado el valor máximo de nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta, donde el excedente estaría conformando los llamados “elementos de lujo”.

Por eso es muy importante tener en cuenta estos niveles de diferenciación, ya que va a repercutir en el comportamiento del cultivo, especialmente en el vigor, por lo que se recomienda tener mucho cuidado al momento de realizar las mezclas con el suelo para obtener el crecimiento óptimo de la planta (32).

Realizada la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de los factores en estudio (Cuadro 37 del anexo), se presentan las alturas promedios de plantas de café variedad 'Catimor' a los 198 días después del repique, para cada una de las fuentes estudiadas en cada dosis de estudio, así como el efecto de las dosis en cada fuente de fósforo; observándose que no existen diferencias significativas en el uso de las fuentes de fósforo en las diferentes dosis de experimentación, a excepción en la dosis 200 ppm, donde el superfosfato triple de calcio, alcanzó la mayor altura de planta diferenciándose de las demás fuentes en estudio. Esta diferenciación en la altura de planta, se puede deber al mayor aporte de fósforo disponible por esta fuente (46% de concentración) en comparación con las demás fuentes, donde el nivel 200 ppm alcanza la mayor cantidad de fósforo aprovechable por la planta bajo las características del suelo empleado, mientras que dosis o cantidades superiores de este elemento pasan a constituir el "consumo de lujo". Por eso es muy importante tener en cuenta la práctica de fertilización, ya que el vigor va a estar en función del manejo que se les proporcione a las plántulas de café (34).

En lo que respecta al efecto de las dosis (B) en las diversas fuentes de fósforo (Cuadro 37 del anexo), se puede observar un comportamiento similar de las dosis

en estudio en el superfosfato simple de calcio y fosbayóvar; mientras que en el superfosfato triple de calcio con el nivel 200 ppm se obtuvo la mayor altura, siendo estadísticamente diferente a los demás niveles, a excepción del nivel 50 ppm. Este comportamiento superior del superfosfato triple de calcio puede deberse a su mayor concentración de fósforo en relación a las demás fuentes en estudio, que a nivel del suelo se va tornar disponible hasta cierto nivel, donde el excedente pasa a fijarse en las partículas de suelo.

En relación al carácter diámetro de tallo (Cuadro 10), la superioridad estadística del superfosfato triple de calcio hacia las demás fuentes en estudio en las dosis 50, 100 y 200 ppm, puede deberse al mayor contenido nutricional, así como a su solubilidad.

Al respecto muchas investigaciones mencionan que las rocas fosfóricas presentan un comportamiento inferior al superfosfato triple de calcio, ya que son muchos los factores que intervienen en la solubilización de los fertilizantes fosfatados entre ellos el origen, el tamaño de las partículas, reacciones con otros nutrientes y los microorganismos (4, 23).

Sobre la efectividad de la roca fosfórica se menciona que se deben tener condiciones de suelos muy ácidos, deficientes en fósforo y con muy baja capacidad de retención de fósforo, en estas condiciones la roca fosfórica es tan efectiva como el superfosfato triple de calcio (23). En general los suelos del trópico presentan

contenidos bajos de fósforo, esta situación se hace crítica especialmente en suelos tipo ultisoles, en donde se presentan mecanismos de fijación e el que intervienen por un lado elementos con el hierro y el aluminio y por otro lado en los que se presentan altos contenidos de alófono (5).

En relación al efecto de las dosis (B) en las diferentes fuentes de fósforo en el carácter diámetro de tallo (Cuadro 10), se puede observar comportamientos similares de dosis en las fuentes de fósforo en estudio; a excepción de las dosis 50, 100 y 200 ppm que resultaron ser estadísticamente superiores a la dosis 400 ppm en el superfosfato triple de calcio. Al respecto cabe mencionar que las plantas de café transportan únicamente las cantidades de fósforo necesarias para mantener niveles adecuados de este elemento aunque en el suelo se presenten altas concentraciones y que el café tiene la habilidad suficiente para únicamente transportar la cantidad de fósforo necesario para su metabolismo (18).

5.2 DEL VOLUMEN DE RAÍCES Y MATERIA SECA

Las diferencias significativas al 1% de probabilidad para el efecto de tratamientos, factorial, factor A (fuentes de fósforo), factor B (dosis de las fuentes de fósforo), interacción A x B y factorial vs. testigo en el carácter volumen de raíces nos estaría indicando que las diversas fuentes (A) y dosis de las fuentes de fósforo (B), así como los tratamientos (efecto de interacciones) tienen comportamiento diferente frente a esta característica.

Con respecto al carácter materia seca, las diferencias significativas encontradas para el efecto de tratamiento, factorial y factor A (fuentes de fósforo); más no para el factor B (dosis de las fuentes de fósforo), interacción A x B y contraste Factorial vs. Testigo, nos estaría indicando que la expresión de este carácter, básicamente está influenciado por las fuentes de fósforo.

Estos efectos positivos, se ven corroborados con los resultados mostrados en el Cuadro 12, donde el superfosfato triple de calcio, logra el mayor volumen de raíces y porcentaje de materia seca, en comparación a las otras dos fuentes en estudio, cuyos comportamientos fueron estadísticamente inferiores.

Este efecto positivo del superfosfato triple de calcio (Figura 3 y 4), puede deberse posiblemente a la mayor concentración y disponibilidad de fósforo que presenta esta fuente en relación a las demás fuentes en estudio; ya que el fósforo va formar parte esencial de muchos glucofosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos y de los fosfolípidos que se encuentran en las membranas (31).

Los volúmenes de raíces por efecto de las dosis de las fuentes de fósforo (Cuadro 13), nos muestran efecto inhibitorios a altas concentraciones de este elemento, lo cual podría estar afectando la solubilidad de otros elementos. En el presente experimento se observa un efecto positivo hasta la dosis 200 ppm, valores por encima de esta concentración trae como consecuencia un menor volumen de raíces que posiblemente repercutirá desfavorablemente en el vigor de la planta.

Las diferencias significativas al 1% de probabilidad por efecto del factor fuente de fósforo (A) en las cuatro dosis en estudio para el carácter volumen de raíces (Cuadro 14), se debe posiblemente al diferente contenido nutricional de las fuentes en estudio, así como también al grado de solubilidad de cada una de ellas.

En lo que respecta al efecto simple del factor dosis de las fuentes de fósforo (B) en las tres fuentes en estudio; las diferencias significativas al 1% de probabilidad en el superfosfato triple de calcio y superfosfato simple de calcio, nos estaría indicando efectos diferentes de las dosis en dichas fuentes, cuyos resultados van a manifestarse más rápidamente en comparación al fosbayóvar cuyo efecto es lento, donde una mayor concentración causa un mejor efecto lentamente.

El mejor efecto logrado con el superfosfato triple de calcio en las diferentes dosis de las fuentes de fósforo en estudio, a excepción del nivel 400 ppm (Cuadro 15), se debe principalmente al elevado contenido nutricional de fósforo (P_2O_5) dentro de esta fuente, así como a su mayor solubilidad que va a influir en la mayor formación del sistema radicular de las plantas y por ende un mayor volumen.

Con respecto al efecto del factor dosis en las diferentes fuentes en estudio (Cuadro 15); se observa un efecto positivo en la fuente superfosfato triple de calcio al incrementarse las dosis de abonamiento hasta 200 ppm, para disminuir significativamente su efecto a 400 ppm, lo cual nos estaría indicando que a una mayor cantidad de fósforo suministrado al suelo va existir una mayor formación de

raíces, hasta un nivel tal donde el exceso tiende a adsorberse en las partículas y almacenarse en el suelo, no encontrándose disponibles para las plantas.

Si se entrega fósforo en exceso, el crecimiento y volumen de la raíz normalmente aumenta respecto al crecimiento de la zona aérea de la planta. Por ello, a diferencia de los efectos producidos por el exceso de nitrógeno, esta situación provoca un valor reducido en la relación zona aérea - raíz (31).

Un manejo de fertilidad de suelos racional y sustentable, entonces, hace indispensable aumentar la eficiencia de utilización, la que no depende de las mayores tasas de aplicación de fertilizantes, sino de fomentar procesos de reciclaje y de solubilización del fósforo en el suelo (10).

En el superfosfato simple de calcio, también se observa un efecto positivo en la formación de raíces al incrementarse las dosis de fósforo; cosa contraria al efecto de los diferentes niveles en el fosbayóvar, posiblemente a una lenta liberación de iones fosfatos de la roca fosfórica, lo cual tiende a retardar su efecto en la formación de raíces.

Las plantas absorben fósforo en forma de H_2PO_4^- , ion que queda disponible al solubilizarse o romperse cualquiera de los compuestos fosfatados. Los equilibrios de reacción llevan a que la mayor parte del fósforo del suelo se encuentre en forma de baja o muy baja disponibilidad, donde sólo un porcentaje muy bajo (entre 0.1 y 0.3 ppm) se encuentra en solución, plenamente disponibles para plantas y organismos (14).

Los equilibrios de reacción entre las distintas formas de fósforo dependerán de los coloides y minerales presentes en el suelos, el pH, la actividad microbiológica, la presencia de enzimas, ácidos orgánicos y la intensidad de demanda del nutriente. Mientras la composición y pH del suelo son características poco inalterables o difíciles de alterar; los agentes de origen biológico son posibles de manejar, y prácticamente todos ellos tienden a mantener el fósforo en sus estados de mayor disponibilidad (10).

5.3 DEL ÁREA FOLIAR

Las diferencias estadísticas significativas al 1% de probabilidad por efecto de las fuentes de fósforo (Cuadro 16), nos estará indicando que este carácter se ve influenciado por el tipo de fuente de fósforo que se está utilizando, independientemente a la dosis de las fuentes de fósforo.

Con la finalidad de indicar la mejor fuente de fósforo para la expresión de esta característica se muestra el efecto principal de las fuentes de fósforo (Cuadro 17), observándose un mejor efecto positivo del superfosfato triple de calcio con 1426.18 cm² de área foliar por planta, diferenciándose significativamente del fosbayóvar y superfosfato simple de calcio que lograron 1154.76 y 1097.06 cm², respectivamente. Este diferente comportamiento pudiera atribuirse a la acción estimulante del fósforo en la formación de raíces, que en el caso de la fuente a₁ (superfosfato triple) por su mayor concentración de fósforo va presentar mayor área radicular, lo que va favorecer en la absorción de nutrientes y agua, que a su vez va

favorecer una mayor tasa de fotosíntesis (mayor producción de fotosintatos) y por ende un mayor área foliar (1, 31).

La principal consecuencia de la baja movilidad del fósforo es que las raíces puedan absorberlo solo del suelo que está inmediatamente en contacto con las raíces o, a lo mucho, a unos pocos milímetros de la raíz. Es decir, que de todo el volumen de suelo, el cultivo sólo podrá extraer el fósforo que se encuentra próximo a las raíces (22).

5.4 DEL ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

El análisis económico mostrado en el Cuadro 18, se determinó por la diferencia del valor total de producción con el costo de producción, obedeciendo a una utilidad neta que permitió deducir el índice de rentabilidad entre beneficio costo en cada nivel. En tal sentido, podemos observar que los índice B/C en los diferentes niveles es mayor que uno ($B/C > 1$), es decir las inversiones en los 13 tratamientos muestran resultados positivos y sin diferencias resaltantes entre ellos.

Los valores similares de la relación beneficio/costo, se debe básicamente a la diferencia no significativa en cuanto a volumen y costo de las diferentes fuentes y dosis en estudio, manteniendo constante las demás variables en todos los tratamientos (sustrato, costo por mantenimiento, etc). Esta poca variación en la relación beneficio/costo como consecuencia del uso de las fuentes y dosis de fósforo; pero la diferencia ante los demás tratamientos en estudio está básicamente en el vigor de planta, que a la vez hace uso del fósforo disponible en el sustrato.

VI. CONCLUSIONES

1. Existe una mejor respuesta en la expresión de las característica biométrica por efecto del factor A (fuentes de fósforo) en comparación al factor B (dosis de fósforo) cuyo efecto es indiferente en las características evaluadas.
2. Con el uso del superfosfato triple de calcio se obtuvieron la mayor altura de planta, diámetro de tallo, volumen de raíces, materia seca y área foliar, diferenciándose estadísticamente de las demás fuentes en estudio, a excepción del fosbayóvar que tuvo comportamiento similar en el carácter altura de planta.
3. El tratamiento superfosfato triple de calcio a 200 ppm obtuvo la mayor altura de planta con 42.54 cm, no diferenciándose significativamente de los tratamientos superfosfato triple de calcio a 50 ppm y fosbayóvar a 400 ppm con 40.30 y 39.58 cm, respectivamente.
4. La totalidad de los tratamientos en estudio presentaron una relación beneficio/costo (B/C) de 1.68, debido principalmente a que la valorización de las cantidades utilizadas de las diferentes fuentes en los diferentes tratamientos no fue significativo.

VII. RECOMENDACIONES

En base a los resultados y conclusiones del experimento, se recomienda lo siguiente:

1. Incentivar la obtención de plántulas de café utilizando superfosfato triple de calcio a 200 ppm, por su mejor efecto en altura y diámetro de tallo bajo condiciones similares del sustrato utilizado ($\text{pH} = 4.5 - 5.0$) y temperatura ambiental (21°C).
2. Utilizar el superfosfato triple por su mejor respuesta en las características biométricas en estudio del café variedad 'Catimor' bajo condiciones similares del sustrato utilizado ($\text{pH} = 4.5 - 5.0$).
3. Realizar trabajos de investigación referentes al efecto de las mismas fuentes fosforadas pero a mayores dosis de aplicación; así como también con la finalidad de ver el efecto real de las fuentes, hacer uso de un suelo deficiente en fósforo.

VIII. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones del Fundo Agrícola N° 1 de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, entre los meses de Mayo del 2001 y Febrero del 2002, teniendo como objetivo determinar la mejor fuente de fertilización fosforada y el nivel adecuado para la obtención de plántones de café y determinar el análisis de rentabilidad de los tratamientos en estudio.

Se probaron tres fuentes fosforadas (superfosfato triple de calcio, superfosfato simple de calcio y fosbayóvar) y cuatro niveles de dichas fuentes (50, 100, 200 y 400 pmm); más un testigo adicional constituido por sustrato sin ninguna fuente (suelo franco). El diseño experimental empleado fue el Completamente Randomizado con arreglo factorial 3 x 4 + 1 testigo adicional, utilizándose la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la comparación de medias.

Los resultados obtenidos indican que el mejor vigor, representado por las características biométricas en estudio como altura de planta, diámetro de tallo, volumen de raíces, materia seca y área foliar, se obtuvo con el superfosfato triple de calcio, diferenciándose estadísticamente de las demás fuentes en estudio, a excepción del fosbayóvar que mostró un comportamiento similar en el carácter altura de planta, existiendo una mayor respuesta en la expresión de estas

características a la variación de las fuentes en estudio, en comparación a la variación de las dosis de las fuentes de fósforo, cuyo efecto es indiferente.

Dentro de la fuente de fósforo superfosfato triple de calcio, el nivel 200 ppm obtuvo la mayor altura de planta con 42.54 cm, no diferenciándose significativamente del nivel 50 ppm que obtuvo 40.30 cm.

En relación al análisis económico, se observa una rentabilidad similar en todos los tratamientos, esto debido básicamente a que los factores en estudio representan valor económicos no significativos en los costos de producción.

IX. BIBLIOGRAFÍA

1. BARBER, S. A. 1980. Mineral nutrient needs. In. ASA-SSSA. Moving up the yield curve: Advances and obstacles. ASA Special Publication Number 39. Madison Wisconsin, EE.UU. Pp. 71 - 78.
2. BEAR, F. E. 1966. Suelo y fertilización. 1^{era} edición. Edit. Omega. Barcelona, España. 265 p.
3. - - - - - . 1969. Los suelos en relación con crecimiento en los cultivos. Traducido por José Abeijon Veloso. Edit. Omega. Barcelona, España. 368 p.
4. BERTSCH, F. 1986. Manual para interpretar la fertilidad de los suelos de Costa Rica. 1^{era} edición. Oficina de Publicaciones Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 26 p.
5. - - - - - . 1986. La fertilidad de los suelos y su manejo. Asociación Costarricense de la ciencia del suelo. San José, Costa Rica. 157 p.
6. BORIE, F. 1991. Microbiología del fósforo. En Jornadas de Fertilidad de Suelos en Cero Labranza. Sociedad de Conservación de Suelos de Chile e INIA. Concepción, Chile. Pp. 22 - 27.
7. BUITRON, B. F. Z. 1976. Evaluación biológica de la roca bruta bayóvar aplicado solo y en 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. 100 p.

8. CABALCETA, G. 1997. Fósforo. Agronoticias. Compañía Costarricense del Café S.A. San José, Costa Rica. II Ed. Núm. 2. Pp. 18 - 19.
9. CABELLO, M. R. 1979. Determinación del coeficiente aparente de uso del fósforo en 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. 100 p.
10. CARDOSO, E.J.B.N. y LAMBAIS, M. R. 1992. Aplicacoes prácticas de micorrizas vsículo arbusculares (MVA). In Microbiología do Solo. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Campinas, Brasil. 14 p.
11. CASTILLO, J. 1979. Fijación adsorción de fósforo en suelos de puna de 3450 a 4100 m.s.n.m. Allpachaca. Tesis Ing. Agr. U.N.S.C.H. Ayacucho, Perú. 86 p.
12. COSTE, R. 1968. El café, técnica agrícola y producciones tropicales. Trad. por Vicente Ripio. Barcelona - España. Blume. 258 p.
13. DAVELOUIS, J. R. 1973. Efecto del fósforo y de la finura de la roca fosfatada de Sechura, del encalado y del tiempo de incubación sobre el rendimiento y la absorción de fósforo por el sorgo. Tesis M.Sc. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 120 p.
14. EIRA, A. F. 1992. Solubilizacao microbiana do fosfatos. In Micorbiologia do Solo. Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. Campinas, Brasil. 10 p.
15. FASSBENDER, H. W. 1967. Los fosfatos naturales de Sechura, Perú. Boletin de la Corporación Nacional de Fertilizantes. Lima, Perú. Vol 7. Pp. 15 - 23.

16. -----, 1987. Química de suelos con énfasis de suelo de América Latina. San José, Costa Rica. Edit. IICA. 298 p.
17. FIGUEROA, Z. R. 1984. La caficultura en el Perú. Lima - Perú. s.n. 202 p.
18. FIXEN, P. 1997. Cual es la mejor forma de aplicar fósforo al suelo. Instituto de la Potasa y el Fósforo. Quito, Ecuador. N° 27. Pp. 34 - 36.
19. 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., UNAS. Tingo María, Perú. 90 p.
20. GROS, A. 1976. El papel esencial del humus en el suelo. En abonos. Guía práctica de fertilización. 6^{ta} edición. Madrid, España. 585 p.
21. GUERRERO, A. 1990. El suelo, los abonos y la fertilización de cultivos. Edit. Mundi Prensa. Madrid, España. 206 p.
22. GUTIERREZ, F. H. y SCHEINER, J. D. 1999. Sequía y absorción de fósforo en soja. Boletín informativo de Nidera S.A. N° 12. Año 5. Feb - Mar 1999. España. 15 p.
23. HAMMOND, L. LEON, L. 1982. Efectividad Agronómica de las Rocas Fosfóricas. Cali, Colombia. CIAT. 40 p (Series 04SR-09.05).
24. HARTMANN, H. T. y KESTER, D. E. 1969. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Trad. por Antonio Narino. 2^{da} edición. CECSA. México. 693 p.

25. JIMÉNEZ, J. L. 1983. Especies y variedades de café. ANACAFE. Guatemala. Dic. 277: 29-30.
26. KRUG, C. A.; MENDES, J. E. y CARVALHO, A. 1983. Taxonomía de *Coffea arábica* L. Inst. Agron. Do Estado Sao Paulo, Campinas, 57 p.
27. LUNA, M. 1972. Estudio comparativo sobre el aprovechamiento del fósforo de diferentes fosforados por alfalfa y cebada. Tesis M. Sc. Suelo. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 108 p.
28. PICCINI, A. D. 1983. Fertilidad de suelo. Manual de prácticas. U.N.A.S Tingo María, Perú. 40 p.
29. PRIMO, Y. E y CARRASCO, J. 1981. Química agrícola I. Suelos y fertilizantes. Edit. Alambra S.A. Madrid, España. 464 p.
30. Programa de Naciones Unidas para el desarrollo alternativo. Manejo técnico del café de altura. Boletín informativo del Proyecto 459 - ONU. 1989.
31. SALISBURY, F. B. y ROSS, C. W. 2000. Fisiología de las plantas. Traducido por José Manuel Alonso. Thomson Editores Spain Paraninfo S. A. Madrid, España. 998 p.
32. SÁNCHEZ, E. J. 1995. Bases técnicas para el desarrollo de los cultivos en la Ceja de Selva del Proyecto Especial Pichis Palcazu (P.E.P.P.). Lima, Perú. Vol. II. Pp. 20 - 22.
33. SANCHEZ, P. 1981. Suelos del trópico, caracterización y manejo. San José, Costa Rica. Edit. IICA. 634 p.

34. SUAREZ DE C. F. 1960. Valor de la pulpa de café como abono. *Agricultura Tropical*. Colombia. 16 (8): 503-513.
35. TEUSCHER, H. y ADLER, R. 1981. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera y Zapata. Edit. Continental S. A. México. 510 p.
36. TISDALE, G. L. y NELSON, W. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Edit. Montaner y Simón S.A. Barcelona, España. 760 p.
37. VILLAGARCIA, H. S. 1982. Resultados de ensayos de invernadero y de campo sobre fertilización y nutrición mineral en el cultivo de papa. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 136 p.
38. ZAMORA, L. 1998. Informe Anual de Labores 1997/Pr. Instituto del Café de Costa Rica. MBA. ICAFE –CICAFE. Unidad Producción Agrícola. Heredia, Costa Rica. 254 p.
39. ZAPATA, F. y VILLAGARCIA, S. 1983. Manual de uso de fertilizantes. U.N.A. La Molina. Lima, Perú. 104 p.

X. ANEXO

CUADRO 19. Datos originales de altura de planta (cm) a los 198 días después del repique de café variedad ‘Catimor’.

Clave	Trat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T ₁	a ₁ b ₁	34.0	35.6	45.6	42.0	45.2	42.6	44.4	45.0	45.6	43.7	41.5	44.4	39.7	36.8	32.5	28.6	39.5	46.3	32.5	40.5
T ₂	a ₁ b ₂	42.0	46.4	23.0	47.2	23.1	23.4	31.6	41.2	43.4	45.5	47.0	24.3	19.9	31.0	42.0	39.5	38.4	31.4	42.0	33.6
T ₃	a ₁ b ₃	44.7	46.0	46.0	48.5	45.2	43.5	47.0	46.6	48.7	50.3	20.0	44.0	31.6	29.3	39.8	44.2	42.5	44.4	44.3	44.2
T ₄	a ₁ b ₄	32.0	37.8	35.5	43.3	46.0	40.0	32.6	33.0	41.3	44.5	32.9	42.1	38.5	35.0	33.5	36.0	33.0	41.8	35.0	23.6
T ₅	a ₂ b ₁	19.5	40.0	37.9	42.2	28.0	40.4	39.3	43.6	39.3	38.0	42.2	42.3	18.8	34.3	39.5	37.0	36.3	45.6	42.4	33.5
T ₆	a ₂ b ₂	21.0	27.2	37.8	41.5	38.6	25.5	15.6	37.5	39.2	39.0	32.0	34.0	26.8	41.5	35.5	40.0	30.6	38.5	41.4	23.0
T ₇	a ₂ b ₃	13.0	18.5	36.3	39.5	42.6	43.9	32.6	42.0	45.8	40.6	43.2	19.0	41.8	31.0	37.0	34.4	39.5	36.7	41.4	35.1
T ₈	a ₂ b ₄	16.8	33.3	45.5	28.0	18.0	39.5	39.5	42.5	44.0	39.5	42.3	28.3	41.3	20.6	37.7	35.6	41.6	45.0	44.5	44.4
T ₉	a ₃ b ₁	12.8	25.7	26.2	32.6	41.4	39.7	38.0	42.1	41.9	44.0	49.0	41.0	47.0	43.9	40.0	27.9	31.0	41.3	28.0	43.0
T ₁₀	a ₃ b ₂	14.3	28.0	31.4	37.8	32.9	43.3	26.3	29.0	42.5	42.3	40.8	34.6	37.0	37.9	30.6	36.0	41.7	40.0	41.8	44.4
T ₁₁	a ₃ b ₃	21.5	35.4	37.6	40.2	40.1	42.8	38.6	43.6	43.4	41.0	49.0	30.0	27.7	33.9	36.5	32.5	41.0	42.4	38.8	32.0
T ₁₂	a ₃ b ₄	35.0	39.1	40.6	42.2	45.1	45.1	44.1	43.5	43.8	33.8	32.0	33.0	39.5	38.0	34.5	41.1	32.3	40.3	41.6	47.0
T ₁₃	Testigo	35.5	34.6	44.0	38.7	36.2	39.4	32.7	38.5	43.6	26.5	42.8	39.5	42.5	37.0	38.1	28.0	39.5	43.8	27.2	41.1

Donde:

a₁ : Superfosfato triple de calcio
a₂ : Superfosfato simple de calcio
a₃ : Fosbayóvar

b₁ : 50 ppm de P₂O₅
b₂ : 100 ppm de P₂O₅
b₃ : 200 ppm de P₂O₅
b₄ : 400 ppm de P₂O₅

CUADRO 20. Datos originales de diámetro de tallo (mm) a los 198 días después del repique de café variedad ‘Catimor’.

Clave	Trat.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
T ₁	a ₁ b ₁	7.65	6.83	7.80	5.96	6.46	7.34	6.20	7.02	5.55	6.53	6.38	7.35	7.18	7.03	7.68	3.95	5.45	8.58	4.41	6.43
T ₂	a ₁ b ₂	6.35	6.19	3.67	6.82	4.77	4.10	5.17	6.57	6.17	6.58	7.48	4.51	3.97	5.45	7.15	7.56	8.00	6.78	4.83	6.23
T ₃	a ₁ b ₃	8.16	6.22	5.50	8.47	6.67	7.09	6.28	7.43	6.37	5.61	6.02	6.05	5.05	4.69	5.48	6.51	6.91	6.81	7.62	5.70
T ₄	a ₁ b ₄	4.69	6.12	4.50	5.42	4.05	6.15	4.83	4.91	4.59	3.93	4.78	8.24	5.09	3.42	5.15	5.45	4.76	5.43	4.05	4.35
T ₅	a ₂ b ₁	3.20	6.10	3.75	5.06	4.04	3.92	5.61	5.56	4.45	5.90	5.93	4.95	3.28	4.44	6.37	5.83	5.19	6.91	5.23	3.94
T ₆	a ₂ b ₂	3.59	4.44	4.96	5.56	4.85	3.72	3.89	4.74	3.87	5.66	4.62	4.03	5.12	6.07	5.58	5.77	4.48	5.03	4.48	3.17
T ₇	a ₂ b ₃	3.80	2.42	4.40	4.62	4.30	4.86	3.58	5.85	4.70	4.91	5.87	4.20	5.87	3.64	5.89	7.02	4.97	3.79	4.62	4.02
T ₈	a ₂ b ₄	2.81	3.65	5.74	3.40	3.14	4.92	4.71	5.47	5.90	4.87	5.56	4.09	5.94	6.20	6.43	5.59	5.42	5.30	5.23	5.65
T ₉	a ₃ b ₁	2.94	3.69	4.50	4.28	5.24	4.60	4.22	4.15	5.75	5.06	3.85	5.56	5.56	5.04	4.69	4.28	4.03	5.55	3.46	4.80
T ₁₀	a ₃ b ₂	3.06	3.78	4.36	5.09	4.31	5.35	3.22	3.56	5.36	5.42	6.27	4.80	4.60	4.51	5.84	5.18	5.30	4.57	6.42	6.01
T ₁₁	a ₃ b ₃	3.52	4.15	4.30	5.40	5.96	4.61	4.98	5.86	4.84	4.30	5.84	3.52	4.69	3.85	5.47	5.02	6.63	5.06	4.52	2.74
T ₁₂	a ₃ b ₄	5.21	5.83	6.01	7.16	3.72	4.81	6.35	3.70	5.90	4.53	3.91	4.01	4.90	5.20	6.63	6.98	5.90	5.17	4.49	2.87
T ₁₃	Testigo	5.30	4.92	5.21	4.63	4.19	3.60	4.06	3.85	5.84	2.99	5.53	6.11	5.49	5.92	4.78	4.18	6.27	6.17	3.71	5.97

Donde:

a₁ : Superfosfato triple de calcio
a₂ : Superfosfato simple de calcio
a₃ : Fosbayóvar

b₁ : 50 ppm de P₂O₅
b₂ : 100 ppm de P₂O₅
b₃ : 200 ppm de P₂O₅
b₄ : 400 ppm de P₂O₅

CUADRO 21. Datos originales de peso fresco (g) por planta del experimento.

Clave	Tratamiento	Peso fresco de planta (g)				Promedio
		1	2	3	4	
T ₁	a ₁ b ₁	83.80	64.60	69.70	61.70	69.95
T ₂	a ₁ b ₂	86.40	67.50	80.50	63.40	74.45
T ₃	a ₁ b ₃	76.50	107.90	68.50	86.60	85.38
T ₄	a ₁ b ₄	60.90	92.00	63.80	49.30	66.50
T ₅	a ₂ b ₁	53.80	51.80	53.43	56.56	53.90
T ₆	a ₂ b ₂	34.90	59.80	73.60	44.10	53.10
T ₇	a ₂ b ₃	65.90	50.10	60.10	46.50	55.65
T ₈	a ₂ b ₄	51.10	68.60	51.80	57.30	57.20
T ₉	a ₃ b ₁	46.80	50.80	37.00	53.40	47.00
T ₁₀	a ₃ b ₂	63.83	56.30	52.70	53.80	56.66
T ₁₁	a ₃ b ₃	46.80	36.70	63.40	59.10	51.50
T ₁₂	a ₃ b ₄	50.50	42.80	58.70	50.90	50.73
T ₁₃	Testigo	47.90	49.70	51.00	51.27	49.97

CUADRO 22. Datos originales de peso seco (g) por planta del experimento.

Clave	Tratamiento	Peso seco de planta (g)				Promedio
		1	2	3	4	
T ₁	a ₁ b ₁	18.70	15.80	14.90	15.70	16.28
T ₂	a ₁ b ₂	18.70	17.10	17.50	13.20	16.63
T ₃	a ₁ b ₃	14.30	24.00	15.30	21.30	18.73
T ₄	a ₁ b ₄	11.90	20.90	14.60	10.90	14.58
T ₅	a ₂ b ₁	10.20	9.70	11.67	11.23	10.70
T ₆	a ₂ b ₂	6.40	11.20	14.50	8.10	10.05
T ₇	a ₂ b ₃	13.00	9.00	12.20	9.10	10.83
T ₈	a ₂ b ₄	9.50	13.60	9.90	11.40	11.10
T ₉	a ₃ b ₁	9.10	11.70	7.30	13.30	10.35
T ₁₀	a ₃ b ₂	13.20	12.00	10.90	10.20	11.58
T ₁₁	a ₃ b ₃	9.70	8.50	13.30	13.40	11.23
T ₁₂	a ₃ b ₄	10.20	8.20	12.60	10.30	10.33
T ₁₃	Testigo	9.80	10.10	9.33	10.23	9.87

CUADRO 23. Datos originales de volumen de raíces (cm³) del experimento.

Clave	Tratamiento	Repetición (planta)				Promedio
		1	2	3	4	
T ₁	a ₁ b ₁	16	17	17	17	16.75
T ₂	a ₁ b ₂	15	23	16	18	18.00
T ₃	a ₁ b ₃	18	18	20	19	18.75
T ₄	a ₁ b ₄	13	16	13	14	14.00
T ₅	a ₂ b ₁	9	7	9	8	8.25
T ₆	a ₂ b ₂	12	13	9	11	11.25
T ₇	a ₂ b ₃	12	8	9	10	9.75
T ₈	a ₂ b ₄	17	19	12	16	16.00
T ₉	a ₃ b ₁	7	8	8	8	7.75
T ₁₀	a ₃ b ₂	10	9	11	10	10.00
T ₁₁	a ₃ b ₃	9	13	9	10	10.25
T ₁₂	a ₃ b ₄	10	9	9	9	9.25
T ₁₃	Testigo	8	9	8	8	8.25

CUADRO 24. Datos originales de área foliar (cm²) del experimento.

Clave	Tratamiento	Repetición (planta)				Promedio
		1	2	3	4	
T ₁	a ₁ b ₁	1612.3	1131.2	1144.2	1183.2	1267.7
T ₂	a ₁ b ₂	2002.3	1209.2	1079.2	1287.2	1394.5
T ₃	a ₁ b ₃	1404.2	2561.4	1339.2	1573.3	1719.5
T ₄	a ₁ b ₄	1443.2	1352.2	1248.2	1248.2	1323.0
T ₅	a ₂ b ₁	1300.2	897.2	975.2	1599.3	1193.0
T ₆	a ₂ b ₂	702.1	1261.2	1547.3	975.2	1121.4
T ₇	a ₂ b ₃	1352.2	806.1	1157.2	1066.2	1095.4
T ₈	a ₂ b ₄	871.1	1144.2	1001.2	897.2	978.4
T ₉	a ₃ b ₁	1040.2	1235.2	1014.2	975.2	1066.2
T ₁₀	a ₃ b ₂	1287.2	1417.2	1157.2	1053.2	1228.7
T ₁₁	a ₃ b ₃	936.2	897.2	1521.3	1469.2	1206.0
T ₁₂	a ₃ b ₄	1196.2	962.2	1443.2	871.1	1118.2
T ₁₃	Testigo	1157.2	1183.2	1196.2	1430.2	1241.7

CUADRO 25. Datos originales de materia seca (%) del experimento.

Clave	Tratamiento	Materia seca (%)				Promedio
		1	2	3	4	
T ₁	a ₁ b ₁	22.32	24.46	21.38	25.45	23.40
T ₂	a ₁ b ₂	21.64	25.33	21.74	20.82	22.38
T ₃	a ₁ b ₃	18.69	22.24	22.34	24.04	21.83
T ₄	a ₁ b ₄	19.54	22.72	22.88	22.11	21.81
T ₅	a ₂ b ₁	18.96	18.73	21.84	19.86	19.85
T ₆	a ₂ b ₂	18.34	18.73	19.70	18.37	18.78
T ₇	a ₂ b ₃	19.73	17.96	20.30	19.57	19.39
T ₈	a ₂ b ₄	18.59	19.83	19.11	19.90	19.36
T ₉	a ₃ b ₁	19.44	23.03	19.73	24.91	21.78
T ₁₀	a ₃ b ₂	20.68	21.31	20.68	18.96	20.41
T ₁₁	a ₃ b ₃	20.73	23.16	20.98	22.67	21.88
T ₁₂	a ₃ b ₄	20.20	19.16	21.47	20.24	20.26
T ₁₃	Testigo	20.46	20.32	18.29	19.95	19.76

CUADRO 26. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter altura de planta a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Altura (cm)	Sign.
T ₃	a ₁ b ₃	42.540	a
T ₁	a ₁ b ₁	40.300	a b
T ₁₂	a ₃ b ₄	39.580	a b
T ₁₃	Testigo	37.460	b c
T ₁₁	a ₃ b ₃	37.400	b c
T ₅	a ₂ b ₁	37.005	b c
T ₄	a ₁ b ₄	36.870	b c
T ₉	a ₃ b ₁	36.825	b c
T ₈	a ₂ b ₄	36.395	b c
T ₂	a ₁ b ₂	35.795	b c
T ₇	a ₂ b ₃	35.695	b c
T ₁₀	a ₃ b ₂	35.630	b c
T ₆	a ₂ b ₂	33.310	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 27. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter diámetro de tallo a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Diámetro de tallo (mm)	Sign.
T ₁	a ₁ b ₁	6.589	a
T ₃	a ₁ b ₃	6.432	a
T ₂	a ₁ b ₂	5.918	a
T ₁₂	a ₃ b ₄	5.164	b
T ₈	a ₂ b ₄	5.001	b
T ₄	a ₁ b ₄	4.996	b
T ₅	a ₂ b ₁	4.983	b
T ₁₃	Testigo	4.936	b
T ₁₀	a ₃ b ₂	4.851	b
T ₁₁	a ₃ b ₃	4.763	b
T ₆	a ₂ b ₂	4.682	b
T ₇	a ₂ b ₃	4.667	b
T ₉	a ₃ b ₁	4.563	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 28. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter peso fresco de hojas/planta a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Peso fresco de hojas (g)	Sign.
T ₃	a ₁ b ₃	40.300	a
T ₄	a ₁ b ₄	34.850	a b
T ₂	a ₁ b ₂	31.150	a b
T ₁	a ₁ b ₁	30.125	a b
T ₁₀	a ₃ b ₂	30.000	a b
T ₇	a ₂ b ₃	29.375	a b
T ₅	a ₂ b ₁	28.225	b
T ₆	a ₂ b ₂	27.780	b
T ₁₃	Testigo	27.375	b
T ₁₁	a ₃ b ₃	27.025	b
T ₈	a ₂ b ₄	26.6675	b
T ₉	a ₃ b ₁	25.450	b
T ₁₂	a ₃ b ₄	25.425	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 29. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter peso seco de hojas/planta a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Peso seco de hojas (g)	Sign.
T ₃	a ₁ b ₃	8.550	a
T ₄	a ₁ b ₄	7.650	a
T ₂	a ₁ b ₂	7.550	a
T ₁	a ₁ b ₁	6.850	a b
T ₁₀	a ₃ b ₂	6.375	a b
T ₉	a ₃ b ₁	6.175	a b
T ₇	a ₂ b ₃	6.050	b
T ₅	a ₂ b ₁	5.900	b
T ₁₁	a ₃ b ₃	5.875	b
T ₁₂	a ₃ b ₄	5.625	b
T ₈	a ₂ b ₄	5.575	b
T ₆	a ₂ b ₂	5.525	b
T ₁₃	Testigo	5.333	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 30. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter peso fresco de raíces/planta a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Peso fresco de raíces (g)	Sign.
T ₂	a ₁ b ₂	25.550	a
T ₁	a ₁ b ₁	25.250	a
T ₃	a ₁ b ₃	25.025	a
T ₈	a ₂ b ₄	18.400	b
T ₄	a ₁ b ₄	16.175	b c
T ₁₀	a ₃ b ₂	13.933	b c
T ₇	a ₂ b ₃	13.400	b c
T ₆	a ₂ b ₂	13.025	b c
T ₁₂	a ₃ b ₄	12.925	b c
T ₅	a ₂ b ₁	12.833	b c
T ₁₁	a ₃ b ₃	12.725	b c
T ₁₃	Testigo	11.068	b c
T ₉	a ₃ b ₁	10.625	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 31. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter peso seco de raíces/planta a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Peso seco de raíces (g)	Sign.
T ₁	a ₁ b ₁	5.000	a
T ₃	a ₁ b ₃	4.475	a
T ₂	a ₁ b ₂	4.350	a
T ₄	a ₁ b ₄	2.825	b
T ₈	a ₂ b ₄	2.700	b
T ₁₁	a ₃ b ₃	2.325	b
T ₁₀	a ₃ b ₂	2.200	b
T ₇	a ₂ b ₃	1.950	b
T ₁₂	a ₃ b ₄	1.925	b
T ₅	a ₂ b ₁	1.868	b
T ₁₃	Testigo	1.833	b
T ₆	a ₂ b ₂	1.825	b
T ₉	a ₃ b ₁	1.675	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 32. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter peso fresco de tallo/planta a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Peso fresco de tallo (g)	Sign.
T ₃	a ₁ b ₃	20.050	a
T ₂	a ₁ b ₂	17.750	a
T ₄	a ₁ b ₄	15.475	a b
T ₁	a ₁ b ₁	14.575	b c
T ₇	a ₂ b ₃	12.875	c
T ₅	a ₂ b ₁	12.833	c
T ₁₀	a ₃ b ₂	12.725	c
T ₁₂	a ₃ b ₄	12.375	c
T ₆	a ₂ b ₂	12.375	c
T ₈	a ₂ b ₄	12.125	c
T ₁₁	a ₃ b ₃	11.750	c
T ₁₃	Testigo	11.533	c
T ₉	a ₃ b ₁	10.925	c

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 33. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter peso seco de tallo/planta a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Peso seco de raíces (g)	Sign.
T ₃	a ₁ b ₃	5.000	a
T ₂	a ₁ b ₂	4.475	a b
T ₁	a ₁ b ₁	4.425	b
T ₄	a ₁ b ₄	4.100	b c
T ₁₁	a ₃ b ₃	3.025	c d
T ₁₀	a ₃ b ₂	3.000	c d
T ₅	a ₂ b ₁	2.933	c d
T ₈	a ₂ b ₄	2.825	c d
T ₇	a ₂ b ₃	2.825	c d
T ₁₂	a ₃ b ₄	2.775	c d
T ₁₃	Testigo	2.700	c d
T ₆	a ₂ b ₂	2.700	c d
T ₉	a ₃ b ₁	2.500	d

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 34. Prueba de significación Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter volumen de raíces por planta a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'

Clave	Tratamiento	Peso fresco de tallo (g)	Sign.
T ₃	a ₁ b ₃	18.667	a
T ₂	a ₁ b ₂	18.000	a
T ₁	a ₁ b ₁	16.667	a b
T ₈	a ₂ b ₄	16.000	a b
T ₄	a ₁ b ₄	14.000	b c
T ₆	a ₂ b ₂	11.333	c d
T ₁₁	a ₃ b ₃	10.333	d
T ₁₀	a ₃ b ₂	10.000	d
T ₇	a ₂ b ₃	9.667	d
T ₁₂	a ₃ b ₄	9.333	d
T ₁₃	Testigo	8.333	d
T ₅	a ₂ b ₁	8.333	d
T ₉	a ₃ b ₁	7.667	d

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 35. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el carácter área foliar por planta a los 198 días después del repique de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Area foliar (cm ²)	Sign.
T ₃	a ₁ b ₃	1719.5	a
T ₂	a ₁ b ₂	1394.5	a b
T ₄	a ₁ b ₁	1323.0	a b
T ₁	a ₂ b ₄	1267.7	b
T ₁₃	a ₁ b ₄	1241.7	b
T ₁₀	a ₂ b ₂	1228.7	b
T ₁₁	a ₃ b ₃	1206.0	b
T ₅	a ₃ b ₂	1193.0	b
T ₆	a ₂ b ₃	1121.5	b
T ₁₂	a ₃ b ₄	1118.2	b
T ₇	Testigo	1095.4	b
T ₉	a ₂ b ₁	1066.2	b
T ₈	a ₃ b ₁	978.4	b

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 36. Cuadrados medios de los efectos simples entre los factores en estudio para altura de planta y diámetro de planta (198 días después del repique).

Fuentes de variación	GL	Cuadrados medios	
		Altura de planta	Diámetro de tallo
Efecto Simple del factor fuente de fósforo (A) en:			
A en b ₁ (50 ppm)	2	76.550 NS	22.876 AS
A en b ₂ (100 ppm)	2	38.616 NS	8.982 AS
A en b ₃ (200 ppm)	2	254.050 S	19.706 AS
A en b ₄ (400 ppm)	2	59.046 NS	0.183 NS
Efecto Simple del nivel de fuentes de fósforo (B) en:			
B en a ₁ (Super triple)	3	193.128 S	10.322 AS
B en a ₂ (Super simple)	3	52.392 NS	0.676 NS
B en a ₃ (Fosbayóvar)	3	54.727 NS	1.253 NS
Error Experimental	247	54.236	1.059

NS = No existen diferencias estadísticas significativas.

S = Diferencias estadísticas significativas al 5% de probabilidad.

AS = Diferencias estadísticas significativas al 1% de probabilidad.

CUADRO 37. Prueba comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de los factores en estudio del carácter altura de planta del cultivo de café variedad 'Catimor'.

Factores	Altura de planta (cm)							
	b ₁ (50 ppm)		b ₂ (100 ppm)		b ₃ (200 ppm)		b ₄ (400 ppm)	
De A (Fuente de fósforo) en:								
a ₁ (Super triple)	40.30	a	35.80	a	42.54	a	36.87	a
a ₂ (Super simple)	37.01	a	33.31	a	35.69	b	36.40	a
a ₃ (Fosbayóvar)	36.83	a	35.63	a	37.40	b	39.58	a
De B (Dosis de fósforo) en:	a ₁ (Super triple)		a ₂ (Super simple)		a ₃ (Fosbayóvar)			
b ₁ (50 ppm)	40.30	a b	37.01	a	36.83	a		
b ₂ (100 ppm)	35.80	b	33.31	a	35.63	a		
b ₃ (200 ppm)	42.54	a	35.69	a	37.40	a		
b ₄ (400 ppm)	36.87	b	36.40	a	39.58	a		

CUADRO 38. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para efecto principal de dosis de las fuentes de fósforo (B) en el diámetro de tallo de café variedad 'Catimor'.

Factor Dosis de las fuentes	Diámetro de tallo (mm)
b ₁ (50 ppm)	5.38 a
b ₂ (100 ppm)	5.15 a
b ₃ (200 ppm)	5.29 a
b ₄ (400 ppm)	5.05 a

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 39. Cuadrados medios de los efectos simples entre los factores en estudio para materia seca de café variedad 'Catimor'.

Fuentes de variación	GL	Cuadrados medios
		Materia seca
Efecto Simple del factor fuente de fósforo (A)		
A en b ₁ (50 ppm)	2	12.661 AS
A en b ₂ (100 ppm)	2	13.002 AS
A en b ₃ (200 ppm)	2	8.113 S
A en b ₄ (400 ppm)	2	6.173 NS
Efecto Simple del nivel de fuentes de fósforo (B)		
B en a ₁ (Super triple)	3	2.217 NS
B en a ₂ (Super simple)	3	0.757 NS
B en a ₃ (Fosbayóvar)	3	2.999 NS
Error Experimental	39	2.323

NS = No existen diferencias estadísticas significativas.

S = Diferencias estadísticas significativas al 5% de probabilidad.

AS = Diferencias estadísticas significativas al 1% de probabilidad.

CUADRO 40. Prueba comparación múltiple de Duncan ($\alpha = 0.05$) de los efectos simples de los factores en estudio del carácter porcentaje de materia seca del cultivo de café variedad 'Catimor'.

Factores	Materia seca (%)							
De A (Fuente de fósforo) en:	b₁ (50 ppm)		b₂ (100 ppm)		b₃ (200 ppm)		b₄ (400 ppm)	
a ₁ (Super triple)	23.40	a	22.38	a	21.83	a	21.81	a
a ₂ (Super simple)	19.85	b	18.78	b	19.39	b	19.36	b
a ₃ (Fosbayóvar)	21.78	a b	20.41	a b	21.88	a	20.26	a b
De B (nivel de fósforo) en:	a₁ (Super triple)		a₂ (Super simple)		a₃ (Fosbayóvar)			
b ₁ (50 ppm)	23.40	a	19.85	a	21.78	a		
b ₂ (100 ppm)	22.38	a	18.78	a	20.41	a		
b ₃ (200 ppm)	21.83	a	19.39	a	21.88	a		
b ₄ (400 ppm)	21.81	a	19.36	a	20.26	a		

CUADRO 41. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para efecto principal de dosis de las fuentes de fósforo (B) en el porcentaje de materia seca de café variedad 'Catimor'.

Factor Dosis de las fuentes	Materia seca (%)
b ₁ (50 ppm)	21.67 a
b ₂ (100 ppm)	21.03 a
b ₃ (200 ppm)	20.53 a
b ₄ (400 ppm)	20.48 a

Tratamientos unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 42. Cuadrados medios de los efectos simples entre los factores en estudio para el área foliar de café variedad 'Catimor'.

Fuente de variación	GL	Cuadrados medios	
Efecto Simple del factor fuente de fósforo (A) en:			
A en b ₁ (50 ppm)	2	41517.70	NS
A en b ₂ (100 ppm)	2	75695.48	NS
A en b ₃ (200 ppm)	2	443663.17	AS
A en b ₄ (400 ppm)	2	120129.42	NS
Efecto Simple del factor fuente de fósforo (A) en:			
B en a ₁ (Super triple)	3	163770.91	NS
B en a ₂ (Super simple)	3	31825.07	NS
B en a ₃ (Fosbayóvar)	3	23030.56	NS
Error experimental	39	84168.95	

NS = No existen diferencias estadísticas significativas.

AS = Diferencias estadísticas significativas al 1% de probabilidad.

CUADRO 43. Prueba de significación de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el efecto simple del factor fuente de fósforo (A) en el tercer nivel o dosis de fósforo (b_3) en el área foliar de café variedad 'Catimor'.

Clave	Tratamiento	Área foliar (cm ²)
a ₁ b ₃	Superfosfato triple de calcio a 200 ppm	1719.54 a
a ₂ b ₃	Superfosfato simple de calcio a 200 ppm	1095.44 b
a ₃ b ₃	Fosbayóvar a 200 ppm	1205.96 b

Tratamiento unidos por la misma letra en columna no difieren significativamente entre sí.

CUADRO 44. Costo de producción de plantones para 1.0 ha de café variedad 'Catimor' ^{1/}

Actividad	Unid. Medida	Cantidad	P. Unit. S/.	P. Total S/.
I. MANO DE OBRA				340.00
Almácigo	Jornal	3	10.00	30.00
Const. vivero	Jornal	5	10.00	50.00
Densif. sustrato	Jornal	3	10.00	30.00
Llenado de bolsas	Jornal	8	10.00	80.00
Acomodo de bolsas	Jornal	3	10.00	30.00
Repique	Jornal	4	10.00	40.00
Manejo de vivero	Jornal	8	10.00	80.00
II. INSUMOS				
Semilla	kg	2	25.00	50.00
Bolsas de 1 kg	Ciento	55	3.00	165.00
Gallinaza	Sacos	5	9.00	45.00
Basamid	kg	1	25.00	25.00
Benlate	kg	0.5	80.00	40.00
Palanas de corte	Unid.	2	35.00	70.00
Machete	Unid.	2	15.00	30.00
Alambre	kg	3	3.50	10.50
Saranda	Unid.	1	20.00	20.00
Regadora	Unid	1	25.00	25.00
Bomba mochila (alquiler)	Glb.	1	50.00	50.00
Hojas de yarina o shapaja	Unid.	150	0.25	37.50
Palos 10 m x 6 cm Φ	Unid.	6	2.00	12.00
Palos 1 m x 6 cm Φ	Unid.	8	1.00	8.00
Palos 2 m x 5 cm Φ	Unid.	15	1.50	22.50
Palos 12 m x 5 cm Φ	Unid.	11	2.00	22.00
III. IMPREVISTOS (10%)				97.25
COSTO TOTAL (S/.)				1069.75

^{1/} Costo de producción sin incluir la dosis de fertilización fosfórica.

Precio de fertilizantes (1 kg):

Superfosfato triple de calcio	:	S/. 1.70
Superfosfato simple de calcio	:	S/. 1.40
Fosbayóvar	:	S/. 1.00

CÁLCULOS REALIZADO PARA LOS NIVELES APLICADOS

- Para instalar 1 ha de café se necesita 5000 plantones de café (2.0 x 1.0 m), por lo que debemos de producir 5500 plantones (incluido un 10% más de imprevistos).
- En el experimento se decidió la utilización de bolsas de 1 kg de capacidad, entonces se necesitará 5500 kg de sustrato (5.5 toneladas).

Como: 1 volquetada de tierra \longrightarrow 3 m³ de sustrato (Cuesta S/ 88.00)

δ_a del suelo franco \longrightarrow 1.35 t/m³

Peso de 1 volquetada de suelo \longrightarrow 1.35 t/m³ x 3 m³ = 4.05 t

\Rightarrow 1.0 tonelada de sustrato cuesta : S/. 22.00

5.5 toneladas cuesta: S/. 121.00

- Cantidad de fósforo (P₂O₅) que se necesita para cada nivel o dosis de aplicación:

Nivel de P ₂ O ₅	Cantidad de P ₂ O ₅ (g)		Cantidad de fuente de fósforo (g) en 5.5 t de sustrato		
	1.0 kg suelo	5.5 t de suelo	Superfosfato triple de calcio	Superfosfato simple de calcio	Fosbayovar
50 ppm	0.05	275	597.83	1375.00	916.67
100 ppm	0.10	550	1195.65	2750.00	1833.33
200 ppm	0.20	1100	2391.30	5500.00	3666.67
400 ppm	0.40	2200	4782.61	11000.00	7333.33

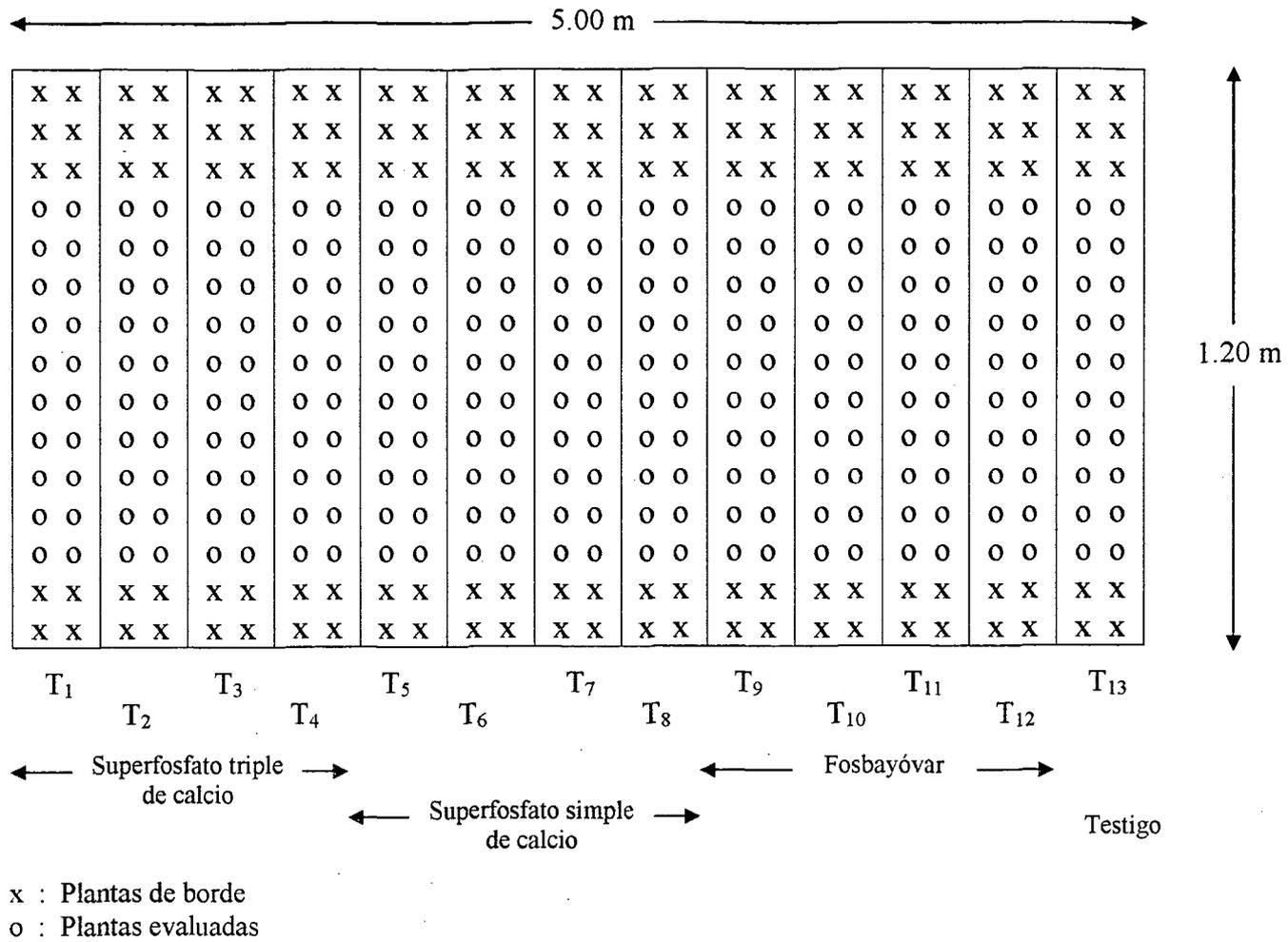


Figura 6. Croquis del experimento