

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Departamento Académico de Ciencias Agrarias



**“EFECTO DE LA ROCA FOSFÓRICA Y GALLINAZA
EN EL CRECIMIENTO DEL CULTIVO DE CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) VARIEDAD ‘CATIMOR’, EN TINGO
MARÍA”**

TESIS

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Diomel Iglesias Tafur

PROMOCIÓN II - 1998

“Integración de Líderes Unasinos con Visión Empresarial”

TINGO MARÍA - PERÚ

2002

DEDICATORIA

A mis queridos padres:

Hernán: por su invaluable sacrificio y optimismo.

Carmen: por su abnegado cariño y sabios consejos,

a quienes les debo lo que soy. Ambos van

en mi gran labor y más grande obra cumplida.

A mis hermanos:

Elva, Everlinda, Lusmeldina, Denilda, y

Hernán, por su apoyo moral durante mi

formación profesional.

A mis tíos, primos, cuñados y sobrinos

Con todo cariño, por su gran apoyo.

A la memoria de mi hermano

Edgar, QEPD.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva, en especial a la Facultad de Agronomía, que contribuyeron en mi formación profesional.
- Al Ing° Agr° M.Sc. José Wilfredo Zavala Solórzano, patrocinador de la tesis, por su valiosa colaboración y consejos en el presente trabajo.
- Al Ing° Luis Mansilla Minaya, por su orientación en el laboratorio.
- A los Ingenieros: Vicente Pocomucha Poma, Jaime Chávez Matías, David Guarda Sotelo y Carlos Huatuco Barzola por su apoyo en la parte estadística.
- Al Coordinador de PRO-CAFÉ del MINAG, Ing° Carlos Balcázar Labrín por brindarme las facilidades para la redacción.
- A los Técnicos Juan Huamán Cueva y Concepción Ariza Espinoza, por su apoyo en la instalación y los análisis en el laboratorio.
- A mis amigos: Sabino y Armando Choquehuanca Farceque, José Núñez Alejos, José Manayay Llaguento, Luis Tarazona Vargas, Orlando Jara Cabrera, Osvaldo Ramírez Fernández, Cecilia Sabino Gonzáles y Alejos Andrés Aguilar, por sus sugerencias.
- A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la culminación de la presente tesis.

ÍNDICE

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	7
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	9
2.1 Características del cultivo.....	9
2.2 Requerimientos de suelo y minerales por el café.....	9
2.3 Concentración de elementos en la hoja del café.....	11
2.4 Extracción de elementos por la planta.....	12
2.5 Generalidades sobre la acidez de los suelos.....	13
2.6 Alternativas para el manejo de suelos ácidos.....	13
2.7 Reacciones de neutralización	16
2.8 Características generales de la roca fosfatada “Bayovar”.....	17
2.9 Materia orgánica: gallinaza.....	20
2.10 Investigación pertinente realizada en Tingo María.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1 Ubicación y duración del experimento.....	24
3.2 Análisis físico - químico del campo experimental.....	24
3.3 Condiciones climáticas de la zona durante el trabajo de campo.....	24
3.4 Planta indicadora.....	27
3.5 Tratamientos en estudio.....	27

3.6	Diseño experimental.....	28
3.7	Características del experimento.....	30
3.8	Metodología del trabajo.....	32
3.9	Manejo del vivero.....	34
3.10	Manejo del campo experimental.....	34
3.11	Observaciones registradas durante el experimento.....	36
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
4.1	De la altura de planta y rendimiento de materia seca.....	37
4.2	Concentración de los elementos N, P, K, Ca y Mg.....	43
4.3	Extracción de Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio.....	45
V.	CONCLUSIONES.....	52
VI.	RECOMENDACIONES.....	54
VII.	RESUMEN	55
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	56
IX.	ANEXO.....	60

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1	Análisis químico de la hoja del cultivo de café.....	11
2	Extracción de nutrientes por el cultivo de café.....	12
3	Análisis físico - químico del suelo experimental.....	25
4	Observaciones meteorológicas de abril a diciembre de 1998.....	26
5	Descripción de los tratamientos en estudio.....	28
6	Esquema del análisis de varianza (ANVA).....	29
7	Efecto principal de los niveles de roca fosfórica y gallinaza en la altura de planta y materia seca del café variedad 'Catimor'. Duncan ($\alpha = 0.05$).....	40
8	Efecto de los niveles combinados de roca fosfórica y gallinaza en la altura de planta y materia seca del café variedad 'Catimor'. Duncan ($\alpha = 0.05$).....	43
9	Concentración de nutrientes en las diferentes partes del café variedad 'Catimor'.....	46
10	Efecto principal de los niveles de roca fosfórica y gallinaza en la extracción de N, P, K, Ca y Mg por el café variedad 'Catimor'. Duncan ($\alpha = 0.05$).....	49
11	Efecto de los niveles combinados de roca fosfórica y gallinaza, en la extracción de N, P, K, Ca y Mg por el café variedad 'Catimor'. Duncan ($\alpha = 0.05$).....	53

I. INTRODUCCIÓN

El café (*Coffea arabica L.*) es el cultivo que constituye uno de los primeros productos agrícolas que brinda mayores ingresos y divisas a nuestro país. En nuestra zona, el café es un producto de importancia económica para el agricultor. Este cultivo se ha venido explotando desde hace muchos años en la zona de Tingo María, gracias a sus bondades y condiciones edafo-climáticas favorables; sin embargo, el cultivo es conducido en condiciones deficitarias, carentes de labores agronómicas adecuadas, favoreciendo la generación de una serie de problemas, principalmente de tipo edáfico y de fertilización. Generalmente los suelos de la Selva Alta potencialmente cultivables presentan varios problemas, la mayoría de los cuales están directamente asociados con la acidez del suelo, ocasionado por la alta precipitación pluvial y topografía accidentada que favorece la lixiviación de las bases cambiables.

Los principales factores edafológicos que dificultan el establecimiento de sistemas viables a largo plazo de producción de alimentos son: bajo contenido de nutrientes, baja CIC efectiva, toxicidad de aluminio y suelos superficiales, y por lo tanto, baja fertilidad intrínseca del suelo.

Estos suelos por sus características físicas, químicas y grado de evolución, según la clasificación genética del Soil Taxonomy, pertenecen a los Inceptisols dísticos, los que por su baja fertilidad, alta acidez y alta concentración de

aluminio y fierro, fijan al fósforo y micro elementos como B y Mo, a la vez que ocasionan toxicidad a los cultivos; pero con aplicaciones de enmiendas orgánicas e inorgánicas, como la gallinaza y la roca fosfórica, respectivamente, podemos corregir en cierto grado la toxicidad y tornar disponible al fósforo y otros micro elementos; de este modo, estaríamos mejorando las propiedades físicas, químicas y microbiológicas de los suelos.

La aplicación de roca fosfórica y gallinaza tendría efecto en el crecimiento del cultivo de café, por lo que en el presente trabajo de investigación se pretende cumplir con los siguientes objetivos:

1. Determinar el efecto de la roca fosfórica y gallinaza en el crecimiento del café variedad 'Catimor', a los 8 meses después del trasplante al campo definitivo.
2. Determinar la mejor dosis de roca fosfórica y gallinaza a los ocho meses del trasplante.
3. Determinar la extracción de los nutrientes N, P, K, Ca y Mg.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CULTIVO

El café es una planta perenne que se cultiva a partir de 600 a 2000 m.s.n.m. de altitud, a temperatura promedio de 26 °C y una precipitación pluvial entre 1000 a 3500 mm anuales. Pertenece a:

División	:	Fanerógamas
Clase	:	Angiospermae
Sub clase	:	Dicotiledóneas
Orden	:	Gentianales
Familia	:	Rubiaceae
Genero	:	<i>Coffea</i>
Especie	:	<i>arabica</i>
Nombre científico	:	<i>Coffea arabica</i> L. (11)

Durante su ciclo fisiológico, que es el tiempo transcurrido de una campaña a otra, el café pasa por las siguientes etapas: descanso, floración, desarrollo del grano y cosecha (11).

2.2 REQUERIMIENTOS DE SUELO Y MINERALES POR EL CAFÉ

Los suelos adecuados para el café, son de textura migajosa, de buen drenaje, profundos, ligeramente ácidos, ricos en nutrientes particularmente en

potasio y bien provistos de materia orgánica. La aireación juega un rol determinante, considerándose apropiado que el suelo tenga un 60% de espacio poroso, de los cuales un tercio sea ocupado por el aire cuando el suelo está húmedo. Asimismo, el café puede crecer en condiciones de campo bajo un amplio rango de reacción del suelo, variando de 4.5 a 8.0 de pH a más (1).

Con respecto a la fertilidad, el café es una planta que tiene altos requerimientos de nutrientes minerales para producir cosechas rentables, por lo que la fertilización constituye una de las labores más efectivas para mejorar su productividad y debe realizarse con el fin de devolver los nutrientes utilizados por la planta en la campaña anterior, darle nutrientes a la planta para la campaña actual y lograr que las yemas en latencia formen un nuevo crecimiento ortotrópico y plagiotrópico (1).

El café requiere de niveles relativamente altos de nutrientes, especialmente en plantaciones con grandes rendimientos. En poco tiempo aparecen las deficiencias nutricionales, ya que la extracción continua de cosechas, sin restitución de los nutrientes, resulta en un drástico declinamiento del cafetal. Así, rendimientos altos sostenidos, sólo se pueden esperar en suelos fértiles, con un buen contenido de materia orgánica y que tenga un programa intensivo de fertilización balanceada. El café para nutrirse toma la mayor cantidad de alimentos del suelo, en forma de compuestos disueltos en la solución suelo, fácilmente absorbibles por las raíces. También pueden ser absorbidos por las hojas si se

aplican en aspersión. Los suelos no suministran todos los nutrientes necesarios en forma asimilable, tampoco los procesa en forma inmediata para reemplazar los que se van usando o perdiendo, por lo que, para que las plantas tengan disponibilidad de nutrimentos es necesario incorporarlos periódicamente al suelo en forma de fertilizantes (20).

2.3 CONCENTRACIÓN DE ELEMENTOS EN LA HOJA DEL CAFÉ

El análisis químico de tejidos, particularmente foliar, se sustenta en que una planta en condiciones adecuadas de nutrición tiene concentraciones específicas de nutrientes, las cuales bajan cuando existen deficiencias o suben cuando ocurre exceso de nutrientes. En el Cuadro 1 se puede apreciar la concentración foliar de cinco macroelementos en cada una de las categorías: alto, medio y bajo (11).

CUADRO 1. Análisis químico de la hoja del cultivo de café.

Elementos	Bajo	Medio	Alto
N (%)	< 2.0	2 - 2.5	mayor de 2.5
P (%)	< 0.08	0.12 - 0.15	de 0.15 a más
K (%)	< 0.5	1.5 - 2.0	de 2.5 a más
Ca (%)	< 0.8	1.0 - 1.5	de 1.5 a más
Mg (%)	< 0.25	0.25 - 0.3	de 0.3 a más

Fuente: Figueroa (12)

2.4 EXTRACCIÓN DE ELEMENTOS POR LA PLANTA

Una plantación de café con rendimiento promedio de 20 qq/ha, extrae nutrientes en las cantidades que se indican en el Cuadro 2. Las hojas extraen la mayor cantidad de nutrientes; ellas caen al suelo, se descomponen y los elementos minerales absorbidos se reincorporan nuevamente al suelo. Lo que extrae el tallo, la raíz y las ramas es lo que constituye el almacén de la planta y esto se realiza en los primeros tres años de vida de la planta. Cuando realizamos la cosecha y los elementos minerales que forman los frutos no los reciclamos o restituimos al suelo, vamos agotando lentamente las reservas de este. El manejo de sombra, cobertura del suelo y adición de fertilizantes, son formas de restituir los nutrientes que se extrae del suelo (5).

CUADRO 2. Extracción de nutrientes por el cultivo de café

Partes de la Planta	N	P	K	Ca	Mg	S
	kg. ha ⁻¹					
Tallo y raíz	15	02	25	09	02	02
Ramas	14	02	20	06	03	01
Follaje	53	11	45	18	07	03
Frutos maduros	30	03	35	03	03	03

Fuente: Castañeda (5)

2.5 GENERALIDADES SOBRE LA ACIDEZ DE LOS SUELOS

La reacción del suelo es una propiedad muy importante por la marcada influencia que ejerce sobre otras propiedades, ya sean éstas del tipo físico, químico o biológico. Muchos especialistas se han dedicado al estudio de la reacción del suelo y sus implicancias, siendo en la actualidad uno de los campos de investigación más interesantes (3). A pesar de que el concepto de pH se desarrolló para soluciones, sus bases teóricas permitieron utilizar dicho concepto en determinaciones realizadas sobre suspensiones coloidales del suelo (3, 10). Son posibles tres condiciones: acidez, neutralidad y alcalinidad, siendo la acidez de los suelos muy común en zonas donde la precipitación pluvial es lo suficientemente alta como para lavar apreciables cantidades de bases cambiables de las capas superficiales del suelo, ocurriendo un reemplazamiento de dichos iones por los iones acidificantes (H y Al). A dicho proceso se le denomina “acidificación progresiva” y se presenta de manera especial en suelos de áreas tropicales húmedas (10, 22). Muchos suelos de regiones húmedas son muy ácidos (pH menor de 5) y el crecimiento de cultivos es limitado por toxicidad de Al y/o Mn.

2.6 ALTERNATIVAS PARA EL MANEJO DE SUELOS ÁCIDOS

Una de las alternativas para el manejo es mediante la selección de especies adaptadas a las limitaciones de suelos ácidos. El principio básico es emplear plantas adaptadas a las limitaciones de suelos y de climas en lugar de cambiar el suelo, para adecuarlo a las exigencias de la planta. En cuanto a pastos

forrajeros, en la actualidad existe un amplio rango de especies en el banco de germoplasma de forrajes del CIAT tolerantes a altos niveles de aluminio intercambiable. Dicha tolerancia en muchas de las especies se basa en que han sido colectadas en los suelos ácidos e infértiles de América tropical. Tenemos el caso de *Brachiaria decumbens*, que presenta inclusive una respuesta ligeramente positiva al aluminio; *Andropogon gayanus* y *Panicum maximum*, demuestran poseer gran tolerancia a altas concentraciones de aluminio. Entre las leguminosas forrajeras que sobresalen por su tolerancia al aluminio son: *Stylosanthes capitata*, *Zornia latifolia*, *Desmodium ovalifolium* y *Pueraria phaseoloides* (kudzu) (9)

Ciertos cultivos tropicales crecen normalmente a niveles de pH bajo. La piña es quizás el ejemplo más conocido, pero el café, el té, el caucho y la yuca también toleran niveles muy altos de aluminio intercambiable. Muchas de estas especies al evolucionar en suelos ácidos poseen genes responsables para la tolerancia de niveles altos de aluminio (21).

Otra de las alternativas para el manejo de los suelos ácidos es mediante el empleo de roca fosfórica de baja reactividad y bajo precio. Se sabe que el fósforo es uno de los insumos más caros en el establecimiento y mejoramiento de sistemas de cultivos continuos en los suelos extremadamente ácidos de los trópicos, 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

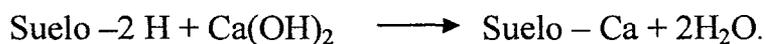
de las reservas de América del Sur, como Colombia (Pesca , Azufrada, Sardianita y Tesalia), Venezuela (Riecito y Labatera), Brasil (Catalao, Tapira, Ipanema y Olinda) y Perú (Bayóvar). Todas estas reservas, salvo el caso de Bayóvar en Perú , están clasificadas como materiales de baja reactividad, las cuales son consideradas como inadecuadas para su aplicación directa como fertilizante (21, 25).

Las rocas fosfatadas de baja reactividad tienen que reaccionar con ácidos para aumentar su solubilidad, principio que se aplica en la industria para la fabricación de superfosfatos 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 presentes 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 puede efectivamente reemplazar una fábrica de superfosfatos cuando se emplean plantas tolerantes a la acidez.

La posibilidad de tomar el fósforo de las rocas fosfatadas molidas depende del ciclo vegetativo del cultivo, de allí que a mayor tiempo de duración del cultivo mayor será el uso del fósforo que proviene de las rocas fosfatadas. Así mismo se ha comprobado un excelente comportamiento de la roca fosfórica Bayóvar como fuente de P, en experimentos llevados a cabo en un Ultisol de Yurimaguas y en un Alfisol de Chanchamayo en el cultivo de papa, el cuál tiene un periodo vegetativo de 3 a 4 meses en condiciones de clima tropical (29).

2.7 REACCIONES DE NEUTRALIZACIÓN

Los suelos presentan algunas semejanzas con los ácidos débiles. La principal se basa en el hecho de que una pequeña fracción de la acidez total se manifiesta como la acidez activa o pH y la mayor parte se manifiesta como acidez potencial (hidrógeno no disociado o cambiante). Los suelos al igual que los ácidos débiles presentan un gran poder tampón lo cual impide que los cambios del pH sean tan bruscos cuando aplicamos pequeñas cantidades de ácidos o bases. Si la acidez de un suelo es indeseable es necesario neutralizarla. Dicha neutralización se puede representar de la siguiente manera:



En la neutralización de la acidez del suelo es muy utilizado el carbonato de calcio, siendo la reacción:



Es de resaltar que los suelos difieren en sus necesidades de aplicación de enmiendas para provocar similares cambios en el pH, así como también difieren en su poder tampón que es influenciado por la capacidad de intercambio catiónico, la cual a su vez depende del contenido de materia orgánica y del tipo de arcilla . Por ello, para determinar un adecuado nivel de encalado es importante considerar la CIC y la saturación de Al de los suelos (10), aun cuando últimamente se ha recomendado la saturación de Al + H para establecer las necesidades de cal de los suelos (21).

2.8 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ROCA FOSFATADA "BAYÓVAR"

Para la aplicación directa de los fosfatos naturales y la roca fosfórica debe concentrarse a no menos de 29 % de P_2O_5 y su finura debe ser tal que el producto pase por lo menos en un 60 %, la malla de 200 micrones. Los fosfatos naturales se presentan en forma de apatitas carbonatadas o fluoradas mezclada con impurezas de diatomitas y vidrios volcánicos; cuanto más bajo es el contenido de flúor de los fosfatos naturales, más aceptables son para la fabricación de los fertilizantes y para su uso directo como fertilizante (18).

El pH de la roca fosfórica es de 10, y al incorporarse a suelos ácidos se producirá la ruptura de la molécula estructural, y a menor valor de pH (debajo de 5.0) será mayor la ruptura, liberándose el fósforo en forma de $PO_4^{=}$ y Ca^{++} poniéndose disponibles para la planta (10).

Granulometría

En base a los trabajos realizados en granulometría de fertilizantes se ha concluido en que en suelos altamente fijadores se requeriría gránulos grandes y aplicados en forma localizada en el caso de fertilizantes solubles, mientras que en el caso de fertilizantes poco solubles como las rocas fosfóricas, se ha recomendado su molienda hasta partículas menores a 200 mesh y aplicación al voleo para permitir un mayor contacto con los ácidos del suelo (32).

Para el caso de la roca de Bayovar, 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 (21)

Solubilidad

Los fosfatos de Sechura ocupan el primer lugar en el orden de solubilidad relativa entre diferentes rocas fosfatadas debido a su bajo contenido en Flúor. Se comprobó que la solubilidad presenta una dependencia exponencial decreciente a valores neutros de pH. y entre las rocas estudiadas se encontró el siguiente orden de solubilidad absoluta: Gafsa, Perú, Marruecos, Cola (18).

Velocidad de disolución

Además de las consideraciones del suelo, la velocidad de disolución de las rocas fosfatadas depende de algunas de sus características, de manera especial de la estructura de su superficie. La apatita hidroxidada, el superfosfato (producto fabricado a base de rocas fosfatadas) y fosfato de Sechura, aumentan su velocidad de disolución en forma exponencial al disminuir el tamaño de sus partículas (18).

Efecto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas

Se ha encontrado que mejora la agregación de partículas, la estructura del suelo y las condiciones de aireación y movimiento del agua. 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 P y aumento de la disponibilidad del Ca y Mg, contribuyendo así a mejorar las condiciones de desarrollo de los microorganismos responsables de la mineralización de la materia orgánica, nitrificación y fijación del N. Sin embargo, su exceso puede ocasionar los siguientes efectos:

- Inmovilización o reducción de la disponibilidad de elementos nutritivos como, hierro, magnesio, zinc, boro, cobre y deficiencias de los mismos.
- Si se usa solo roca fosfórica se reprime la absorción de magnesio a causa del antagonismo Ca/Mg.
- Afectar la relación Ca/K e inducir deficiencia de K (23).

Efectividad Agronómica de la roca fosfórica Bayovar comparada con otras fuentes fosfatadas

Desde hace aproximadamente 50 años se ha venido experimentando a nivel mundial con fertilizantes fosforados de diferente solubilidad, habiéndose encontrado un mejor comportamiento de los fosfatos solubles como el superfosfato triple y fosfatos amónicos en suelos neutros a ligeramente alcalinos mientras que la eficiencia de los fosfatos de roca estaba en relación inversa con el pH de los suelos, es decir, poco o nada eficientes en suelos alcalinos y mejor comportamiento en suelos ácidos. De esta manera, rocas fosfóricas de baja

reactividad, deben reaccionar con ácidos para aumentar su solubilidad, principio aplicado en la industria para la fabricación de los superfosfatos solubles a partir de rocas fosfóricas. En suelos ácidos, este proceso se produce en forma natural (29).

En el Perú, desde la década del 70 se han venido desarrollando experimentos con roca fosfatada de Bayovar tanto en suelos alcalinos como ácidos, principalmente en cultivos de papa y maíz., habiéndose encontrado un comportamiento comparable al de los fosfatos solubles en suelos ácidos sobre todo si se aplican en mezcla con ellos y con aporte de materia orgánica para incrementar los ácidos orgánicos del suelo (29).

2.9 MATERIA ORGÁNICA: gallinaza

La riqueza de los suelos de la Selva radica en el contenido de la materia orgánica; la presencia de un color oscuro es sinónimo de un suelo fértil, es decir del contenido de materia orgánica. Hablar de la materia orgánica es hablar del aporte de mayor cantidad de cargas negativas en la capacidad de intercambio catiónico, como también es sinónimo del aporte de nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio y otros nutrientes, que influyen en el mejoramiento de la estructura, de la retención de humedad del suelo y en general, de sus propiedades físicas, químicas y biológicas (5).

Los valores de materia orgánica encontradas en las áreas de la Selva, tanto en Alfisols como en Inceptisols no superan el 5% en el área cafetalera. Este

valor decrece en la medida que se realizan labores como: rozo, tumba, quema y uso de cultivos extractivos, hasta alcanzar valores por debajo del 2%. Cuando existe acumulación de materia orgánica en los suelos de forma excepcional se puede deducir que es por las siguientes razones: porque son suelos muy ácidos (pH bajo), saturados de humedad, alto contenido de lignina y polifenoles en el material orgánico o cuando existe bajas temperaturas e inactivación de microorganismos. Cualquier fuente de materia orgánica en Selva es bienvenida sea cual fuera su procedencia: compost, estiércoles, abonos verdes, lombrices, guanos, basura, entre otros. La diferencia entre ellas radica en el porcentaje de nutrientes incorporados y el costo de preparación, obtención y manejo (23).

La gallinaza contiene mayor cantidad de nutrientes que cualquier otro estiércol de granja; es rico en nitrógeno, contiene mediana cantidad de fósforo y bajo en potasio y por su riqueza en el contenido de nitrógeno es la más apropiada para el abonamiento de los cultivos. En su composición, el estiércol de aves presenta materia seca de 25 a 30 %, N (2%), P_2O_5 (2.5 %), Ca + Mg (4.2 %), K₂O (1.3 %), S (0.05 %), B (0.4 %), Cu (0.2 %) y C/N de 15, que es lo que le permitiría una mayor velocidad de mineralización (5).

El contenido de nutrientes de la gallinaza varía según factores como, tipo de alimentación, raza de aves, el tiempo transcurrido hasta el momento de uso y las condiciones de humedad y de almacenamiento. El abono puro es muy rico y debe usarse en pequeñas cantidades, para evitar quemaduras en las plantas.

Algunos abonos de aves contienen un alto porcentaje de yacija, como viruta, pajilla de arroz, etc., que permiten usar este abono en dosis más elevadas. Los estudios han demostrado que del 30 al 60 % del nitrógeno estará disponible en las seis primeras semanas, dependiendo del contenido de nitrógeno del estiércol y de la forma en que dicho elemento se encuentre (25). El potasio en la gallinaza se encuentra como una sal inorgánica como producto de las excreciones, y fácilmente éste elemento se torna disponible para las plantas (6).

2.10 INVESTIGACIÓN PERTINENTE REALIZADA EN TINGO MARÍA

No han sido muchos los trabajos realizados en la zona, con el fin de determinar el efecto de la roca fosfórica y la gallinaza, en la agricultura.

En una evaluación de fertilizantes fosfo - húmicos y determinación del coeficiente aparente de uso en soya (*Glycine max* (L) Merrill), la eficiencia de la fertilización fosfo-húmica dependió de las características de cada suelo, como son contenido de P_2O_5 , contenido de humus, solubilidad y disponibilidad de fósforo, además de la dosis de fertilización. De esto depende que se logre mejores resultados en la altura de planta, producción de materia seca, absorción de fósforo y coeficiente aparente de uso (16).

Con aplicaciones de fertilizantes fosfatados poco solubles (roca fosfórica) en soya (*Glycine max*. (L.) Merrill) y la práctica del encalado se encontró

influencia en el crecimiento y producción de materia seca (19). Asimismo en un estudio realizado para evaluar fuentes de materia orgánica en hierba luisa, la mejor fuente fue la gallinaza con $710 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, seguida del humus con $535.5 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de materia seca (24).

Asimismo, con aplicación de dolomita, se incrementó la disponibilidad de fósforo, la misma que se manifestó en haber obtenido mayor peso en materia seca en caupí (27).

En investigaciones recientes en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), en un suelo ácido en secano bajo niveles de roca fosfórica de 500, 1000, 2000 y 3000 kg/ha, en la primera campaña no hubo diferencias estadísticas entre ellos (15), pero a los 17 meses de la incorporación de roca fosfórica se notó que los rendimientos aumentaron conforme se incrementó cada nivel de fósforo, lo que supone un aumento en la solubilidad del fósforo, elemento que limita el crecimiento y desarrollo de los cultivos en condiciones de suelos ácidos (28).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente experimento se llevó a cabo entre los meses de Abril a Diciembre del año 1998, en el cafetal de la UNAS ubicado en una colina baja, clasificada como Inceptisol, a una altitud de 661.085 m.s.n.m, 09°17'58" de latitud sur, 76°01'07" de longitud oeste, 25°C de temperatura media y con una precipitación pluvial promedio de 3 240 mm por año.

3.2 ANÁLISIS FÍSICO – QUÍMICO DEL CAMPO EXPERIMENTAL

El análisis físico- químico del suelo del campo experimental, se llevó acabo en el laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. De acuerdo a los resultados que se aprecian en el Cuadro 3, podemos observar que es un suelo de clase textural franco arcillo – arenosa, de reacción muy ácida (pH 3.8) , con contenido medio en materia orgánica y nitrógeno; del mismo modo en P y K presentan niveles muy bajos, y con una CIC efectiva baja.

3.3 CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA DURANTE EL TRABAJO DE CAMPO

Las características climáticas entre los meses de abril a diciembre de 1998 (Cuadro 4), corresponden a climas de Bosque Muy Húmedo Subtropical (12),

CUADRO 3. Análisis físico - químico del suelo experimental.

Características	Contenido	Método
<u>Análisis mecánico</u>		
Arena (%)	55.7	Hidrómetro
Limo (%)	18.0	Hidrómetro
Arcilla (%)	26.3	Hidrómetro
Clase textural	Franco arcillo - arenosa	Triángulo textural
<u>Análisis químico</u>		
pH (1: 1 en agua)	3.8	Potenciómetro
M.O (%)	3.36	Walkley - Black
N (%)	0.15	M.O x factor 0.045
P (ppm)	4.8	Olsen modificado
K ₂ O (kg/ha)	108	(H ₂ SO ₄ 6N)
Ca + Mg (cmol(+)/kg suelo)	3.2	Versenato
Al + H (cmol(+)/kg suelo)	3.1	Yuan
Al ⁺⁺⁺ (cmol(+)/kg suelo)	1.7	Yuan
CIC _e (cmol(+)/kg suelo)	6.3	Desplazamiento con KCl

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos de la UNAS- Tingo María.

con precipitaciones que oscilan entre 122 a 247 mm de promedio mensual, registrándose las temperaturas, mínima de 23.8 °C en el mes de diciembre y la máxima de 26 °C en los meses de mayo y octubre del año 1998 respectivamente. En cuanto a la humedad relativa se observa una relativa variación entre 72 a 79 %, que están dentro del rango requerido para el desarrollo del cultivo de café (13).

CUADRO 4. Observaciones meteorológicas de abril a diciembre de 1998.

Mes	Precipitación Prom. Mensual (mm/mes)	Temperatura Prom. Mensual (°C)	Humedad Relativa (%)
Abril	193	25.9	79
Mayo	247	26.0	78
Junio	122	25.5	76
Julio	159	25.5	76
Agosto	195	25.4	74
Septiembre	194	25.4	72
Octubre.	135	26.0	74
Noviembre	191	25.4	77
Diciembre	204	23.8	79

Fuente: Estación meteorológica CORPAC. S.A. - Tingo María.

3.4 PLANTA INDICADORA

Se utilizó semilla del cultivo de café *Coffea arabica* L. variedad 'Catimor'.

3.5 TRATAMIENTOS EN ESTUDIO

Se programó estudiar las fuentes de roca fosfórica y materia orgánica (gallinaza) cada uno con tres niveles y las combinaciones respectivas, para observar el efecto en el crecimiento durante los primeros 8 meses en el campo definitivo. Los tratamientos se presentan en el Cuadro 5. La determinación de los niveles de materia orgánica (gallinaza, parrillera) y roca fosfórica, se realizó en función del análisis físico y químico del suelo del campo experimental

Componentes en estudio

Niveles de Roca Fosfórica (A)

- a₁ : 3 t /ha
- a₂ : 6 t /ha
- a₃ : 9 t /ha

Niveles de Gallinaza (B)

- b₁ : 10 t /ha
- b₂ : 20 t /ha
- b₃ : 30 t /ha

CUADRO 5. Descripción de los tratamientos en estudio

Clave	Trat.	Descripción
T ₁	a ₁ b ₁	Roca fosfórica 3 t/ha. + gallinaza 10 t/ha.
T ₂	a ₁ b ₂	Roca fosfórica 3 t /ha.+ gallinaza 20 t/ha.
T ₃	a ₁ b ₃	Roca fosfórica 3 t/ha. + gallinaza 30 t/ha
T ₄	a ₂ b ₁	Roca fosfórica 6 t/ha. + gallinaza 10 t/ha.
T ₅	a ₂ b ₂	Roca fosfórica 6 t/ha. + gallinaza 20 t/ha
T ₆	a ₂ b ₃	Roca fosfórica 6 t/ha. + gallinaza 30t/ha
T ₇	a ₃ b ₁	Roca fosfórica 9 t/ha. + gallinaza 10 t/ha.
T ₈	a ₃ b ₂	Roca fosfórica 9 t/ha. + gallinaza 20 t/ha
T ₉	a ₃ b ₃	Roca fosfórica 9 t/ha. + gallinaza 30 t/ha
T ₁₀	Testigo adicional (sin ninguna aplicación)	

3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental empleado para el presente trabajo de investigación fue el de Bloques Completos al Azar con arreglo factorial 3 X 3 + 1 testigo adicional con tres repeticiones.

CUADRO 6. Esquema del análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variabilidad	G.L.
Bloques	2
Tratamiento	9
Factorial	8
A (roca fosfórica)	2
B (gallinaza)	2
AB	4
Factorial .vs. Testigo	1
Error experimental	27
TOTAL	29

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \delta_j + (\alpha\delta)_{ij} + \xi_{ijk}$$

Donde :

Y_{ijk} = Valor observado en el k-ésimo bloque sujeto a la aplicación del i-ésimo nivel del factor Roca Fosfórica con el j-ésimo nivel del factor Gallinaza.

μ = Es el efecto de la media general.

α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor Roca Fosfórica

- α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor Roca Fosfórica
- δ_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor Gallinaza
- $(\alpha\delta)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor Roca Fosfórica con el j-ésimo nivel del factor Gallinaza
- ξ_{ijk} = Efecto aleatorio del error experimental, asociado a la observación Y_{ijk} .

Para :

- i = 1, 2, 3 niveles del factor Roca Fosfórica
- j = 1, 2, 3 niveles del factor Gallinaza
- k = 1, 2, 3 repeticiones.

3.7 CARACTERÍSTICAS DEL EXPERIMENTO

Bloques

Número de bloques.....	3
Largo del bloque.....	40 m
Ancho del bloque.....	5.0 m
Área de cada bloque.....	200 m ²

Parcelas

Número de parcelas por bloque.....	10
Largo de parcela.....	5 m

Ancho de parcela.....	4 m
Área neta de parcela a evaluar.....	6 m ²
Área de la parcela.....	20 m ²
Número de plantas / parcela neta.....	6

Hileras

Número de hileras por parcela.....	4
Distancia entre hileras.....	1.0 m.
Número de plantas por hoyo.....	1
Distancia entre hoyos.....	1.0 m.
Número de plantas por parcela.....	20
Número de hoyos por hilera.....	5

Calles

Distancia de calles entre hileras (parcela).....	1.0 m
Distancia de calles entre bloques.....	2.0 m

Del experimento

El experimento se instaló a curvas de nivel, en tresbolillo.

Área total del experimento.....	600 m ²
---------------------------------	--------------------

3.8 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

Obtención de la semilla

El material genético de propagación fue obtenido del fundo “Brack Egg” Villa Rica - Chanchamayo.

Preparación de los germinadores

El germinador fue construido en el mismo campo experimental, para facilitar el repique y el trasplante. El área del germinador fue de 1 m² para 1 kg de semilla que contenía aproximadamente 2 500 semillas / kg. La desinfección de la semilla se realizó con Homai a razón de 3g/ kg de semilla.

El sustrato que se utilizó fue arena de río, la misma que fue colocada en el germinador a una altura de 0.25 m del nivel del suelo y fue desinfectada con Basamid (Danzomet) al 1 ‰ (1 g/L de agua), que se aplicó 15 días antes de la siembra.

Transcurridos 15 días de la desinfección del sustrato, se procedió a la siembra al voleo, teniendo cuidado que las semillas no queden amontonadas y que las ranuras de las semillas no queden hacia arriba. Se procedió a tapar la semilla con una capa de 2 cm. de arena, luego la cama se cubrió con costales de yute para conservar la humedad y proteger contra los golpes de las gotas de las lluvia y radiación solar. El riego se realizó por las mañanas de acuerdo a los requerimientos dependiendo de las condiciones climáticas.

Preparación del vivero

Para el vivero se acondicionó un lugar en el mismo campo experimental bajo sombra natural creada por la guaba *Inga edulis*. El sustrato fue tierra del lugar tamizado con malla de 1 cm de diámetro para eliminar materiales groseros.

Para el llenado de las bolsas, se utilizaron bolsas de polietileno de color negro con capacidad de 1 200 g y de 6" x 8" de ancho y longitud respectivamente, provistos de 8 orificios para evacuar el agua excedente.

Repique

Esta labor se efectuó al estado de "fosforito" de la plántula colocando una plántula por bolsa, en las primeras horas y últimas horas del día para evitar el marchitamiento.

Para sacar las plántulas en estado fosforito del germinador, se removió la arena con un trinche y se seleccionó las mejores plántulas, vigorosas, de buen tamaño y conformación.

El hoyo se hizo con un palo cónico en el centro de cada bolsa, con una profundidad superior al largo de la raíz de la plántula repicada para que la raíz quede bien extendida.

Las plántulas en estado de fosforito fueron repicadas en las bolsas al mismo nivel del cuello como se encontraban en el germinador. Se apretó la tierra contra las raíces, presionando hacia los costados de la plántula, con los dedos evitando

que queden espacios vacíos de aire, que provocan pudrición y volcamiento de las mismas.

3.9 MANEJO DEL VIVERO

Control de malezas y riego

El control de malezas se hizo manualmente y el riego se hizo cada vez que era necesario, según las condiciones del ambiente.

Control de plagas y enfermedades

Por prevención se aplicó Tamarón (Metamidophos) y Cupravit (Oxícloruro de cobre) al 0.2 %.

3.10 MANEJO DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Preparación del terreno y demarcación del campo experimental

El campo experimental se limpió manualmente y después de la preparación del terreno, se efectuó la demarcación de los bloques y parcelas, de acuerdo al diseño establecido.

Pocceado

Demarcado el campo se hicieron los hoyos de 30 x 30 x 40 cm. con palas derechas a distanciamientos establecidos de acuerdo al diseño.

Muestreo y análisis del suelo

Se realizó al momento de la instalación. Se tomaron 20 sub muestras de una profundidad de 0 a 40 cm. del área experimental hasta hacer una muestra de 1 kg., utilizando para ello un tornillo muestreador; luego se llevó al laboratorio de suelos de la UNAS, para su análisis fisico-químico.

Incorporación de los tratamientos

Hechos los hoyos se incorporaron los tratamientos a las parcelas mezclando con el suelo, según el diseño establecido. La gallinaza y roca fosfórica, fueron incorporadas 15 días antes del trasplante del cafeto.

Instalación a campo definitivo

El trasplante se hizo en el mes de Abril del año 1 998, 15 días después de la aplicación de los tratamientos. Se tuvo cuidado de trasplantar plantas uniformes de aproximadamente 20 cm de altura.

Deshierbo y control sanitario

Las malezas fueron controladas manualmente. Como prevención al ataque de plagas y enfermedades, se aplicó Carbaril y Oxiclورو de cobre a razón de 2.5 y 0.2 % respectivamente, no observándose plagas ni enfermedades durante el período de crecimiento.

3.11 OBSERVACIONES REGISTRADAS DURANTE EL EXPERIMENTO

Historia del campo

En 1 970 fue instalado el cultivo de café Robusta *Coffea canephora* y se mantiene hasta la actualidad. Para el presente trabajo de investigación se eliminó una parte de la plantación vieja.

De las evaluaciones

Las evaluaciones se realizaron cada 30 días después del trasplante al campo definitivo; se evaluaron 6 plantas por tratamiento, durante 8 meses:

- **Altura**

Se midió desde la base hasta el ápice del tallo ortotrópico,

- **Análisis de tejidos**

Para la determinación de N, P, K, Ca y Mg, se muestrearon tres plantas por tratamiento al final del experimento, incluyendo raíz, tallo y hojas, luego se lavaron con agua de caño, agua acidulada y agua destilada, antes de ser secadas y molidas, separando las hojas, tallos y raíces. El extracto para los análisis se obtuvo por vía húmeda y se emplearon los siguientes métodos:

N : Micro Kjeldahl (modificado)

P : Amarillo de vanadomolibdofosfórico (modificado)

K, Ca y Mg : Espectrofotometría de absorción atómica.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 DE LA ALTURA DE PLANTA Y RENDIMIENTO DE MATERIA SECA

En el Cuadro 12 del Anexo, se presenta el análisis de varianza para la altura de planta y producción de materia seca del cultivo de café. El cuadro muestra diferencias altamente significativas para el efecto principal de la aplicación de roca fosfórica y falta de significación para el efecto principal de la gallinaza y para la interacción roca fosfórica por gallinaza, tanto en la altura de planta como en el rendimiento de materia seca.

El mismo cuadro muestra significación para la fuente Factorial vs. Testigo en el rendimiento de materia seca, efecto que no fue significativo en la altura de planta. Sin embargo, el mayor crecimiento y acumulación de materia seca en cualquiera de los tratamientos en relación al testigo, indicaría las condiciones deficitarias de nutrientes del suelo donde se instaló el experimento, principalmente en P y K (Cuadro 3).

Tal efecto podría atribuirse a un incremento relativo del pH por efecto de la reacción de la roca fosfórica tanto como al incremento de nutrientes tanto de esta fuente como de la gallinaza, no pudiendo desdeñarse la mejora en las propiedades biológicas del suelo (22, 25), con el consiguiente beneficio para las plantas de café.

4.1.1 Efecto principal de los niveles de la roca fosfórica

El Cuadro 7 muestra el efecto principal de la roca fosfórica respecto a la altura de planta y producción de materia seca, observándose que tanto el crecimiento como la acumulación de materia seca se incrementaron al elevarse los niveles de roca fosfórica de 3 a 9 t.ha⁻¹. Con 9 t.ha⁻¹ de roca fosfórica las plantas alcanzaron una altura de 47.46 cm. mostrándose estadísticamente similar a 6 t.ha⁻¹ (45.52 cm) pero superior a 3 t.ha⁻¹ (43.58 cm) de roca fosfórica, no existiendo diferencias estadísticas entre los dos últimos, siendo éstos numéricamente superiores al testigo. En cuanto a materia seca hubo igual tendencia, pero la adición de 9 t.ha⁻¹ superó estadísticamente a los otros niveles. Estos resultados indicarían la necesidad de elevar el nivel de P soluble en el suelo desde que es necesario mantener una concentración mínima de P en la solución del suelo para un crecimiento adecuado, concentración que varía de 0.3 a 3 ppm P (17) y que ello se estaría consiguiendo probablemente con la aplicación de 9 t de roca Bayóvar.

Es escasa la bibliografía en el cultivo de café con la aplicación de roca fosfórica; sin embargo, en base a los trabajos realizados en caupí con aplicación de roca fosfórica (100 ppm P₂O₅) y micorrizas de kudzú, se argumentaría que un buen suministro de fósforo está en relación directa con el crecimiento de las raíces, lo que es importante sobre todo en las primeras fases de crecimiento (27). Por otra parte, trabajando en cultivos secuenciales de arroz y soya en un ex cocal de Shapajilla, se obtuvieron diferencias no significativas en rendimiento con la

CUADRO 7. Efecto principal de los niveles de roca fosfórica y gallinaza en la altura de planta y materia seca del café variedad 'Catimor'. Duncan ($\alpha = 0.05$).

Factor	Altura de planta (cm)		Materia seca (kg.ha ⁻¹)	
Roca Fosfórica				
9 t.ha ⁻¹ (a ₃)	47.46	a	465.30	a
6 t.ha ⁻¹ (a ₂)	45.52	a b	403.90	b
3 t.ha ⁻¹ (a ₁)	43.58	b	386.30	b
Gallinaza				
30 t.ha ⁻¹ (b ₃)	46.18	a	424.90	a
20 t.ha ⁻¹ (b ₂)	45.74	a	417.15	a
10 t.ha ⁻¹ (b ₁)	44.65	a	413.5	a
Testigo adicional	43.11		355.9	

En las columnas, tratamientos seguidos de la misma letra no presentan diferencias de significación estadística.

aplicación de roca fosfórica en el primer cultivo mientras que en el segundo cultivo las diferencias fueron algo más evidentes (15); un año más tarde, evaluando el efecto residual en el mismo terreno se hallaron diferencias de mayor significación en un nuevo cultivo de arroz, evidenciándose así el efecto residual de la roca fosfórica (28). Por lo tanto es muy probable que una evaluación de mayor tiempo podría haber dado resultados más espectaculares en el presente trabajo.

4.1.2 Efecto principal de los niveles de gallinaza

Los resultados hallados con la aplicación de tres niveles de gallinaza para ambas características evaluadas no muestran diferencias estadísticas, tal como se muestra en el Cuadro 12 del Anexo, debido probablemente a que los niveles utilizados no fueron lo suficientemente altos como para producir incrementos importantes en el mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. Así, en un trabajo realizado en un suelo aluvial de Tingo María, comparando 6 fuentes de materia orgánica en el rendimiento de maíz no se hallaron diferencias estadísticas, pero sí mejoras en las condiciones físicas y biológicas del suelo (2).

En el Cuadro 7, se observa que para la altura de la planta y producción de materia seca no existieron diferencias estadísticas significativas entre los niveles aplicados de gallinaza, pero superaron numéricamente al testigo, lo que nos induce a pensar que la gallinaza no influyó significativamente en las

propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, y que la falta de significación estadística con el testigo, probablemente se deba a que el cultivo de café puede crecer en condiciones de campo bajo un amplio rango de reacción del suelo variando de pH 4.5 a 8, pudiendo soportar y crecer asimismo, hasta con 60% de saturación de aluminio, siempre y cuando otras condiciones edafológicas sean adecuadas (11).

4.1.3 Del estudio de los niveles combinados de roca fosfórica y gallinaza

Como se muestra en el Cuadro 12 del Anexo, no se halló significación estadística para el efecto de interacción, es decir, que los efectos de los niveles de un factor no fueron influenciados o afectados por los niveles del otro factor. En este sentido, la gallinaza no influyo significativamente en la mejora de la eficiencia de la roca fosfórica, tal como lo manifiestan algunos autores (29) en el sentido de que la roca fosfórica actúa mejor en presencia de materia orgánica debido a los efectos acidificantes de este material orgánico; como se sabe, la solubilidad de la apatita componente principal de las rocas fosfóricas, aumenta exponencialmente al incrementarse la acidez del suelo. Ello se debe probablemente, a que el suelo ya presenta un nivel de acidez suficiente para su solubilización.

Por tal motivo se presenta el Cuadro 8, donde en términos generales se observa que a mayor nivel de roca fosfórica, combinado con cualquier nivel de

CUADRO 8. Efecto de los niveles combinados de roca fosfórica y gallinaza en la altura de planta y materia seca del café variedad 'Catimor'.
Duncan ($\alpha = 0.05$).

Clave	Tratamientos	Altura de planta (cm)		Materia seca (kg.ha ⁻¹)	
T ₈	a ₃ b ₂	48.05	a	472.08	a b
T ₆	a ₂ b ₃	47.56	a b	437.80	a b c
T ₇	a ₃ b ₁	47.22	a b c	473.92	a
T ₉	a ₃ b ₃	47.11	a b c	449.91	a b c
T ₅	a ₂ b ₂	45.44	a b c	392.34	b c d
T ₃	a ₁ b ₃	43.86	b c	388.23	b c d e
T ₂	a ₁ b ₂	43.72	b c	386.94	b c d e
T ₄	a ₂ b ₁	43.55	b c	382.87	b c d e
T ₁	a ₁ b ₁	43.17	c	383.60	b c d e
T ₁₀	Testigo	43.110	c	355.87	e

Promedios en columna unidos por igual letra no presentan diferencias de significación estadística.

a₁ = 3 t.ha⁻¹ de roca fosfórica

b₁ = 10 t.ha⁻¹ de gallinaza

a₂ = 6 t.ha⁻¹ de roca fosfórica

b₂ = 20 t.ha⁻¹ de gallinaza

a₃ = 9 t.ha⁻¹ de roca fosfórica

b₃ = 30 t.ha⁻¹ de gallinaza

gallinaza, mayor es la altura de planta y producción de materia seca. Esto probablemente se deba al efecto de la roca fosfórica al elevar el pH de la solución suelo tornando disponibles los nutrientes especialmente al fósforo, que habría inducido un mayor desarrollo del sistema radicular, lo cual habría incrementado el área de absorción de agua y nutrientes para el desarrollo de la planta (25, 29).

De esta manera, los tratamientos que más influenciaron en el crecimiento y acumulación de materia seca del café fueron aquellos que aportaron 6 y 9 t de roca fosfórica con cualquiera de los niveles de gallinaza.

4.2 CONCENTRACIÓN DE LOS ELEMENTOS N, P, K, Ca y Mg

El Cuadro 14 del Anexo muestra el análisis de varianza de las concentraciones de los elementos en las diferentes partes de la planta (raíz, tallo y hoja), el cual no presentó diferencias estadísticas para ninguna de las características evaluadas. Por lo tanto estos datos sólo nos permitieron calcular las exigencias y la extracción de los mismos en el cultivo de café de 8 meses de edad, lo que indicaría que aparentemente la extracción de los nutrientes estaría en función del rendimiento de materia seca. Sin embargo, tal falta de significación estadística se explicaría mejor si se considera que los límites críticos de concentración de nutrientes en los cultivos, varían en general dentro de un rango muy estrecho y pequeñas variaciones en términos de concentración pueden originar grandes incrementos en su absorción total (17).

En el Cuadro 9 se presentan las concentraciones promedio de los 5 elementos minerales en diferentes partes de la planta, observándose que los elementos nitrógeno y calcio se encuentran en mayor concentración en la hoja, mientras que el potasio y magnesio se concentran más en la raíz, en tanto que en el caso del P parece haber cierto equilibrio en las tres partes de la planta.

En la mayoría de cultivos, la concentración de N en general, varía entre 2 y 4% en base seca, la del P varía entre 0.3 y 0.4 % en pastos y cereales y suelos fértiles siendo mayor en semillas y granos (0.4 a 0.5 %), la del Ca entre 0.5 y 3% y la del Mg es en promedio de 0.5 % (17). Sin embargo, para el caso del café se ha reportado rangos más estrechos (11), considerándose como normal una concentración de 2 a 2.5 % de N, por debajo del cual se considera un nivel deficiente para cafetales bajo sombra, por lo que el nivel hallado de 1.53% N para el presente experimento puede considerarse como bajo.

Para la concentración de fósforo (P) se considera valores normales entre 0.12 % a 0.15% (13) y en el caso del presente experimento la concentración de P fue mayor (0.2 %) probablemente debido al efecto de la aplicación de la roca fosfórica, encontrándose en mayor concentración en el sistema radicular. Para los elementos K y Ca, las concentraciones están por debajo del nivel crítico lo que les ubica a un nivel deficiente; y en el caso del Mg, la concentración hallada también se calificaría como alta. En relación al N y K, es probable que la descomposición de la gallinaza no haya sido suficiente para satisfacer las necesidades del cultivo, •

CUADRO 9. Concentración de nutrientes en las diferentes partes del café variedad 'Catimor'.

Partes de la Planta	N	P	K %	Ca	Mg
RAICES	1.06	0.25	0.91	0.34	0.72
TALLO	0.75	0.18	0.76	0.34	0.23
HOJAS	1.53	0.20	0.84	0.65	0.39

Promedio de 10 plantas y tres repeticiones.

lo que sumado a la falta de aplicación de estos nutrientes al momento de la instalación, haya motivado su baja absorción por el cultivo.

4.3 EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO, FÓSFORO, POTASIO, CALCIO Y MAGNESIO

El Cuadro 15 del Anexo, muestra que existe alta significación estadística en la extracción de N y Ca por la aplicación de roca fosfórica, y diferencias significativas para la extracción de P y K; mientras tanto, para la extracción de Mg no presenta significación estadística. Con respecto al Ca y P probablemente sea el valor bajo del pH del suelo, el que produjo una mayor ruptura del Ca de la apatita (roca fosfórica), liberándose gradualmente el P en forma de HP0_4^- y $\text{H}_2\text{P0}_4^-$ y el Ca^{++} , constituyentes estructurales y fundamentales para la planta (18).

Con respecto a la alta significación en la extracción de nitrógeno, probablemente sea debido al contenido de nitrógeno en el suelo, que como se observa en el Cuadro 3, el suelo tiene un contenido medio de materia orgánica y nitrógeno, y al efecto del fosfato en la elevación del pH, que puso disponible al nitrógeno para su absorción por la planta (12)

4.3.1 Efecto principal de los niveles de la roca fosfórica

La aplicación de 9 y 6 t.ha⁻¹ de roca fosfórica no originaron diferencias de significación entre sí en la extracción de N, P, K y Ca por el cultivo de café (Cuadro 10), pero sí la adición de 9 t.ha⁻¹ superó estadísticamente a la aplicación de 3 t de roca fosfórica y al testigo. En cuanto al Mg, si bien se mantuvo la misma tendencia, en cambio, las diferencias no alcanzaron significación estadística. Estos resultados se deberían probablemente, a un incremento en el desarrollo radicular, que como se sabe, el P juega un papel importante en este sentido; luego, este mayor desarrollo por el efecto paralelo de la disminución del Al cambiante y en solución, originaría una mayor absorción de los otros nutrientes.

Sin embargo, es necesario mencionar que no necesariamente la dosis óptima se elevaría por encima de 9 t.ha⁻¹ de roca fosfórica, desde que las cantidades aportadas de P₂O₅ con las 9 t de roca fosfórica (2700 kg de P₂O₅ aproximadamente) sobrepasan largamente a las absorbidas por el cultivo de tal edad, tal como se podrá apreciar en el Cuadro 11.

Por otro lado, la roca fosfórica también mejoraría las condiciones de desarrollo de los microorganismos, especialmente bacterias que aceleran la mineralización de materia orgánica, la nitrificación y fijación del nitrógeno (29), con la consecuente liberación de otros elementos nutritivos.

Mientras tanto, la extracción de magnesio a diferentes niveles no tuvo diferencias estadísticas significativas, posiblemente debido a la baja disponibilidad de Mg en la solución suelo (Cuadro 3) y por el efecto antagónico con el K y Ca.

4.3.2 Efecto principal de los niveles de gallinaza

Para la aplicación de los 3 niveles de gallinaza, en el análisis de varianza del Cuadro 15 del Anexo, se observa que no existen diferencias estadísticas en la extracción de N, P, K, Ca y Mg.

El Cuadro 10 muestra la comparación de medias según la Prueba de Duncan ($\alpha=0.05$), para el efecto de la gallinaza en la extracción de los nutrientes nitrógeno, fósforo, potasio calcio y magnesio con niveles de aplicación de 10, 20 y 30 t.ha⁻¹ de materia orgánica (gallinaza). Se observa que no presentaron diferencias estadísticas entre sí, pero superaron al testigo, lo que probablemente se deba a la composición química de la gallinaza la cual presenta de 25 a 30% de materia seca, N (2%), P (2.5%), Ca más Mg (4.2%), K₂O (1.3%), S (0.05%), B (0.4%), Cu (0.2%), y relación C/N = 15, y cuya descomposición y mineralización originaría la liberación de nutrientes (4). La falta de significación entre niveles de

CUADRO 10. Efecto principal de los niveles de roca fosfórica y gallinaza en la extracción de N, P, K, Ca y Mg, por el café variedad 'Catimor'. Duncan ($\alpha = 0.05$).

Factor	N	P	K	Ca	Mg
	kg.ha ⁻¹				
Roca Fosfórica					
9 t.ha ⁻¹ (a ₃)	5.86 a	0.78 a	3.18 a	2.34 a	1.28 a
6 t.ha ⁻¹ (a ₂)	5.27 a b	0.68 a b	2.99 a b	2.15 a	1.09 a
3 t.ha ⁻¹ (a ₁)	4.71 b	0.66 b	2.73 b	1.48 b	1.07 a
Gallinaza					
30 t.ha ⁻¹ (b ₃)	5.48 a	0.72 a	3.17 a	2.06 a	1.17 a
20 t.ha ⁻¹ (b ₂)	5.23 a	0.68 a	2.91 a	1.95 a	1.15 a
10 t.ha ⁻¹ (b ₁)	5.14 a	0.89 a	2.82 a	1.95 a	1.13 a
Testigo adicional	3.39	0.46	2.02	1.26	0.80

En las columnas, valores seguidos de la misma letra no presentan diferencias de significación estadística.

gallinaza indicaría que una baja mineralización por el bajo pH del suelo no habría permitido la obtención de diferencias de significación entre los niveles aplicados y que estos no fueron suficientes como para obtener diferencias de significación.

4.3.3 Estudio de los niveles combinados de roca fosfórica y gallinaza

En el Cuadro 15 del Anexo, se observa que no hubo significación estadística para el efecto de interacción Roca Fosfórica x Gallinaza, por lo que no se discutirán los efectos simples. Por ello se presenta el Cuadro 11 donde se observa que en términos generales, la extracción total de N fue de 4.25 a 6.38 kg.ha⁻¹ los cuales deben provenir en gran parte de la materia orgánica del suelo, desde que lo proporcionado por la gallinaza, por lo menos en el primer nivel, parecería insuficiente para cubrir tales requerimientos. Para el caso del P, las cantidades absorbidas fueron bastante bajas con relación a las aportadas (1000 a 3000 kg P₂O₅). Sin embargo, considerando la absorción total de este nutriente por un cultivo en producción, resulta proporcional, y las cantidades aportadas servirían para varias campañas de este cultivo.

En segundo lugar, para el N, P y Mg, con excepción del tratamiento 1 en el N, no se observó diferencias de significación entre los tratamientos del factorial según la Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$); sin embargo, se nota claramente que aquellos tratamientos que llevaron roca fosfórica en los niveles más altos, produjeron las más altas tasas de absorción debido a lo explicado anteriormente sobre su efecto en el desarrollo radicular. Para el caso del K, sí hubo diferencias estadísticas de significación entre aquellos tratamientos que llevaron 9 t de roca

CUADRO 11. Efecto de los niveles combinados de roca fosfórica y gallinaza en la extracción de N, P, K, Ca y Mg por el café variedad 'Catimor'. Duncan ($\alpha = 0.05$).

Clave	Trat.	N		P		K (kg.ha ⁻¹)		Ca		Mg	
		Media	Letra	Media	Letra	Media	Letra	Media	Letra	Media	Letra
T ₇	a ₃ b ₁	6.38	a	0.77	a	3.33	a b	2.79	a	1.29	a b
T ₆	a ₃ b ₂	5.96	a	0.74	a	3.52	a	2.28	a b	1.14	a b
T ₈	a ₂ b ₃	5.74	a b	0.78	a	3.17	a b c	1.90	b c d	1.24	a b
T ₉	a ₃ b ₃	5.48	a b	0.82	a	3.05	a b c d	1.67	b c d	1.33	a
T ₅	a ₂ b ₂	5.09	a b	0.68	a b	2.80	b c	2.15	a b c	1.06	a b
T ₃	a ₁ b ₃	5.02	a b c	0.61	a b	2.97	b c d	1.58	b c d	1.05	a b
T ₂	a ₁ b ₂	4.86	a b c	0.59	a b	2.74	b c	1.47	b c d	1.08	a b
T ₄	a ₂ b ₁	4.78	a b c	0.64	a b	2.66	b c d	2.13	a b c d	1.09	a b
T ₁	a ₁ b ₁	4.25	b c	0.54	a b	2.47	c d	1.38	c d	1.07	a b
T ₁₀	Test	3.39	c	0.46	b	2.02	d	1.26	d	0.80	b

Promedios en columna unidos por igual letra, no presenta diferencias de significación estadística.

a₁ = 3 t.ha⁻¹ de roca fosfórica
a₂ = 6 t.ha⁻¹ de roca fosfórica
a₃ = 9 t.ha⁻¹ de roca fosfórica

b₁ = 10 t.ha⁻¹ de gallinaza.
b₂ = 20 t.ha⁻¹ de gallinaza.
b₃ = 30 t.ha⁻¹ de gallinaza.

fosfórica respecto a los otros, independientemente del nivel de gallinaza aplicado, mientras que en el caso del Ca los resultados fueron algo erráticos, no hallándose explicación para este comportamiento.

V. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos se concluye que:

1. La aplicación de roca fosfórica y gallinaza, incrementó el crecimiento y acumulación de materia seca de las plantas de café variedad 'Catimor', hasta los 8 meses de edad.
2. La adición de 9 t.ha⁻¹ de roca fosfórica produjo rendimientos similares estadísticamente a 6 t.ha⁻¹ en altura de planta, superando a la aplicación de 3 t.ha⁻¹ y al testigo. Entre 3 y 6 t.ha⁻¹ no hubo diferencias estadísticas. En cuanto al rendimiento de materia seca, 9 t.ha⁻¹ de roca fosfórica fue superior a los otros dos niveles y al testigo, y entre 3 y 6 t.ha⁻¹ tampoco hubo diferencias de significación.
3. La aplicación de 10, 20 y 30 t.ha⁻¹ de materia orgánica (gallinaza) no produjeron incrementos significativamente diferentes entre ellos, tanto en altura de planta como en rendimiento de materia seca, pero en general, superaron al testigo.
4. Las concentraciones de los elementos N, P, K, Ca y Mg se encuentran en niveles bajos en los diferentes órganos de la planta, excepto el nivel de P que fue mayor al nivel normal, lo que se reflejó en la extracción del mismo por el cultivo.

5. Se halló diferencia estadística en la extracción de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio con aplicación de 9 y 6 t.ha⁻¹ de roca fosfórica superando al nivel de 3 t.ha⁻¹ de roca fosfórica.
6. No se halló diferencias significativas respecto a la extracción de nitrógeno, fósforo potasio calcio y magnesio, entre los 3 niveles aplicados de gallinaza (10, 20 y 30 t.ha⁻¹).
7. Las aplicaciones de 6 t.ha⁻¹ de roca fosfórica y 10 t.ha⁻¹ de gallinaza al momento del trasplante del cultivo de café variedad 'Catimor', resultaría más conveniente respecto a la aplicación de 9 t.ha⁻¹ de roca fosfórica y 30 t.ha⁻¹ gallinaza, ya que no muestran diferencias estadísticas significativas.

VI. RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios similares en plantaciones de café hasta llegar a la etapa de producción con la aplicación de los niveles estudiados y evaluar su efecto residual.
2. Para la instalación de nuevas áreas de café en suelos ácidos (Inceptisols), se puede aplicar hasta 6 y 10 t.ha⁻¹ de roca fosfórica y gallinaza, respectivamente.

VII. RESUMEN

El experimento se realizó en un suelo Inceptisol ácido de Tingo María, con el objeto de determinar el efecto de 3 niveles de roca fosfórica y gallinaza, en los primeros ocho meses del trasplante al campo definitivo del cultivo de café var. Catimor entre los meses de abril a diciembre de 1,998.

Se evaluaron 3 niveles de roca fosfórica (3, 6 y 9 t.ha⁻¹) y 3 niveles de gallinaza (10, 20 y 30 t.ha⁻¹); el tratamiento adicional fue el testigo sin aplicación de enmienda orgánica e inorgánica. Se utilizó el diseño de bloque completo randomizado con arreglo factorial de 3 x 3 más un testigo (adicional), generando 10 tratamientos. Las características evaluadas fueron: altura de planta, rendimiento de materia seca y extracción de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio a los ocho meses del trasplante al campo definitivo.

La aplicación de roca fosfórica en la altura de planta, rendimiento de materia seca y extracción de N, P y K, tubo efectos estadísticamente significativos con 6 y 9 t/ha de roca fosfórica respecto a la aplicación de 3 t/ha de roca fosfórica. La aplicación de gallinaza, si bien incrementó la altura de planta, rendimiento de materia seca y extracción de N, P y K, respecto al tratamiento testigo, en cambio, entre los niveles estudiados no se observaron diferencias de significación. En cuanto a Ca y Mg no se halló efecto de los niveles de roca ni gallinaza.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. ALIAGA, B. J. 1985. Manual práctico del Cafetalero. UNA. LA Molina. Lima. Perú. Pág. 211.
2. ARRIAGA, P. G. 1988. Efecto de las fuentes de materia orgánica en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L), variedad Cuban Yellow, en condiciones de Tingo María. Tesis Ing. Agr. UNAS. Tingo María, Perú Pág. 54.
3. BUCKMAN, H. y N. BRADY. 1973. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed.UTHEA. México. Pág.565.
4. BRANZON, R. L. 1970. La gallinaza buen fertilizante en pastizales. El Agro. Ecuador. Pág. 154.
5. CASTAÑEDA, P. E. 1997. Manual técnico cafetalero. Ingeniería para el Desarrollo. Imp. Empresa Grafica Libertad. S.A. Lima. Perú. Pág. 162.
6. CABELLO, M. R. 1979. Determinación del coeficiente aparente del uso del fósforo de diferentes fuentes en condiciones de invernadero, en cultivos de Papa y Maíz en suelo ácido de Villa Rica. Tesis Ing. Agr. UNA La Molina. Pág. 60.
7. CHUQUIRUNA, S. M. 1989. Efecto de diversos abonos orgánicos sobre el rendimiento de Papa (*Solanum tuberosum* L. cv. 'Revolución'). Tesis. Ing. Agr. UNA. La Molina. Lima - Perú. Pág. 116.
8. DOMINGUEZ, V. A. 1984. Tratado de Fertilización. Ed. Mundiprensa. España. Pp. 585.

9. FASSBENDER, H. 1966. Descripción físico química del sistema fertilizante fosfatado-Suelo-Planta. Turrialba 16 (3): 1966.
10. ----- .1975. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina IICA. Turrialba. Pág. 398.
11. FIGUEROA, Z. R. 1984. La caficultura en el Perú. 1ª. Ed. Editorial de Copias S.A. Lima – Perú.
12. ----- . s/f. Guía para la caficultura ecológica. (BR7). Impreso Novella. P.S.R.L. Lima-Perú. Pág. 171.
13. GARCIA, A. N. 1988. Cafetales y café. Servicio Shell para la agricultura. Serie Camalas. Pág. 222.
14. LOLL, F. O. 1979. Efecto de la acidez de los suelos en el normal crecimiento y desarrollo de tres especies de pastos. Tesis M.Sc. UNA. La Molina. Lima. Pp. 65.
15. MAMANI, M. 1997. Niveles de roca fosfórica y humus en una secuencia de cultivos en un Dystropept de Tingo María. Tesis Ing. Agro. UNAS Tingo María. Pp. 66.
16. MELÉNDEZ, S. J. 1999 Evaluación de fertilizantes fosfo-húmicos y determinación del coeficiente aparente de uso en suelo residual y aluvial en soya (*Glycine max* (L) Merrill), en invernadero. Tesis Ing. Agrº UNAS. Tingo María, Perú. Pág. 61-70.
17. MENGEL, K y E. KIRKBY. 1978. Principles of Plant Nutrition. I.P.I. Suiza. Pp. 581.

18. PALACIOS, V. s/f. Informe sobre composición de la roca bayóvar. Superintendencia General. UP. Bayóvar-Minero Perú. Piura. Pág. 1487.
19. PAREDES, P. R. 1990 Efecto de la dolomita, fuentes de fósforo y micorriza VA en la nutrición y crecimiento de la soya (*Glycine max* L. Merrill), en un suelo ácido. Tesis Ing. Agr. U.N.A.S. Tingo María Perú. Pág. 59 -70.
20. PUCCINI, A. P y AZCON, R. 1980. Interacción Rhizobium – micorriza sobre el crecimiento y nutrición de frijoles en un suelo ácido. Efecto del encalado y adición de roca fosfórica. Edafoagrobiología (España) N° 12
21. SÁNCHEZ, P. 1981. Suelos del trópico. Características y manejo IICA. Costa Rica. Pp.580.
22. SÁNCHEZ, E. J. 1974. Efecto de la aplicación de cal, fósforo y potasio en la producción de café var. 'Caturra' en el Distrito D.A. Robles, Provincia Leoncio Prado Departamento Huánuco. Tesis Ing. Agr. UNAS. Tingo María. Pág. 65-72.
23. ----- . s/f. Bases técnicas para el desarrollo de los cultivos en la ceja de Selva del Perú. P.E.P.P.-Perú. Pp. 70.
24. SÁNCHEZ, I. R. 1995. Efecto del encalado y Fuentes de materia orgánica en el rendimiento de hierba luisa (*Cratusymbopogun citratus* Staff), de un año de instalado. Tesis Ing. Agr. UNAS, Tingo María. Perú. Pág. 128.

25. TISDALE, S.L. y NELSON, W.L. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simon. Barcelona. España. Pág. 769.
26. TUESTA, P. H. 1974. Efecto de nueve dosis de estiércol de ave en el rendimiento y calidad de rabanito (*Raphanus sativus*) Var. Rond Encarnata (tezier), en un suelo encalado. Tesis Ing. Agr. UNAS. Tingo María. Pp. 76.
27. TUNJAR, F. R. 1989. Efecto de la dolomita, fuentes de fósforo y micorriza VA en el crecimiento y nutrición del caupi, en Distrito Rupa Rupa, Provincia Leoncio Prado, Huánuco. Tesis Ing. Agr. UNAS. Tingo María Perú. Pp. 82.
28. VALENCIA, H. M. 2000. Efecto residual del humus y roca fosfórica en la absorción de nutrientes y rendimiento del arroz de secano en un Dystropept de Tingo María. Tesis Ing. Agr. UNAS – Tingo María. Pp. 88.
29. VILLAGARCIA, H. S. 1982. Resultados de ensayos de invernadero y de campo sobre fertilización y nutrición mineral en el cultivo de la papa. UNA La Molina. Lima. Perú. Pág. 130.

IX. ANEXO

CUADRO 12. Análisis de Variancia para la Altura de Planta y Producción de Materia Seca del Café Variedad 'Catimor' por efecto de la Roca Fosfórica y Gallinaza.

Fuente de Variabilidad	G.L.	Cuadrados Medios			
		Altura de Planta		Materia Seca	
Bloques	2	13.1306	NS	7.0560	NS
Tratamientos	9	12.2000	S	52.8728	S
Factorial	8	11.7639	S	46.2502	S
A (Roca Fosfórica)	2	33.8337	AS	154.9612	AS
B (Gallinaza)	2	5.5762	NS	3.0473	NS
A x B	4	3.8228	NS	13.4962	NS
Factorial vs. Testigo	1	15.6896	NS	105.8528	S
Error Experimental	18	4.6103		16.1197	
Total	29	7.5534		26.9007	

C.V. (%) 4.47 9.74

S = Significativo al 5% de probabilidad
AS = Altamente significativo al 1% de probabilidad
NS = No significativo

CUADRO 13. Análisis de Variancia de los efectos simples para la Altura de Planta y Producción de Materia Seca del Café Variedad 'Catimor'.

Fuente de Variabilidad	G.L.	Cuadrados Medios			
		Altura de Planta		Materia Seca	
A en b1	2	15.0058	NS	82.2355	S
A en b2	2	14.2735	NS	68.1737	S
A en b3	2	12.1998	NS	31.5443	NS
B en a1	2	0.4041	NS	0.1718	NS
B en a2	2	12.0184	NS	24.5125	NS
B en a3	2	0.7992	NS	5.3553	NS
Error Experimental	18	4.6103		16.1197	

S = Significativo al 5% de probabilidad
NS = No significativo

CUADRO 14. Análisis de variancia de las concentraciones de N, P y K en las diferentes partes de la planta de café variedad 'Catimor'.

Fuente de Variabilidad	G.L.	C u a d r a d o s			M e d i o s					
		Raíces			Tallo			Hojas		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
Bloques	2	249.5 NS	201709.4 NS	33311190.0 NS	214068.0 NS	7.1 NS	5896701.0 NS	614.7 NS	55.5 NS	288.0 NS
Tratamientos	9	113.5 NS	2987165.8 NS	1946151.0 NS	89439.0 NS	17.2 NS	621397.0 NS	626.5 NS	135.5 NS	236.8 NS
Factorial	8	123.6 NS	233335.8 NS	1922989.0 NS	88922.0 NS	14.2 NS	310153.3 NS	261.3 NS	148.1 NS	262.8 NS
A (Roca Fosfórica)	2	58.3 NS	407355.9 NS	2903189.4 NS	86338.0 NS	7.7 NS	366972.9 NS	315.3 NS	276.4 NS	261.4 NS
B (Gallinaza)	2	414.4 NS	4556.1 NS	9555.3 NS	12527.0 NS	19.2 NS	439529.1 NS	530.8 NS	99.2 NS	559.8 NS
A x B	4	147.3 NS	240211.1 NS	238904.0 NS	72042.0 NS	14.9 NS	217055.6 NS	99.6 NS	108.3 NS	124.9 NS
Factorial x Testigo	1	32.2 NS	821762.1 NS	2131446.0 NS	49061.0 NS	14.3 NS	3111349.9 NS	3547.7NS	197.2 NS	29.1 NS
Error Experimental	18	315.4	226101.1	2409669.0	56011.0	19.4	845472.0	601.3	48.5	177.4
Total	29									
	C.V. (%)	21.6	18.7	16.4	22.9	10.3	12.1	19.8	16.2	15.0

NS = No significativo

CUADRO 15. Análisis de variancia de las concentraciones de Ca y Mg en las diferentes partes de la planta de café variedad 'Catimor'.

Fuente de Variabilidad	G.L.	C u a d r a d o s				M e d i o s	
		Raíces		Tallo		Hojas	
		Ca	Mg	Ca	Mg	Ca	Mg
Bloques	2	150855.1 NS	10858.8 NS	209640.8 NS	223377.1 NS	381.3 NS	39.9 NS
Tratamientos	9	572858.0 NS	125.7 NS	115504.3 NS	225829.5 NS	408.1 NS	125.8 NS
Factorial	8	284095.4 NS	17.5 NS	80951.4 NS	149196.5 NS	231.9 NS	134.4 NS
A (Roca Fosfórica)	2	58167.0 NS	92.8 NS	42605.4 NS	382365.1 NS	536.1 NS	147.8 NS
B (Gallinaza)	2	457343.7 NS	137.8 NS	61706.7 NS	2774.4 NS	173.6 NS	241.6 NS
A x B	4	310436.4 NS	39.6 NS	109746.8 NS	105824.0 NS	109.0 NS	74.0 NS
Factorial x Testigo	1	2882956.1 NS	511.6 NS	391926.7 NS	838890.2 NS	1817.2 NS	57.1 NS
Error Experimental	18	644272.1	187.6	97739.1	86480.1	285.9	90.9
Total	29						
	C.V. (%)	24.7	23.7	9.2	12.9	16.1	15.6

NS = No significativo

CUADRO 16. Análisis de variancia de la extracción de N, P, K, Ca y Mg por el café variedad 'Catimor'.

Fuente de Variabilidad	G.L.	C u a d r a d o s			M e d i o s	
		N	P	K	Ca	Mg
Bloques	2	0.007756 NS	0.000549 NS	0.001763 NS	0.001250 NS	0.000913 NS
Tratamientos	9	0.022398 S	0.000363 NS	0.005709 AS	0.006689 S	0.000687 NS
Factorial	8	0.013138 NS	0.000223 NS	0.003370 S	0.006082 S	0.000354 NS
A (Roca Fosfórica)	2	0.029990 AS	0.000785 S	0.004720 S	0.013109 AS	0.001295 NS
B (Gallinaza)	2	0.002898 NS	0.000075 NS	0.003099 NS	0.001481 NS	0.000043 NS
A x B	4	0.009831 NS	0.000015 NS	0.002831 NS	0.004869 NS	0.000039 NS
Factorial x Testigo	1	0.096485 NS	0.001484 S	0.024421 AS	0.011539 S	0.003350 S
Error Experimental	18	0.007902	0.000195	0.001330	0.001911	0.000684
Total	29					
	C.V. (%)	17.45	20.80	12.69	23.60	23.49

S = Significativo al 5% de probabilidad
 AS = Significativo al 1% de probabilidad
 NS = No significativo

CUADRO 17. Análisis de variancia de los efectos simples de la extracción de N, P, K, Ca y Mg por el café variedad 'Catimor'.

Fuente de Variabilidad	G.L.	C u a d r a d o s			M e d i o s	
		N	P	K	Ca	Mg
A en b1:	2	0.036765 S	0.000234 NS	0.006126 S	0.014958 AS	0.000460 NS
A en b2:	2	0.006212 NS	0.000253 NS	0.001599 NS	0.003545 NS	0.000283 NS
A en b3:	2	0.006675 NS	0.000329 NS	0.002656 NS	0.004344 NS	0.000629 NS
B en a1:	2	0.004876 NS	0.000002 NS	0.001865 NS	0.000296 NS	0.000011 NS
B en a2:	2	0.011196 NS	0.000082 NS	0.006285 S	0.000476 NS	0.000047 NS
B en a3:	2	0.006487 NS	0.000021 NS	0.000611 NS	0.010448 S	0.000062 NS
Error Experimental	18	0.007902	0.000195	0.001330	0.001911	0.000684

C.V. (%) 17.5 20.8 12.7 23.6 23.5

S = Significativo al 5% de probabilidad
AS = Significativo al 1% de probabilidad
NS = No significativo

CUADRO 18. Nutrientes extraídos (g/planta) por el cultivo de café variedad 'Catimor'.

Clave Trat.	Nitrógeno			Fósforo			Potasio			Calcio			Magnesio		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
T1 alb1	0.338	0.386	0.552	0.053	0.065	0.061	0.240	0.260	0.241	0.130	0.139	0.145	0.071	0.186	0.063
T2 alb2	0.421	0.601	0.436	0.042	0.086	0.050	0.272	0.276	0.276	0.151	0.143	0.148	0.116	0.116	0.093
T3 alb3	0.671	0.481	0.353	0.049	0.068	0.066	0.296	0.316	0.278	0.154	0.154	0.165	0.121	0.123	0.071
T4 a2b1	0.493	0.421	0.521	0.049	0.078	0.065	0.215	0.286	0.298	0.238	0.170	0.200	0.125	0.104	0.097
T5 a2b2	0.429	0.510	0.587	0.066	0.085	0.052	0.272	0.296	0.274	0.154	0.280	0.212	0.112	0.107	0.099
T6 a2b3	0.575	0.565	0.648	0.069	0.058	0.096	0.364	0.351	0.340	0.216	0.264	0.204	0.108	0.120	0.113
T7 a3b1	0.583	0.541	0.790	0.089	0.073	0.068	0.262	0.393	0.345	0.236	0.390	0.211	0.122	0.115	0.151
T8 a3b2	0.553	0.559	0.609	0.065	0.095	0.073	0.351	0.364	0.237	0.168	0.187	0.216	0.101	0.132	0.138
T9 a3b3	0.563	0.519	0.561	0.095	0.085	0.065	0.284	0.292	0.338	0.152	0.172	0.178	0.141	0.125	0.133
T10 Test	0.319	0.340	0.359	0.036	0.059	0.042	0.192	0.179	0.234	0.162	0.076	0.141	0.066	0.093	0.080

CUADRO 19. Altura final (cm) de las plantas de café variedad 'Catimor'.

Bloques	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
I	41.50	39.17	45.08	40.50	40.50	47.80	45.66	48.66	47.33	43.83
II	43.50	43.83	43.17	44.83	48.83	46.50	47.17	48.33	46.83	43.17
III	44.25	48.20	43.30	45.30	47.00	48.40	48.80	47.20	47.20	42.33
Promedio	43.08	43.73	43.85	43.54	45.44	47.57	47.21	48.06	47.12	43.11

CUADRO 20. Producción de materia seca del café variedad 'Catimor' por efecto de la Roca Fosfórica y Gallinaza.

Clave	Tratamiento	Materia seca (g/planta)		
		I	II	III
T ₁	a ₁ b ₁	33.62	46.09	35.36
T ₂	a ₁ b ₂	37.73	38.57	39.78
T ₃	a ₁ b ₃	37.95	38.12	40.40
T ₄	a ₂ b ₁	39.49	38.22	37.16
T ₅	a ₂ b ₂	39.71	39.62	38.37
T ₆	a ₂ b ₃	42.50	47.37	41.08
T ₇	a ₃ b ₁	43.37	44.90	53.90
T ₈	a ₃ b ₂	43.26	48.77	49.60
T ₉	a ₃ b ₃	44.18	43.91	46.89
T ₁₀	Testigo	41.31	28.33	37.12

a₁ = 3 tn.ha⁻¹ de roca fosfórica

a₂ = 6 tn.ha⁻¹ de roca fosfórica

a₃ = 9 tn.ha⁻¹ de roca fosfórica

b₁ = 10 tn.ha⁻¹ de gallinaza

b₂ = 10 tn.ha⁻¹ de gallinaza

b₃ = 30 tn.ha⁻¹ de gallinaza

CUADRO 21. Concentración de Nitrógeno (ppm N) en el cultivo de café variedad 'Catimor'.

Tratamiento	Clave	Raíz			Tallo			Hoja		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
T1	a1b1	7430	7173	7201	4976	9988	11553	23584	17173	18694
T2	a1b2	7714	6946	7487	1052	9449	10014	15930	19288	12236
T3	a1b3	7980	8315	9681	1455	11011	41447	17094	20226	16374
T4	a2b1	7776	6889	5802	1427	12874	9134	16076	14753	17512
T5	a2b2	7172	8945	6966	9914	1184	10513	20088	16683	17998
T6	a2b3	7760	7723	6935	13528	11075	9323	19468	18610	18955
T7	a3b1	7800	8037	7470	10015	12674	12972	15451	14719	16113
T8	a3b2	7695	7480	7234	10305	9772	11559	18635	14641	15465
T9	a3b3	7439	7473	7501	6632	12255	14522	16959	19030	15895
T10	Test	6096	6988	5817	6377	9688	9927	14134	13087	13883

CUADRO 22. Concentración de Fósforo (ppm P) en el cultivo de café variedad 'Catimor'.

Tratamiento	Clave	Raíz			Tallo			Hoja		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
T1	a1b1	1977	2533	3278	2504	1797	2382	1315	1496	1523
T2	a1b2	2775	2618	2816	1168	1925	1924	1401	1664	2151
T3	a1b3	2848	2578	2982	1341	2049	1484	2176	1932	1579
T4	a2b1	2434	2700	1763	1710	1863	2387	1415	1436	2426
T5	a2b2	1759	2700	2355	2137	1949	2021	1569	2538	2606
T6	a2b3	2923	2892	1676	1694	1534	2338	3279	2723	5392
T7	a3b1	3287	2940	2470	1626	1702	2143	1444	1333	1407
T8	a3b2	3118	3158	2765	1644	2228	1507	1794	1930	1300
T9	a3b3	1541	3063	2308	1774	1884	1802	2339	1006	1245
T10	Test	2012	1943	2193	1999	1673	1019	1878	777	1227

CUADRO 23. Concentración de Potasio (ppm K) en el cultivo de café variedad 'Catimor'.

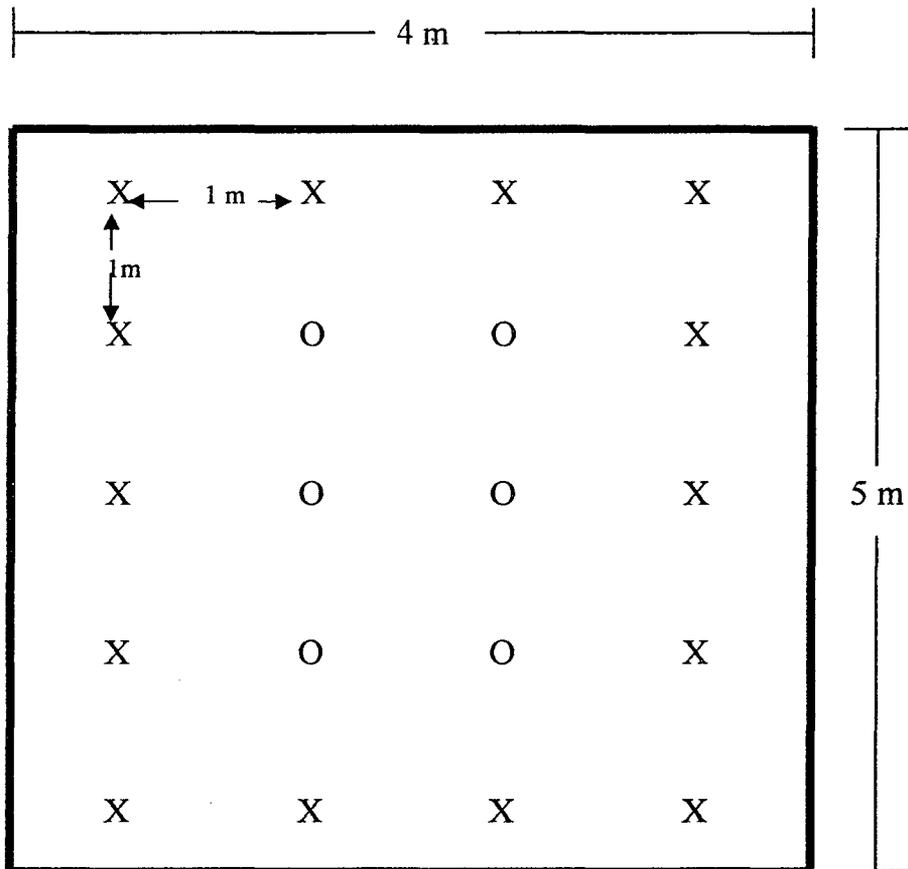
Tratamiento	Clave	Raíz			Tallo			Hoja		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
T1	a1b1	7512	9124	8883	8066	6406	7159	8261	7470	5933
T2	a1b2	11206	10554	9426	8619	7723	6857	8097	8995	7802
T3	a1b3	11504	4210	10902	9129	7860	6462	8382	9788	9427
T4	a2b1	11344	9533	8053	7924	6529	7478	8231	7835	6234
T5	a2b2	9225	8879	8950	8947	7988	6841	7917	10882	8240
T6	a2b3	10107	9405	7534	8742	8038	5535	9663	7212	15561
T7	a3b1	10468	9983	10683	8520	6599	8226	8338	8207	6868
T8	a3b2	8880	9203	10346	7889	7011	8319	7294	5388	7959
T9	a3b3	10524	10212	11454	8363	7022	9312	10296	6830	9652
T10	Test	9176	7353	9428	8449	6356	5041	8943	6618	6542

CUADRO 24. Concentración de Calcio (ppm Ca) en el cultivo de café variedad 'Catimor'.

Tratamiento	Clave	Raíz			Tallo			Hoja		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
T1	a1b1	2253	3274	3366	3347	2816	3777	7596	4606	5711
T2	a1b2	3170	4529	3142	3315	3223	3511	4782	7011	4800
T3	a1b3	3608	3837	4328	3117	4069	3120	5588	6849	5800
T4	a2b1	3419	4140	3045	3709	3460	3461	5542	5588	6021
T5	a2b2	2659	3704	3054	3551	3488	3504	5460	6688	6014
T6	a2b3	2109	4303	3545	3508	2958	3708	6298	6938	6849
T7	a3b1	2835	2799	3865	2913	3243	3550	9765	5435	5082
T8	a3b2	4255	3140	3703	3056	3421	3735	5497	5856	4906
T9	a3b3	5317	2580	3311	3589	3790	3983	5646	4955	5709
T10	Test	2786	1478	3052	3267	2676	3249	5177	4670	4634

CUADRO 25. Concentración de Magnesio (ppm Mg) en el cultivo de café variedad 'Catimor'.

Tratamiento	Clave	Raíz			Tallo			Hoja		
		I	II	III	I	II	III	I	II	III
T ₁	a1b1	3222	9661	5518	2469	2209	2255	4436	3370	3049
T ₂	a1b2	3824	4025	5146	1934	2222	1920	3261	4045	2490
T ₃	a1b3	3831	7727	6026	1948	1951	2228	3287	4034	3625
T ₄	a2b1	3252	9805	4894	1967	2790	3047	3567	3561	3281
T ₅	a2b2	3792	1416	7818	2501	2532	2781	3276	3967	4701
T ₆	a2b3	3815	7339	3878	2227	2512	2491	4072	4917	9659
T ₇	a3b1	3273	6603	5368	1649	2237	2535	2668	3533	2513
T ₈	a3b2	4906	7308	4901	2222	2804	1981	4354	4099	2726
T ₉	a3b3	6574	6450	3800	2485	2508	2524	6642	4047	2440
T ₁₀	Test	4362	3087	3542	1690	2230	1400	4115	3337	2453



X = Plantas de borde

O = Plantas de parcela neta

FIGURA 1. Croquis de las parcelas experimentales

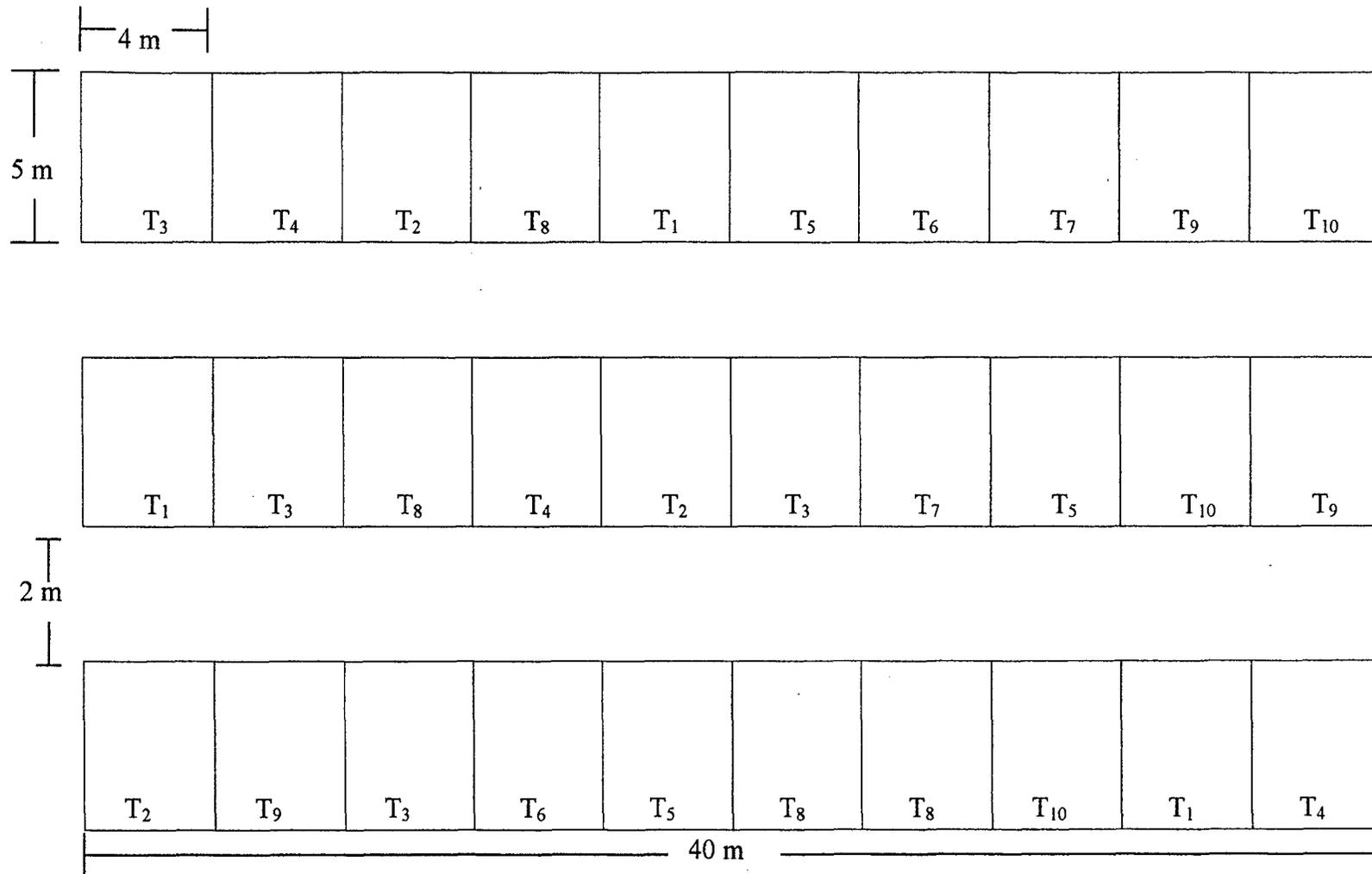


FIGURA 2. Croquis del Campo Experimental