

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**PROPORCIONES ROCA FOSFATADA: FLOR DE AZUFRE EN EL
RENDIMIENTO DE MAÍZ MORADO (*Zea mays* L.) EN SUELO ALCALINO.**

CANGARI-HUANTA

Tesis Para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por:

PIERRE ANDERSON CÁRDENAS ALARCÓN

AYACUCHO – PERÚ

2015

Tesis
Ag 1121
Car
Ej. 1

"PROPORCIÓN ROCA FOSFATADA: FLOR DE AZUFRE EN EL RENDIMIENTO DE MAIZ MORADO (zea mays L.) EN SUELO ALCALINO.CANGARI-HUANTA"

Recomendado :25 de noviembre de 2014

Aprobado : 18 de diciembre de 2014



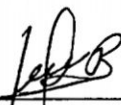
Dr. RAÚL PALOMINO MARCATOMA
Presidente de Jurado



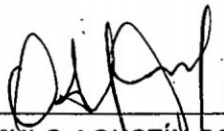
MSc. MARHLENI CERDA GOMEZ
Miembro de Jurado



Ing. ALEX L. TINEO BERMUDEZ
Miembro de Jurado



Ing. JUAN GIRÓN MOLINA
Miembro de Jurado



Dr. ROMULO AGUSTÍN SOLANO RAMOS
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

A mis queridos abuelos, quienes me acompañan espiritualmente y me dan confort en cada momento de mi vida.

A mis amados padres, Crisólogo y Luz Nelly, por sus grandes sacrificios, muestras de amor y de amistad, por sus consejos y recomendaciones que ayudaron a forjar mis metas y objetivos durante mi vida universitaria.

A mis queridos hermanos, Max Junior y Luz Brenda, quienes me brindan su apoyo, compañía incondicional y desinteresada; y por cada momento de felicidad que paso al lado de ellos.

AGRADECIMIENTO

A mi gloriosa Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga “Alma Mater” de mi Formación Profesional, por haberme acogido, conducido y brindado los cimientos para poder encaminarme en la senda de la sabiduría durante mi formación profesional.

Al Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias, al Ing. Juan B. Girón Molina, Ing. Esteban Quispe Gómez y cada uno de los trabajadores, por sus muestras de apoyo y amistad durante mi formación profesional.

A la MSc. Marhleni Cerda Gómez, por su invaluable orientación y asesoramiento incondicional durante la planificación, ejecución y culminación del presente trabajo.

A cada uno de los Ingenieros, quienes me brindaron sus conocimientos, vivencias y muestras de amistad durante cada semestre vivido en las aulas de mi entrañable pabellón de Agronomía.

RESUMEN

En la localidad de Cangari, distrito de Iguaín, provincia de Huanta, durante la campaña agrícola 2011-2012, se condujo un experimento con el objetivo de determinar la proporción de flor de azufre: roca fosfórica más estiércol de ovino que disminuya el pH final del suelo alcalino e incremente el P-disponible del suelo

Los tratamientos diseñados fueron las proporciones 1:1, 2:1 y 3:1 de flor de azufre: roca fosfórica más estiércol de ovino; se consideró la fertilización sintética más flor de azufre, fertilización sintética más estiércol de ovino, solo fertilización química, solo estiércol de ovino y el tratamiento testigo.

Se evaluó el pH y el contenido de P-disponible, así como las variables del cultivo de maíz, en el Diseño de Bloques Completos Randomizados (DBCR).

Se encontró que con la proporción 1 FS: 1 RF + EO (T₁) se obtuvo el pH más bajo (6.91) y el mayor nivel de P-disponible (63.84 ppm); que permitió la mejor longitud y peso de mazorca (18.05 cm y 263.42 g, respectivamente). No obstante la aplicación de NPK + EO (T₄) permitió el mayor rendimiento (17.73 t.ha⁻¹), sin diferenciarse estadísticamente de los tratamientos 1:1 + EO (T₁) y 2:1 + EO (T₂) con los que se obtuvo rendimientos de 16.26 y 17.46 t.ha⁻¹, respectivamente.

ÍNDICE

	Pag.
INTRODUCCIÓN	1
I. REVISIÓN DE LITERATURA	4
1.1. SUELOS CALCÁREOS	4
1.2. EL FÓSFORO	6
1.2.1. Comportamiento del fósforo en el suelo	7
1.2.2. Factores que influyen la disponibilidad del fósforo	8
1.2.3. Adsorción del fósforo	12
1.2.4. Capacidad tampón del fósforo	14
1.3. ROCA FOSFATADA	14
1.3.1. Factores que afectan la efectividad agronómica	15
1.3.2. Reacciones entre las rocas fosfóricas y el suelo	20
1.3.3. La roca fosfórica para la aplicación directa en la agricultura	22
1.4. FLOR DE AZUFRE	25
1.4.1. Efecto de los microorganismos	27

1.5. EL MAÍZ MORADO	28
1.5.1. Origen e historia	28
1.5.2. Taxonomía	30
1.5.3. Variables tradicionales	30
1.5.4. Labores culturales del maíz morado	31
1.5.5. Control de plagas	35
II. MATERIALES Y MÉTODOS	38
2.1. LUGAR DE INVESTIGACIÓN	38
2.2. CLIMA Y CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO	39
2.3. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO	40
2.4. MATERIAL GENÉTICO	42
2.5. TRATAMIENTOS Y DISTRIBUCIÓN EN CAMPO	42
2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	45
2.7. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL	46
2.8. VARIABLES A EVALUAR	47
2.9. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	47

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
3.1. DE LA REACCIÓN DEL SUELO	51
3.2. DEL CONTENIDO DEL FÓSFORO	57
3.3. DE LAS VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD	62
3.3.1. Longitud de mazorca (cm)	62
3.3.2. Peso de mazorcas (g)	64
3.3.3. Rendimiento (t.ha ⁻¹)	65
3.4. MÉRITO ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS	67
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
4.1. CONCLUSIONES	70
4.2. RECOMENDACIONES	71
LITERATURA CITADA	73
ANEXOS	77

INTRODUCCIÓN

Los suelos calcáreos son aquellos muy ricos en carbonato cálcico, con un pH entre 7.3 y 8.5. Estos suelos ocasionarán problemas a algunos cultivos por la baja disponibilidad de algunos de sus nutrientes, siendo los elementos más comúnmente afectados el hierro, manganeso, zinc o cobre, o también por el incremento hasta niveles tóxicos del molibdeno.

En este tipo de suelo no obstante el mayor problema está relacionado con el contenido de P, el que debido a una serie de reacciones que conducen a una disminución sustancial de su disponibilidad, siendo poco útil para las plantas.

La fijación de P en suelos calcáreos, obedece a que los sitios activos para la retención o adsorción de P son los iones de Ca^{+2} que están expuestos en la superficie de los cuales las posiciones coordinadas vacantes puede ser

ocupadas con moléculas de agua, iones bicarbonatos o hidroxilos. Los iones de fosfato pueden reemplazar estas moléculas o iones, el proceso de adsorción entonces es de naturaleza química y que en condiciones de sobresaturación la reacción de adsorción está seguida por la formación de fosfatos de calcio

Por lo tanto la disponibilidad de fósforo (P) en suelos alcalinos es una limitante para los cultivos agrícolas, que conlleva a incrementar el uso indiscriminado de fertilizantes sintéticos que también son afectados por la misma reacción; de este modo surge la necesidad de buscar otros mecanismos de nutrición fosfatada, inclusive empleando fuentes naturales como la roca fosfórica (RF) que en otras condiciones, de ningún modo serían útiles en este tipo de suelos.

El empleo simultáneo de roca fosfórica junto a un acidificante como la flor de azufre, tendría efectos favorables en el suelo, constituyendo así en una alternativa de uso de roca fosfórica; básicamente en una agricultura orgánica. En tal sentido, se busca evaluar diferentes proporciones de roca fosfatada: flor de azufre más estiércol de ovino sobre el rendimiento de maíz morado, pH y contenido de fósforo disponible del suelo.

Habiéndose planteado los siguientes objetivos:

1. Determinar la proporción de roca fosfatada: flor de azufre más estiércol de ovino, que mejore la productividad de maíz morado.

2. Determinar la proporción de roca fosfatada: flor de azufre más estiércol de ovino, que disminuya el pH de suelo alcalino.

3. Determinar la proporción de roca fosfatada: flor de azufre más estiércol de ovino, que incremente el contenido de P-disponible en suelo alcalino.

I. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1. SUELOS CALCÁREOS

Son aquellos suelos ricos en carbonato cálcico, con un pH entre 7.3 y 8.5. Estos suelos ocasionarán problemas a algunos cultivos por la baja disponibilidad de los nutrientes, sobre todo en lo que se refiere a minerales como el hierro, manganeso, zinc o cobre o un incremento de elementos tóxicos como el molibdeno. Uno de los síntomas más claros de este tipo de suelos es la clorosis férrica, una enfermedad de las plantas causadas por la deficiencia en este mineral y que se caracteriza por el amarillamiento de las hojas y la menor producción de la planta (Katyal y Randhawa, 1986).

El pH de los suelos calcáreos es altamente variable y se desvía del pH predicho por la teoría que asume que la calcita controla el pH conjuntamente con la PCO_2 y las concentraciones de Ca. Esta variabilidad se explica en

base a: la participación de sulfatos que forman complejos con el Ca y Mn, pequeñas cantidades de CaCO_3 altamente soluble, y falta de equilibrio con la fase sólida (Katyal y Randhawa, 1986).

La fijación de P en suelos calcáreos; los sitios activos para la adsorción de P en estos suelos se asume que son los iones de Ca^{+2} expuestos en la superficie de los cuales las posiciones coordinadas vacantes puede ser ocupadas con moléculas de agua, iones bicarbonatos o iones hidroxilos en una suspensión de suelos, los iones de fosfato pueden reemplazar estas moléculas o iones, el proceso de adsorción entonces es de naturaleza química. En condiciones de sobresaturación la reacción de adsorción está seguida por la formación de un fosfato de calcio (Katyal y Randhawa, 1986).

La solubilidad de la calcita es alta, esto implica que puede ocurrir precipitación directa con pequeñas adiciones de P, porque el Ca^{+2} y el PO_4 están presentes en concentraciones razonablemente altas (Katyal y Randhawa, 1986).

En cuanto a los micro elementos:

- Hierro: las concentraciones de Fe son frecuentemente relacionadas con suelos calcáreos, factores como pH alto, exceso de fosfatos, bicarbonatos y sales de calcio en el medio de crecimiento interfieren en la adsorción de Fe por las plantas.

- Magnesio: las deficiencias de Mn son raras en suelos calcáreos; pero si MnO_2 estuviera controlando la fase sólida de Mn, se esperarían deficiencias de este elemento en suelos neutros y alcalinos.
- Zinc: la solubilización del Zn es dependiente del pH y disminuye 100 veces por cada aumento en la unidad de pH (Katyál y Randhawa, 1986).

1.2. EL FÓSFORO

El fósforo es un elemento fundamental para la nutrición de las plantas. Es absorbido por éstas en forma de fosfatos mono y diácidos. A diferencia del nitrógeno y del azufre, que son otros elementos que se absorben en forma aniónica, el fósforo es un elemento poco móvil. Por su tendencia a reaccionar dando formas fosforadas no disponibles para las plantas es que debe ser considerado uno de los elementos más críticos (Khasawneh. 1980)

Aunque las plantas lo contienen en menor cantidad que el nitrógeno, potasio, y calcio, tiene como factor limitativo más importante que el calcio y quizás más que el potasio. Es un elemento que da calidad y precocidad a las plantas, ya que adelanta la maduración, a diferencia del nitrógeno, que tiende a prolongar el crecimiento vegetativo. Cumple un rol plástico, porque se encuentra en toda la planta, y especialmente en los tejidos jóvenes y órganos de reserva. En los primeros interviene en la síntesis proteica y contribuye al desarrollo radicular. En los órganos de reserva (semillas y tubérculos) forma parte de fosfolípidos y ácidos nucleicos. También cumple un rol metabólico, ya que desempeña un papel indispensable como acumulador de energía y combustible para todas las actividades bioquímicas

de las células vivientes al formar parte del adenosín trifosfato, ATP (Khasawneh, 1980).

1.2.1. Comportamiento del fósforo en el suelo

El fósforo en el suelo, funcionalmente se presenta como tres fracciones. La fracción en solución, la cual es inmediatamente disponible para la absorción de las plantas y resultante del equilibrio entre los distintos componentes y mecanismos que dominan la fracción lábil. La fracción lábil, la que representa la cantidad de P que puede pasar a la solución en una temporada de cultivo y la fracción no lábil que representa todos aquellos compuestos fosforados en el suelo que no salen a la solución del suelo durante la temporada del cultivo (Undurraga, 2003).

Tres mecanismos de reacción del P en el suelo dominarían los componentes de las fracciones lábiles y no lábiles: el mecanismo de adsorción-desorción a través de las reacciones del fosfato con las arcillas del suelo, el mecanismo de precipitación - disolución en la formación de compuestos fosforados en el suelo, dependiente del pH del suelo y de la concentración de iones en la solución del suelo, y el tercer mecanismo es el de mineralización - inmovilización del P ligado a la materia orgánica del suelo. De esta forma, las fracciones lábiles y no lábiles estarían constituidas por P que ha reaccionado en el suelo a través de estos mecanismos y que constituyen los componentes de P adsorbido, P precipitado y P orgánico, tanto en fracciones lábiles como no lábiles (Undurraga, 2003).

Además, se supone que el contenido de P en la solución resulta de un equilibrio rápido entre la cantidad de P presente en la fracción lábil y los mecanismos que determinan la labilidad del P. Es decir, para que exista P en solución es necesaria una cierta cantidad de P en la fracción lábil, que variaría de acuerdo a la intensidad con que los mecanismos de reacción actúan en el suelo. (Undurraga, 2003).

1.2.2. Factores que influyen en la disponibilidad del fósforo

El contenido de fósforo disponible en el suelo es una variable dinámica, fuertemente influenciada por las propiedades del suelo, la planta y las condiciones ambientales (Rojas, 1997).

Cualquier cambio en las propiedades del suelo se encuentra relacionada con la concentración de fósforo en solución (intensidad); la magnitud del fósforo de la fase sólida del suelo susceptible de pasar a la solución o fósforo lábil (cantidad); la capacidad del suelo de restablecer el fósforo de la solución (capacidad o poder tampón del fósforo) y las características del suelo que permiten el paso de iones fosfato desde las zonas de alta concentración a la superficie de las raíces (difusión), explican los cambios producidos en la cantidad de fósforo disponible (Rojas, 1997).

Las plantas también influyen en la disponibilidad de fósforo. Los vegetales poseen sistemas radicales característicos de cada especie, diferenciándose por la longitud y densidad de los pelos radiculares, así como a la morfología de su sistema radicular, lo que afecta sensiblemente la capacidad de

extracción de fósforo por las raíces de las plantas. En general, se puede afirmar que menos de un 1 % del volumen total de suelo está ocupado por las raíces (Rojas, 1997).

Otra de las características de la planta que afectan la capacidad de remoción del Fósforo disponible, se refiere a la capacidad individual de las especies de absorber este elemento por cm^2 de raíz o poder de absorción de fósforo. Además, ciertas condiciones ambientales afectan la capacidad específica de absorción de fósforo por las raíces, tales como la asociación con micorrizas activas (hongos del suelo), altas densidades de siembra y otros (Undurraga, 2003).

1.2.2.1. Otros factores que afectan la disponibilidad de fósforo

Existen factores que afectan la disponibilidad de fósforo relacionados al suelo, que pueden ser numerosos y se consideran de tipo ambientales, que modifican la disponibilidad del fósforo. Entre éstos, los más importantes son:

- **Acidez del suelo:** el óptimo rango de pH del suelo dentro del cual se observa la máxima disponibilidad de fósforo se encuentra entre 6,5 y 7,5. Las causas de este comportamiento se asocian fundamentalmente a que en este rango ocurre la máxima solubilidad de las formas de fósforo inorgánico del suelo. Así, en rangos de pH ácido hasta 6,5, se reduce la solubilidad de fosfatos de hierro y aluminio y aumenta la solubilidad de las formas ligadas al calcio. Pasado cierto nivel de pH alcalino (sobre 7,5) comienza a precipitar ciertas formas de fosfatos de calcio y

nuevamente se reduce la disponibilidad del fósforo (Rojas, 1997).

- Contenido de Materia orgánica: la materia orgánica del suelo, presenta predominantemente cargas negativas, por lo que los ácidos orgánicos forman con cationes hidroxilados tales como $\text{Fe}(\text{OH})_2$ y $\text{Al}(\text{OH})_2$, combinaciones complejas que inmovilizan estos iones, dejando en libertad los iones fosfatos. Por esta razón, la agregación de estiércol y otros compuestos orgánicos favorecen la disponibilidad del fósforo de los suelos (Rojas, 2003).
- Relación Sílice/Sesquióxidos: Según la naturaleza mineralógica de los suelos, éstos varían en su contenido de Silicio, Hierro y Aluminio. Los suelos que contienen una más baja relación Sílice (SiO_2); Sesquióxidos ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$), están generalmente más intemperizados y por lo tanto contienen más hierro y aluminio libres que pueden inmovilizar a los fosfatos; en cambio, una más alta eficiencia en el uso de fertilizantes fosfóricos se logra con una alta relación sílice/sesquióxidos incrementando rápidamente el P-disponible. Esta relación, se puede afectar con el uso de la cal inmovilizando los sesquióxidos, lo que tiende a incrementar la disponibilidad del fósforo (Undurraga, 2003).
- Relación con la humedad del suelo: El aumento de agua en el suelo induce a un incremento de iones fosfato en solución, lo que ocurre después de las lluvias o por el efecto del riego. Esto está ligado a las características de las formas inorgánicas de fósforo presentes en el suelo (P-Ca, P-Fe y P-Al) cuya naturaleza cristalina relativamente insoluble, tiene en realidad variables constantes de productos de

solubilidad. Así, sólo una cierta cantidad del compuesto se disuelve alrededor de las partículas cristalinas, sin embargo, aunque la concentración se mantiene relativamente constante, la cantidad de iones fosfato solubles aumenta si se incrementa la cantidad de agua en la solución. La cantidad de fósforo absorbido por especies desarrolladas en condiciones de secano, es menor en condiciones de sequía que en años lluviosos (Undurraga, 2003).

- Fertilizantes fosfatados: Uno de los mayores efectos sobre el incremento del P- disponible, se ha logrado con la adición de fertilizantes fosfatados. La fijación del fósforo soluble ocurre rápidamente después de la aplicación de un fertilizante fosfatado, especialmente si el fertilizante se ha mezclado con el suelo. Después de varios días desde su aplicación en un cultivo, cualquier aplicación posterior de fosfatos probablemente originaría cambios mínimos debido al equilibrio alcanzado entre fosfatos solubles y el fósforo fijado. A través del tiempo, sin embargo, la disponibilidad del fósforo se ha incrementado debido a que la adición de fósforo fertilizante y la remoción de fósforo de la solución efectuada por las plantas, es reemplazada rápidamente por el fósforo fertilizante. La aplicación de fósforo fertilizante al suelo origina una reacción rápida en la superficie de los minerales arcillosos, donde el fenómeno dominante es la adsorción, luego una reacción lenta de difusión de fósforo predomina hacia el interior de las partículas, generándose la fijación (Rojas, 1997).

Esta última etapa define qué cantidad de P agregado permanece en el pool lábil sobre las partículas del suelo y este valor estima la efectividad residual del fósforo lábil. (Undurraga, 2003).

1.2.3. Adsorción del fósforo

En la medida que se agite una cierta cantidad de fósforo soluble en contacto con el suelo, rápidamente una proporción importante de este fósforo soluble desaparece de la solución, debido a que queda retenido en la fase sólida, fenómeno que se conoce con el nombre de fijación. Una proporción importante de este fósforo evoluciona a formas insolubles, por lo que vuelve con gran dificultad a la solución y otra fracción queda retenida casi irreversiblemente con gran energía, lo que se considera prácticamente una pérdida de fósforo del suelo y se conoce también con el nombre de fósforo ocluido. (Patiño, 2012).

Existen diferentes mecanismos que explican la adsorción del fósforo en el suelo, tales como:

- Reacciones de superficie no específica (intercambio de aniones).
- Fenómeno de oclusión o captura física de fosfatos como un todo dentro de las partículas sólidas.
- Reacciones de ligado, formando complejos, tales como el complejo humus-Aluminio característico de suelos Andisoles.

Las reacciones de fijación de fósforo en los suelos Andisoles en cambio, son mucho más enérgicas y éstos adsorben apreciables cantidades a través del

tiempo. Éstas alcanzan al 80 a 90% como 'fósforo fijado" del total del fósforo aplicado como fertilizante. La fijación de fósforo ocurre en la superficie de algunos minerales tales como el alofán, la imogolita y complejos humus-Aluminio, especialmente en el estrato arable de los suelos (Patiño, 2012).

En los complejos humus-Aluminio, el Aluminio se encuentra a la forma de quelato sobre la superficie de las moléculas de humus, manteniendo cierta afinidad con el fósforo inmovilizándolo con gran energía (Patiño, 2012).

En general, los iones fosfatos tienen alta afinidad por el Aluminio, Hierro y Calcio, elementos con que forman precipitados insolubles dependiendo de la acidez del suelo. Al respecto, en suelos con presencia de arcillas expansibles, al incrementarse el pH de la solución se produce la ruptura de las estructuras cristalinas y la liberación del Aluminio que se puede combinar con iones fosfatos y formar compuestos insolubles. En estos suelos, el encalado favorece el incremento de la disponibilidad del fósforo por la precipitación del Aluminio (Patiño, 2012).

En los suelos derivados de cenizas antiguas (suelos rojo arcillosos) de la Zona Sur sometidos a procesos intensos de meteorización y condiciones de lavado de bases (alta pluviometría) clasificados como Ultisoles, las arcillas dominantes son los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. Estas arcillas son estables hasta valores de pH tan bajos como 5, y en ellas la principal forma de pérdida de fósforo ocurre por adsorción sobre la superficie de los coloides. (Undurraga, 2003).

1.2.4. Capacidad tampón del fósforo

La capacidad tampón del suelo o CP corresponde a la resistencia de un suelo particular a elevar sus contenidos de P-disponible al incrementar la aplicación de P-fertilizante. En otras palabras, es la cantidad de P-fertilizante que es necesario agregar para elevar el fósforo disponible en 1 mg/kg o ppm de fosfato por kg de fósforo aplicado. El CP es una característica química del suelo, que se refiere a la relación entre el P-disponible que éste es susceptible de mantener en equilibrio en la solución suelo por cada kg de fósforo agregado como fertilizante soluble al agua, tal como el superfosfato triple (Sadzawka, 2004).

Se ha observado que los suelos en general, muestran diferente efectividad inicial frente al fósforo aplicado como fertilizante, así los suelos de acuerdo a esta característica, pueden dividirse en reactivos y poco reactivos. En un suelo poco reactivo, una mayor proporción del fósforo aplicado permanece lábil y en un suelo de alta reactividad, se requiere agregar una mayor cantidad de fósforo para lograr el mismo contenido de P lábil, el que puede expresarse por ejemplo en ppm de P-Olsen por kg de P-fertilizante aplicado (Sadzawka, 2004).

1.3. ROCA FOSFATADA

Se denomina roca fosfórica al producto obtenido de la extracción de una mina y del procesamiento metalúrgico subsiguiente de los minerales fosfatados. Además del mineral fosfatado principal, los depósitos de roca fosfórica también poseen minerales accesorios e impurezas llamados ganga.

Si bien cantidades importantes de los minerales accesorios y de las impurezas son eliminadas durante el proceso de beneficio, el mineral beneficiado siempre contiene algunas de las impurezas originales. Tales impurezas incluyen sílice, minerales arcillosos, calcita, dolomita y óxidos hidratados de hierro y aluminio en diversas combinaciones y concentraciones, algunos de los cuales pueden tener una influencia profunda en la eficiencia de la roca fosfatada utilizada para la aplicación directa. Roca fosfórica es el nombre común comercial de unos 300 fosfatos de diferentes calidades en conocidos en el mundo (Hammond y Day, 1992).

1.3.1. Factores que afectan la efectividad agronómica

1.3.1.1. Reactividad de las rocas fosfóricas

La reactividad de las rocas fosfóricas es una medida de la tasa de disolución de esas rocas bajo condiciones estándar de laboratorio o en un suelo dado y bajo ciertas condiciones de campo. Esto excluye los cambios en la tasa de disolución causados por las variaciones en las propiedades del suelo y por los efectos de las plantas (Rajan, 1987).

La composición química y el tamaño de las partículas determinan la reactividad de las rocas fosfóricas. Las rocas fosfóricas de origen sedimentario son generalmente las más reactivas y, por lo tanto, adecuadas para la aplicación directa. Las propiedades químicas que influyen la reactividad de las rocas fosfóricas son la estructura del cristal de fosfato (apatita) y la presencia de los minerales accesorios, especialmente el carbonato de calcio. Incrementando la sustitución de fosfato por carbonato

en la estructura del cristal generalmente aumenta la reactividad de las rocas fosfóricas. Esta sustitución da lugar a la disminución de las dimensiones del parámetro a y también al debilitamiento de la estructura cristalina de la apatita. Las rocas fosfóricas más reactivas son aquellas que tienen una relación molar PO_4/CO_3 de 3,5 a 5 (Rajan, 1987).

El carbonato de calcio es el mineral accesorio más abundante en las rocas fosfóricas. Como el carbonato de calcio es más soluble que los minerales fosfatados de mayor reactividad química, su disolución aumenta la concentración de calcio (Ca) y el pH en la superficie del mineral fosfatado, por lo que no es sorprendente que en algunos suelos el carbonato de calcio accesorio pueda reducir la tasa de disolución de la roca fosfórica. Sin embargo, bajo las condiciones de campo, la lixiviación y la absorción de P por la planta pueden extraer los iones Ca. El grado de remoción por la lixiviación puede variar de acuerdo a las condiciones de clima y de suelo y al modo de aplicación de la roca fosfórica. Para una aplicación en superficie (al voleo), el efecto del carbonato de calcio puede ser mínimo, aún si su contenido es alto, como ha sido demostrado con la roca fosfórica de Chatam Rise (Nueva Zelandia), que contiene 27 por ciento de carbonato de calcio libre (Rajan, 1987). Por otro lado, para una roca fosfórica incorporada, más del 15 por ciento de carbonato de calcio libre puede disminuir la efectividad de la roca fosfórica en un suelo alcalino encalado (Chien, 1977).

1.3.1.2. Propiedades del suelo

Para que una roca fosfórica dada sea agronómicamente eficiente no solamente debe disolverse sino que también la roca fosfórica disuelta debe ser disponible para las plantas. Las propiedades del suelo que favorecen la disolución de la roca fosfórica son un pH ácido (menos de 5,5), una baja concentración de iones Ca en solución, un bajo nivel de fertilidad en P y un alto contenido de materia orgánica (Chien, 1977).

Acidez del suelo

La disolución de la roca fosfórica puede expresarse mediante la ecuación:



Si bien la reacción arriba indicada corresponde a una roca fosfórica del tipo fluorapatita, se aplica a los otros minerales del grupo de las apatitas, que comprenden las rocas fosfóricas reactivas. Como indicado en la ecuación arriba, la disolución de la roca fosfórica resulta en la liberación de los iones hidroxilos en la solución. La neutralización de estos iones por la acidez del suelo permite que continúe el proceso de disolución de la roca fosfórica. En el caso de las rocas fosfóricas, donde los iones fosfato han sido sustituidos por los iones carbonato, se necesitan también iones hidrógeno para neutralizar los iones hidroxilos formados durante la liberación de los iones carbonato en la solución (Chien, 1977).

Cada ion carbonato (CO_3) se une con dos iones hidrógeno para formar una molécula de agua y el gas dióxido de carbono. En ese caso, un suministro

adecuado de los iones hidrógeno es de importancia capital para una solubilización continua de la roca fosfórica (Chien, 1977).

Capacidad intercambio catiónico y calcio y magnesio intercambiables

Para una disolución continua de la roca fosfórica es importante que otro producto mayor de la reacción, o sea el ion Ca, sea eliminado o que su concentración en la solución suelo sea mantenida a un nivel más bajo que en la lámina alrededor de la partícula de roca fosfórica, que se está disolviendo. Es posible obtener estas condiciones si hay suficientes sitios de cambio catiónico en el suelo disponible para adsorber los iones Ca liberados de la roca fosfórica o si el Ca es lixiviado fuera de la zona de disolución de la roca fosfórica. Una medida de los sitios de cambio disponibles para la adsorción de Ca es la diferencia entre la capacidad de intercambio catiónico de los suelos y el Ca intercambiable (Rajan, 1987).

La capacidad de intercambio catiónico de los suelos está también estrechamente relacionada con la textura del suelo. Los suelos arenosos generalmente tienen una baja capacidad de intercambio catiónico y por lo tanto no permiten un almacenamiento adecuado de los iones Ca liberados de la roca fosfórica. Esto conduce a una reducción en la disolución de la roca fosfórica y en su eficiencia agronómica. Los otros dos escenarios ocurren en las zonas con suficiente lluvia. El primero se presenta donde el Ca liberado puede ser eliminado de la zona cercana a las partículas de la roca fosfórica con un efecto positivo sobre la disolución de la roca fosfórica y en su eficiencia agronómica. El segundo ocurre donde la lluvia en exceso

puede lavar el fósforo por debajo de la zona radicular de los cultivos y reducir la eficiencia agronómica de las rocas fosfóricas. Sin embargo, debido a su naturaleza de liberación lenta, las rocas fosfóricas son probablemente más benéficas que los fertilizantes solubles en agua bajo tales condiciones (Rajan, 1987).

La materia orgánica del suelo

Otra propiedad de los suelos que incrementa la disolución de la roca fosfórica y su disponibilidad para las plantas es la materia orgánica del suelo (Chien, 1977). Esto parece ser la resultante de la alta capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica, la formación de complejos Ca-materia orgánica y, la presencia de ácidos orgánicos que disuelven la roca fosfórica y bloquean los sitios de retención (adsorción) del P en el suelo (Rajan, 1987).

La capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica es más grande que la de los minerales de arcilla. Dependiendo de su contenido de arcilla, la capacidad de intercambio catiónico de los suelos minerales puede variar desde algunos hasta 60 cmol/ kg mientras que la de la materia orgánica puede sobrepasar los 200 cmol/kg. La alta capacidad de intercambio catiónico de la materia orgánica significa un aumento de la capacidad de retención de Ca por los suelos, lo que conduce a una mayor disolución de la roca fosfórica. Las fracciones húmicas y fúlvicas de la materia orgánica forman complejos con el Ca, que también pueden reducir la concentración de Ca en la solución, resultando así en una mayor disolución de la roca

fosfórica. El contenido de la materia orgánica de los suelos tropicales es generalmente menor del 2 por ciento (Rajan, 1987).

1.3.1.3. Las condiciones climáticas

La precipitación pluvial es el factor más importante que influencia la disolución de la roca fosfórica y su eficiencia agronómica. El aumento del agua en el suelo resultante de la lluvia o del riego incrementa la disolución de la roca fosfórica. El proceso es afectado por una rápida neutralización de los iones hidroxilos liberados y la remoción del Ca y otros productos de reacción fuera del área vecina a las partículas de la roca fosfórica. Un suministro adecuado de agua promoverá el crecimiento de las plantas y la absorción del fósforo por las raíces resultando en un aumento de la eficiencia agronómica de las rocas fosfóricas (Rajan, 1987).

1.3.2. Reacciones entre las rocas fosfóricas y el suelo

1.3.2.1. Incubación en el suelo

Incubar los suelos tratados con las rocas fosfóricas ofrece la posibilidad de medir la disolución de la roca fosfórica en suelos seleccionados con propiedades diferentes. Además, ciertas rocas fosfóricas pueden tener cantidades importantes de carbonatos libres y otros minerales que pueden modificar las características de los suelos cuando las rocas fosfóricas se disuelven. Los estudios de incubación cerrada para determinar las tasas de disolución de las rocas fosfóricas presentan limitaciones debido a que los productos de la reacción no son eliminados y, por lo tanto, los resultados

podrían ser alteraciones experimentales. Se prefieren los estudios de incubación abierta donde el suelo tratado con la roca fosfórica es colocado en un depósito abierto y se adiciona una cantidad de agua simulando las condiciones locales de lluvia. Se colecta la solución filtrada y se analizan P, Ca y otros elementos. Según los intervalos seleccionados las muestras de suelo son también analizadas para medir la roca fosfórica disuelta (Rajan, 1987).

Las aplicaciones antes de la siembra pueden ser una ventaja en los suelos de bajo poder tampón para el P pero no necesariamente en suelos con alto poder tampón para el P (Chien, 1977). La disponibilidad del P adsorbido fue medida en función de la capacidad de adsorción a fin de controlar la validez de esta hipótesis. En el estudio de Njole, 63 por ciento del P adsorbido permaneció intercambiable durante la fase de desorción utilizando la técnica de la dilución isotópica con ^{32}P . Por lo tanto, es necesario evaluar la capacidad total de retención de P del suelo cuando se planifican hacer aplicaciones de la roca fosfórica al suelo antes de la siembra (Rajan, 1987).

1.3.2.2. Efecto del tiempo

Las rocas fosfóricas son fertilizantes de solubilización lenta. Se necesitan tiempo y agua alrededor de las partículas para permitir que los productos de la disolución se muevan por difusión lejos de las partículas de la roca fosfórica en el volumen del suelo (Rajan, 1987).

La evaluación de las rocas fosfóricas africanas en el invernadero fue realizada para observar los cambios que ocurrían con el transcurso del

tiempo. Los coeficientes de eficiencia agronómica relativa basados en los valores L y la absorción de P cambiaron considerablemente entre uno y cuatro meses para la mayoría de las rocas fosfóricas en el andisol. Las rocas fosfóricas más reactivas de Gafsa y de Tilemsi se solubilizaron rápidamente y su eficiencia no cambió o aumentó ligeramente después de cuatro meses, mientras las rocas fosfóricas menos reactivas necesitaron tiempo para expresar su eficiencia potencial. El mejoramiento de la eficiencia agronómica relativa de las rocas fosfóricas con el tiempo se atribuye a la continuación de la solubilización de la roca fosfórica mientras se mantenga una baja concentración de P en la solución suelo (Rajan, 1987).

El mejoramiento también puede ser debido al consumo del P liberado del fertilizante soluble por la absorción de las plantas o por la conversión del P soluble en formas menos disponibles. En general las rocas fosfóricas menos reactivas deben ser molidas más finamente para asegurar un mejor y más largo contacto entre la roca y el suelo (Rajan, 1987).

1.3.3. La roca fosfórica para aplicación directa en la agricultura

Las rocas fosfóricas de origen sedimentario son aptas para aplicación directa por qué consisten de agregados de microcristales ampliamente abiertos y débilmente consolidados, con un área específica relativamente grande. Presentan una proporción considerable de sustitución isomórfica en la red cristalina y contienen minerales accesorios e impurezas en cantidades y proporciones variables. Diversos autores han indicado que estas rocas son

adecuadas para la aplicación directa a los suelos bajo ciertas condiciones (Khasawneh 1980; Chien, 1977; Rajan, 1987).

La práctica de la aplicación directa de diversas fuentes de rocas fosfóricas como fertilizantes presenta muchas ventajas.

- Las rocas fosfóricas son minerales naturales que necesitan un mínimo de procesamiento metalúrgico. La aplicación directa de las rocas fosfóricas evita el proceso tradicional de la acidificación húmeda para producir los fertilizantes fosfatados solubles en agua y evita el ciclo de producción de los desechos contaminantes tales como el fosfoyeso y los gases de invernadero, teniendo como resultado economías de energía y la protección del medio ambiente de la contaminación industrial.
- Al ser productos naturales, las rocas fosfóricas pueden ser utilizadas en la agricultura biológica.
- La aplicación directa permite el empleo de las fuentes de rocas fosfóricas que no pueden ser utilizadas en la industria para la producción de los fertilizantes fosfatados solubles en agua y del ácido fosfórico.
- Bajo ciertas condiciones, las rocas fosfóricas reactivas pueden ser más eficientes que los fertilizantes fosfatados solubles en agua en base a la recuperación del fósforo por las plantas.
- En base al costo por unidad de fósforo, las rocas fosfóricas locales son normalmente los productos más económicos.
- Debido a su composición química extremadamente variable y compleja, las rocas fosfóricas son fuentes de varios elementos nutritivos además del

fósforo. Son aplicadas comúnmente para mejorar el nivel fosfórico del suelo pero cuando se solubilizan también liberan otros nutrientes presentes en la roca. Los productos cosechados y sus residuos tienen una mejor calidad nutricional (contenido de P más alto que las plantas no fertilizadas). La incorporación de tales residuos orgánicos mejora la actividad biológica del suelo y la acumulación del carbono en el suelo, contribuyendo a mejorar sus propiedades físicas y químicas. De este modo, las rocas fosfóricas desempeñan una función importante contribuyendo al mejoramiento de la fertilidad del suelo y al control de su degradación, en particular para evitar la explotación mineral (empobrecimiento) de los nutrientes (Khasawneh 1980; Chien, 1977; Rajan, 1987).

Sin embargo esta práctica tiene también algunas limitaciones:

- No todas las rocas fosfóricas son adecuadas para la aplicación directa. La eficiencia de algunas rocas de reactividad media a baja debe ser mejorada mediante procesos biológicos y físico-químicos.
- No todos los suelos y los sistemas de cultivos son adecuados para las rocas fosfóricas de origen diferente. Es necesaria una caracterización normalizada de las rocas fosfóricas así como directivas para realizarla.
- No se conocen bien los factores principales y las condiciones que determinan la eficiencia agronómica de las rocas fosfóricas por lo que no es factible predecir su eficacia.

- El grado muy bajo de algunas rocas fosfóricas comparado con los fertilizantes fosfatados comerciales de alto grado las hace más caras para su aplicación. Esta evaluación económica es muy dinámica y debería hacerse en el momento de la explotación del depósito de la roca fosfórica (Khasawneh 1980; Chien, 1977; Rajan, 1987).

Las rocas fosfóricas sedimentarias presentan una estructura muy compleja como resultado de su origen diferente en la naturaleza y aún dentro de un depósito geológico particular. Poseen una composición química extremadamente variable y pueden contener elementos tales como los metales pesados y aún radionucleidos que, en ciertas concentraciones y cuando la roca se disuelve en el suelo, pueden ser dañinos (Khasawneh 1980; Chien, 1977; Rajan, 1987).

1.4. FLOR DE AZUFRE

Fassbender y Bornemisza (1987) mencionan que el azufre elemental, o flor de azufre, se utiliza para disminuir el pH de los suelos alcalinos, ya que al oxidarse y reaccionar con el agua, forma el ácido sulfúrico. El efecto acidificante de la oxidación del azufre baja el pH del suelo. En suelos alcalinos esta reacción es conveniente, pero en suelos neutros o ácidos es necesario compensar este efecto acidificante por la aplicación apropiada de cal.

Según Villagarcía (1999), en uno de sus trabajos de investigación realizada en fertilidad y manejo de suelos y nutrición mineral de azufre en la región andina, concluye que los mejores resultados de fertilización en dicha región

es fortalecida por la incorporación adicional de flor de azufre, en comparación de los sistemas de fertilización tradicional, obteniendo mayor peso seco con dicho tratamiento con flor de azufre.

En condiciones favorables para el crecimiento de las plantas, la velocidad de oxidación a ácido sulfúrico depende principalmente del grado de contacto entre el azufre y el suelo, cuando el azufre está finamente dividida y bien mezclada con el suelo, la reacción es bastante rápida.

Villagarcía (1994), refiere el uso de azufre como enmienda para suelos alcalinos salinos e indica que el aporte de $2-3\text{tm}\cdot\text{h}^{-1}$ permite su oxidación completa en 15 días.

La revista Agricultura de las Américas (1998), refiere que cuando se aplica azufre elemental a suelos con aireación y humedad, es atacada por los microorganismos del suelo que los transforman en ácido sulfúrico; este a su vez supe el ion sulfato que absorbe las plantas. Sin embargo; con los beneficios que implica su uso esta fuente se utiliza poco como abono.

La explicación descansa probablemente en el hecho de que el azufre en polvo fino, que se requiere para una oxidación rápida que lo deja disponible para las plantas, es un producto incómodo para manejar e incluso presenta un cierto riesgo de fuego y hasta de explosión (Bornemisza, 1990).

1.4.1. Efecto de los microorganismos

Las bacterias autótrofas fijan el CO₂ tanto por la vía reductiva de las pentosas como por la vía reductiva de los ácidos tricarboxílicos. La reductancia emitida a partir de la sulfoxidación es usada en las bacterias litótrofas para la respiración aeróbica y para la reducción del CO₂, mientras que en las bacterias fotótrofas anaerobias es usada principalmente para la fijación del carbono (Friedrich, 2001).

La complejidad y el número de reacciones involucradas en las transformaciones químicas y biológicas de los compuestos de azufre dificultan el estudio de las reacciones bioquímicas llevadas a cabo por los microorganismos para la oxidación biológica de estos compuestos. Dos grupos de bacterias litótrofas sulfoxidantes pueden distinguirse por el mecanismo de oxidación de los compuestos reducidos de azufre (S⁰, S₂⁻ y S₂O₃⁻).

- Un grupo que involucra un mecanismo de formación de politionatos, presente en todos los thiobacilli que son quimiolitotróficos obligados y otros como *Thiobacillus acidophilus*.
- Un grupo que no involucra un mecanismo de formación de politionatos observado en *Paracoccus* spp. Es probable que la ruta encontrada en *Paracoccus* prevalezca en los heterótrofos facultativos (mixotróficos).

De otro lado se sabe que los microorganismos del suelo tienen un papel fundamental en la oxidación del elemento. Se sabe también que un aumento

en la temperatura del suelo favorece la oxidación del azufre elemental, igual como el pH cercano a la neutralización (Bornemisza, 1990).

1.5. EL MAÍZ MORADO

1.5.1. Origen e historia

El maíz morado se cultivaba en el Perú en épocas prehispánicas y era conocido como moro sara o kulli sara. Lo cultivan también los campesinos de Yucatán y las tribus indígenas Hobi y Navajos en los Estados Unidos. Sin embargo, es el Perú donde su cultivo está más extendido y donde es empleado masivamente.

Existen diversas variedades de maíz morado tales como el Morado Canteño, el Morado Mejorado, Morado Caraz, usado para siembra en sierra., Arequipeño, variedad tradicional, Cuzco Morado y el Negro de Junín que crecen entre los 1 200 a 4 000 m.s.n.m. (www.ekovida.com).

1.5.1.1. Aspectos Generales del Zea mays L. variedad morada

El maíz es una planta oriunda de América, una de las plantas más conocidas en el mundo y una de las más antiguas que el hombre haya domesticado. Se han encontrado restos de este cereal desde Canadá hasta el norte de Argentina; habiendo constituido, junto con el frijol y la papa, uno de los principales alimentos de las numerosas tribus indígenas que poblaban este extenso territorio.

El origen del maíz es muy remoto. Se cultiva en el Perú desde épocas precolombinas; su antigüedad está comprobada por las mazorcas

encontradas en las tumbas así como las representaciones en la cerámica precolombina. En los Andes la representación del maíz está presente prácticamente en todas las culturas y casi siempre en un contexto religioso. Se considera que Colón lo llevó a España en su primer viaje, en 1498 se cultivó en Castilla y en Andalucía en 1826. Al parecer esta planta es nativa de las alturas de México o América Central, pero no fue conocida en estado silvestre, y se consideraba que no era capaz de mantenerse en competencia con otras plantas silvestres; sin embargo actualmente se han presentado pruebas que señalan que el maíz se ha difundido en Sudamérica en estado silvestre antes de la llegada del hombre. Las diversas variedades de maíz morado provienen de la raza ancestral Culli (que en quechua significa negro). Las formas típicas están casi extinguidas. La raza Culli es una de las cinco razas ancestrales de las que se han originado todas las demás, actualmente en extinción en el mundo. Existen muy pocas razas que presentan pigmentos antocianicos tanto en el grano como en la tusa. En el Perú la raza Culli se cruzó con otras razas, transfiriendo sus colores característicos a las razas derivadas, como el Sangeronimo, Huancavelicano, Piscoruto, Cuzqueño, Huayleño, Arequipeño e Iqueño; sin embargo se han producido variedades más desarrolladas y de mayor rendimiento mediante la técnica de cruzamiento y selección. (www.inia.gob.pe/notas).

1.5.2. Taxonomía

La posición botánica, según la Dirección del Museo de Historia Natural de la U.N.M.S.M es la siguiente:

División: SPHERMATOPHITA

Clase: MONOCOTYLEDONEAE

Subclase: LILIDAE

Orden: POALES

Familia: POACEAE

Subfamilia: ANDROPOGONOIDEAE

Tribu: MAYDEAE

Género: *Zea*

Especie: *Zea mays L.*

Variedad: morada

Nombre vulgar: Maíz morado

1.5.3. Variedades tradicionales

- **Cuzco morado:** variedad relacionada a la raza Cuzco Gigante. Es tardía, de granos grandes, dispuestos en mazorcas de 8 hileras muy bien definidas. Su cultivo se realiza en zonas de latitud intermedia, en los Departamentos de Cuzco y Apurímac.
- **Arequipeño:** la forma de la mazorca es similar a la variedad Cuzco, pero más chica. Los granos están dispuestos en hileras regulares. El color de la tusa es de menor intensidad y más precoz que otras variedades.

- **Morado Canteño:** derivada de la raza Cuzco, por lo que las características de la mazorca son muy similares, aunque de dimensiones menores. Su cultivo se presenta en diferentes lugares de la sierra del Perú especialmente en las zonas altas del valle de Chillón (Lima) y hasta los 2500 msnm.
- **Morado de Caraz:** Es una variedad derivada de las razas Ancashino y Alazan. Se cultiva en la provincia de Caraz (Ancash) y puede adaptarse también en la costa ya que es de precocidad intermedia. El tamaño del grano es menor que las variedades de origen Cuzqueño. Esta variedad muestra mayor rendimiento y presenta la tusa más pigmentada.
- **Negro de Junín:** Es una variedad precoz, de granos grandes y negros dispuestos irregularmente en una mazorca corta y redondeada. Se encuentra en la Sierra, Centro, Sur, hasta Arequipa, ocupando alturas mayores que el resto de variedades. (www.inia.gob.pe/notas).

1.5.4. Labores culturales del maíz morado

Es de gran importancia para lograr un buen establecimiento del cultivo y altos rendimientos y consistirá en preparar una capa de suelo de 20 a 25 cm. de profundidad, bien mullido, suelta y con materia orgánica descompuesta. Se puede hacer con tracción animal o con maquinaria agrícola según sean las condiciones del terreno.

La preparación del terreno constará de las siguientes fases:

- Riego de Machaco.
- Aradura.

- Cruza.
- Desterronado.
- Nivelación.
- Canales de Regadío.

Un suelo bien preparado va a permitir:

- Destruir e incorporar las malezas.
- Disminuye el ataque de plagas y enfermedades.
- Mejor aprovechamiento de los nutrientes y el agua.

1.5.4.1. Fertilización

La finalidad de la fertilización es poner a disposición de la planta los nutrientes que necesita el cultivo para un buen rendimiento para una adecuada fertilización esta dependerá de los análisis de suelos para:

- Conocer el pH del suelo.
- Conocer la cantidad de nutrientes disponibles en el suelo.
- Determinar los tipos de fertilizantes y las dosis que deberá ser aplicado al suelo.

Se recomienda utilizar la dosis recomendada mediante la fórmula: 100-70-60 para el maíz morado, otro nivel recomendado Niveles de fertilización de: 270-100-60.

Es recomendable hacer una aplicación de 10 tm.h⁻¹ de materia orgánica a la preparación de terreno. (www.inia.gob.pe/notas).

1.5.4.2. Labores culturales

Deshierbos: El cultivo debe de mantenerse libre de malezas los primeros 45 días, los deshierbos deben de ser oportunos para evitar pérdidas por competencia, de persistir la presencia significativa de malezas eliminarlas antes de la floración y durante el llenado de granos, el deshierbo se puede realizar en forma manual y oportuna buscando no emplear herbicidas. Tienen por finalidad:

- Eliminación de las malezas.
- Favorecer el crecimiento de la raíz.
- Favorecer la fijación del nitrógeno atmosférico.
- Oxigenación de la raíz.

Aporque: Durante el cultivo se recomienda hacer el aporque después del abonamiento, buscando que las plantas queden sobre el lomo de surco exactamente al centro, esta labor se realiza cuando las plantas tienen entre 40 a 50 cm. De altura.

Riegos: La variedad normalmente se produce bajo temporadas en zonas con precipitaciones pluviales de 600 a 780 mm, en años normales requiere de agua de riego únicamente para su establecimiento y prácticamente todo el periodo vegetativo depende de las precipitaciones pluviales. Si se dispone de riego y si el cultivo requiere de este, aplicar oportunamente principalmente en las etapas de floración y llenado de granos. Volumen de agua que requiere es de 8,000 a 10,000 m³.ha⁻¹.

Cosecha: Bartolini (1989), afirma que el momento de cosecha del maíz es cuando la parte basal de la cariósida, es decir la zona en el que se inserta en el surco o coronta, de un callo de color oscuro llamado "black layer", o punto negro. Desde el momento de la formación de este callo que corresponde a la maduración fisiológica de la planta, cesa la acumulación de sustancias nobles en el grano, pues a partir de este momento perderá solo humedad. El momento óptimo de cosecha es cuando el contenido de humedad del grano es de 25 % como mínimo y un máximo de 28 %.

Secado: Manrique (1999), menciona que la humedad excesiva del grano así como las altas temperaturas favorecen el desarrollo de enfermedades fungosas o pudriciones que atacan tanto al grano como a la tusa; por lo que se recomienda efectuar un rápido secado, utilizando la energía solar o aire forzado, esto con la finalidad de preservar la pigmentación oscura de este tipo de maíz que viene a ser la razón de la comercialización, por tanto es necesario preservar y mantener la pigmentación. Tarimas cubiertas con plásticos para un mejor secado de las mazorcas.

Almacenamiento: Manrique (1988), considera que se efectúa cuando las mazorcas tengan una humedad menor de 14 % para su comercialización y/o almacenamiento. Antes del almacenamiento se debe tomar en consideración en la aplicación de insecticidas para el control de los insectos que atacan el grano, se debe de usar ambientes muy bien ventilados y con baja temperatura de 10 grados centígrados y 60 % de humedad relativa.

1.5.5. Control de plagas

1.5.5.1. Gusano de tierra o gusanos cortadores

Son plagas cosmopolitas, pero la *Copitarsia turbata* es la más frecuente en la sierra del Perú y sus infestaciones adquiere importancia económica cuando se siembra el maíz después de la papa, tomate y otras hortalizas. Los factores que permiten o favorecen a las plagas, son las altas temperaturas, por que acorta el ciclo biológico además de suelos sueltos arenosos que facilitan la movilidad de la larva y no así en suelos arcillosos y duros.

Síntomas. Los daños son de fácil detección en las primeras horas de la mañana, debido a que la actividad de la larva es nocturna, y en el día se encuentra escondido en la superficie del suelo cerca a la plántula.

Control. Recomienda realizar riegos pesados con el fin de ahogar a las larvas, además desinfectar a las semillas a base de Lannate (150 g para 25 kg de semilla). (Manrique, 1999).

1.5.5.2. El cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

En la costa lo encontramos atacando al maíz desde los 10 cm hasta los 50 cm de altura, mientras que en los valles interandinos de la sierra constituyen plagas importantes, alcanzando infestaciones económicas hasta los 3200 msnm El cogollero es considerado como plaga más importante del maíz, no sólo por la intensidad de sus daños, sino por la cantidad con que se presenta.

Síntomas. Las larvas pequeñas ocasionan simples raspados en las hojas; pero a partir del tercer estadio mascan y perforan el cogollo acumulando gran cantidad de excrementos, de tal manera que cuando los cartuchos se despliegan aparecen con una serie de agujeros irregulares y con comeduras en los bordes.

Control. Refieren como límite de infestación para efectuar una aplicación cuando existen un 20 % de plantas dañadas. En la fase inicial de crecimiento de la planta se puede realizar aplicaciones de Driptrex PM. 80 % al 0.2 % en plantas con cogollo bien formado y con ataque fuerte de la plaga se puede aplicar granulado de Driptrex y Sevin. (Manrique, 1999).

1.5.5.3. El mazorquero (*Heliothis zea*).

Esta plaga ocasiona daño en la costa además de infestaciones en algunas zonas de la sierra como el Callejón de Huaylas, Ayacucho y Cajamarca alcanzan niveles de hasta 100 %, imposibilitando la comercialización del choclo y producción del grano.

Síntomas. Las larvas inicialmente se alimentan de los pistilos frescos dirigiéndose luego a la punta de la mazorca, donde se alimenta de los granos lechosos. Al completar su desarrollo larval, esta abandonan la mazorca perforando las brácteas y dejando un agujero que sirven de entrada a moscas, coleópteros y hongos secundarios que pudren por completo la mazorca.

Control. Es importante el uso de variedades precoces a fin de acortar la exposición de pistilos frescos para la oviposición y ataque de la plaga. El control químico es relativo y requiere de varias aplicaciones para tener éxito; en la sierra es antieconómica, sin embargo se puede hacer aplicaciones tropicales con productos químicos o caseros a base de 3 gotas de aceite de consumo. (Manrique, 1999).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LUGAR DE INVESTIGACIÓN

2.1.1. Localización y ubicación

El trabajo de investigación se realizó en la zona de Cangari, cuya ubicación geográfica de la parcela demostrativa se muestran en el **Cuadro 2.1.** y **Figura 2.1.**

Cuadro 2.1. Ubicación geográfica de la zona de investigación.

Zona	Distrito	Provincia	Departamento	UTM		Altitud (msnm)
				X	Y	
Cangari	Iguain	Huanta	Ayacucho	578033	8563309	2,348

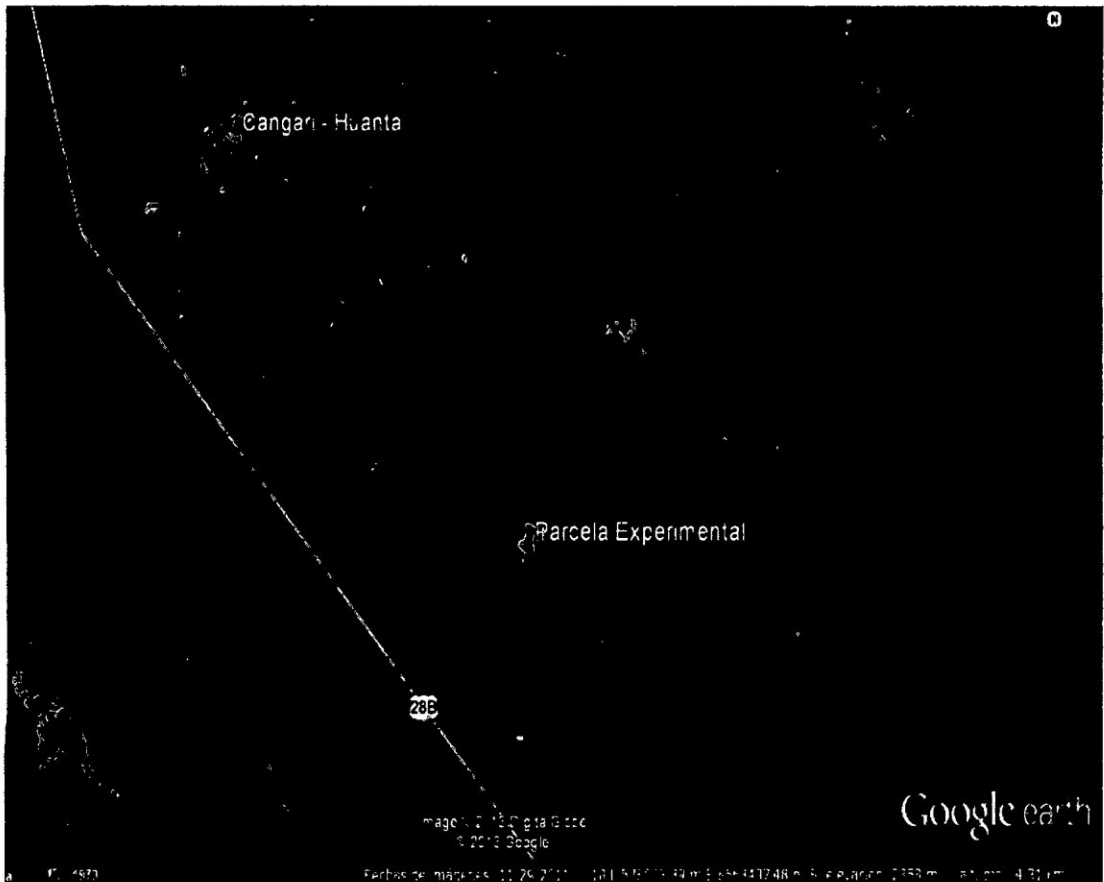


Figura 2.1. Ubicación de la parcela demostrativa.

2.1.2. Vías de acceso

La parcela de investigación se comunica con la provincia de Huanta, mediante una trocha carrozable de aproximadamente 10.0 Km. de longitud, con un tiempo aproximado de 45 minutos hasta la parcela demostrativa.

2.2. CLIMA Y CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO

El valle interandino de Huanta, donde se ubica la parcela del experimento pertenece a la zona de vida Bosque Seco Montano Bajo Sub Tropical (L. R. Holdridge). Donde la temperatura oscila, entre una mínima de 4.5°C, con

máximas de 24°C, el promedio es de 17.5°C; el período de lluvias comprende los meses de octubre a abril, con un promedio de 580 mm.

Los suelos son de textura arcillo-arenoso, con algunas áreas con presencia de piedras como modificadores texturales; de pendiente ligeramente inclinadas a llanas.

2.3. ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DEL SUELO

Para el análisis físico-químico, se tomaron muestras a una profundidad aproximada de 20 cm, esta labor se realizó con la ayuda de una pala recta; se tomaron muestras en zig zag, tratando de cubrir la mayor área posible del terreno, luego de ello todas las muestras extraídas fueron mezcladas homogéneamente y realizando el cuarteo para formar la llamada muestra compuesta de 1.0 kg; que fue analizado en el Laboratorio de Análisis de Suelos, Plantas, Aguas y Fertilizantes AGROLAB de Ayacucho, cuyos resultados se muestran en el **Cuadro 2.2**.

Cuadro 2.2. Análisis de Caracterización del Suelo de Cangari.

Características	Resultados		Interpretación
	Contenido	Método	
Análisis Mecánico			
Arena (%)	53.60	Bouyoucos	Franco Arcillo Arenoso
Limo (%)	20.60	Bouyoucos	
Arcilla (%)	25.80	Bouyoucos	
Análisis Químico			
pH (1:2.5)	8.70	Potenciómetro	Fuertemente
C.E. (dS.m ⁻¹)	0.15	Conductímetro	Alcalino
Nt (%)	0.10	Semi micro Kjeldahl	Muy ligeramente salino
MO (%)	2.04	Walkley Black	Alto
P (ppm)	8.90	Olsen Modificado	Bajo
K (ppm)	189	Abs. Atómica	Bajo
CIC	18.46	Destilación	Medio
CO ₃ ⁻	9.07	Volumétrica	Alto
CATIONES CAMBIABLES (Cmol (+).Kg ⁻¹)			
Ca ⁺⁺	14.03	Abs. Atómica	
Mg ⁺⁺	3.51	Abs. Atómica	
K ⁺⁺	0.81	Abs. Atómica	
Na ⁺⁺	0.11	Abs. Atómica	
Al ³⁺ + H ⁺	0.00	Yuan	

Fuente: Multiservicios "AGROLAB".

De los resultados mostrados en el cuadro 2.2, Ibañez y Aguiere (1983), refieren que se trata de un suelo ligeramente alcalino, bajo en N-total, materia orgánica y P-disponible; medio en K-disponible y de textura franco arcillo arenoso.

2.4. MATERIAL GENÉTICO

El material genético empleado es el Maíz morado (*Zea mays*), procedente de Canta-Huaral, del productor semillero Manrique S.R.L. Cuyo lote cuenta con las características que se detallan en el **Cuadro 2.3**.

Cuadro 2.3. Características de lote de semillas utilizadas en la investigación.

Características del material genético	
Certificado de análisis	20213-2010-AG-SENASA-OCDP-UCDSV
Permiso de comerciante	028-2008-00001-AG-SENASA
% de Pureza	98%
% de Germinación	92%
Lote	JM0011
Tratamiento pesticida	Vitavax + Actellic

2.5. TRATAMIENTOS Y DISTRIBUCIÓN EN CAMPO

Los tratamientos considerados fueron la incorporación simultanea de roca fosfórica (RF) y flor de azufre (FS) en tres proporciones a los que se adiciono estiércol de ovino (EO). Además de otros como el testigo absoluto, fertilización química, tan solo estiércol de ovino, o las combinaciones de

ambos, haciendo un total de 8 con 3 repeticiones, los que se detallan en el **Cuadro 2.4.**

Cuadro 2.4. Descripción de los tratamientos y sus respectivas dosis.

Tratamientos	Código	Detalle
T ₁	1:1 + EO	1 Kg RF:1Kg FS + 4 Kg EO + NK
T ₂	2:1 + EO	1 Kg RF:0.500 Kg FS + 4 Kg EO + NK
T ₃	3:1 + EO	1 Kg RF:0.333 Kg FS + 4 Kg EO + NK
T ₄	EO + NPK	4 Kg EO + NPK
T ₅	EO	4 Kg EO
T ₆	T	Testigo
T ₇	FS + NPK	1 Kg FS + NPK
T ₈	NPK	NPK

La distribución de los tratamientos en el campo experimental se representa en el **Gráfico 2.1.** y el croquis de la unidad experimental se detalla en el **Gráfico 2.2.**

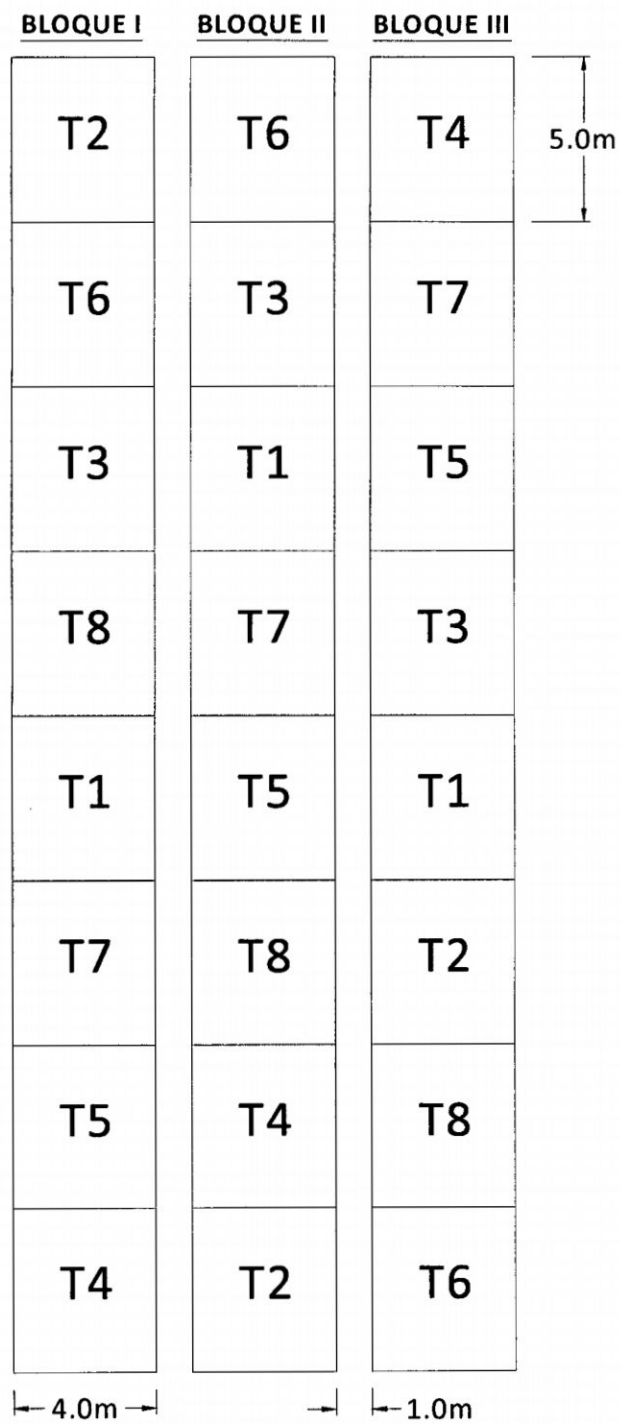


Gráfico 2.1. Croquis del campo experimental.

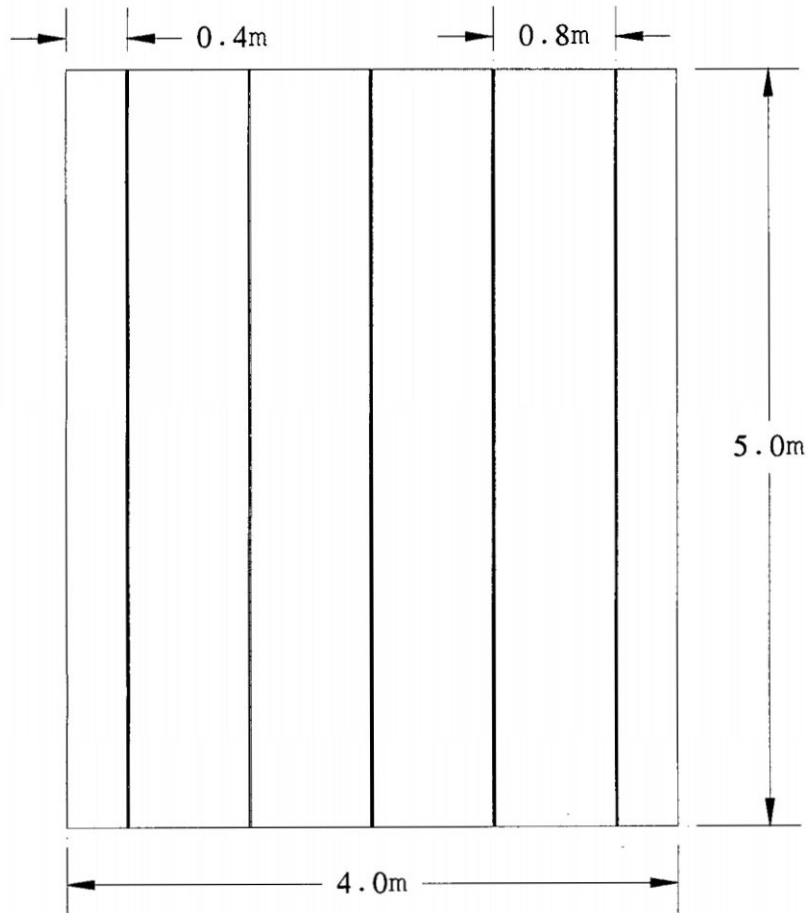


Gráfico 2.2. Croquis de la unidad experimental.

2.6. DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La investigación se efectuó empleando el Diseño de Bloques Completos Randomizados (DBCR) con ocho tratamientos y tres repeticiones; haciendo en total 24 unidades experimentales. Con la información recopilada se realizó el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de Tukey (0.05).

El modelo aditivo lineal es:

$$X_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

X_{ij} : Variable aleatoria que representa la observación cualquiera del i -ésimo y j -ésimo bloque.

μ : Promedio de las unidades experimentales.

τ_i : Es el efecto del i -ésimo tratamiento.

β_j : Es el efecto del j -ésimo bloque.

ϵ_{ij} : Es el error experimental.

2.7. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

Parcela experimental

- Largo : 5.0 m.
- Ancho : 4.0 m.
- Área : 20.0 m².
- Distancia entre surcos : 0.8 m.
- Distancia entre golpes : 0.5 m.
- Número de surcos : 5
- Número de golpes por surco : 10
- Número de semillas por golpe : 3
- Número de parcelas : 24

Bloques

- Largo : 47.0 m.
- Ancho : 5.0 m.
- Área : 235.0 m².
- Número de bloques : 3
- Número de parcelas por bloque : 8

Área total del experimento

- Largo : 47.0 m.
- Ancho : 14.0 m.
- Área total : 658.0 m².
- Área efectiva : 480.0 m².
- Área de las calles : 178.0 m².

2.8. VARIABLES EVALUADAS

- a. Reacción del suelo (pH) al final del periodo vegetativo.
- b. Contenido de P-disponible al final del periodo vegetativo.
- c. Rendimiento de maíz (t.ha⁻¹), así como longitud (cm) y peso (g) de mazorcas.

2.9. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

- a. **Muestreo de suelo:** Se realizó el 05 de noviembre del 2011, considerando todo el protocolo de muestreo; habiéndose obtenido una muestra compuesta que fue llevada al laboratorio "AGROLAB" para el análisis correspondiente en la localidad de Ayacucho.
- b. **Preparación del terreno:** Esta labor se realizó el 07 de noviembre del 2011, empleando para ello tracción mecánica a fin de voltear la tierra, posteriormente el desmenuzado y mullido con tracción animal; finalmente se niveló el terreno de forma manual. **Ver Anexo 7.a.**

c. Distribución de bloques: La distribución de bloques experimentales se realizó el 12 de Noviembre del 2011, considerando el croquis del experimento (**Gráfico 2.1**); habiéndose demarcado cada una de las unidades experimentales correspondientes a los tratamientos en estudio, respetando los distanciamientos de calles, unidades experimentales y bloques, tal y como se observa en el **Gráfico 2.2**.

d. Surcado e incubación: Se realizó el surcado tomando una distancia de 0.8 m entre surcos y una profundidad aproximada de 15 a 20 cm. Posteriormente se realizó la incubación de roca fosfórica (RF) con flor de azufre (FS) y estiércol de ovino (EO); para los tratamientos T₁, T₂ y T₃ ubicándose al fondo del surco ambos compuestos para luego cubrir con el estiércol de ovino; En el caso del T₇ (solo FS) consistió en distribuir la flor de azufre más estiércol de ovino al fondo del surco. Finalmente en todos los casos se cubrió con un poco de tierra y se realizó un riego ligero hasta la fecha de siembra (tiempo de incubación 15 días). **Ver Anexo 7.b.**

e. Siembra y Abonamiento: La siembra se realizó el 27 de noviembre del 2011, con semillas seleccionadas, las que fueron colocadas en golpes (03 semillas/golpe) a un distanciamiento de 0.5 m entre golpes y a una profundidad aproximada de 5 cm. El abonamiento sintético se realizó el mismo día de la siembra, habiéndose empleado urea (45% N), fosfato diamónico (46% P₂O₅ y 18%N) y cloruro de potasio (60%K₂O) con una fórmula 190-140-60 de NPK. Los abonos se

aplicaron al fondo del surco y entre golpes para luego cubrirlo con una capa de tierra, finalmente se aplicó un riego ligero. La fertilización nitrogenada fue fraccionada ($\frac{1}{2}$ en la siembra y $\frac{1}{2}$ en el aporque). **Ver Anexo 7.c.**

f. Deshierbo: El primer deshierbo se realizó el 08 de diciembre del 2012 y el segundo fue al mismo tiempo de realizar el primer aporque; habiéndose realizado también la limpieza de las calles y de los canales de riego.

g. Aplicación de insecticida: Se aplicó el insecticida TIFON (Clorpirifos) a fin de prevenir el ataque del cogollero (*Spodoptera frugiperda*) y coleópteros (*Diabrotica decolor*) frecuentes en la zona. Las aplicaciones del insecticida se realizaron el 13 de diciembre del 2011 en dos dosis: 30 ml/mochila/15 litros y 20 ml/mochila/12 litros y una segunda dosis el 15 de enero del 2012 en dos dosis: 40 ml/mochila/15 litros y 20 ml/mochila/7.5 litros más adherente (WETTEX). **Ver Anexo 7.d.**

h. Aporque y abonamiento ($\frac{1}{2}$ N): Se realizó el 27 de diciembre del 2011, cuando las plantas alcanzaron una altura aproximada de 20 cm, simultáneamente se realizó el segundo abonamiento nitrogenado (urea 45%N). **Ver Anexo 7.e.**

i. Riegos: Los riegos se realizaron durante la etapa inicial y durante el crecimiento y desarrollo del cultivo, con una frecuencia de 2 semanas o

cuando el cultivo lo requería; siendo el primer riego el 04 de enero del 2012. Se tuvieron mayores cuidados durante la floración y el llenado de los granos, ya que en estas etapas el cultivo demanda mayor volumen de agua.

- j. **Cosecha y evaluación:** La cosecha se realizó el 13 de mayo del 2012, etapa de madurez fisiológica, habiéndose obtenido el peso total por tratamiento, empleándose una balanza; posteriormente se evaluó el peso y longitud de las mazorcas, tomando para ello 20 mazorcas al azar; así como se tomaron muestras de suelo para evaluar el pH y P disponible del suelo, tomándose muestras en la zona de aplicación tanto de la flor de azufre como de la roca fosfórica. **Ver Anexo 7.f.**

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DE LA REACCIÓN DEL SUELO

El análisis de variancia del Cuadro 3.1, nos muestra una diferencia altamente significativa en la fuente de variabilidad de los tratamientos, que indica que por lo menos hay un tratamiento que se diferencia de los otros; y en razón a ello se realiza la prueba de Tukey.

El coeficiente de variación nos indica que el experimento ha sido conducido bajo condiciones de variabilidad aceptables.

Cuadro 3.1. Análisis de variancia del pH.

FDV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	2	0.11	0.05	0.99 NS	3.74	6.51
Tratamiento	7	7.01	1.00	18.08 **	2.76	4.28
Error	14	0.78	0.06			
Total	23	7.89				

CV = 3.01%

La prueba de Tukey (0.05) mostrado en el Cuadro 3.2, indica que con la aplicación de solamente fertilización química (NPK) el pH se mantiene invariable, es decir fuertemente alcalino (8.45), ocupando así el primer lugar, sin diferenciarse estadísticamente de los tratamientos que recibieron solo estiércol (T₅), el testigo absoluto (T₆) e inclusive del que recibió la menor dosis de flor de azufre junto a la roca fosfórica con las que se obtuvieron pH de 8.41, 8.40 y 8.01 respectivamente. Cabe mencionar que el pH es una característica cuyos efectos sobre las otras características del suelo, resultan de mucha sensibilidad e importancia; sin embargo muchas escalas no reflejan aquello, y en este caso en particular, se observa que son estadísticamente iguales, no obstante sus efectos de 8.01 respecto a 8.45 pueden ser marcadamente diferentes en cuanto a la influencia sobre la solubilidad principalmente.

De otro lado este grupo de tratamientos, todos ellos poseen un pH inferior al inicial (pH 8.7) lo que implica que el maíz influye a través de sus raíces sobre la reacción. Las raíces al desarrollar modifican su entorno, producto de

la excreción de sustancias orgánicas acidas, así como también protones producto del desbalance catión/anión al momento de la absorción de nutrientes tal como refieren autores como Tomas y Renty. Al respecto García y Cerda (2014) también encuentran que la aplicación de flor de azufre en dosis de 3.2 kg/árbol junto a estiércol en plantaciones de naranjo permite disminuir el pH de suelo alcalino durante un periodo de 14 meses desde su incorporación.

Por su parte Brady (1990) menciona que al aplicar la flor de azufre al suelo, está sujeta a la oxidación microbiana, llegándose a transformar en sulfato, este hecho tiene sus implicancias en la disminución de pH, siendo los microorganismos de la especie *Thiobacillus thiooxidans*, los responsables de dicha oxidación. Cabe mencionar que la eficiencia en la disminución del pH se ve favorecida por la finura de la flor de azufre y el contenido de humedad del suelo, en vista que el proceso de oxidación se desarrolla fundamentalmente por la actividad de los microorganismos. Resultados similares fueron obtenidos por García y Cerda (2014) al aplicar 3.2 Kg de FS + E cuy a plantas de naranjo en suelo alcalino.

Un segundo grupo de tratamientos en la prueba de Tukey (0.05), está constituido por aquellos que recibieron mayor dosis de roca fosfórica: flor de azufre más estiércol de ovino y los que recibieron NPK con estiércol de ovino o tan solo flor de azufre. En todos ellos se observa que el pH ha disminuido más, respecto del grupo anterior y que en orden de importancia en su efecto reductor de la reacción se tiene:

T₁ (1:1 + EO) > T₇ (FS + NPK) > T₄ (EO + NPK) > T₂ (2:1 + EO), con pH de 6.91; 7.33; 7.52 y 7.59, respectivamente.

El Gráfico 3.1, muestra la tendencia de la reacción del suelo con la aplicación de las tres proporciones de RF:FS + EO, donde la relación de 1:1 + EO permite disminuir más el pH.

Al respecto Horowitz y Meurer (2007) afirman que la oxidación implica el pasaje de S⁰ a SO₄⁻² a través de una reacción fuertemente ácida, con liberación de ácido sulfúrico. Esta es la reacción que se aprovecha cuando se utiliza azufre elemental para corregir la alcalinidad de los suelos. Los grupos de organismos que participan en la oxidación son: Quimiautotróficos (bacterias del género *Thiobacillus*), Fotoautotrófos y Heterótrofos (un amplio espectro de bacterias y hongos). Los primeros dos grupos son los responsables de la reducción de compuestos reducidos de S en suelos bien drenados. La oxidación del azufre elemental es la resultante de la interacción de varios factores relacionados con el ambiente edáfico y también del tipo de fuente de azufre elemental utilizada.

Cuadro 3.2. Prueba de Tukey 0.05; para la reacción del suelo.

Tratamiento	Descripción	Promedio	ALS(t)
T ₈	NPK	8.45	a
T ₅	EO	8.41	a b
T ₆	T	8.40	a b c
T ₃	3 RF: 1 FS + EO	8.01	a b c d
T ₂	2 RF: 1 FS + EO	7.59	d e
T ₄	EO + NPK	7.52	d e f
T ₇	FS + NPK	7.33	e f g
T ₁	1 RF: 1 FS + EO	6.91	f g

Algunos trabajos de investigación respaldan los resultados obtenidos en el presente trabajo así Fassbender y Bornemisza (1987) mencionan que el azufre elemental, o flor de azufre, se utiliza para disminuir el pH de los suelos alcalinos, ya que al oxidarse y reaccionar con el agua, forma el ácido sulfúrico. El efecto acidificante de la oxidación del azufre baja el pH del suelo, siendo por lo tanto en suelos alcalinos una reacción conveniente.

Tabatabai (2005) menciona que el azufre elemental presenta un funcionamiento en el sistema suelo-cultivo bastante diferente a las fuentes sulfatadas solubles, incidiendo marcadamente en su manejo tecnológico.

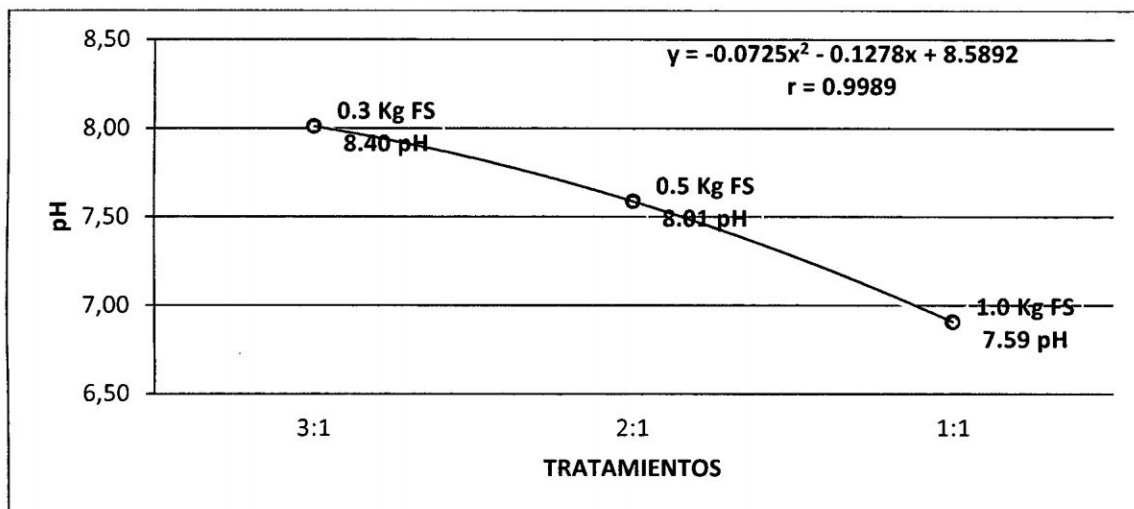


Gráfico 3.1. Tendencia del pH del suelo, con la aplicación de proporciones de RF:FS + EO.

Lazovich; Costa y Codz (1995) al experimentar tres dosis de azufre (100, 200 y 300%) en suelos de Argentina, encontraron que el pH final fue menor con la mayor dosis (300%) alcanzando un pH de 5.2; siendo mas bajo que el testigo (6.9).

Marcano et al, (2002) estudiando el efecto de diferentes dosis de azufre elemental (S°) sobre el pH y la solubilidad de algunos nutrimentos en fosfocomposts elaborados con 1 kg de bora (*Eichhomia crassipes*), 800 g de estiércol de ganado bovino, 200 g de roca fosfórica (RF) y 5 g de suelo sulfato ácido, utilizando como inoculante bacterias *Thiobacillus sp.* Encontró que los porcentajes totales de P y Ca fueron mayores en los fosfocomposts, mientras que las concentraciones de N, K, Mg, Fe, Cu, Mn y Zn fueron mayores en el control (p<0.001). Los menores pH se encontraron en fosfocomposts con mayor S°. El pH se correlacionó con la concentración de SO₄⁻² (p<0.001). Altos contenidos de Ca soluble en alto S° reflejaron mayor disolución de la RF; sin embargo, el P disponible disminuyo en

fosfocomposts con pH ácidos, posiblemente por su fijación de Fe y baja descomposición de materia orgánica.

3.2. DEL CONTENIDO DEL FÓSFORO

El análisis de variancia del Cuadro 3.3, muestra una diferencia altamente significativa en la fuente de variabilidad de los tratamientos, lo cual indica que por lo menos hay un tratamiento que se diferencia de los otros; y en razón a ello se realiza la prueba de Tukey.

El coeficiente de variación indica que el experimento ha sido conducido bajo condiciones de homogeneidad aceptables.

Cuadro 3.3. Análisis de variancia del fósforo disponible.

FDV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	2	39.25	19.62	0.80 NS	3.74	6.51
Tratamiento	7	11670.03	1667.15	67.92 **	2.76	4.28
Error	14	343.64	24.55			
Total	23	12052.92				

CV = 15.06%

La prueba de significación Tukey (Cuadro 3.4), muestra que existe mayor P-disponible (63.84 ppm) en el tratamiento 1 RF: 1 FS + EO, sin diferenciarse estadísticamente del tratamiento FS + NPK (58.43 ppm) y del tratamiento EO + NPK (55.30 ppm) que recibieron fertilización química más flor de azufre y estiércol de ovino respectivamente. El hecho de que el pH del

primer tratamiento haya disminuido hasta 6.91 probablemente influyó en la solubilidad de la roca fosfórica y fosfatos nativos, que permitió niveles comparables a los fosfatos químicamente solubles como el fosfato diamónico (FDA) empleados en los tratamientos T₇ y T₄, que inclusive numéricamente son ligeramente menores al de la roca fosfórica, que al igual que en el caso anterior es el pH quien está gobernando no solo la solubilidad y disponibilidad como también las reacciones de precipitación y fijación de los fosfatos en suelos alcalinos. Cabe indicar que en los 3 casos son bastante superiores a los fosfatos iniciales (8.9 ppm); con pH de suelo alcalino de 8.7 que no favorece a la liberación del fósforo.

Respecto a lo obtenido, Undurraga (2003) menciona que el óptimo rango de pH del suelo dentro del cual se observa la máxima disponibilidad de fósforo se encuentra entre 6,5 y 7,5. Las causas de este comportamiento se asocian fundamentalmente a que en este rango ocurre la máxima solubilidad de las formas de fósforo inorgánico del suelo. Así, en rangos de pH ácido hasta 6,5, se reduce la solubilidad de fosfatos de hierro y aluminio y aumenta la solubilidad de las formas ligadas al calcio. Pasado cierto nivel de pH alcalino (sobre 7,5) comienza a precipitar ciertas formas de fosfatos de calcio y nuevamente se reduce la disponibilidad del fósforo.

Cuadro 3.4. Prueba de Tukey 0.05, para la disponibilidad del P.

Tratamiento	Descripción	Promedio	ALS(t)
T ₁	1 RF: 1 FS + EO	63.84	a
T ₇	FS + NPK	58.43	a b
T ₄	EO + NPK	55.30	a b
T ₂	2 RF: 1 FS + EO	30.68	c
T ₈	NPK	28.77	c
T ₅	EO	9.41	d
T ₃	3 RF : 1 FS + EO	8.79	d e
T ₆	T	7.91	d e

Un segundo grupo de tratamientos sin diferenciarse entre sí, es el T₂ (2:1 +EO) y T₈ (NPK) con 30.68 y 28.77 ppm de fósforo respectivamente; donde el pH es de 7.59 en el primer caso (T₂) y 8.45 en el segundo (T₈), naturalmente la presencia de flor de azufre aun cuando fuera en menor proporción respecto al más alto, continua influyendo en el pH y en la solubilidad de roca fosfórica más fosfatos nativos ligados al calcio que permiten ser iguales al fósforo químicamente soluble (FDA), cuya solubilidad ha disminuido y probablemente continúe haciéndolo en razón a que el pH alcalino (8.45) contribuye a la reacción del fósforo con el calcio y en la superficie de los carbonatos haciéndola cada vez menos disponible. Comparando este último (NPK) con el tratamiento (NPK + EO) se observa además que el uso de estiércol de ovino hace que las raíces sean más activas, que permitieron no solo liberar componentes que influyó en el pH (7.52) en la solubilidad del fósforo (55.30 ppm), sino también en los otros

nutrientes como Fe, Mn, B, etc., que se traduce en mayor rendimiento, tal como se verá más adelante.

Un tercer grupo está constituido por los tratamientos que no recibieron abono químico soluble, sino RF:FS en una proporción menor de flor de azufre más estiércol de ovino (T₃), tan solo EO (T₅) y el testigo absoluto (T₆) en quienes el P-disponible son los más bajos, fluctuando desde 9.41 a 7.91 ppm donde el pH también es alto. Se observa que al aplicar un tercio de FS junto a RF no influye mucho ni el pH (8.01) ni en el P-disponible (8.79 ppm) donde inclusive es menor respecto de cuando se aplica solo EO. En este caso la RF al estar en mayor proporción o al ser 3 veces a la FS; estará influyendo también en el pH tal como refiere Hammond (1979) que las RF influyen en el pH del suelo provocando un ligero aumento de 0.2 a 0.4 unidades de pH dependiendo de la tasa de adición y la reactividad de RF.

De este modo los suelos con altos contenidos de carbonatos y pH alto (7.8 – 8.5) pueden requerir fertilización adicional de fósforo para compensar la alta retención de nutrientes (Anderson, 1995).

En el Gráfico 3.2, se observa que las dosis crecientes de flor de azufre influenciaron claramente en los niveles de P-disponible, así el tratamiento T₁ donde se aplicó la mayor proporción de flor de azufre es en donde se obtiene un mayor nivel de P-disponible (63.84 ppm) y decreciendo gradualmente en los tratamientos 2 RF: 1 FS, hasta llegar a un nivel de 8.79 ppm en el tratamiento 3 RF: 1 FS, el cual resulta ligeramente mayor al testigo (7.91 ppm).

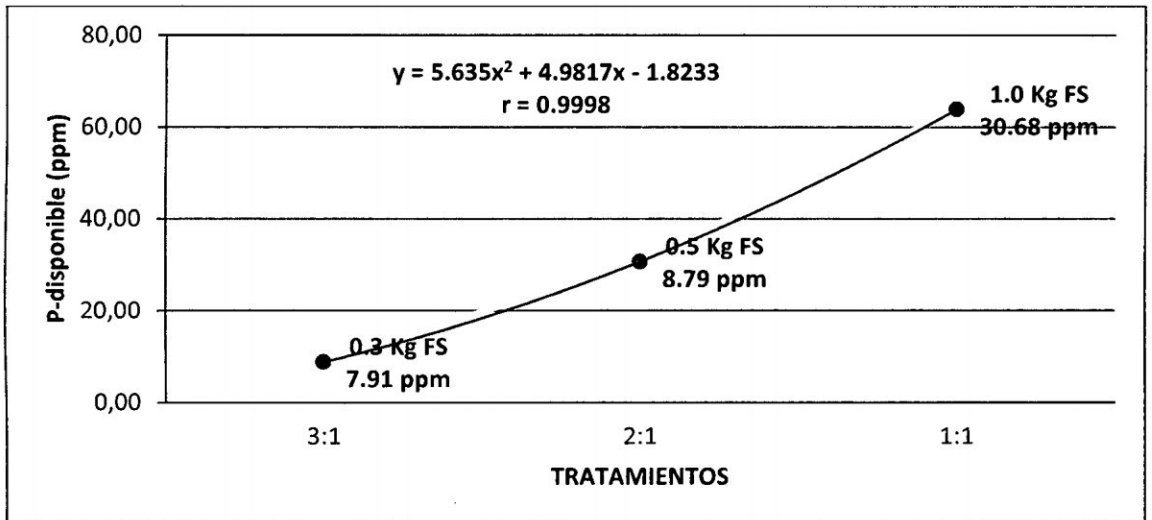


Gráfico 3.2. Tendencia del P-disponible del suelo, con la aplicación de proporciones de RF:FS + EO.

En el Gráfico 3.3, interacción del pH y el P-disponible entre los tratamientos en estudio y el testigo; se observó claramente que a un menor pH del suelo el nivel del P-disponible se incrementa grandemente en comparación del tratamiento testigo, el cual muestra un pH y nivel de P-disponible muy similar a los valores iniciales del suelo en estudio. Los tratamientos T₁ y T₂ son los que tienen un pH que se encuentra dentro del rango óptimo (6.5 – 7.5) donde ocurre la máxima solubilidad de las formas de fósforo inorgánico del suelo, por tal motivo que estos tratamientos reportaron niveles muy altos de P-disponible; los tratamientos T₃ y T₆ expresan un pH por encima de este rango, por ello que sus niveles de P-disponible difieren grandemente de los dos primeros.

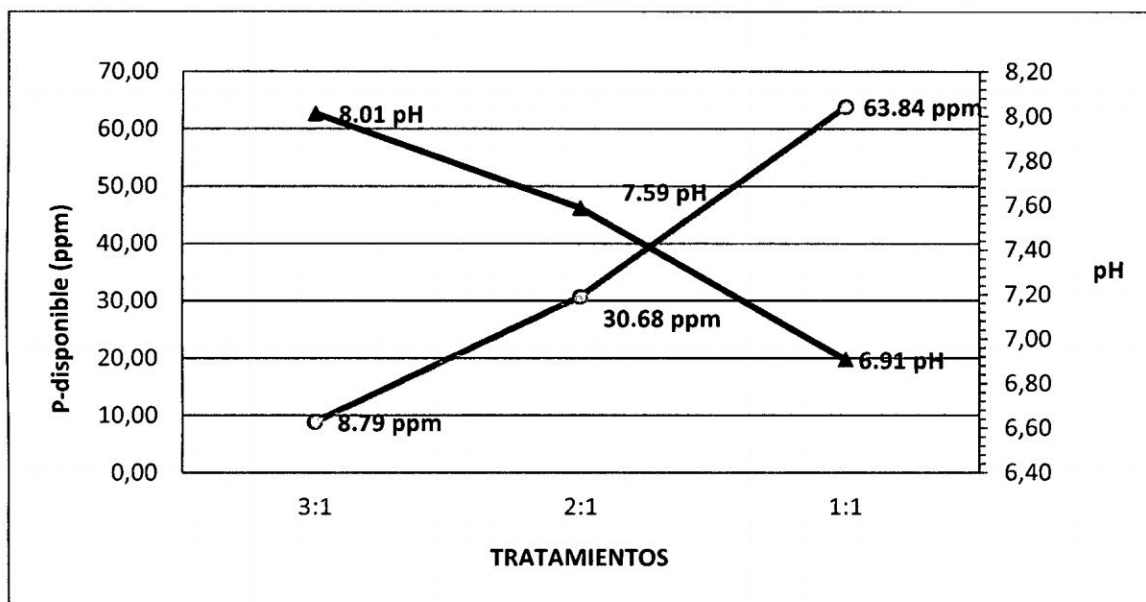


Gráfico 3.3. Interacción pH y P-disponible.

3.3. DE LAS VARIABLES DE PRODUCTIVIDAD.

3.3.1. Longitud de mazorca (cm)

El análisis de variancia (Cuadro 3.5) muestra una alta diferencia estadística en la fuente de variabilidad de los tratamientos, lo cual indica que por lo menos hay un tratamiento que se diferencia de los demás.

Cuadro 3.5. Análisis de variancia de la longitud de mazorca.

FDV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	2	1.09	0.54	1.66 NS	3.74	6.51
Tratamiento	7	61.04	8.72	26.65 **	2.76	4.28
Error	14	4.58	0.33			
Total	23	66.71				

CV = 3.44 %

De la prueba de Tukey (0.05) que se muestra en el Gráfico 3.4, se tiene que los tratamientos T₁, T₂ y T₃, quienes recibieron RF incubada en FS y estiércol de ovino permitieron la mayor longitud de mazorca ocupando los primeros lugares con longitudes fluctuantes entre 17.60 a 18.05 cm; siendo estadísticamente iguales a aquellos que recibieron fertilización química NPK o mezcladas con FS o estiércol de ovino (EO). Todos ellos se diferencian de los tratamientos testigo y el que recibió tan solo EO con los cuales se obtuvieron mazorcas de 13.54 y 14.33 cm respectivamente.

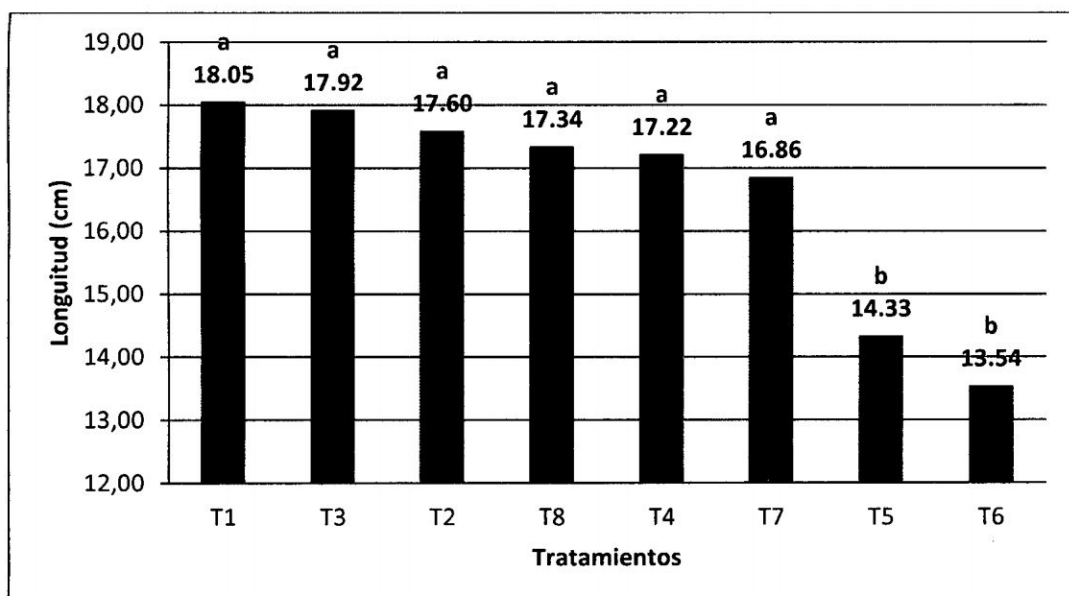


Gráfico 3.4. Prueba de Tukey (0.05), de la longitud de mazorca.

Los resultados obtenidos de longitud de mazorca resultan siendo mejores a las obtenidas por Mondalgo (2004), quien evaluó tres fórmulas de abonamiento NPK y dos densidades de siembra en maíz morado (*Zea mays* l) en Canaán a 2750 msnm, y obteniendo una longitud promedio de 14.57 cm.

De manera similar Solid OPD (2007) reportan que la longitud máxima de las mazorcas es de 20 cm y una mínima promedio de 12 cm; siendo considerando además a las mazorcas cuya longitud supera los 15 cm como aquellos de primera calidad.

3.3.2. Peso de mazorca (g)

El análisis de variancia del peso de mazorcas del Cuadro 3.7, muestra alta diferencia estadística entre los tratamientos, lo cual indica que por lo menos hay un tratamiento que se diferencia de los demás.

Cuadro 3.6. Análisis de variancia del peso de mazorca.

FDV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	2	208.90	104.45	0.30 NS	3.74	6.51
Tratamiento	7	41915.20	5987.89	17.13 **	2.76	4.28
Error	14	4894.77	349.63			
Total	23	47018.86				

CV = 8.24%

En el Gráfico 3.5, podemos observar que los tratamientos que recibieron FS:RF + EO son los que ocupan los primeros lugares con pesos promedios desde 251.58 – 263.42 g/mazorca, sin diferenciarse de aquellos que recibieron fertilización química, quien en el grupo poseen ligeramente menor peso (234.42 – 250.92 g/mazorca); todos ellos son estadísticamente diferentes al testigo (148.67 g/mazorca) así como del que recibió EO con 163.25 g/mazorca.

Este efecto podría atribuirse a la presencia de FS que al oxidarse, además de favorecer a la nutrición mineral con este elemento, también contribuye con la disminución del pH del suelo, lo que en suelo alcalino de pH (8.9) resulta beneficioso porque estamos permitiendo que algunos micro elementos también resulten más solubles; favoreciendo en general como en este caso, al aumento del peso de las mazorcas.

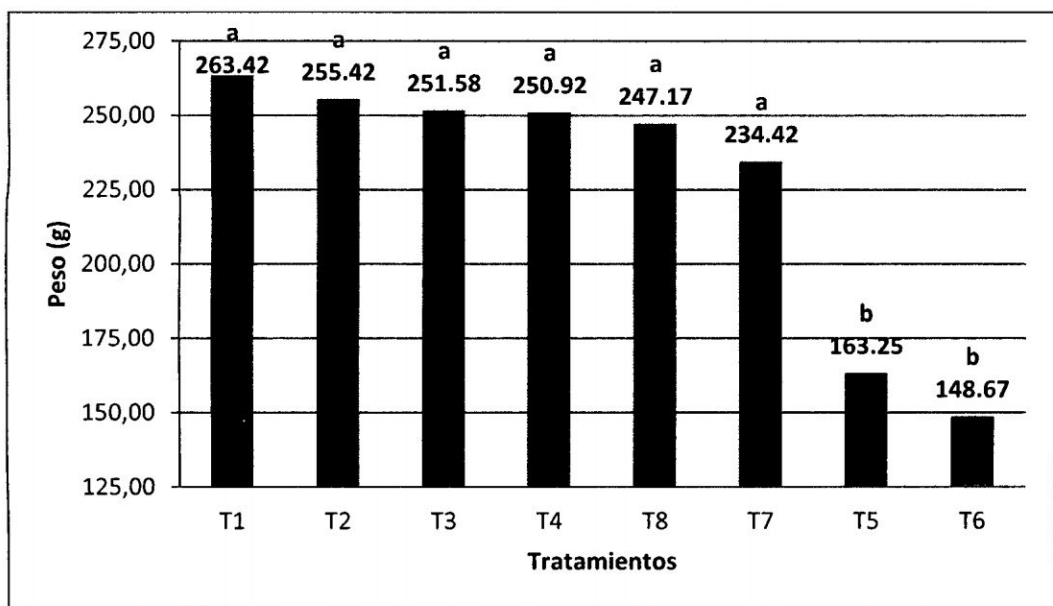


Gráfico 3.5. Prueba de Tukey (0.05), del peso de mazorca.

Trabajos similares al nuestro fueron reportados en Arequipa por Quispe et al (2011), quienes refieren que en el cultivar Canta las mazorcas alcanzaron pesos de 256 g, el cual comparativamente resulta ligeramente menor.

3.3.3. Rendimiento ($t \cdot ha^{-1}$)

El análisis de variancia (Cuadro 3.7), muestra que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos.

Cuadro 3.7. Análisis de variancia del rendimiento.

FDV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Bloque	2	1.34	0.67	2.70 NS	3.74	6.51
Tratamiento	7	239.91	34.27	138.37 **	2.76	4.28
Error	14	3.47	0.25			
Total	23	244.71				

CV = 3.39%

De la prueba de Tukey (0.05) en el Gráfico 3.6., se obtiene que el tratamiento con mayor rendimiento es con el aporte de NPK más estiércol de ovino con 17.73 t.ha⁻¹, sin diferenciarse estadísticamente del T₂ (2:1 + EO) con 17.46 t.ha⁻¹, es decir que el aporte de RF incubada con una fuente acidificante como la FS en presencia de EO en una proporción de 2:1 podría reemplazar a una fuente soluble de fósforo como el FDA; de este modo constituiría una alternativa de fuente natural de fósforo en suelo alcalino y en una agricultura orgánica, que antes no estaba contemplada en vista de su muy baja solubilidad así como la imposibilidad de liberación de fósforo útil en tales condiciones.

Un segundo grupo de tratamientos con menos rendimiento de mazorcas en relación al primero son aquellos que recibieron la proporción de 1:1 + EO (T₁) 16.26 t.ha⁻¹, sin diferenciarse de T₈ con NPK (16.25 t.ha⁻¹), T₃ (3:1 + EO) con 16.17 t.ha⁻¹ y NPK + FS (14.84 t.ha⁻¹).

Finalmente el tercer grupo con menos rendimiento constituido por el testigo (9.46 t.ha⁻¹) y con solo EO con 9.34 t.ha⁻¹.

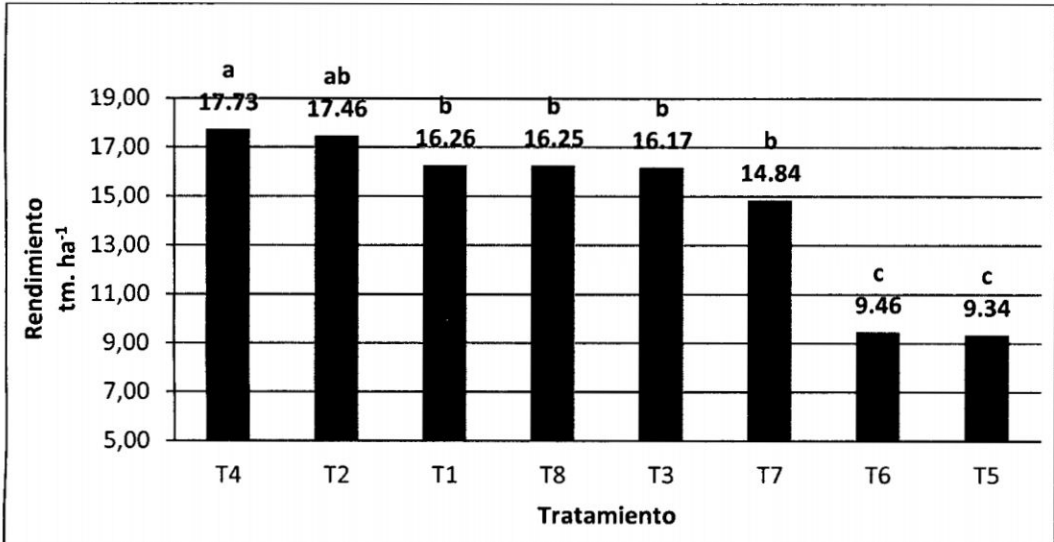


Gráfico 3.6. Prueba de Tukey (0.05), del rendimiento (t.ha⁻¹).

Los resultados obtenidos por Mondalgo (2004) quien evaluó tres fórmulas de abonamiento NPK y dos densidades de siembra en maíz morado (*Zea mays l*) en Canaán a 2750 msnm, y obteniendo un rendimiento de 11.787 t.ha⁻¹ con un % de humedad de 30%.

Huamán (2001) quien obtuvo un rendimiento de 15.31 t.ha⁻¹ tras evaluar la asociación del maíz morado (*Zea mays L.*) con tres líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) en dos momentos de siembra en Canaán, Ayacucho

3.4. MÉRITO ECONÓMICO DE LOS TRATAMIENTOS.

El mérito económico de los rendimientos para cada tratamiento estudiado se presenta en el Cuadro 3.9, los mismos que han sido realizados teniendo en cuenta los costos de producción e ingresos por la venta correspondiente. Se

observa que el tratamiento T₄ (EO + NPK) obtiene la mayor una utilidad neta de S/. 8,313.00 n.s., debido a un mayor rendimiento en la producción de las mazorcas de maíz y un menor costo de producción de S/. 5,867.00 n.s., frente a los tratamientos en estudio (T₁, T₂ y T₃), debido a que en este tratamiento no se emplearon la flor de azufre y la roca fosfórica las cuales incrementaron los costos de producción de estos tratamientos.

En el Gráfico 3.7., se observa que el tratamiento T₈ (NPK) difiere tan solo en S/. 5.00 n.s. del tratamiento T₂ (2:1 + EO), afirmando así que se puede reemplazar el fertilizante sintético fosfatado (fosfato diamónico) por uno orgánico (roca fosfórica incubada con la flor de azufre). Los tratamientos que obtuvieron las utilidades más bajas son el T₆ (testigo) y el T₅ (EO). De los principales tratamientos el T₁ es quien obtuvo la utilidad más baja, debido a que en este tratamiento se empleó la mayor dosis de flor de azufre la cual incremento sus costos de producción y por ende mermó sus utilidades netas.

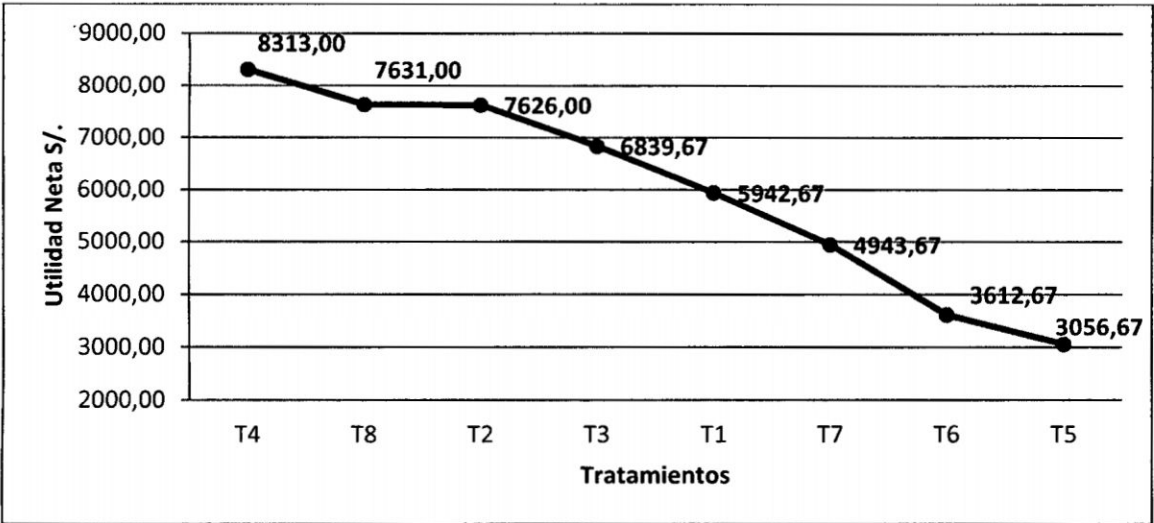


Gráfico 3.7. Utilidad de los tratamientos en estudio.

Cuadro 3.8. Análisis de la rentabilidad de los tratamientos.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO Kg.ha ⁻¹	COSTO POR Kg S/.	VALOR DE PRODUCCIÓN S/.	COSTOS DE PRODUCCIÓN	UTILIDAD NETA S/.	RENTABILIDAD
T1	16258.33	0.8	13,006.67	7,064.00	5,942.67	45.69%
T2	17455.00	0.8	13,964.00	6,338.00	7,626.00	54.61%
T3	16168.33	0.8	12,934.67	6,095.00	6,839.67	52.88%
T4	17725.00	0.8	14,180.00	5,867.00	8,313.00	58.62%
T5	9338.33	0.8	7,470.67	4,414.00	3,056.67	40.92%
T6	9458.33	0.8	7,566.67	3,954.00	3,612.67	47.74%
T7	14843.33	0.8	11,874.67	6,931.00	4,943.67	41.63%
T8	16250.00	0.8	13,000.00	5,369.00	7,631.00	58.70%

IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados en el presente estudio permiten arribar a las siguientes conclusiones:

1. El pH más bajo (6.91) fue obtenido mediante la aplicación de 1 RF: 1 FS + EO, sin diferenciarse estadísticamente de las aplicaciones que recibieron la proporción 2 RF: 1 FS + EO y los que recibieron NPK + EO ó NPK + FS, 7.59, 7.52 y 7.33, respectivamente.
2. El mayor nivel de P-disponible (63.84 ppm) se obtuvo mediante la aplicación de 1 RF: 1 FS + EO, sin diferenciarse estadísticamente de

aquellos a los cuales se aplicaron NPK + FS y NPK + EO, 58.43 y 55.30 ppm, respectivamente.

3. La mejor longitud y peso de mazorca fue obtenido mediante la aplicación de 1 RF: 1 FS + EO (18.05 cm y 263.42 g), sin diferenciarse estadísticamente de las aplicaciones 2 RF: 1 FS + EO, 3 RF: 1 FS + EO y las que recibieron la fertilización NPK
4. El mejor rendimiento fue obtenido por la aplicación de NPK + EO, logrando 17.73 t.ha⁻¹, sin diferenciarse estadísticamente de las aplicaciones 2 RF: 1 FS +EO y 1 RF: 1 FS + EO con quienes se obtuvieron rendimientos de 17.46 y 16.26 t.ha⁻¹, respectivamente.
5. Las mejores utilidades fueron obtenidas por la aplicación de NPK + EO con un margen de utilidad neta de S/. 8,313.00; seguido del T₂ (2 RF: 1 FS + EO) con una utilidad neta de S/. 7,626.00.

4.2. RECOMENDACIONES

1. En suelos alcalinos de similares características a las estudiadas, se recomienda la aplicación de roca fosfórica en combinación con flor de azufre en una proporción 2 RF: 1 FS + EO, con las que se puede disminuir el pH del suelo e incrementar P-disponible.

2. Continuar con las evaluaciones en una segunda campaña agrícola, a fin de determinar el efecto residual de las proporciones en estudio.
3. Realizar este experimento en otros cultivos y otras condiciones climáticas, a fin de mejorar la fertilización, así como emplear sustancias naturales en una agricultura natural.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROSO, R. 1999. La roca fosfórica de trinidad de Guedes: una alternativa en la fertilización de suelos ácidos bajos en fósforo, Camaguey Cuba.
- BARTOLINI, R. 1989. El maíz. Ediciones Mundiprensa. Edición Española. Madrid España.
- BORNEMISZA, E. 1990. Problemas de azufre en suelos y cultivos de Mesoamérica. Edit. De la Universidad de Costa Rica. Primera Edición.
- BRADY, N. y WEIL, R. 1999. The Nature and Properties of Soils. 12th Edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- CHIEN, S. H. 1997. Thermodynamic considerations on the solubility of phosphate rock. Soil sci.
- FASSBENDER, H. y BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos. Con énfasis en suelos de América Latina. IICA San José de Costa Rica. Segunda Edición.
- FRIEDRICH, C. G., ROTHER, D., BARDISCHEWSKY, F., QUENTMEIER, A., FISCHER J. 2001. Oxidation of reduced inorganic sulfur compounds by Bacteria: Emergence of a common mechanism? *Applied and Environmental Microbiology*.
- GARCÍA, G. y CERDA, M. 2014. Niveles de azufre en la reacción de suelo alcalino y rendimiento de naranjo (*Citrus sinensis*) en San Miguel de Mayocc - Churcampa-Huancavelica. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho - Perú.

- HAMMOND, L. L. 1979. Agronomic Measurement of Phosphate Rock Effectiveness, Seminar on Phosphate Rock for Direct Application. A Special Publication IFDC-S1, International Fertilizer Development Center (IFDC), Muscle Shoals, Alabama, EE.UU.
- HAMMOND, LL. y DAY, D. P. 1992. "Phosphate rock standardization and product quality" In: A.T Bachik y A. Bidin., eds. Proceeding of a workshop on phosphate source for acid soils in the humidic tropic of Asia. Kuala Lumpur, Malaysian Society of Soils Science.
- HOROWITZ, N. y MEURER, E. J. 2007. Relationship between soil attributes and elemental sulfur oxidation in 42 soil samples from Brazil. *R.Bras.Ci.Solo*.
- HUAMÁN, O. F. 2001. Estudio de la asociación del maíz morado (*Zea mays* L.) con tres líneas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en dos momentos de siembra en Canaán. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho - Perú.
- KATYAL, J. C., y RANDHAWA N. S. 1986. Micronutrientes. Boletín FAO Fertilizantes y Nutrición Animal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma, Italia.
- KHASAWNEH, F. E. 1980. The role of phosphorus in agriculture. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science of America, Inc. Soil Science Society of America, Inc.

- LAZOVICH, M.; COSTA, J. y CODZ, P. 1995. Efecto de enmiendas y lavado sobre el desplazamiento catiónico y producción de materia seca de un Natracuol en invernáculo, Balcalce, Pcia, Buenos Aires – Argentina.
- MANRIQUE, CH. A. 1988. El maíz en el Perú. Edigraf. Lima S.A. Lima, Perú.
- MANRIQUE, CH. A. 1999. El Maíz Morado Peruano INIA – Dirección General de Transferencia de Tecnología. Folleto R. I. N° 2 – 99 Lima – Perú.
- MARCANO, A. 2002. Efecto del azufre elemental sobre el pH y la solubilidad de algunos nutrimentos en fosfocomposts. Caracas. INCI.
- MONDALGO, M. 2004. Rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) con tres fórmulas de fertilización NPK y dos densidades de siembra. Canaán a 2750 msnm. Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho - Perú.
- PATIÑO, R. 2012. Últimos avances sobre los mecanismos reguladores de la absorción de fósforo.
- QUISPE, F. 2011. Características morfológicas y químicas de 3 cultivares de maíz morado en Arequipa. Arequipa – Perú.
- RAJAN. 1987. (Universidad de Waikato, Nueva Zelandia), E. Casanova (Universidad Central de Venezuela, Venezuela) y B. Truong (Francia).
- REVISTA AGRICULTURA DE LAS AMÉRICAS 1998.
- ROJAS, C. 1997. Manual de muestreo de suelos para análisis de fertilidad. Servicios agrícola y ganadero. Santiago, Chile.

- SADZAWKA, R. A. 2004. Capacidad tampón de fosforo, método de determinación en el laboratorio. Instituto de investigaciones agropecuarias, CRI la platina, Santiago, Chile.
- SEQUERA, O. y RAMIREZ, R. 2003. Fósforo, calcio y azufre disponibles de la roca fosfórica acidulada con ácido sulfúrico y tiosulfato de amonio. Maracay, Venezuela.
- SOLID OPD 2007. Conociendo la cadena productiva del maíz morado en Ayacucho. Ayacucho, Perú.
- TABATABAI, M. A. 2005. Chemistry of sulfur in soils. *In: Chemical Processes in Soils*. MA Tabatabai and DL Sparks (Coeditors). Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin, USA.
- UNDURRAGA, P. 2003. Ing. Agrónomo, Centro Regional de Investigación Remehue, Instituto de Investigaciones Agropecuarias. INIA.
- VILLAGARCIA, S. 1994. Manual de uso de fertilizantes. Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de suelos y fertilizantes. Lima-Perú
- VILLAGARCIA, S. 1999. Fertilización, manejo de suelos y nutrición mineral de azufre bajo condiciones de clima, suelo, cultivo y nivel tecnológico de la agricultura andina. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- <http://www.ekovida.com>.
- <http://www.inia.gob.pe/notas>.

ANEXOS

BIBLIOTECA E INFORMACION
CULTURAL
U.N.S.C.H.

Anexo 1. pH FINAL DE LOS TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
REPETICIÓN	6.88	6.96	6.88	7.53	7.65	7.58	8.00	8.15	7.88	7.34	7.84	7.38	8.46	8.50	8.26	8.53	8.30	8.37	7.96	7.07	6.96	8.44	8.36	8.56
PROMEDIO	6.91			7.59			8.01			7.52			8.41			8.40			7.33			8.45		

**Anexo 2. P-disponible FINAL DE LOS TRATAMIENTOS
(ppm)**

TRATAMIENTO	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
REPETICIÓN	64.32	63.50	63.69	33.97	27.56	30.51	10.37	7.83	8.18	59.74	42.04	64.13	12.56	7.04	8.62	4.75	10.02	8.97	56.67	57.55	61.06	29.10	33.18	24.02
PROMEDIO	63.84			30.68			8.79			55.30			9.41			7.91			58.43			28.77		

Anexo 3. EVALUACIÓN DE LA LONGITUD DE MAZORCAS (cm) DE LOS TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO REPETICION	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	17.00	16.80	17.30	17.50	19.40	15.70	19.00	22.00	18.40	15.50	21.60	12.60	13.50	16.50	21.80	14.50	18.20	22.00	16.70	17.80	17.80	17.80	17.30	18.20
2	16.30	17.80	18.20	20.50	17.40	19.00	20.00	22.50	15.40	19.20	17.60	14.20	15.60	16.10	10.70	13.70	18.00	15.80	15.70	17.10	20.00	18.20	16.20	16.20
3	17.30	28.80	20.10	19.20	19.50	19.80	19.40	19.90	18.80	17.20	12.50	16.40	15.70	15.00	13.90	14.00	11.20	16.00	15.80	18.40	15.20	16.50	16.80	
4	20.00	19.60	21.60	14.80	14.70	18.70	21.90	16.00	16.50	21.70	16.10	14.50	15.00	13.90	12.70	11.70	16.40	16.10	16.40	17.80	18.70	14.80	16.90	
5	17.10	20.50	14.20	19.70	16.30	17.50	18.50	18.90	19.30	19.50	20.20	11.00	13.70	15.60	11.00	12.60	14.20	18.80	15.60	19.50	16.80	22.30	17.30	
6	18.80	21.90	18.10	20.00	18.00	19.20	17.80	17.10	19.90	17.70	18.00	14.00	14.00	15.00	15.30	10.00	10.70	17.70	15.50	13.30	18.00	20.50	22.20	
7	18.00	19.00	20.30	13.90	14.00	17.20	16.70	9.40	20.40	21.20	22.30	11.00	12.70	15.80	14.70	13.20	17.60	18.20	17.50	21.60	14.30	19.80	16.70	
8	18.20	21.10	19.30	15.20	19.10	14.80	19.30	18.50	17.30	15.40	19.20	14.00	15.50	17.10	16.60	12.60	14.90	18.30	17.50	18.80	16.70	19.00	15.70	
9	18.00	16.40	19.40	17.00	24.30	16.00	16.70	16.00	17.30	13.50	15.80	18.70	13.20	13.20	9.80	9.80	15.90	17.20	16.80	19.00	19.00	16.70	17.80	
10	15.30	20.20	17.50	17.00	19.40	14.20	17.70	18.70	18.20	12.70	15.50	13.00	13.00	12.60	14.70	11.60	11.20	18.20	17.70	13.50	16.80	18.20	18.50	
11	17.20	19.00	13.20	13.80	17.80	17.70	15.90	15.70	17.70	20.00	15.80	14.50	15.60	20.20	15.20	16.20	13.00	17.00	19.00	14.30	16.80	18.30	16.80	
12	17.70	17.10	18.20	16.50	19.70	20.50	20.90	16.50	18.30	19.80	16.00	16.70	15.00	18.90	13.40	11.60	11.10	18.80	14.70	16.10	17.60	18.00	16.70	
13	19.90	20.20	17.20	15.20	20.00	17.50	17.40	18.20	17.00	20.50	19.00	10.50	12.30	13.20	11.70	13.80	12.20	17.40	19.30	9.00	17.20	16.70	18.10	
14	19.20	15.70	16.70	15.30	18.10	20.70	13.90	22.30	15.50	19.00	16.30	15.00	13.90	16.20	9.60	18.30	11.80	17.30	21.70	15.90	20.00	19.50	14.80	
15	15.20	22.30	16.50	18.60	19.20	18.40	17.00	16.70	16.20	17.10	15.20	17.80	15.60	11.60	11.40	12.60	13.20	15.60	20.40	8.40	18.50	16.00	16.10	
16	15.80	22.30	17.50	19.50	16.20	20.20	17.30	15.80	15.20	15.30	16.20	9.90	15.40	13.80	16.40	15.40	13.00	16.70	16.70	16.50	17.00	18.00	18.40	
17	15.00	15.70	18.20	16.70	17.70	18.30	13.90	17.10	18.30	18.80	20.30	10.80	13.40	18.30	12.30	15.00	12.70	13.80	15.30	15.60	13.70	16.50	16.30	
18	17.00	16.70	17.30	15.50	18.00	16.50	19.50	17.00	15.50	15.80	17.10	10.00	11.90	12.30	9.20	17.80	14.50	14.50	16.00	24.40	13.00	19.00	16.80	
19	14.60	16.20	18.10	18.80	18.70	15.20	18.80	19.30	17.20	16.00	13.80	15.70	11.80	13.60	9.70	9.90	14.20	19.80	17.50	15.30	16.30	15.50	12.20	
20	17.80	16.40	15.00	17.30	13.80	15.30	21.60	21.40	20.80	15.20	19.90	9.80	18.30	15.80	10.60	12.50	17.80	17.50	16.50	10.00	19.00	18.00	16.70	
PROMEDIO	17.27	19.19	17.70	17.10	18.07	17.62	18.16	17.95	17.66	17.21	17.25	13.51	14.26	15.24	13.38	13.39	13.86	17.34	17.12	16.12	17.12	17.94	16.96	
GRAN PROM	18.05			17.60			17.92			17.22			14.33			13.54			16.86			17.34		

Anexo 4. EVALUACIÓN DEL PESO DE MAZORCAS (g) DE LOS TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO REPETICION	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	300	275	300	225	240	250	255	280	225	210	300	150	160	150	300	150	175	350	200	300	270	260	200	
2	225	350	280	250	360	275	300	300	270	375	210	140	175	180	130	125	250	250	250	350	250	320	250	
3	225	300	240	250	255	240	240	275	225	300	200	160	150	225	175	150	130	200	275	270	225	350	300	
4	250	350	260	250	275	275	190	275	280	275	240	120	125	150	180	180	125	170	290	210	260	270	225	
5	250	260	200	275	300	300	270	240	250	320	210	100	150	175	110	175	100	250	160	325	250	275	250	
6	325	360	275	210	250	275	275	210	250	250	210	125	200	200	170	110	100	300	200	200	200	300	300	
7	225	250	325	225	225	325	250	300	210	300	225	120	150	190	175	190	275	275	175	325	175	250	225	
8	250	300	260	260	250	225	200	275	210	275	260	170	150	210	225	95	200	225	250	325	275	260	200	
9	250	200	325	200	310	175	275	200	220	270	275	250	150	175	125	175	180	225	240	250	350	260	250	
10	250	240	225	240	275	150	180	350	200	250	250	150	150	110	175	150	100	175	200	175	300	250	300	
11	275	210	200	210	225	300	250	180	300	260	250	130	175	250	180	150	150	175	200	275	250	240	240	
12	325	210	260	275	275	250	150	300	250	250	275	175	200	250	170	200	100	150	225	175	250	320	225	
13	300	225	260	250	300	250	160	250	350	250	325	80	150	130	120	170	125	340	250	125	225	250	225	
14	300	260	225	300	210	260	170	225	250	230	260	140	150	160	100	150	110	325	275	165	225	275	150	
15	250	350	275	250	310	250	190	325	225	200	250	200	200	150	125	130	125	150	350	90	210	255	200	
16	250	375	250	250	300	210	155	250	225	200	300	100	225	180	150	120	150	200	250	265	200	250	350	
17	250	225	290	225	275	250	140	250	275	310	200	75	150	290	125	150	160	250	210	200	170	250	225	
18	200	250	275	300	210	200	200	220	220	250	250	65	125	160	75	120	100	275	210	340	150	250	260	
19	150	260	225	280	300	275	275	300	200	180	250	200	150	150	50	135	150	250	200	250	170	250	100	
20	250	280	225	350	170	200	325	210	200	275	250	125	250	200	100	130	200	225	200	80	310	280	225	
PROMEDIO	255.00	276.50	258.75	253.75	265.75	246.75	210.50	273.75	241.75	261.50	249.50	138.75	166.75	184.25	148.00	147.75	150.25	238.00	230.50	234.75	235.75	270.75	235.00	
GRAN PROM	263.42			255.42			251.58			250.92			163.25			148.67			234.42			247.17		

Anexo 5. EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LOS TRATAMIENTOS

TRATAMIENTO	T1			T2			T3			T4			T5			T6			T7			T8		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
P1	5.25	4.75	4.85	5.10	4.85	5.00	4.50	4.17	6.40	5.10	6.10	5.25	3.50	4.25	4.35	2.25	6.10	5.05	4.75	4.35	5.10	4.10	4.00	6.00
P2	4.50	5.30	5.00	4.38	5.65	5.05	4.65	4.75	5.00	5.40	4.80	4.75	4.00	4.10	4.88	4.75	4.85	4.80	6.00	4.50	5.00	4.80	4.25	4.50
P3	5.00	4.85	5.00	4.80	5.10	4.80	4.05	3.85	4.50	4.90	4.90	5.65	3.25	4.20	3.60	4.00	4.50	4.40	6.00	4.90	5.50	5.00	4.10	5.20
P4	5.00	4.50	5.00	5.60	6.20	5.10	4.60	4.76	4.25	4.45	5.00	6.10	4.50	3.95	4.75	5.80	3.95	4.55	4.50	5.00	5.26	4.05	4.35	6.50
P5	5.00	4.00	5.00	5.00	5.60	4.50	4.10	4.38	4.30	5.30	5.80	5.00	2.63	2.86	1.21	1.75			4.70	4.85	5.50	4.50	4.50	5.10
P6	4.60	3.20	5.25	4.60	6.35	4.70	3.60	4.00	4.28	5.20	5.95	5.25							2.20	4.15	3.70	4.00	5.70	4.50
P7	1.75	4.30	3.35	4.85	3.10	3.35	5.00	4.22	3.80	3.80	3.90	3.75								3.10		4.25	4.70	1.10
P8		2.10				1.05	2.35	1.50														2.30		
TOTAL	31.10	33.00	33.45	34.33	36.85	33.55	32.85	31.63	32.53	34.15	36.45	35.75	17.88	19.36	18.79	18.55	19.40	18.80	28.15	30.85	30.06	33.00	31.60	32.90
PROMEDIO (kg/20 m²)	32.52			34.91			32.34			35.45			18.68			18.92			29.69			32.50		
t.ha⁻¹	16.26			17.46			16.17			17.73			9.34			9.46			14.84			16.25		

Anexo 6. COSTOS DE PRODUCCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS

Anexo 6.1. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ MORADO POR HECTÁREA PARA EL TRATAMIENTO 1

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (ha)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL/ha (S/.)	PROYECTO
					Ha 1.00
I. COSTOS DIRECTOS					
1.- Preparación del terreno					
Análisis de suelo	Muestra	1	60.00	60.00	60.00
Alquiler de terreno	ha	1	310.00	310.00	310.00
Arado	Hm	6	45.00	270.00	270.00
Yunta	ha	2	30.00	60.00	60.00
Incubación	Jornal	2	40.00	80.00	80.00
Surcado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 1.-				900.00	900.00
2.- Siembra					
Semilla certificada	Kg	50	6.00	300.00	300.00
Mano de Obra	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Total 2.-				480.00	480.00
3.- Fertilizantes					
Flor de Azufre	Sacos	20	75.00	1,500.00	1,500.00
Roca Fosfórica	T	0.5	400.00	200.00	200.00
Estiércol de Ovino	T	2	200.00	400.00	400.00
Urea	Sacos	8.4	80.00	672.00	672.00
Cloruro de potasio	Sacos	2	100.00	200.00	200.00
Total 3.-				2,972.00	2,972.00
4.-Pesticidas y/o Insecticidas					
Tifom	L	1	70.00	70.00	70.00
Adherente (Wettex)	Frasco	1	10.00	10.00	10.00
Total 4.-				80.00	80.00
5.-Labores culturales					
Primer y segundo Aporque	Jornal	24	35.00	840.00	840.00
Riego	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Aplicación de plaguicidas	Jornal	4	40.00	160.00	160.00
Total 5.-				1,180.00	1,180.00
6.- Cosecha					
Despanque y traslado de mazorca	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
Selección de mazorcas y ensacado	Jornal	8	60.00	240.00	240.00
Total 6.-				540.00	540.00
7.- Gastos especiales cosecha					
Sacos	Und	160	1.20	192.00	192.00
Análisis de suelo	Muestra	3	40.00	120.00	120.00
Total 7.-				312.00	312.00
TOTAL COSTO DIRECTO				6,464.00	6,464.00
II. COSTOS INDIRECTOS					
Visitas a campo	Veces	30	20.00	600.00	600.00
TOTAL COSTO INDIRECTO				600.00	600.00
TOTAL COSTO DE CULTIVO (I+II)				7,064.00	7,064.00

Anexo 6.2. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ MORADO POR HECTÁREA PARA EL TRATAMIENTO 2

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (ha)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL/ha (S/.)	PROYECTO ha 1.00
I. COSTOS DIRECTOS					
1.- Preparación del terreno					
Análisis de suelo	Muestra	1	60.00	60.00	60.00
Alquiler de terreno	ha	1	310.00	310.00	310.00
Arado	Hm	6	45.00	270.00	270.00
Yunta	ha	2	40.00	80.00	80.00
Incubación	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
Surcado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 1.-				900.00	900.00
2.- Siembra					
Semilla certificada	Kg	50	6.00	300.00	300.00
Mano de Obra	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Total 2.-				480.00	480.00
3.- Fertilizantes					
Flor de Azufre	Sacos	10	75.00	750.00	750.00
Roca Fosfórica	T	0.5	400.00	200.00	200.00
Estiércol de Ovino	T	2	200.00	400.00	400.00
Urea	Sacos	8.4	80.00	672.00	672.00
Cloruro de potasio	Sacos	2	100.00	200.00	200.00
Total 3.-				2,222.00	2,222.00
4.-Pesticidas y/o Insecticidas					
Tifom	L	1	70.00	70.00	70.00
Adherente (Wettex)	Frasco	1	10.00	10.00	10.00
Total 4.-				80.00	80.00
5.-Labores culturales					
Primer Aporque	Jornal	12	30.00	360.00	360.00
Segundo Aporque	Jornal	12	40.00	480.00	480.00
Riego	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Aplicación de plaguicidas	Jornal	4	40.00	160.00	160.00
Total 5.-				1,180.00	1,180.00
6.- Cosecha					
Despanque y traslado de mazorca	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
Selección de mazorcas y ensacado	Jornal	8	30.00	240.00	240.00
Total 6.-				540.00	540.00
7.- Gastos especiales cosecha					
Sacos	Und	180	1.20	216.00	216.00
Análisis de suelo	Muestra	3	40.00	120.00	120.00
Total 7.-				336.00	336.00
TOTAL COSTO DIRECTO				5,738.00	5,738.00
II. COSTOS INDIRECTOS					
Visitas a campo	Veces	30	20.00	600.00	600.00
TOTAL COSTO INDIRECTO				600.00	600.00
TOTAL COSTO DE CULTIVO (I+II)				6,338.00	6,338.00

Anexo 6.3. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ MORADO POR HECTÁREA PARA EL TRATAMIENTO 3

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (ha)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL/ha (S/.)	PROYECTO ha 1.00
I. COSTOS DIRECTOS					
1.- Preparación del terreno					
Análisis de suelo	Muestra	1	60.00	60.00	60.00
Alquiler de terreno	ha	1	310.00	310.00	310.00
Arado	Hm	6	45.00	270.00	270.00
Yunta	ha	2	40.00	80.00	80.00
Incubación	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
Surcado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 1.-				900.00	900.00
2.- Siembra					
Semilla certificada	Kg	50	6.00	300.00	300.00
Mano de Obra	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Total 2.-				480.00	480.00
3.- Fertilizantes					
Flor de Azufre	Sacos	7	75.00	525.00	525.00
Roca Fosfórica	T	0.5	400.00	200.00	200.00
Estiércol de Ovino	T	2	200.00	400.00	400.00
Urea	Sacos	8.4	80.00	672.00	672.00
Cloruro de potasio	Sacos	2	100.00	200.00	200.00
Total 3.-				1,997.00	1,997.00
4.-Pesticidas y/o Insecticidas					
Tifom	L	1	70.00	70.00	70.00
Adherente (Wettex)	Frasco	1	10.00	10.00	10.00
Total 4.-				80.00	80.00
5.-Labores culturales					
Primer Aporque	Jornal	12	30.00	360.00	360.00
Segundo Aporque	Jornal	12	40.00	480.00	480.00
Riego	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Aplicación de plaguicidas	Jornal	4	40.00	160.00	160.00
Total 5.-				1,180.00	1,180.00
6.- Cosecha					
Despanque y traslado de mazorca	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
Selección de mazorcas y ensacado	Jornal	8	30.00	240.00	240.00
Total 6.-				540.00	540.00
7.- Gastos especiales cosecha					
Sacos	Und	165	1.20	198.00	198.00
Análisis de suelo	Muestra	3	40.00	120.00	120.00
Total 7.-				318.00	318.00
TOTAL COSTO DIRECTO				5,495.00	5,495.00
II. COSTOS INDIRECTOS					
Visitas a campo	Veces	30	20.00	600.00	600.00
TOTAL COSTO INDIRECTO				600.00	600.00
TOTAL COSTO DE CULTIVO (I+II)				6,095.00	6,095.00

Anexo 6.4. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ MORADO POR HECTÁREA PARA EL TRATAMIENTO 4

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (ha)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL/ha (S/.)	PROYECTO
					ha 1.00
I. COSTOS DIRECTOS					
1.- Preparación del terreno					
Análisis de suelo	Muestra	1	60.00	60.00	60.00
Alquiler de terreno	ha	1	310.00	310.00	310.00
Arado	Hm	6	45.00	270.00	270.00
Yunta	ha	2	40.00	80.00	80.00
Incubación	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
Surcado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 1.-				900.00	900.00
2.- Siembra					
Semilla certificada	Kg	50	6.00	300.00	300.00
Mano de Obra	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Total 2.-				480.00	480.00
3.- Fertilizantes					
Estiércol de Ovino	T	2	200.00	400.00	400.00
Urea	Sacos	6	80.00	480.00	480.00
Fosfato diamónico	Sacos	6.1	110.00	671.00	671.00
Cloruro de potasio	Sacos	2	100.00	200.00	200.00
Total 3.-				1,751.00	1,751.00
4.-Pesticidas y/o Insecticidas					
Tifom	L	1	70.00	70.00	70.00
Adherente (Wettex)	Frasco	1	10.00	10.00	10.00
Total 4.-				80.00	80.00
5.-Labores culturales					
Primer Aporque	Jornal	12	30.00	360.00	360.00
Segundo Aporque	Jornal	12	40.00	480.00	480.00
Riego	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Aplicación de plaguicidas	Jornal	4	40.00	160.00	160.00
Total 5.-				1,180.00	1,180.00
6.- Cosecha					
Despanque y traslado de mazorca	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
Selección de mazorcas	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Ensacado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 6.-				540.00	540.00
7.- Gastos especiales cosecha					
Sacos	Und	180	1.20	216.00	216.00
Análisis de suelo	Muestra	3	40.00	120.00	120.00
Total 7.-				336.00	336.00
TOTAL COSTO DIRECTO				5,267.00	5,267.00
II. COSTOS INDIRECTOS					
Visitas a campo	Veces	30	20.00	600.00	600.00
TOTAL COSTO INDIRECTO				600.00	600.00
TOTAL COSTO DE CULTIVO (I+II)				5,867.00	5,867.00

Anexo 6.5. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ MORADO POR HECTÁREA PARA EL TRATAMIENTO 5

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (ha)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL/ha (S/.)	PROYECTO ha 1.00
I. COSTOS DIRECTOS					
1.- Preparación del terreno					
Análisis de suelo	Muestra	1	60.00	60.00	60.00
Alquiler de terreno	ha	1	310.00	310.00	310.00
Arado	Hm	6	45.00	270.00	270.00
Yunta	ha	2	40.00	80.00	80.00
Incubación	Jornal	2	30.00	60.00	60.00
Surcado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 1.-				900.00	900.00
2.- Siembra					
Semilla certificada	Kg	50	6.00	300.00	300.00
Mano de Obra	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Total 2.-				480.00	480.00
3.- Fertilizantes					
Estiércol de Ovino	T	2	200.00	400.00	400.00
Total 3.-				400.00	400.00
4.-Pesticidas y/o Insecticidas					
Tifom	L	1	70.00	70.00	70.00
Adherente (Wettex)	Frasco	1	10.00	10.00	10.00
Total 4.-				80.00	80.00
5.-Labores culturales					
Primer Aporque	Jornal	12	30.00	360.00	360.00
Segundo Aporque	Jornal	12	40.00	480.00	480.00
Riego	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Aplicación de plaguicidas	Jornal	4	40.00	160.00	160.00
Total 5.-				1,180.00	1,180.00
6.- Cosecha					
Despanque y traslado de mazorca	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
Selección de mazorcas	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Ensacado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 6.-				540.00	540.00
7.- Gastos especiales cosecha					
Sacos	Und	95	1.20	114.00	114.00
Análisis de suelo	Muestra	3	40.00	120.00	120.00
Total 7.-				234.00	234.00
TOTAL COSTO DIRECTO				3,814.00	3,814.00
II. COSTOS INDIRECTOS					
Visitas a campo	Veces	30	20.00	600.00	600.00
TOTAL COSTO INDIRECTO				600.00	600.00
TOTAL COSTO DE CULTIVO (I+II)				4,414.00	4,414.00

Anexo 6.6. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ MORADO POR HECTÁREA PARA EL TRATAMIENTO 6

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (ha)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL/ha (S/.)	PROYECTO
					ha 1.00
I. COSTOS DIRECTOS					
1.- Preparación del terreno					
Análisis de suelo	Muestra	1	60.00	60.00	60.00
Alquiler de terreno	ha	1	310.00	310.00	310.00
Arado	Hm	6	45.00	270.00	270.00
Yunta	ha	2	40.00	80.00	80.00
Surcado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 1.-				840.00	840.00
2.- Siembra					
Semilla certificada	Kg	50	6.00	300.00	300.00
Mano de Obra	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Total 2.-				480.00	480.00
3.- Fertilizantes					
Total 3.-				0.00	0.00
4.-Pesticidas y/o Insecticidas					
Tifom	L	1	70.00	70.00	70.00
Adherente (Wettex)	Frasco	1	10.00	10.00	10.00
Total 4.-				80.00	80.00
5.-Labores culturales					
Primer Aporque	Jornal	12	30.00	360.00	360.00
Segundo Aporque	Jornal	12	40.00	480.00	480.00
Riego	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Aplicación de plaguicidas	Jornal	4	40.00	160.00	160.00
Total 5.-				1,180.00	1,180.00
6.- Cosecha					
Despanque y traslado de mazorca	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
Selección de mazorcas	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Ensayado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 6.-				540.00	540.00
7.- Gastos especiales cosecha					
Sacos	Und	95	1.20	114.00	114.00
Análisis de suelo	Muestra	3	40.00	120.00	120.00
Total 7.-				234.00	234.00
TOTAL COSTO DIRECTO				3,354.00	3,354.00
II. COSTOS INDIRECTOS					
Visitas a campo	Veces	30	20.00	600.00	600.00
TOTAL COSTO INDIRECTO				600.00	600.00
TOTAL COSTO DE CULTIVO (I+II)				3,954.00	3,954.00

Anexo 6.7. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ MORADO POR HECTÁREA PARA EL TRATAMIENTO 7

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (ha)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL/ha (S/.)	PROYECTO
					ha 1.00
I. COSTOS DIRECTOS					
1.- Preparación del terreno					
Análisis de suelo	Muestra	1	60.00	60.00	60.00
Alquiler de terreno	ha	1	310.00	310.00	310.00
Arado	Hm	6	45.00	270.00	270.00
Yunta	ha	2	30.00	60.00	60.00
Incubación	Jornal	2	40.00	80.00	80.00
Surcado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 1.-				900.00	900.00
2.- Siembra					
Semilla certificada	Kg	50	6.00	300.00	300.00
Mano de Obra	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Total 2.-				480.00	480.00
3.- Fertilizantes					
Flor de Azufre	Sacos	20	75.00	1,500.00	1,500.00
Urea	Sacos	6	80.00	480.00	480.00
Fosfato diamonico	Sacos	6.1	110.00	671.00	671.00
Cloruro de potasio	Sacos	2	100.00	200.00	200.00
Total 3.-				2,851.00	2,851.00
4.-Pesticidas y/o Insecticidas					
Tifom	L	1	70.00	70.00	70.00
Adherente (Wettex)	Frasco	1	10.00	10.00	10.00
Total 4.-				80.00	80.00
5.-Labores culturales					
Primer Aporque	Jornal	12	30.00	360.00	360.00
Segundo Aporque	Jornal	12	40.00	480.00	480.00
Riego	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Aplicación de plaguicidas	Jornal	4	40.00	160.00	160.00
Total 5.-				1,180.00	1,180.00
6.- Cosecha					
Despanque y traslado de mazorca	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
Selección de mazorcas	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Ensacado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 6.-				540.00	540.00
7.- Gastos especiales cosecha					
Sacos	Und	150	1.20	180.00	180.00
Análisis de suelo	Muestra	3	40.00	120.00	120.00
Total 7.-				300.00	300.00
TOTAL COSTO DIRECTO				6,331.00	6,331.00
II. COSTOS INDIRECTOS					
Visitas a campo	Veces	30	20.00	600.00	600.00
TOTAL COSTO INDIRECTO				600.00	600.00
TOTAL COSTO DE CULTIVO (I+II)				6,931.00	6,931.00

Anexo 6.8. COSTO DE PRODUCCIÓN DEL MAÍZ MORADO POR HECTÁREA PARA EL TRATAMIENTO 8

RUBRO-ACTIVIDADES	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (ha)	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL/ha (S/.)	PROYECTO
					ha 1.00
I. COSTOS DIRECTOS					
1.- Preparación del terreno					
Análisis de suelo	Muestra	1	60.00	60.00	60.00
Alquiler de terreno	ha	1	310.00	310.00	310.00
Arado	Hm	6	45.00	270.00	270.00
Yunta	ha	2	30.00	60.00	60.00
Surcado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 1.-				820.00	820.00
2.- Siembra					
Semilla certificada	Kg	50	6.00	300.00	300.00
Mano de Obra	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Total 2.-				480.00	480.00
3.- Fertilizantes					
Urea	Sacos	6	80.00	480.00	480.00
Fosfato diamonico	Sacos	6.1	110.00	671.00	671.00
Cloruro de potasio	Sacos	2	100.00	200.00	200.00
Total 3.-				1,351.00	1,351.00
4.-Pesticidas y/o Insecticidas					
Tifom	L	1	70.00	70.00	70.00
Adherente (Wettex)	Frasco	1	10.00	10.00	10.00
Total 4.-				80.00	80.00
5.-Labores culturales					
Primer Aporque	Jornal	12	30.00	360.00	360.00
Segundo Aporque	Jornal	12	40.00	480.00	480.00
Riego	Jornal	6	30.00	180.00	180.00
Aplicación de plaguicidas	Jornal	4	40.00	160.00	160.00
Total 5.-				1,180.00	1,180.00
6.- Cosecha					
Despanque y traslado de mazorca	Jornal	10	30.00	300.00	300.00
Selección de mazorcas	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Ensacado	Jornal	4	30.00	120.00	120.00
Total 6.-				540.00	540.00
7.- Gastos especiales cosecha					
Sacos	Und	165	1.20	198.00	198.00
Análisis de suelo	Muestra	3	40.00	120.00	120.00
Total 7.-				318.00	318.00
TOTAL COSTO DIRECTO				4,769.00	4,769.00
II. COSTOS INDIRECTOS					
Visitas a campo	Veces	30	20.00	600.00	600.00
TOTAL COSTO INDIRECTO				600.00	600.00
TOTAL COSTO DE CULTIVO (I+II)				5,369.00	5,369.00

Anexo 7. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Anexo 7.a. PREPARACIÓN DEL TERRENO



Tracción animal.

Anexo 7.b. SURCADO E INCUBACIÓN



Aplicación de la FS:RF

Anexo 7.c. SIEMBRA Y ABONAMIENTO



Anexo 7.d. APLICACIÓN DE INSECTICIDA



Insecticida y adherente.



Primera y segunda aplicación del insecticida.

Anexo 7.e. APORQUE Y ABONAMIENTO (½ N)



Anexo 7.f. COSECHA Y EVALUACIÓN



Evaluación de las mazorcas.



Muestreo del suelo.

Anexo 8. INSUMOS

Anexo 8.a. MAÍZ MORADO

Especie:	MAIZ MORADO (zea mays)		
Procedencia:	CANTA - HUARAL - PERU		
Cert. de análisis N°	20213-2010-AG-SENASA-OCDP-UCDSV		
Pureza %	98%	Germinación %	92%
Fecha	16/05/11	Peso lote	JM0011
Tratamiento pesticida	Vitavax + Actellic		
Productor: Semillero Manrique S.R.L. Reg. N° 030-2008 Cant. Pan de Azúcar N° 028-2008-00001-AG-SENASA			

Anexo 8.b. FLOR DE AZUFRE



Anexo 8.c. FLOR DE AZUFRE: ROCA FOSFÓRICA



Anexo 8.d. ESTIÉRCOL DE OVINO

