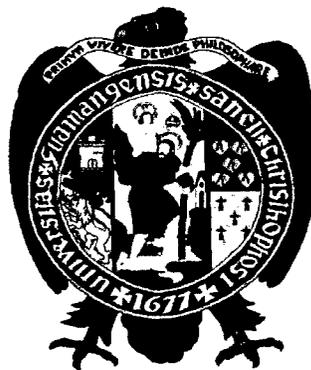


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**“EFECTO DE LA ROCA FOSFÓRICA INCUBADA EN UNA
SOLUCIÓN DE MICROORGANISMOS EN EL RENDIMIENTO
DEL MANÍ (*Arachis hipogaea* L), ANCO 750 msnm – LA
MAR”**

Tesis para Obtener el Título Profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado Por:

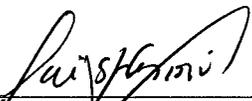
MARIO DIONISIO HUAMÁN PALOMINO

AYACUCHO - PERU

2010

**“EFECTO DE LA ROCA FOSFÓRICA INCUBADA EN UNA SOLUCIÓN DE
MICROORGANISMOS EN EL RENDIMIENTO DEL MANÍ
(*Arachis hypogaea* L), ANCO 750 msnm – LA MAR”**

Recomendado : 31 de diciembre de 2009
Aprobado : 25 de enero de 2010



M.Sc. ING. JOSÉ ANTONIO QUISPE TENORIO
Presidente del Jurado



ING. ALEX LÁZARO TINEO BERMÚDEZ
Miembro del Jurado



DRA. NERY LUZ SANTILLANA VILLANUEVA
Miembro del Jurado



ING. WALTER AUGUSTO MATEU MATEO
Miembro del Jurado



M.Sc. ING. RAÚL JOSÉ PALOMINO MARCATOMA
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

A mis padres: Beltrán y Gilbertina.

A mis hermanos: Nilo, Alejandro e Hiladio.

A mi hija: Marhiorj

A mi esposa: Digna

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de Formación Profesional de Agronomía, alma máter de mi formación profesional.

A los Señores Docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía por sus valiosas enseñanzas y orientaciones que condujeron al logro de mis objetivos.

A todos mis profesores del Área de Suelos, en especial al M. Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, por su asesoramiento, aporte y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de investigación.

Al M. Sc. José A. Quispe Tenorio, a la Dra. Nery Santillana Villanueva, y al Ing. Walter Mateu Mateo quienes supieron brindarme su ayuda desinteresada en el presente trabajo de investigación.

A mi querida familia, amigos, y a todas las personas que directa e indirectamente contribuyeron en la materialización del presente trabajo para el logro de mi carrera profesional.

ÍNDICE

| | Pag. |
|--|-------------|
| INTRODUCCIÓN | 01 |
| I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 03 |
| 1.1 Origen e historia del cultivo de Maní | 03 |
| 1.2 El Fósforo | 15 |
| 1.3 Los Microorganismos benéficos (MB) | 25 |
| | |
| II. MATERIALES Y MÉTODOS | 35 |
| 2.1 Ubicación del experimento | 35 |
| 2.2 Características físico - químicas del suelo | 36 |
| 2.3 Condiciones meteorológicos | 36 |
| 2.4 Características de la variedad en estudio | 39 |
| 2.5 Factores en estudio | 39 |
| 2.6 Distribución y dimensión del terreno experimental | 39 |
| 2.7 Croquis del campo experimental y distribución de los Tratamientos | 40 |
| 2.8 Instalación y conducción del experimento | 41 |

| | | |
|-------------|---|-----------|
| 2.9 | Diseño experimental | 44 |
| 2.10 | Variables y criterios de evaluación | 46 |
| 2.11 | Análisis estadístico | 48 |
| III. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 49 |
| 3.1 | Solubilización de la roca fosfórica tratada | 49 |
| 3.2 | Variables de rendimiento | 54 |
| 3.2.1 | Longitud de tallo principal (cm) | 54 |
| 3.2.2 | Numero de cápsulas por golpe (mata) | 60 |
| 3.2.3 | Rendimiento grano más cáscara | 66 |
| 3.2.4 | Rendimiento de grano | 72 |
| 3.2.5 | Peso de mil semillas (g) | 79 |
| IV. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 83 |
| 4.1 | Conclusiones | 83 |
| 4.2 | Recomendaciones | 84 |
| | RESUMEN | 85 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 87 |
| | ANEXOS | 92 |

INTRODUCCIÓN

El fósforo (P) es considerado como uno de los principales macroelementos constituyentes de las plantas y no cabe discusión respecto al papel esencial que desempeña, por lo que es imprescindible su presencia en el suelo en adecuadas cantidades y formas en que puedan ser asimiladas por las plantas, (Domínguez, 1989).

El fosfato de Bayobar, comúnmente conocido como roca fosfórica (RF), es una fuente natural de fósforo, posee un 30% de P_2O_5 ; sin embargo, ha sido considerado siempre como un fertilizante de segundo orden, debido a su largo período de solubilización; por tanto, es utilizada sólo en cultivos perennes y en suelos ácidos. Los agricultores del Valle de Río Apurímac (VRA), no practican el uso de abonos sintéticos ni orgánicos, en consecuencia la producción y productividad del maní es cada vez menor. Ante estos hechos existe la necesidad de proponer tecnologías alternativas amigables con el medio ambiente y que permitan incrementar la producción de manera ecológica; una de estas formas es la utilización de "Microorganismos Benéficos" (MB), técnica que ha sido desarrollada en el

Japón en la década de los ochenta. Trabajos preliminares en la Universidad de Huamanga demuestran la capacidad solubilizadora de la RF por los MB (Gálvez, 2009)

La presente tesis se desarrolla con la finalidad de reducir el período de solubilización de la RF por acción de los MB, y su influencia en el cultivo de maní (*Arachis hipogea. L*), buscando superar para el valle de Río Apurímac, los rendimientos medios de 800 a 1000 Kg de grano por hectárea.

Por estas consideraciones se desarrolló el presente trabajo de investigación con los objetivos siguientes:

Objetivo General:

Determinar el efecto de la roca fosfórica incubada en solución de microorganismos, en el rendimiento de maní (*Arachis hipogea. L*), Anco 750 msnm.

Objetivos específicos:

1. Evaluar el efecto de la roca fosfórica, sometida a diferentes tiempos de incubación en una solución de MB, en la solubilización del fósforo de la roca fosfórica.
2. Evaluar el efecto de niveles crecientes de roca fosfórica sometida a diferentes tiempos de incubación en una solución de MB, en el rendimiento de maní.
3. Determinar el tiempo de incubación de la RF y el nivel de la RF incubada con una solución de MB, que optimicen el rendimiento de maní.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 ORIGEN E HISTORIA DEL CULTIVO DE MANÍ

a.- Origen

Gillier y Silvestre (1970), admiten como posible centro de origen del maní a América del Sur, especialmente la región comprendida entre Brasil y Paraguay (Zona del Chaco, Valle del Paraná). Añaden que las especies del Género *Arachis* abundan entre las latitudes de 10 y 35° (Brasil y Argentina) y no se encuentran en otras partes del mundo y que no se ha encontrado especies silvestres de maní, pues los restos de granos encontrados en las tumbas de Ancón, Pachacamac y en otros lugares son similares a las variedades actuales. Por su parte el **IBPGR (1992)** y **Robles (1985)**, afirman que las primeras teorías del origen geográfico del maní lo asignaban al **continente africano**, pero en la actualidad se conoce, que

es originario de la parte meridional de Brasil, en la región que circunda el Gran Pantanal. Las pruebas que se consideran para asignar el origen brasileño son:

a) En Brasil crecen espontáneamente las seis especies restantes que constituyen el Género y que probablemente una variedad de ellas sea *Arachis prostrata* Beuth, cuyo cultivo es muy antiguo.

b) Existe gran abundancia, que abarca desde Brasil a la Argentina y entre los 10° a 35° de latitud sur.

b.- Historia

Gillier y Silvestre (1970), sostiene que el maní, es una planta alimenticia utilizada por los antiguos peruanos. Los registros arqueológicos han determinado que el maní se cultiva en el Perú desde los 2500 a 3000 años a C. Las evidencias arqueológicas aseguran que el maní fue cultivado extensivamente en la Costa peruana, desde tiempos precolombinos.

1.1.2 TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

a.- Taxonomía

Robles (1985), clasifica la planta de maní de la siguiente manera:

| | |
|----------|------------------|
| Reino | : Vegetal |
| División | : Angiospermas |
| Clase | : Dicotiledóneas |
| Subclase | : Archiclamideae |
| Orden | : Rosales |
| Suborden | : Leguminosineae |

| | |
|------------|---|
| Familia | : Leguminoseae (fabaceae) |
| Subfamilia | : Papilionoideae |
| Tribu | : Archioideae (Hedysareae. coronilleae) |
| Subtribu | : Stylosanthinae |
| Género | : <i>Arachis</i> |
| Especie | : <i>Arachis hypogaea</i> L |
| 2n | : 40 (tetraploide) |

b.- Morfología

Raíces

Robles (1985), menciona que el sistema radicular del maní está constituido, por una raíz principal pivotante, que puede alcanzar hasta 1.30 m de profundidad; con raíces secundarias y terciarias hasta llegar a los pelos absorbentes. Añade que esta planta llega a formar raíces adventicias, donde se desarrollan del hipocotilo de las ramas que caen al suelo, ocasionalmente del ginóforo.

Tallo

Robles (1985), manifiesta que el tallo es erecto o rastrero, cuyo carácter sirve para diferenciar variedades, ramificado o semirastrero, dependiendo de la variedad, de forma mas o menos cilíndrico; llega a alcanzar una altura de 70 cm aunque el promedio recomendable en variedades erectas o de mata es de 50 cm. Está cubierto de pubescencias y en general las ramificaciones son de color verde claro, verde oscuro, aunque también se puede presentar color púrpura en algunas variedades. La mayor o menor

ramificación, también depende de la variedad, existiendo una amplia gama de variación siendo los de primer orden la serie de ramificación alternadas y secuenciales.

Hojas

Guillier y Silvestre (1970), manifiesta que los folíolos tienen estomas en ambas caras y comprenden un mesófilo esponjoso y además presentan pubescencia en el envés.

Robles (1985), menciona que las hojas son compuestas, con dos pares de folíolos, aunque hay variedades que presentan frecuentemente hojas desde 1 hasta 5 folíolos. Estos folíolos llegan a alcanzar un tamaño de 4-8 cm; de forma variadamente ovalada y ligeramente aserrada en el ápice. Estos folíolos se encuentran insertados a un pecíolo de más o menos 10cm de largo, canaliculado, ocasionalmente cubierto de una capa cerosa, pubescente y provisto en la base de dos estipulas lateralmente aguda.

Flores

Sánchez (1987), reporta que las flores nacen en las axilas de hojas en grupos de 1 a 8 flores, de color amarillo, la corola es típica de una papilionácea, con nervaduras rojas, especialmente en estandarte. Posee una columna estaminal de 10 filamentos y el ápice del estilo se encuentra un estigma esferoidal en contacto con las anteras, luego de la fecundación empieza a desarrollarse el ginóforo que está constituido por un conjunto de células meristemáticas situadas en la base del ovario. En primer momento

crece lentamente hacia arriba de 1 ó 2cm, luego dirigirse al suelo, en un crecimiento acelerado debido a la producción de auxinas. Este órgano ha sido considerado como pedúnculo floral y tiene la característica de una raíz (Geotropismo positivo). El tenóforo llega hasta una profundidad de 15cm debajo del suelo y detiene su crecimiento. Las flores son predominantemente autógamias.

Frutos

Gillier y Silvestre (1970), mencionan que después de la fecundación, la base del ovario se alarga para permitir la aparición de un órgano llamado mal ginóforo, que es, en realidad, una parte del propio fruto, en cuyo extremo, se desarrolla la vaina o cápsula después de su penetración en el suelo. Mientras el ginóforo se desarrolla verticalmente por efecto del geotropismo positivo, la cápsula adquiere su posición horizontal, entre las 2 y 7cm bajo la superficie del suelo.

Semillas

Robles (1985), afirma que el tamaño de las semillas es variable, pudiendo llegar a los 2 cm de longitud por 1 cm. de ancho.

Según los manuales para la Educación Agropecuaria (1988), las semillas de maní, son ligeramente redondeadas y comprimidas, con hillum puntiagudo. Tiene una testa más o menos gruesa, algo reticulado de color rojo claro y rojo oscuro. Posee 2 cotiledones blancos de aspecto aceitoso.

1.1.3 ECOLOGÍA DEL MANÍ

a.- Suelo.

Gillier y Silvestre (1970), afirman que los factores físicos del suelo intervienen en la adaptación del cultivo de maní, sobre todo por su influencia en la conservación del agua y nutrientes, y su efecto sobre la penetración y el desarrollo de las raíces y calidad de vainas. Los suelos pesados disminuyen claramente de las dimensiones de los frutos.

Según los manuales para la Educación Agropecuaria (1988), en cuanto al pH, los valores entre 5.8 y 6.2, es el más favorable y por debajo de 5.8 puede ser perjudicial para el establecimiento de bacterias nitrificantes. En este caso hay la necesidad de encalar el suelo, pues el calcio es un elemento muy importante para el maní

b.- Clima

Temperatura

Robles (1985), afirma que el rango de temperatura para el cultivo de maní fluctúa entre los 20° a 40°C, siendo el óptimo de 25° a 30°C y mejor las temperaturas constantes por ciclo. Es altamente susceptible a las heladas, pues en poco tiempo destruye la planta, cuando las temperaturas son inferiores a 0°C.

Gillier y Silvestre (1980), consideran que para la germinación de semillas se requiere una temperatura óptima de 32° a 34°C, produciéndose la germinación entre los 4 y 5 días; temperaturas de 15° y 45°C, son consideradas sumamente extremas. También para la pre floración requiere de 25°C a 35°C; para la floración y fructificación un óptimo entre 24°C a

34°C si fuera menor a los 10°C se retarda la maduración.

Altitud y latitud

Según **Robles (1985)**, el cultivo de maní se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1000 metros de altitud y desde los 45° latitud Norte a 30° latitud Sur.

Luminosidad

Al respecto **Gillier y Silvestre (1970)**, indican que durante la fase de germinación, la luz frena la rapidez de imbibición de los granos y el desarrollo de las raíces. En la fase de fructificación, la exposición a la luz de los pedúnculos florales retarda su crecimiento y los frutos no pueden desarrollarse mas que en la oscuridad.

Régimen hídrico.

Según los manuales para la Educación Agropecuaria (1988), una precipitación de 300 a 500 mm, con lluvias bien distribuidas durante su ciclo vegetativo es suficiente para asegurar una buena cosecha.

1.1.4 ABONAMIENTO

Camarena y Montalvo (1981), señalan que el maní es una planta que en la mayoría de los casos no responde favorablemente al abonamiento nitrogenado, por ser una leguminosa que vive en simbiosis con bacterias nitrificantes; pueden adquirir el nitrógeno del suelo y del aire.

Gillier y Silvestre (1970), mencionan que la respuesta al abono

nitrogenado es observada a menudo en ausencia de nudosidades o en nódulos no funcionales, entre otras causas, en carencia de molibdeno, elemento indispensable para el funcionamiento de las bacterias. El exceso de nitrógeno, en cambio, ocasiona un desarrollo muy importante del aparato vegetativo y no corresponde al aumento en la producción al contrario produce cápsulas vanas.

1.1.5 PLAGAS Y ENFERMEDADES

a.- Plagas.

Las plagas más importantes que atacan el maní son: los gusanos comedores de hojas dentro de ellos podemos mencionar al gusano soldado y el falso medidor, entre otras plagas se encuentran larvas de lepidópteros: gusano picador (*Elasmopalpus lignosellus*), gusano de tierra (*Agrotis sp*), trips (*Caliothrips aporema*), gusano ejercito (*Prodenia eridania*), caballada (*Anticarsia sp*) (**Camarena y Montalvo, 1981**).

La resistencia la de planta de maní a los insectos es notable, es decir solo mueren las plántulas cuyo eje fue cortado por roedores y gusanos de tierra, definitivamente no desaparecen sino a consecuencia de una enfermedad criptogámica posterior a las heridas.

b.- Enfermedades

Robles (1985), señala que las enfermedades *Rhizoctonia* y *Fusarium* como las enfermedades que atacan al cultivo en estado de plántulas, las cuales se doblan o mueren; el tejido de tallo bajo tierra y parte de las raíces aparecen destruidos. El síntoma es el estrangulamiento producido en el

cuello de las plántulas.

Según los manuales para la Educación Agropecuaria (1988), las plántulas del maní pueden ser atacados por varias clases de nemátodos, como las que producen nudos radicales y el nematodos de la pradera. Afectan las raíces y los frutos y ocasionan su producción o malformación. Su control se efectúa mediante la rotación de cultivos.

Camarena y Montalvo (1981), mencionan que las enfermedades más frecuentes en el cultivo de maní son:

- Fallas de macollamiento causadas por hongos. Pueden evitarse mediante la utilización de semillas frescas y desinfección de semillas.
- Enfermedades de órganos aéreos (*Cercospora sp*), provocado por el hongo, constituyéndose la enfermedad más difundida en el maní, se puede evitar mediante el control químico y genético.

1.1.6 NUTRICIÓN MINERAL

La planta absorbe los elementos minerales a partir de las soluciones del suelo a través de sus raíces.

a.- Nitrógeno

Robles (1985), afirma que el maní es un cultivo que puede abastecer parcialmente sus propias necesidades en nitrógeno; por lo cual, es considerado poco sensible a la fertilización. Sin embargo, cada región agrícola mostrará diferentes grados de deficiencia de nitrógeno en el suelo, por ello el agricultor debe aplicar las recomendaciones particulares de cada

localidad. El nitrógeno es esencial en todas las etapas del desarrollo de la planta, en general influye en la parte vegetativa.

Gross (1981), afirma que las leguminosas pueden ser consideradas como plantas relativamente exigentes en nitrógeno, gracias a la actividad simbiótica, los problemas de deficiencia en nitrógeno no son importantes. La planta presenta nudosidades activas y eficaces.

b.- Fósforo

Gillier y Silvestre (1970), manifiesta que el fósforo aparece en la calidad relativamente escasa en el cacahuete, pero esta planta tiene la facultad de absorber el fósforo en suelos muy pobres en este elemento. El fósforo activa en el crecimiento del cacahuete y apresura su maduración; este elemento se encuentra en zonas de crecimiento activo; así mismo la absorción del fósforo por la planta está vinculada a la del nitrógeno y de azufre.

Robles (1985), menciona que la planta responde bien a la fertilización fosfatada, sobre todo para obtener una buena producción de frutos, ya que ésta influye en el tamaño, cantidad y calidad del maní al activarse la floración, fructificación y la mejor maduración. Los requerimientos del cultivo de maní en fósforo son bajos y, cuando se rota con otros cultivos que han sido fertilizados o el suelo tiene mediano contenido de este elemento, no hay necesidad de aplicarlo. (Manuales para la Educación Agropecuaria 1988).

c.- Potasio

Tisdale y Nelson (1977), manifiesta que las plantas absorben tanto más potasa cuando más se lo pone a disposición, sin que los rendimientos aumenten al sobrepasar una cierta cantidad indeseable de potasa. Tampoco conviene dejar que el suelo se empobrezca en K_2O por debajo de cierto nivel, ya que es más costoso, conseguir la fertilidad que mantenerla a su nivel correspondiente. Las dosis masivas de K_2O en un cultivo dado no son recomendables, pues pueden originar carencias de otros elementos. Ejemplo: dosis alta de cloruros pueden originar carencia de Mg y/o Ca por el desplazamiento.

Robles (1985), manifiesta que el principal problema que se presenta en el abonamiento de maní es obtener una adecuada relación del calcio con el potasio. Un abonamiento de los suelos pobres de calcio y potasio, con potasio da resultados favorables cuando coincide con la elevación de los niveles de calcio. Asimismo, la colocación del fertilizante es de primordial importancia, si no se hace, apropiadamente se corre el riesgo de obtener rendimientos reducidos y una cosecha de menor calidad, debido al alto nivel de potasio en los primeros centímetros del perfil del suelo, se inhibe la absorción del calcio por las raíces y las vainas.

d.- Calcio

Robles (1985), menciona que es el elemento de gran importancia para el normal desarrollo del maní, principalmente para una buena fructificación y para dar mejor consistencia a la textura de la cáscara de la vaina. El calcio se puede aplicar como cal apagada u otros fuentes de alcalinidad; por lo

tanto no debe usarse el sulfato de calcio, pues como es lógico, aumenta la acidez.

f.- Azufre

Robles (1985), menciona que la deficiencia de este elemento es menos notoria que los anteriores. La aplicación de azufre puede aumentar la producción de grano, de forraje seco, incrementar el contenido de P_2O_5 y materia mineral, y combinado con nitrógeno incrementa el contenido de proteína de la semilla. La respuesta de la fertilización es mejor con compuestos fosforados, de ahí la eficiencia del superfosfato.

g.- Microelementos

Robles (1985), manifiesta que la investigación sobre los micro nutrientes en el cultivo de maní es extensa, generalmente no actúan solos, sino por interacción con los elementos mayores y entre ellos mismos.

El manganeso es el que produce mayor aumento en la producción, su disponibilidad está fuertemente afectada por el pH del suelo. Luego está el boro, también aumenta la producción, aumenta el contenido de fósforo de las raíces, las hojas y las flores. El cobre aumenta el rendimiento y reduce el porcentaje de frutos mal formados. El hierro influye en la formación de la clorofila. Las deficiencias de todos estos elementos se pueden corregir con quelatos.

1.2 EL FÓSFORO:

Buckman (1985), manifiesta que a excepción del nitrógeno, ningún elemento es tan decisivo para el crecimiento de las plantas, como el fósforo.

FAO (2007), manifiesta que el fósforo es un macronutriente esencial a las plantas. Es absorbido por las raíces principalmente como H_2PO_4^- y en menor grado como HPO_4^{2-} . El contenido en la materia seca de las plantas es 0.1-0.4%. Se menciona en el mercado de los fertilizantes como P_2O_5 (pentóxido de fósforo). El fósforo en las plantas está involucrado en la transferencia de energía, división celular, desarrollo de tejido y en el crecimiento. Es un constituyente del ADN y ARN, así como de las moléculas portadoras de energía ADP, ATP, etc. Juega un papel importante en la promoción del crecimiento de la raíz, desarrollo del grano y la sincronización de la maduración. Después del N, es el nutriente más importante. La condición asociada con el nivel insuficiente de P en el sistema suelo - planta, se refiere como deficiencia de P. Retarda el crecimiento, cultivo, desarrollo de las raíces y demora la maduración. Los síntomas de deficiencia comienzan a aparecer en las hojas más viejas. Se desarrolla un color verde-azuloso a rojizo que puede conducir a tintes bronceados y color rojo. La deficiencia de fósforo en los suelos alcalinos neutros se indica por menos de 10 kg P/ha en la capa arable, mediante la extracción con bicarbonato de sodio (Olsen).

Fassbender (1984), indica que el fósforo es relativamente estable en los suelos, no presenta compuestos inorgánicos como los nitrogenados que pueden ser lixiviados y volatilizados. Esta estabilidad se debe a su baja solubilidad, que a veces causa deficiencias de disponibilidad para las plantas.

Los fosfatos se originan del mineral "Apatita", que está constituido por el 90% de fosfato tricálcico, conteniendo F y Ca en forma de sal doble, cierta cantidad de ácido silico y en ciertas ocasiones Fe y Mn. Los cristales de apatita se encuentran en la mayoría de las rocas ígneas y metamórficas, que al meteorizarse, la apatita y su fosfato componente se incorporan al suelo.

Tume (2005), menciona que el fósforo presenta un símbolo P, número atómico 15, peso atómico 30.9738. El fósforo forma la base de gran número de compuestos, de los cuales los más importantes son los fosfatos. En todas las formas de vida, los fosfatos desempeñan un papel esencial en los procesos de transferencia de energía, como el metabolismo, la fotosíntesis, la función nerviosa y la acción muscular. Los ácidos nucleicos, que entre otras cosas forman el material hereditario (los cromosomas), son fosfatos, así como cierto número de coenzimas. Los esqueletos de los animales están formados por fosfato de calcio.

1.2.1 El fósforo en el suelo.

Black (1975), manifiesta que el fósforo en el suelo se encuentra casi exclusivamente como ortofosfato, derivándose todos los compuestos de ácido fosfórico. Puede clasificarse como orgánico e inorgánico, dependiendo de la naturaleza en el que se halla.

La fracción inorgánica puede clasificarse por su naturaleza física, mineralógica o química y/o por combinación de ellas en formas cristalizadas con el Fe, Al, F, y Ca; así como fosfatos amorfos y ocluidos.

Fassbender (1984), indica que factores como la temperatura, precipitación, grado de desarrollo de los suelos, acidez, actividad biológica; determinan la

participación de las fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo.

Tisdale y Nelson (1987), menciona que la fracción orgánica se halla en el humus, de acuerdo a su estructura química, forma fosfatos orgánicos, como: fosfolípidos, fosfoproteínas, fosfatos metabólicos, fosfatos de inositol y ácidos nucleicos

1.2.2 El fósforo en la solución del suelo.

Domínguez (1989), manifiesta que el fósforo en la solución del suelo se encuentran en cantidades muy pequeñas, de 0.03 a 0.30 ppm, siendo las formas importantes: los fosfatos mono y dibásico y en menor importancia los ortofosfitos; de modo que en los suelos pobres deben renovarse para cubrir las necesidades de las plantas.

Thopson (1974), menciona que la concentración de iones fosfato en la solución suelo están relacionados con el pH del medio. Entre 2 y 7, predominan los iones H_2PO_4^- y entre 7 a 12, iones H_2PO_4^- . La concentración del fosfato monobásico es máximo a pH 4 y mínimo a pH de 9, lo contrario ocurre con el fosfato dibásico. Los dos iones se encuentran en equilibrio a un pH de 7.2.

Entre el pH 5.5 a 6.0, la solución acuosa del suelo contiene la máxima concentración de fosfato monobásico; estando en equilibrio con los fosfatos de Fe, Al y Ca.

1.2.3 El fósforo en la planta.

a.- Absorción del ácido fosfórico.

Black (1975), indica que la absorción de iones ortofosfato, están influenciados

por otros aniones minerales; disminuye cuando aumenta en la solución suelo las concentraciones de los iones NO^{-3} y SO^{-4} , aumenta en presencia del catión NH^{+4} .

Dominguez (1989), manifiesta que las plantas absorben elementos nutritivos por contacto directo de las raíces con las partículas sólidas del suelo, pequeñas cantidades de fósforo; pero lo hacen mayormente por difusión de la solución del suelo en forma de ión ortofosfato monobásico y en menor cantidad como ión ortofosfato dibásico. También pueden absorber moléculas de iones fosfatos orgánicos.

b.- Distribución del ácido fosfórico en la planta.

Domínguez (1989), manifiesta que entre los compuestos frecuentes destaca el Di y trifosfato de adenosina (ADP, ATP), dinucleotido de adenina, nicotinamida.

Russell (1968), indica que el ácido fosfórico es un componente esencial de las plantas, se encuentra combinado con otras sustancias o con cuerpos simples, formando fosfatos minerales o en la mayoría de los casos son sustancias complejas, que forman combinaciones orgánicas (Lecitinas, fitinas, ácido nucleico, fosfolípidos y metabolitos fosforilados). El ácido fosforito abunda en los órganos jóvenes de las plantas, se almacena en las semillas en forma de sustancias de reserva. Las plantas lo absorben sobre todo durante el período de crecimiento activo y al final de la vegetación, se aprecia el traslado del ácido fosfórico hacia los órganos de reserva de la planta.

c.- Rol del fósforo en la planta.

Raymond (1984), menciona que la función de fósforo, principalmente estimula la formación y el crecimiento temprano de las raíces, importante en la formación de las semillas.

Tisdale y Nelson (1987), manifiestan que los compuestos citados anteriormente y otros orgánicos fosforados, son los responsables de la mayoría de los cambios de energía en los procesos de vida aeróbicos y anaeróbicos. Estos compuestos fosfóricos son esenciales para la fotosíntesis, la interconversión de carbohidratos y compuestos afines: glicólisis, metabolismo del azufre, oxidaciones biológicas y otros procesos. El fósforo es un elemento esencial y constituyente de los procesos de transferencia de energía tan vitales para la vida y en crecimiento de las plantas. El fósforo en la planta, constituye e interviene favorablemente en las siguientes funciones:

- División celular y crecimiento.
- Floración, Fructificación y formación de la semilla.
- Desarrollo radicular.
- Robustecimiento de la paja de los cereales, contrarrestando el acame.
- Mejora la calidad de las cosechas.
- En las leguminosas favorece el desarrollo de los nódulos.
- Incrementa el peso y el tamaño de los cultivos que se explota por sus raíces y tubérculos.
- Desarrollo rápido y vigoroso de las plantas jóvenes.
- Confiere a las plantas precocidad al acelerar la floración y fructificación.

d.- Síntomas de deficiencia de fósforo.

Devlin (1970), indica que la deficiencia en fósforo, puede provocar en las plantas, la caída prematura de las hojas, aparición de pigmentación roja o púrpura. Presencia de zonas necróticas sobre las hojas, peciolo, frutos; con un aspecto achaparrado y débil de las plantas.

Tisdale y Nelson (1987), manifiestan, que la deficiencia en fósforo en los cultivos, muestran los siguientes síntomas:

- Lento crecimiento y desarrollo de la planta.
- Poco desarrollo del xilema y floema.
- Escasa floración y fructificación.
- Retrazo en la maduración de las cosechas.
- Las hojas, muestran una coloración verde oscura con matices rojizos (antocianina).
- Menor peso y tamaño de las plantas.
- Tallos pequeños, delgados y débiles (maíz).
- Los granos pequeños no germinan.
- Bajo rendimiento en grano, frutos y semillas.

Raymond (1984), menciona que los síntomas de deficiencia de fósforo se presentan en las hojas de un color rojo a púrpura y retarda la división celular. Su exceso provoca la inmovilización de otros elementos esenciales.

1.2.4 Roca fosfórica o fosfatos naturales:

Alarcón (1993), teniendo en cuenta en fuentes del Laboratorio Químico de la Universidad de Piura, menciona que en el desierto de Sechura (Piura), se

encuentra ubicada uno de los yacimientos más ricos del mundo. Posee una reserva de unos 4500 millones de toneladas, con una ley de 8 a 12 % de P_2O_5 ; dentro de ésta, cuenta unos 2000 millones de toneladas, con una concentración de 25 a 28 % de P_2O_5 .

Esta reserva geológica es de origen marino, se halla mezclada con capas de arena y diatomita, entre otras sales minerales marina. En la Unidad de Producción de Bayóbar, se obtiene mediante procesos físicos naturales, el fosfato concentrado denominado "fosbayóbar" tiene una capacidad de trabajo de 2000 Tn/año de producción de roca fosfatada, de 30% de P_2O_5 , que por flotación y lavado se concentra a 30.5% de P_2O_5 . La molienda es a malla de 200 Mesh; el Fosbayóbar es el más reactivo del mundo, el 100% de fósforo soluble total en la tercera extracción en ácido cítrico es de 2%.

Sus características y composición son las siguientes:

| | |
|------------------|--------------------------|
| Aspecto | : Arenoso. |
| Color | : Marrón claro. |
| P_2O_5 | : 30.5%, malla 100 – 60% |
| CaO | : 46.9 % |
| Azufre | : 1.7 % |
| Magnesio | : 0.6 % |
| Materia Orgánica | : 3.2 % |
| K_2O | : 0.1 % |
| SiO_2 | : 6.08 % |
| SO_4 | : 5.0 % |
| Al_2O_3 | : 0.79% |
| F | : 2.98% |

| | |
|---|----------|
| <u>Solubilidad:</u> | <u>%</u> |
| P_2O_5 Sin pulverizar, soluble en ácido cítrico al 2% | 12.1 |
| P_2O_5 Pulverizado, soluble en ácido cítrico al 2% | 15.3 |

Fuente: Laboratorio Químico de U. P. de Bayóbar.

Catedra IX (1982), menciona que la riqueza de la roca fosfórica en P_2O_5 , es muy variable, así puede alcanzar valores de 26 a 38 %. Según Primo (1973) y Rodríguez (1982), con un promedio de 30% de P_2O_5 .

FAO (2007), indica que es un mineral que sirve como materia prima (fuente de P) para la producción de fertilizantes de fósforo. Consiste en varios tipos de apatitas (fosfato tricálcico) y contiene entre 15-35% P_2O_5 . La calidad de RF depende de su edad, tamaño de partícula, grado de sustitución en la estructura del cristal y solubilidad en los ácidos. Las rocas reactivas también pueden emplearse directamente como fertilizantes de P en los suelos ácidos. El fosfato rocoso también contiene varios micronutrientes, con un promedio de 42 ppm de Cu, 90 ppm de Mn, 7 ppm de Mo, 32 ppm de Ni y 300 ppm de Zn. El contenido de cadmio de la roca fosfórica varía desde 1 a 87 mg/kg (con un contenido de P_2O_5 de 30%, el Cd también puede expresarse como 8 - 665 mg/kg de P o 3 - 290 mg/kg de P_2O_5). En los fosfatos rocosos para la aplicación directa, el contenido de Cd (un metal pesado potencialmente tóxico) no deberá exceder preferiblemente los 90 mg de Cd/kg de P_2O_5 (o alrededor de 27 mg/kg de RF).

Thompson (1966), manifiesta que la roca fosfatada, se encuentra bajo la forma de fosfato tricálcico; contiene de 18 % a 81 % de fosfato tricálcico y pequeñas cantidades de compuestos nitrogenados. Posiblemente se haya formado como consecuencia de los procesos químicos y biológicos del despojo de los animales prehistóricos, acumulados en grandes cantidades, dado que los dientes y huesos aún pueden reconocerse en los yacimientos. Tales acumulaciones podrían haberse formado en los depósitos marinos, que posteriormente quedaron al descubierto, cuando los cambios de clima y

otras alteraciones violentas, causaron la muerte súbita de gran número de animales.

Fassbender y Bornemisza (1987), indican que en América del Sur los depósitos de roca fosfórica, se hallan concentrados en Brasil, Venezuela, Chile y Perú (Sechura – Piura); siendo la riqueza de P_2O_5 del fosfato de sechura o fosfato de bayóbar de 25 a 28 %.

FAO (2007), manifiesta que la apatita es el nombre común del principal compuesto suministrador de P en las rocas fosfóricas o fosfatos rocosos (usado como materia prima en la elaboración de fertilizantes de fosfato). Fórmula general: $Ca_{10}(PO_4, CO_3)_6 (F, OH, Cl)_2$. Según la dominancia del F, Cl u OH en la estructura del cristal de apatita, se conoce como fluorapatita, cloroapatita o hidroxapatita.

Tume (2005), manifiesta sobre el origen de los fosfatos de Bayóvar que son de origen sedimentario marino. Se trata de depósitos secundarios originados por sedimentos de origen animal y vegetal, tanto peces y algas respectivamente de hace millones de años. El depósito de Sechura presenta una estructura de capas sedimentarias uniformes, casi horizontales y próximas a la superficie, lo que facilita la extracción de roca.

Indica sobre las ventajas de la roca fosfórica, que son fosfatos solubles que se aplican directamente a los suelos ácidos de la amazonía. El fosfato fomenta el enriquecimiento del suelo, facilita la formación de las raíces, estimula la floración y la formación de la semilla. Tendríamos que señalar que es el fosfato natural más reactivo y de alto contenido de micronutrientes (calcio, azufre y magnesio). Tiene un alto poder residual, óptimo para suelos ácidos, mejora el pH del suelo. Por su solubilidad es atractivo en el mercado

de abonos naturales. Esta es una ventaja comparativa que tiene que convertirse en ventaja competitiva.

Finck (1985) y Catedra IX (1982), manifiesta que la roca fosfórica se compone de diversos apatitos (fósforos de calcio), de origen en parte magmático y en parte orgánico; pero generalmente son de origen marino. Los cuales dieron lugar a la acumulación de apatitas a partir de minerales primarios o restos de animales que contengan fósforo, luego de procesos climáticos extremos y transformaciones en la corteza terrestre.

Primo (1973), manifiesta que una gran mayoría de estos yacimientos está formada por gránulos pequeños, aglomerados con carbonato de calcio, arcilla y sílice. En otras regiones se han transformado en roca dura. La roca fosfórica tiene la siguiente composición: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{X}$; donde X puede ser flúor, cloro, OH^- o $1/3$ de CO_3^{2-} , siendo el mineral más frecuente la fluorapatita, fosfato tricálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), fluoruro cálcico (CaF). Casi todos los fosforos de roca contienen impurezas tales como la materia orgánica, óxidos de Fe y Al, carbonatos de calcio, magnesio y fluoruros.

Fassbender (1984) y Bornemisza (1982), afirman que la solubilidad de la roca fosfórica es ínfima. En estudios realizados se han encontrado gran dependencia del pH, el cual se explica a partir del producto de solubilidad de las apatitas hidroxidadas. La velocidad de disolución varía con el grado de finura y el grado de calcinación.

Finck (1985) y Rodríguez (1982), manifiestan que cuando la roca fosfórica se utiliza como fertilizante su eficiencia depende de ciertas características del suelo; como del contenido de M.O; del contenido, formas y disponibilidad de fosforos nativos; de su reacción, del contenido de Fe y Al, de la humedad;

temperatura; cultivos, etc. Así mismo de las características inherentes de la roca fosfórica como son: contenido de fosfatos, su solubilidad, su disolución, su localización, dosis, finura y su dureza.

Domínguez (1989), manifiesta que cuanto más finamente pulverizado se halle la roca fosfórica mayor será la superficie expuesta a la acción disolvente del agua que se encuentra en el suelo y de los ácidos de la materia orgánica que se hallan asociados con ellas, así mismo dará mejores resultados cuando el fosfato finamente pulverizado se mezcla bien con el suelo.

Rodríguez (1982) y Gross (1986), indican que la Roca fosfórica es una materia prima indispensable, para la industria del ácido fosfórico. La forma usual de producir fertilizantes fosfatados es tratando la roca fosfatada con ácido sulfúrico o fosfórico; este hecho hace que se incremente el costo de este fertilizante.

1.3. LOS MICROORGANISMOS BENÉFICOS (MB).

Chujo (2004), menciona que el EM significa Microorganismos Eficientes. EM es una combinación de varios microorganismos beneficiosos, de origen natural que se usan principalmente para los alimentos o que se encuentran en los mismos. Contiene organismos beneficiosos de 3 géneros principales: bacterias fototróficas, bacterias de ácido láctico y levadura. Estos microorganismos benéficos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, quelatos y antioxidantes. Cambian el micro y macro flora de la tierra y mejora el equilibrio natural, de manera que la tierra que

causa enfermedades se convierte en tierra que suprime enfermedades, y ésta a su vez tiene la capacidad de transformarse en tierra azimogénica. Los efectos antioxidantes promueven la descomposición de materia orgánica y aumenta el contenido de humus. Esto ayuda a mejorar el crecimiento de la planta y sirve como una excelente herramienta para la producción sostenible en la agricultura orgánica. Los microorganismos eficientes fueron desarrollados en forma líquida a lo largo de muchos años por el Prof. Teruo Higa, de la Universidad de Ryukus, y el estudio se completó en 1982. Al principio, EM era considerado una alternativa para químicos agrícolas. Pero su uso ahora se ha extendido a aplicaciones en los campos ambiental, industrial y de la salud. Sin embargo, se debe enfatizar que EM no es ni un químico sintético ni una medicina.

Higa y Parr (1991), manifiestan que los EM, es una abreviación de Effective Microorganismos (Microorganismos Eficaces), cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, y fisiológicamente compatibles unos con otros. Cuando el EM es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinergista por su acción en comunidad. El EM, como inoculante microbiano, restablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Kuprat (2004), indicando sobre los estudios del Dr. Higa, menciona que los ME se emplea para nuestra salud, para suelos sanos, plantas sanas y

animales sanos, para el compostaje, para la limpieza y purificación de aguas residuales y para el cuidado natural de plantas. También para la prevención de parásitos, y como producto de limpieza en casa.

Higa (1993), indica que el acrónimo para “microorganismos eficaces”, EM, es el nombre colectivo que acuñó para un gran número de microorganismos responsables del proceso regenerativo dentro de las fuerzas dinámicas de la naturaleza que acabo de describir. Las bacterias fotosintéticas, levaduras, bacterias de ácidos lácticos y hongos son sólo algunos de los microorganismos anabióticos pertenecientes al grupo EM. Cuando una combinación de ellos está presente en el suelo y prolifera en número suficiente, conduce a un aumento en niveles de antioxidación y resulta una intensificación en concentraciones de energía. En otras palabras, su actividad instiga el proceso de regeneración, purificando el aire y el agua contenidos en el suelo e intensifica el crecimiento de las plantas.

FAO (2007), manifiesta que los MEN son una mezcla de todos los tipos de microbios que ocurren de manera natural, como los fijadores de N, solubilizadores de P, productores de hormonas/vitaminas, descomponedores de la celulosa, organismos controladores de enfermedades, etc. y que se emplean para elevar la productividad del cultivo.

1.3.1 Tipo de Microorganismos:

Higa y Parr (1991), manifiestan que los principales grupos de microorganismos presentes en el EM son: Bacterias Fototrópicas, Bacterias Ácido lácticas, Levaduras y Actinomicetos:

Bacterias Fototróficas. Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de secreciones de raíces, materia orgánica y gases dañinos, usando la luz solar y el calor del suelo como fuentes de energía. Las sustancias sintetizadas comprenden aminoácidos, ácidos nucleicos, sustancias bioactivas y azúcares, promoviendo el crecimiento y desarrollo de las plantas. Los metabolitos son absorbidos directamente por ellas, y actúan como sustrato para incrementar la población de otros Microorganismos Eficaces. Asimismo, llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere (nutrientes), carbohidratos, aminoácidos; sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día.

Bacterias Ácido Lácticas. Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototróficas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Las bacterias ácido lácticas aumentan la fragmentación de los componentes de la materia orgánica, como la lignina y la celulosa, transformando esos materiales sin causar influencias negativas en el proceso. El ácido láctico ayuda a solubilizar la cal y el fosfato de roca.

Levaduras. Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobiales y útiles para el crecimiento de las plantas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototróficas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división celular activa. Sus secreciones son

sustratos útiles para Microorganismos Eficaces como bacterias ácido lácticas y actinomicetos.

Actinomicetos. Funcionan como antagonistas de muchas bacterias y hongos patógenos de las plantas debido a que producen antibióticos (efectos biostáticos y biocidas). Benefician el crecimiento y actividad del azotobacter y de las micorrizas.

1.3.2 Modo de Acción de los Microorganismos

Higa y Parr (1991), afirman que, los diferentes tipos de microorganismos en el EM, toman sustancias generadas por otros organismos basando en ello su funcionamiento y desarrollo. Las raíces de las plantas secretan sustancias que son utilizadas por los Microorganismos Eficaces para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. Cuando los Microorganismos Eficaces incrementan su población, como una comunidad en el medio en que se encuentran, se incrementa la actividad de los microorganismos naturales, enriqueciendo la microflora, balanceando los ecosistemas microbiales, suprimiendo microorganismos patógenos.

1.3.3 Aplicaciones de los microorganismos benéficos (MB):

Higa y Parr (1991), manifiestan las siguientes aplicaciones del ME en la Agricultura:

El EM, como inoculante microbiano, reestablece el equilibrio microbiológico del suelo, mejorando sus condiciones físico-químicas, incrementa la

producción de los cultivos y su protección, además conserva los recursos naturales, generando una agricultura y medio ambiente más sostenible.

Entre los efectos sobre el desarrollo de los cultivos se pueden encontrar:

En semilleros:

- Aumento de la velocidad y porcentaje de germinación de las semillas, por su efecto hormonal, similar al del ácido giberélico.
- Aumento del vigor y crecimiento del tallo y raíces, desde la germinación hasta la emergencia de las plántulas, por su efecto como rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal.
- Incremento de las probabilidades de supervivencia de las plántulas.

En las plantas:

- Genera un mecanismo de supresión de insectos y enfermedades en las plantas, ya que pueden inducir la resistencia sistémica de los cultivos a enfermedades.
- Consume los exudados de raíces, hojas, flores y frutos, evitando la propagación de organismos patógenos y desarrollo de enfermedades.
- Incrementa el crecimiento, calidad y productividad de los cultivos. Promueven la floración, fructificación y maduración por sus efectos hormonales en zonas meristemáticas.
- Incrementa la capacidad fotosintética por medio de un mayor desarrollo foliar.

En los suelos:

Los efectos de los microorganismos en el suelo, están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas, químicas, biológicas y supresión de enfermedades. Así pues entre sus efectos se pueden mencionar:

- Efectos en las condiciones físicas del suelo: Acondicionador, mejora la estructura y agregación de las partículas del suelo, reduce su compactación, incrementa los espacios porosos y mejora la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego, tornando los suelos capaces de absorber 24 veces más las aguas lluvias, evitando la erosión, por el arrastre de las partículas.
- Efectos en las condiciones químicas del suelo: Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.
- Efectos en la microbiología del suelo: Suprime o controla las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo, por competencia. Incrementa la biodiversidad microbiana, generando las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

Funes (2007), manifiestan que en Matanzas, provincia cubana, se produce con gran velocidad los microorganismos milagrosos. Originalmente, un método japonés de mezclar microorganismos del bosque, fuentes energéticas como la miel y otros materiales, para después someterlos a una fermentación anaeróbica, resulta en colonias de microorganismos que

tienen un efecto “milagroso”. El producto de la fermentación microbiana es utilizado con varios fines entre los que se puede destacar: Bioestimulante para el rendimiento de los cultivos, acelerador de los procesos de descomposición en el compost o de la digestión anaeróbica para la producción de biogás, entre otras muchas aplicaciones.

1.3.4 Los MB y su acción solubilizante:

Alexander (1980), manifiesta que los microorganismos no solo asimilan el fósforo, sino que también hacen solubles una gran proporción de ellos, liberando en cantidades superiores, actúan solubilizando sales de Fe, Al, Mg, Mn y otros fosfatos. El principal mecanismo de solubilización se debe a la producción microbiana de ácidos orgánicos, que disuelven los fosfatos inorgánicos haciéndolos asimilables para las plantas. Muchos microorganismos del suelo producen ácido láctico, glicólico, acético, cítrico, fórmica, etc.; que pueden solubilizar fosfatos tricálcicos y apatitos naturales.

Catedra IX (1982), mencionan que otros ácidos orgánicos como oxálico y tartárico son agentes quelantes capaces de acomplejar Ca^{+2} , Al^{+3} , Fe^{+3} , Mn^{+2} , y Cu^{+2} , que estuvieron en forma de fosfatos, liberando por lo tanto el fósforo. Esta acción podría ser neutralizada por la presencia de CaCO_3 , siendo este proceso más activo en la zona de las raíces. **Higa y Parr (1991)**, mencionan que los MB tienen efectos en las condiciones químicas del suelo: Mejora la disponibilidad de nutrientes en el suelo, solubilizándolos, separando las moléculas que los mantienen fijos, dejando los elementos disgregados en forma simple para facilitar su absorción por el sistema radical.

FAO (2007), manifiesta que las Bacterias, hongos y actinomycetos pueden solubilizar formas insolubles de fósforo. Las bacterias solubilizadoras de P (BSP) incluyen *Bacillus megatherium* var. *phosphaticum*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas striata*, *Agrobacterium* sp; *Acetobacter diazotrophicus*, etc. Los hongos solubilizadores del P (HSP) incluyen: *Aspergillus awamori*, *Penicillium digitatum*, *Penicillium belaji*, levadura (*Saccharomyces* sp.) etc. Los actinomicetos solubilizadores de P (ASP) incluyen a *Streptomyces* sp, *Nocardia* sp. Generalmente los Microorganismos Solubilizantes del Fósforo secretan ácidos orgánicos que disuelven el fosfato insoluble. Estos microbios ayudan en la solubilización del P de la roca fosfórica y otras formas escasamente solubles del P del suelo, mediante la disminución del tamaño de sus partículas, reduciéndolas a formas casi amorfas.

Paúl y Clark (1989), y Alexander (1980), indica que los microorganismos llevan a cabo ciertas transformaciones del P, los cuales incluyen:

1. Alteración de la solubilidad de compuestos inorgánicos de P.
2. Mineralización de compuestos orgánicos con liberación de fosfato inorgánico.
3. Conservación del anión inorgánico aprovechable en compuestos celulares.
4. Lleva a cabo una oxidación y reducción de compuestos inorgánicos de P.

Coyne (2000), menciona que las bacterias que solubilizan activamente el fósforo representan un 10 % de la población microbiana del suelo. Se trata fundamentalmente de organismos de la rizosfera, como *Bacillus*,

Micrococcus, Mycobacterium, Pseudomonas y algunos hongos. Existen 3 mecanismos básicos para solubilizar el fósforo mineral y hacer que resulte más disponible: la quelación, la reducción del hierro y la acidificación. Todos estos métodos desestabilizan los minerales en los que se encuentra el fósforo. Los compuestos orgánicos fabricados por los microorganismos, como el ácido oxálico, pueden quelar Ca^{+2} , Mg^{+2} y Fe^{+3} , desestabilizando así el mineral de fosfato y solubilizando el fósforo. La producción de ácido por parte de los microorganismos disuelve los minerales. De esta manera, los ácidos orgánicos, el ácido nítrico (producido por agentes nitrificantes), el ácido sulfúrico (producido por los tiobacilos) y el ácido carbónico (H_2CO_3) libera fósforo procedente de formas minerales.

1.3.5 Análisis biológico de los microorganismos efectivos naturales

En el análisis básico realizado de los microorganismos existentes en la solución de MB y del capturador de microorganismos (Arroz impregnado de microorganismos), se ha confirmado la existencia de Bacterias en mayor cantidad y Hongos en menor cantidad. Se ha encontrado diversas colonias de bacterias las cuales son Gram positivas y Gram negativas, y donde poseen mayormente las formas cocobacilares y cocos. En los hongos se observan las Hifas y conidias. (Gálvez, 2009)

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se condujo de la siguiente forma:

- Toda la fase de incubación se realizó en un invernadero ubicado en el Programa de Investigación en Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agraria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, en Ayacucho a 2760 m.s.n.m. cuyas coordenadas son 13°09'56" Latitud Sur y 74°13'40.2" Longitud oeste.
- La instalación, conducción y la evaluación de los tratamientos fueron efectuados en una parcela ubicada en la comunidad de Agua Dulce – Distrito de Anco, de la Provincia de la Mar a 750 m.s.n.m (Selva – VRA).

Antecedentes del campo experimental

En la campaña anterior cuatro años antes, en la parcela destinada para el presente experimento se sembró maní (*Arachis hipogaea L*), sin utilizar ningún tipo de abonamiento.

2.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS DEL SUELO

Con la finalidad de conocer las características físicas y químicas se muestra el Cuadro 2.1, que corresponde a una muestra de suelo típico del lugar.

**Cuadro 2.1: Características Físico – Químicas del suelo de Arwimayo
750 msnm VRA 2003**

| Elementos | Contenido | Método | Interpretación |
|------------------------------|----------------|-------------------|------------------|
| Materia Orgánica (%) | 5.21 | Walkley y Black | Alto |
| N – total (%) | 0.26 | Kjeldahi | Alto |
| P – disponible (ppm) | 17.55 | Bray – Kurtz II | Medio |
| K – disponible (ppm) | 32.50 | Fotomet. De llama | Bajo |
| Ca ⁺⁺ (meq/100g) | 15.08 | Complexometría | Bajo |
| Mg ⁺⁺ (meq/100g) | 0.58 | Complexometría | Bajo |
| K ⁺⁺ (meq/100g) | 0.17 | Fotomet. De llama | Bajo |
| CIC ⁺⁺ (meq/100g) | 19.00 | Volumétrico | Bajo |
| pH suelo – agua 1:25 | 6.80 | Potenciométrico | Débilmente ácido |
| Arcilla (%) | 15.61 | - | - |
| Arena (%) | 69.59 | - | - |
| Limo (%) | 14.80 | - | - |
| Clase textural | Franco arenoso | - | - |

Castillo (2005).

2.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

Los datos meteorológicos se han tomado de la Estación Meteorológica de Techin TGP Camisea – San Antonio – Ayacucho del año 2003, esto es una aproximación para el presente trabajo ya que dejó de funcionar, es por esta razón que se obtienen los datos del trabajo de tesis de Castillo (2003).

Cuadro 2.2 Temperatura Máxima, Media y Mínima. Correspondiente a la Campaña Agrícola 2003, de la Estación Meteorológica de San Antonio – Techin TGP CAMISEA - AYACUCHO

| AÑO | 2003 | | | | | | | | | | | | TOTAL | PROM |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|---------|------|
| MESES | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC | | |
| Max | 30.40 | 31.50 | 30.60 | 31.60 | 27.60 | 26.80 | 26.40 | 27.80 | 28.70 | 30.50 | 31.60 | 32.40 | | 29.7 |
| Min | 17.50 | 18.02 | 17.60 | 17.80 | 15.80 | 14.60 | 14.20 | 15.80 | 17.20 | 18.20 | 18.40 | 19.50 | | 17.1 |
| Media | 23.95 | 24.76 | 24.10 | 24.70 | 21.70 | 20.70 | 20.30 | 21.80 | 22.95 | 24.35 | 25.00 | 25.95 | | 22.9 |
| Precipitación (mm) | 225.40 | 285.40 | 250.60 | 155.20 | 90.60 | 82.60 | 75.50 | 77.80 | 98.60 | 102.00 | 160.50 | 205.60 | 1809.80 | |

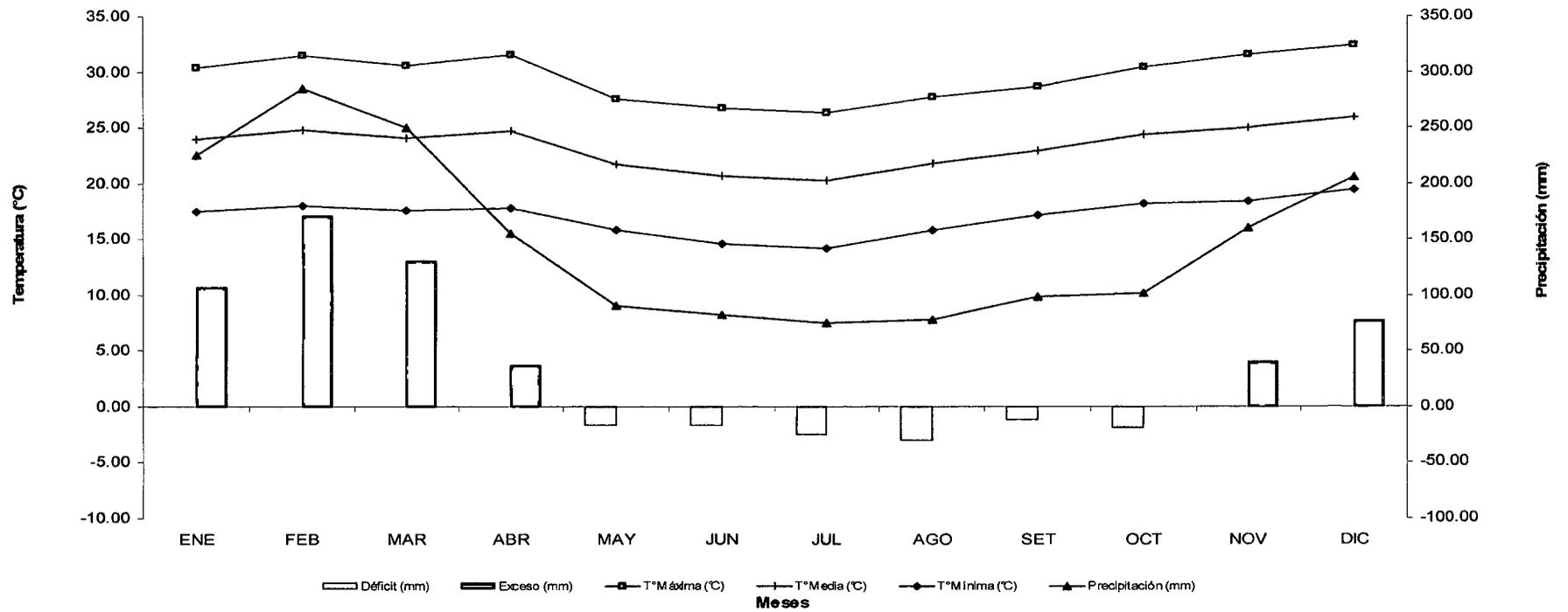


Gráfico 2.1: Diagrama ombrotermico: T° vs. Pp. y balance hídrico

2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA VARIEDAD EN ESTUDIO

La variedad del cultivo de maní “común” se caracteriza por tener un tegumento de color rojo intenso, semillas grandes vaina con 2 ó 3 semillas, follaje verde oscuro, es muy precoz, con un periodo vegetativo de 90 a 110 días. Es un cultivo adaptado y conocido por mucho tiempo por los agricultores del valle del Río Apurímac. De porte mediano y abundante follaje. Es la variedad que tiene el mayor peso de 1000 semillas y de altos rendimientos.

2.5 FACTORES ESTUDIADOS

2.5.1 Días de incubado (D)

Días: 0, 5, 10, 15 y 20

2.5.2 Niveles de roca fosfórica (kg.ha⁻¹)

Niveles: 50, 300, 550, 800 y 1050

2.6 DISTRIBUCIÓN Y DIMENSIÓN DEL TERRENO EXPERIMENTAL

Campo experimental

| | |
|----------------|---------------------|
| Largo | 39m. |
| Ancho | 20m. |
| Área total | 780m ² . |
| Área de calles | 78m ² |
| Área neta | 702 |

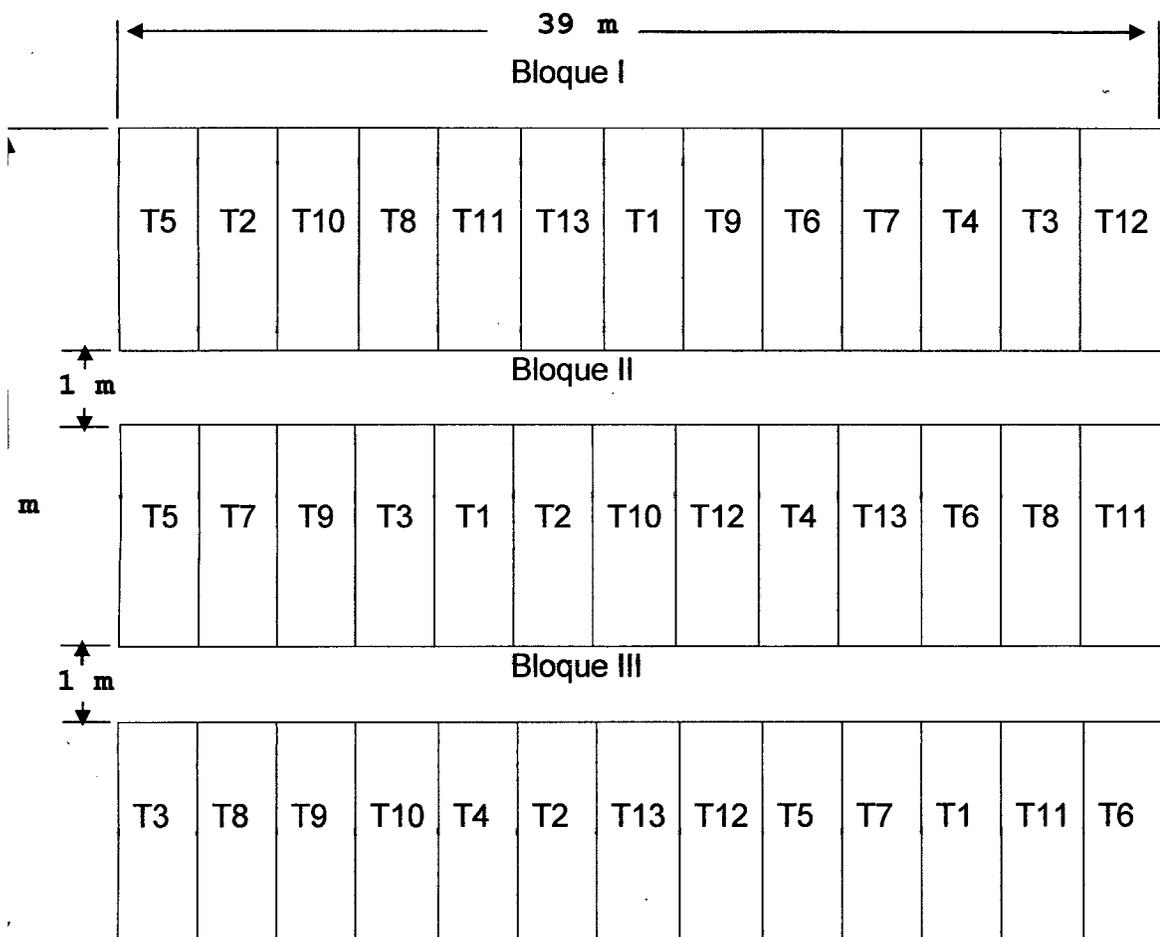
Bloques

| | |
|-------------------|-------------------|
| Número de bloques | 3 |
| Largo | 39m. |
| Ancho | 6m. |
| Área | 234m ² |

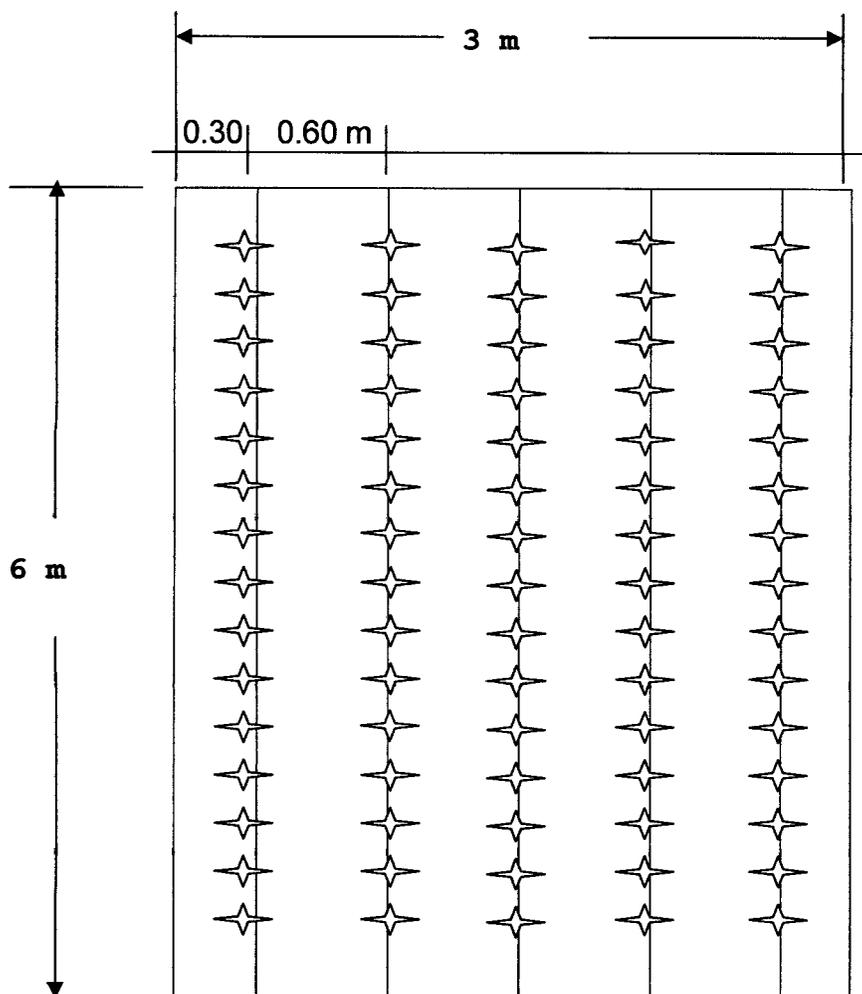
Unidades experimentales

| | |
|--|------------------|
| Número de unidad experimental por bloque | 13 |
| Largo de unidad experimental | 6m. |
| Ancho de unidad experimental | 3m. |
| Área de unidad experimental | 18m ² |
| Número de surcos por unidad experimental | 5 |
| Distancia entre surco | 0.60m. |
| Distancia entre golpe | 0.4m. |
| Número de semillas por golpe | 3 |

2.7 CROQUIS DEL CAMPO EXPERIMENTAL Y DISTRIBUCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS



CROQUIS DE LA PARCELA EXPERIMENTAL (Unidad experimental)



2.8 INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.

2.8.1.- Solución Natural con Microorganismos Benéficos (MB).

Para contar con la solución natural de microorganismos benéficos (MB), se procedió con su captura, bajo una técnica sencilla, que consiste en colocar un frasco con arroz cocido, cubierto con un pedazo de nylon, en una compostera del área de suelos, durante 2 semanas. Luego de este período se extrae el arroz (impregnado de microorganismos), se licúa, y se mezcla con 1 litro de melaza y 3 litros de agua; para obtenerse así la Solución Madre de microorganismos benéficos (MB). Ver Gráfico 2.2

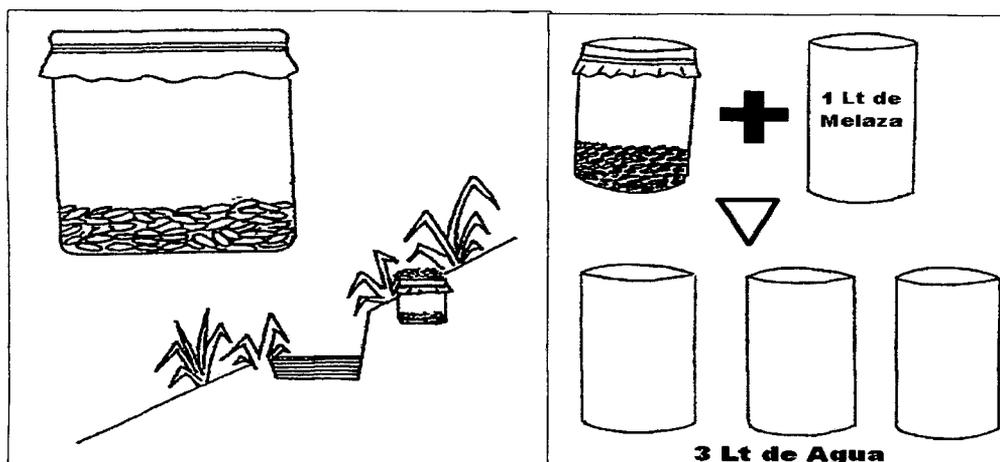


Gráfico 2.2: Proceso de captura y preparación de la solución madre de MB. (Suquilanda 2001)

2.8.2 Roca fosfórica Incubada en MB.

Una vez obtenida la solución madre de MB, se procedió a incubar la roca fosfórica (RF) en 5 envases. El primero se incubó durante 5 días, el segundo durante 10 días, el tercero durante 15 días y el cuarto durante 20 días; también se incluyó un factor que consistió en utilizar la roca en su estado original (sin incubación, equivalente a 0 días de incubación).

2.8.3 Preparación del terreno

La preparación del terreno se inició con el rozo de arbustos existentes, con la ayuda de machetes; luego se dejó secar por 15 días. Una vez secado se procedió a quemar y juntar, finalmente dejando el terreno limpio para la demarcación y siembra.

2.8.4 Demarcación y estacado del campo experimental

Para la demarcación del terreno experimental se utilizó estacas y los trazos se hicieron con la ayuda de cordel y wincha.

2.8.5 Abonamiento:

El abonamiento se realizó en forma localizada, aperturando un hoyo aproximadamente de 4 cm³. de profundidad y depositando en ellos de la siguiente forma:

Con guano de isla, todas las Unidades Experimentales recibieron un abonamiento básico de 500 kg.ha⁻¹.

La Roca Fosfórica incubada en distintos periodos según los tratamientos, los cuales al mismo tiempo se aplicaron en dosis crecientes (Según el D3J), en las respectivas parcela en estudio.

2.8.6 Siembra

La siembra se realizó el (20 y 21 de agosto), depositando al fondo del hoyo 03 semillas por golpe a una distancia entre golpe de 0.4 m y a 0.60 m entre surco, para finalmente cubrir con un poco de suelo.

2.8.7 Aporque y control de malezas

El aporque se realizó en plantas pequeñas, antes de la primera floración, exactamente el 08 de setiembre, a los 20 días después de la siembra, para lo cual se utilizó azadones. Por persistencia de malezas el segundo deshierbo de las malezas se efectuó el 18 de octubre, a los 60 días después de la siembra y el tercer deshierbo el 17 de noviembre, a los 90 días después de la siembra, que consiste en un deshierbo a mano.

2.8.8 Control de plagas y enfermedades

El control de plagas y enfermedades se realizaron en forma preventiva, tal es así que se llevó a cabo en pleno desarrollo vegetativo, iniciándose la floración el 11 de setiembre y llenado de vainas el 26 de octubre, empleando como insecticida thamaron 50EC a la dosis de 1 lt. ha^{-1} y como fungicida Ridomil 75 PM y Cupravit a la dosis de 2 kg. ha^{-1} .

2.8.9 Cosecha

La cosecha se realizó el día 05 de diciembre de 2008 (a los 108 días después de la siembra), cuando el 80% de las plantas mostraron senescencia. La cosecha consistió en el arranque manual de toda la planta, dejándose expuesta las cápsulas para el secado durante 6 días. Posteriormente, se procedió con la separación de las cápsulas de la planta.

2.9 DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento se condujo utilizando el Diseño 03 de Julio (D3J), para dos factores; los niveles a emplearse en cada factor se indican en el cuadro N° 2.4, los cuales se han planteado tomando como referencia trabajos de investigación anteriores.

Cuadro N ° 2.3 Tiempo de Incubado (Días) y Nivel de Roca Fosfórica (kg.ha⁻¹)

| Nivel del factor en estudio | | | |
|-----------------------------|---------------|-----------------------|------------------------------------|
| Nº | Xi Codificado | Tiempo de Inc. (Días) | Nivel de RF (kg.ha ⁻¹) |
| 1 | -2 | 0 | 50 |
| 2 | -1 | 5 | 300 |
| 3 | 0 | 10 | 550 |
| 4 | 1 | 15 | 800 |
| 5 | 2 | 20 | 1050 |

La estructura de los tratamientos, de acuerdo al D3J es tal como se indica en el cuadro N ° 2.4

Cuadro N ° 2.4 Estructura de tratamientos en el D3J, para 2 factores.

| Trat. | Xi Codificado | | Tiempo Incubación. (días) | Nivel de Roca Fosfórica | |
|-------|---------------|----|---------------------------|-------------------------|-------------|
| | X1 | X2 | | (kg.ha ⁻¹) | (g/parcela) |
| 1 | -2 | -2 | 0 | 50 | 90 |
| 2 | 2 | -2 | 20 | 50 | 90 |
| 3 | -2 | 2 | 0 | 1050 | 1890 |
| 4 | 2 | 2 | 20 | 1050 | 1890 |
| 5 | -2 | 0 | 0 | 550 | 990 |
| 6 | -1 | 0 | 5 | 550 | 990 |
| 7 | 1 | 0 | 15 | 550 | 990 |
| 8 | 2 | 0 | 20 | 550 | 990 |
| 9 | 0 | -2 | 10 | 50 | 90 |
| 10 | 0 | -1 | 10 | 300 | 540 |
| 11 | 0 | 1 | 10 | 800 | 1440 |
| 12 | 0 | 2 | 10 | 1050 | 1890 |
| 13 | 0 | 0 | 10 | 550 | 990 |

Los tratamientos se distribuyeron en el Diseño de Bloques completos al azar (DBCA). Cada tratamiento se repitió tres veces, de manera que el experimento contó con 39 unidades experimentales (13 unidades por repetición).

2.10 VARIABLES Y CRITERIOS DE EVALUACIÓN

2.10.1 Variables de precocidad

a.- Días a la emergencia

Se evaluó la emergencia en número de días después de la siembra, en la cual más del 50% de las plantas se encuentran en este estado.

b.- Días a la floración

Se determinó en número de días después de la siembra y cuando más del 50% de las plantas presentaron la primera flor abierta, fijándose esta característica en las 11 plantas representativas del surco central.

c.- Días a la madurez fisiológica

Se contabilizó el número de días transcurridos desde la siembra, hasta el momento de madurez fisiológica (Los granos de la cápsula cambian de color blanco - cuando a un color rojo). Se determinó con un muestreo cuidadoso, otro indicador fue el cambio de color de follaje de verde a amarillo (senescencia) con manchas negras así como la presencia de cápsulas con pericarpio duro.

d.- Días a la madurez de cosecha

Se determinó cuando más 80% de las plantas estuvieron maduras, y al agitar o mover las vainas se escucha un ruido característico de las semillas sueltas, las vainas tienen los granos de una coloración de rojo intenso y el interior de las cápsulas muestran una coloración marrón características de la especie.

2.10.2 Componentes de rendimiento

a.- Longitud de tallo principal de planta (cm)

A los 80 días después de la siembra se procedió a medir la longitud del tallo, desde el cuello de la planta hasta la yema terminal. El valor obtenido corresponde a un promedio de 11 plantas representativas del surco central por parcela.

b.- Rendimiento promedio del número de cápsulas por mata

Al momento de la cosecha se procedió a contabilizar el número de cápsulas por mata, de 11 matas respectivamente del surco central por parcela.

c.- Rendimiento de cápsulas secas más grano ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Esta variable se obtuvo por el peso de cápsulas por cada parcela de los 11 golpes del surco central, con estos resultados se procedió a inferir a un rendimiento por hectárea ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).

d.- Rendimiento de grano limpio ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Se determinó, por cada parcela de los 11 golpes del surco central, después

del secado al sol durante 6 días, se procedió al desgrane que consiste en la rotura de vainas para separar la semilla de la cáscara. Obteniéndose el grano que se comercializa, expresándose en kilogramo; posteriormente se infirió a kilogramos por hectárea mediante la regla de tres simples.

e.- Peso de mil semillas (g)

Se obtuvieron muestras de 100 granos comerciales de las 11 matas del surco central, luego se procedió a estimar para 1000 granos por el método de la regla de tres simples.

2.11 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los análisis estadísticos consistieron en realizar los análisis de variancia y análisis de regresión correspondientes de acuerdo a la metodología descrita por Tineo (2006)

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 SOLUBILIZACIÓN DE LA ROCA FOSFÓRICA TRATADA ^{*1}

Se realizó el análisis correspondiente de la RF tratada durante los distintos períodos de incubación; encontrándose que la RF incubada durante 20 días en los MB posee 2.14 % de P_2O_5 disponible para la planta, en comparación con 0.001145% de P_2O_5 existente en la RF sin tratar. El cuadro 3.1 muestra al detalle el análisis químico realizado:

^{*1} Se realizó conjuntamente con Gálvez (2009) por lo que se le da los créditos al pie de cada cuadro.

Cuadro 3.1: Fósforo disponible (expresado como P₂O₅) liberado a partir de la RF por acción de la solución de MB:

| Roca Fosfórica Tratada | | | | | |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------|-------------|-------------------------------------|
| Solubilidad del P en Agua | | | | | |
| Días de tratamiento | D.O. (1) | D.O (20) | Lr | ppmP | % P₂O₅ |
| 0 días (Roca Fosfórica sin Tratar) | 0.001 | - | 0.002 | 5 | 0.0011 |
| 5 días | 0.09 | - | 0.209 | 522.5 | 0.1197 |
| 10 días | 0.0188 | - | 0.448 | 1120 | 0.2565 |
| 15 días | 1.404 | 0.08 | 0.185 | 9250 | 2.1183 |
| 20 días | 1.591 | 0.081 | 0.187 | 9350 | 2.1412 |

Fuente: Gálvez (2009)

Cuadro 3.2: Contenido de fósforo (P₂O₅) total presente en la roca fosfórica

| Roca Fosfórica Sin Tratar | | | | | |
|---|-----------------|-----------------|-----------|-------------|-------------------------------------|
| Solubilidad del P en ácido cítrico | | | | | |
| Días de tratamiento | D.O. (1) | D.O (20) | Lr | ppmP | % P₂O₅ |
| TOTAL DE FOSFÓRO EN LA ROCA FOSFORICA | - | 0.7 | 1.57 | 125600 | 28.76 |

Fuente: Gálvez (2009)

En consecuencia, se afirma que la solución de MB, con un pH de 3.5, tuvo un efecto solubilizante en la Roca Fosfórica, esto posiblemente por la acción de los ácidos presentes en la solución, como también por las sustancias quelante producidas por los microorganismos, los cuales también liberan al fósforo insoluble. **Coyne (2000)**, manifiesta que existen 3

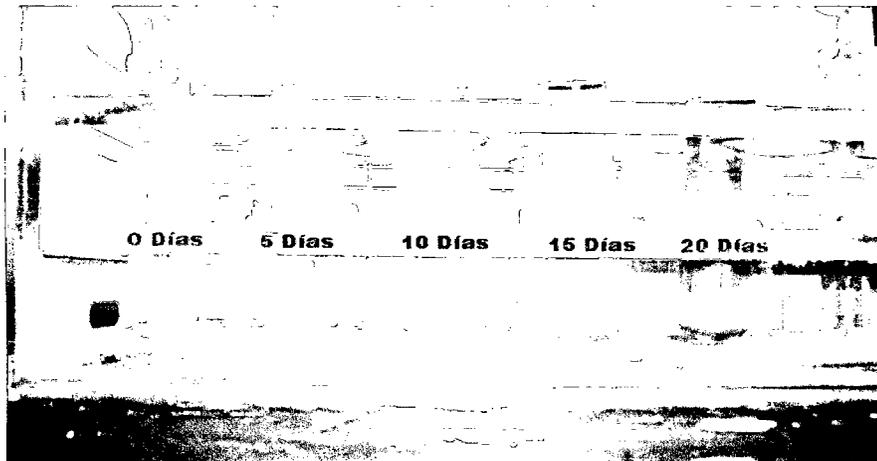
mecanismos básicos para solubilizar el fósforo mineral y hacer que resulte más disponible: la quelación, la reducción del hierro y la acidificación; todos estos métodos desestabilizan los minerales en los que se encuentra el fósforo. Los compuestos orgánicos fabricados por los microorganismos, como el ácido oxálico, pueden unir Ca^{+2} , Mg^{+2} y Fe^{+3} , desestabilizando así el mineral de fosfato y solubilizando el fósforo. La producción de ácido por parte de los microorganismos disuelve los minerales. De esta manera, los ácidos orgánicos, el ácido nítrico (producido por agentes nitrificantes), el ácido sulfúrico (producido por los tiobacilos) y el ácido carbónico (H_2CO_3) libera fósforo procedente de formas minerales.

Bardiya y Gaur (1974) citados por **Whitelaw (2000)**, manifiestan que la solubilización del fósforo por hongos no solo dependería del pH del medio de cultivo, sino también de otros factores como el tipo de ácido orgánico excretado, **Valenzuela (2002)**. A este respecto **Kpombrekou y Tabatabai (1994)**, citados por **Valenzuela (2002)**, observaron que los ácidos alifáticos con grupos α -hidroxil y carboxil son más efectivos que otros ácidos alifáticos o aromáticos en la liberación de fósforo a partir de la RF.

En respecto al pH, **Whitelaw (2000)** citado por **Valenzuela (2002)**, realizó una prolija revisión bibliográfica sobre hongos solubilizadores de fósforo y encontró que en la mayoría de los casos el principal mecanismo de la solubilización fue la acidificación. Niveles altos de solubilización de fósforo a menudo están asociados a pH bajo del medio de cultivo, a la inversa, una baja solubilización de fósforo a menudo está asociado a pH alto.

Valenzuela (2002) manifiesta que algunos investigadores han reportado que los ácidos orgánicos son capaces de solubilizar más fósforo que los

ácidos inorgánicos al mismo pH, cuya diferencia estaría dada por la quelación. **Cunningham y Kuiack (1992)**, citados por **Valenzuela (2002)**, indican que la presencia de citrato a pH 4.5 la solubilización abiótica de CaHPO_4 fue mayor si se compara con la de un ácido inorgánico al mismo pH, lo que indicaría probablemente la quelación por ácido cítrico. La acidificación artificial del medio de cultivo con HCl también solubilizó menos fósforo a partir de CaHPO_4 insolubles que el solubilizado por *Penicillium sp.* y *Pseudomonas sp.* **Illmer y Schinner (1992)**, citados por **Valenzuela (2002)**, indica que en algunos casos se ha reportado la solubilización de fósforo inorgánico en ausencia de la detección de ácidos orgánicos, principalmente como resultado, de la acidificación del medio de cultivo. Según **Illmer y Schinner (1995)** citado por **Valenzuela (2002)**, la explicación más probable estaría dada por la excreción de protones del citoplasma a la superficie externa de la célula. Esta hipótesis permitiría asumir que la RF puede ser solubilizada directamente en la superficie de la célula. Según **Gálvez (2009)**, indica en la fotografía 3.1, los tubos de ensayo en pleno proceso de análisis químico de la RF incubada en MB, por el método colorimétrico de Bray Curtz, para determinar la cantidad de fósforo liberado en los distintos periodos de incubación (0, 5, 10, 15 y 20 días). Distintas intensidades del color azul que asciende desde la ausencia de color en los 0 días, pasando por un azul tenue a los 10 días y llegando a un azul intenso a los 20 días de incubación en MB. El color azul es un indicador de la presencia de fósforo soluble en agua, lo que muestra que efectivamente existe una liberación de fósforo a partir de la roca fosfórica por acción de los microorganismos.



Fuente: Gálvez (2009)

Goenadi et al (2000) citado por **Valenzuela (2002)**, en su trabajo con *A. niger* en la solubilización de RF, evaluaron la respuesta a la inoculación de la biomasa fúngica, del líquido sobrenadante de los cultivos. El desarrollo de la biomasa fúngica necesitó un período de incubación considerablemente largo para incrementar el fósforo soluble. Este fenómeno lo atribuyeron al período necesario para que los hongos crezcan y produzcan una cantidad suficiente de ácidos orgánicos que solubilizan el fósforo. En los estudios realizados de solubilización de RF Carolina del Norte con cepas de *Aspergillus niger*, indica que se requirió un período bastante prolongado para obtener los niveles más altos de solubilización de fósforo (los mismos que se manifestaron a los 45 y 60 días de incubación). **Bojinova et al (1997)** citado por **Valenzuela (2002)**, estudió la bioconversión de fosfatos de roca, utilizando diferentes cepas de *A. niger* y concluyeron que el medio de cultivo, el tiempo de incubación y el tipo de cepa microbiana, son factores que influyen significativamente en este proceso.

3.2 VARIABLES DE RENDIMIENTO

3.2.1 Longitud de tallo principal (cm)

El cuadro N° 01 del anexo presenta los resultados de la longitud de tallo de de maní, en el que se observa que la longitud de tallo más bajos corresponden al testigo T1 (50 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) con 56.753 cm y a los tratamientos T5 (550 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) y T3 (1050 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar), este último con 58,49 cm; mientras que la altura de tallo más altos se obtienen con los tratamientos T4(1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días), T8 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días), T12 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días) y T7 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 15 días) con 62.333, 62.270, 62.127 y 61.997 cm, respectivamente.

Luego de realizar el ANVA (cuadro 3.3) se encontró diferencia significativa para tratamientos, lo que indica que la longitud de tallo de maní esta influenciado por el tiempo de incubación de la RF con MB y por los niveles de RF aplicada.

Cuadro 3.3: Análisis de variancia de la longitud del tallo principal en maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|-------------|----|----------|--------|------|-----------|
| Bloque | 2 | 8.4291 | 4.2146 | 1.35 | 0.2780 NS |
| Tratamiento | 12 | 112.6891 | 9.3908 | 3.01 | 0.0104 * |
| Error | 24 | 74.8736 | 3.1197 | | |
| Total | 38 | 195.9918 | | | |

C.V. = 2.92%

Para determinar la importancia de cada uno de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 3.4). Esta prueba señala que la altura de tallo más altos corresponden a los tratamientos T4 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días) con 62.333 cm, T8 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días), T12 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días) y T7 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 15 días); este último con 61.997 cm.

La altura de tallo más bajos se obtuvieron con el testigo T1 (50 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) que alcanzó 56.75 cm, y con los tratamientos T5 (550 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar), T3 (1050 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) y T6 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubada por 5 días); el último con 59.193 cm.

Se debe destacar el hecho de que la mayor longitud de tallo corresponde a los tratamientos con RF incubados durante un mayor tiempo (15 a 20 días), mientras que los rendimientos más bajos se obtuvieron con los tratamientos que reciben la RF sin incubar.

Cuadro 3.4: Prueba de Duncan (0.05) para el promedio de longitud de tallo principal en maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

| Tratamiento | Promedio de la longitud de tallo (cm) | Duncan (0.05) |
|--------------------|--|----------------------|
| T4 (2 2) | 62.333 | a |
| T8 (2 0) | 62.270 | a |
| T12 (0 2) | 62.127 | a |
| T7 (1 0) | 61.997 | a |
| T10 (0 -1) | 61.187 | a b |
| T2 (2 -2) | 61.130 | a b |
| T13 (0 0) | 61.127 | a b |
| T9 (0 -2) | 60.637 | a b |
| T11 (0 0) | 60.497 | a b |
| T6 (-1 0) | 59.193 | a b c |
| T3 (-2 2) | 58.493 | b c |
| T5 (-2 0) | 58.230 | b c |
| T1 (-2 -2) | 56.753 | c |

El análisis de regresión (Cuadros 3.5 y 3.6) para estimar la influencia del tiempo de incubación (X_1) y el nivel de RF incubada (X_2), en la longitud de tallo del cultivo de maní, muestra alta significación estadística para los componentes lineal y cuadrática de primer factor y significación estadística para el componente lineal del segundo factor, por lo que no es posible determinar con el segundo factor los niveles que maximicen en la longitud del tallo de maní, sin embargo, para el primer factor sí es posible determinar el nivel que maximiza la longitud de tallo de maní (10 y 15 días de incubación).

Cuadro 3.5: Análisis de regresión para la longitud de tallo principal en maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|-------------------------------|----|---------|---------|--------|-----------|
| X ₁ | 1 | 28.7280 | 28.7280 | 100.29 | <.0001 ** |
| X ₂ | 1 | 2.5673 | 2.5673 | 8.96 | 0.0201 * |
| X ₁₁ | 1 | 3.8366 | 3.8366 | 13.39 | 0.0081 ** |
| X ₂₂ | 1 | 0.0130 | 0.0130 | 0.05 | 0.8376 NS |
| X ₁ X ₂ | 1 | 0.0729 | 0.0729 | 0.25 | 0.6294 NS |

Cuadro 3.6: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para la longitud de tallo principal en maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

| Parámetro | Valor Estimado | T para Ho: Parámetro = 0 | Error estándar del valor estimado | Pr > T |
|-------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Intercepto | 61.0931 | 246.26 | 0.2481 | <.0001 ** |
| X ₁ | 1.0512 | 10.01 | 0.1050 | <.0001 ** |
| X ₂ | 0.3142 | 2.99 | 0.1050 | 0.0201 * |
| X ₁₁ | -0.2992 | -3.66 | 0.0817 | 0.0081 ** |
| X ₂₂ | -0.0174 | -0.21 | 0.0817 | 0.8376 NS |
| X ₁ X ₂ | -0.0338 | -0.50 | 0.0669 | 0.6294 NS |

Considerando el modelo polinomial (superficie de respuesta) es la siguiente:

$$Y = 61.093 + 1.051X_1 + 0.314X_2 - 0.299X_1^2 - 0.017X_2^2 - 0.034X_1 X_2 + e$$

el gráfico de Superficie de respuesta es el siguiente:

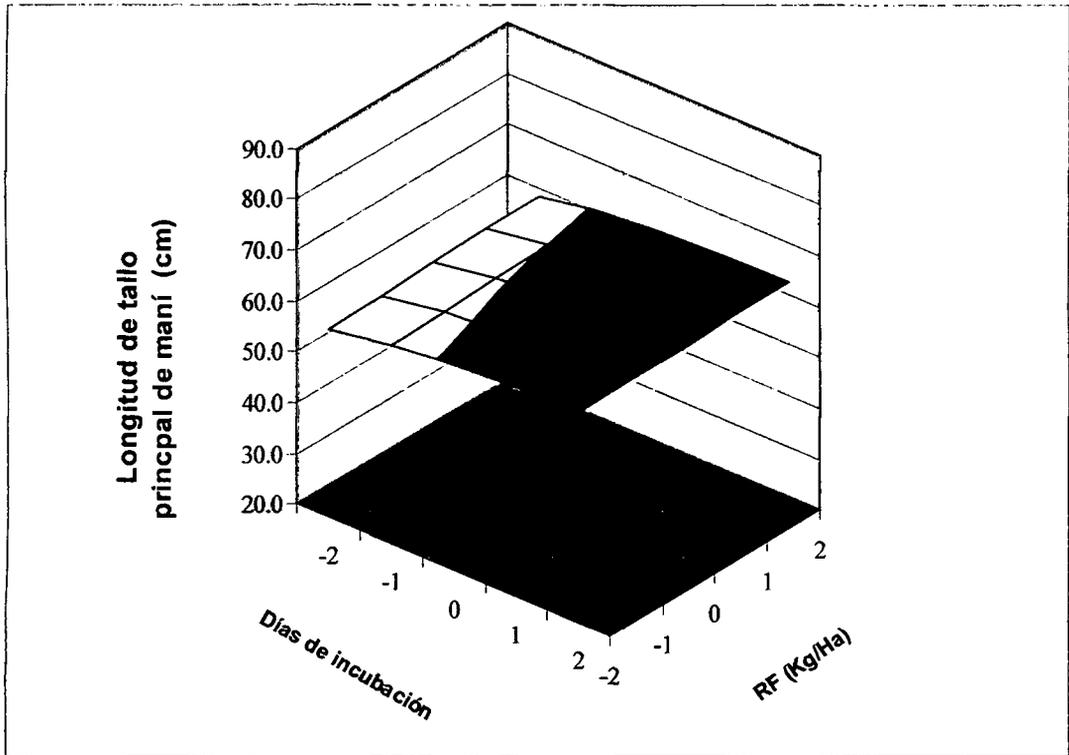


Gráfico 3.1: Superficie de respuesta para longitud de tallo principal de maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor en forma independiente se tendrían los modelos codificados siguientes (Gráfico 3.2)

$$y = 61.093 + 1.051 X_1 - 0.299 X_1^2 \quad (1)$$

$$y = 61.093 + 0.314 X_2 \quad (2)$$

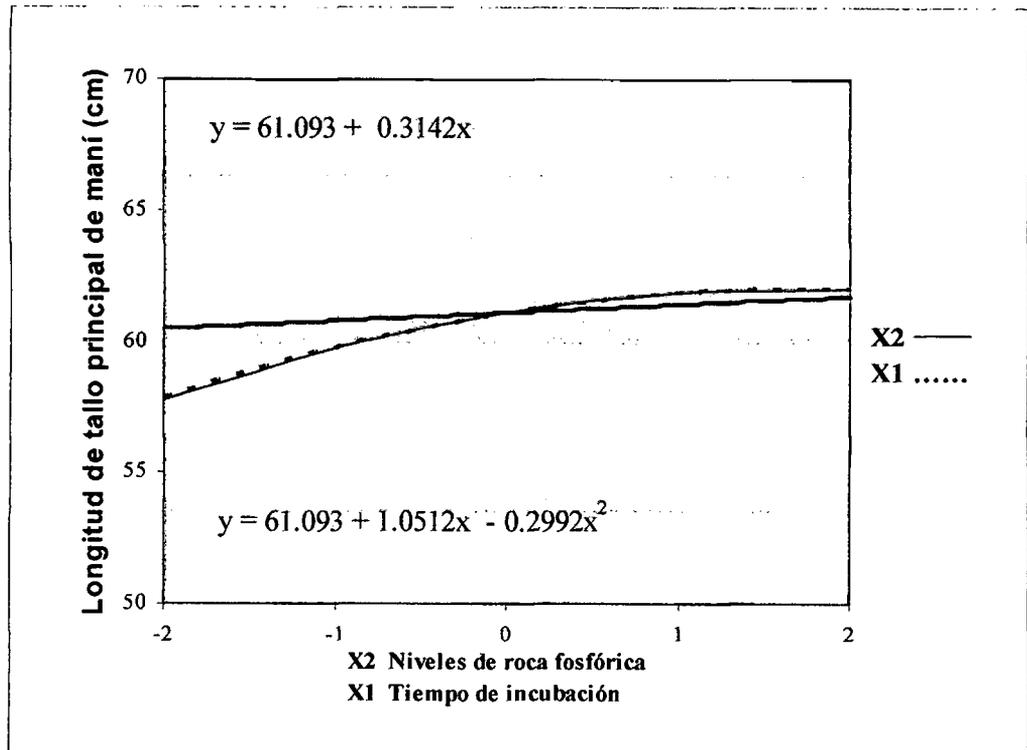


Gráfico 3.2: Efecto de la roca fosfórica incubada en MB en longitud de tallo principal del maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

En el gráfico 3.2 se destaca la mayor pendiente de la curva que corresponde al factor X1: tiempo de incubación en MB, comparado con la pendiente del factor X2: nivel de RF incubada; esto indica que los días de incubación de la RF en la solución de MB es el factor que más influencia tiene sobre la longitud de tallo principal de maní.

Una inspección visual al gráfico 3.1 permite llegar a la misma conclusión, debido a que la pendiente de la superficie hacia el eje del factor X1 (días de incubación en MB) está más inclinada.

3.2.2 Número de cápsulas por golpe (mata)

El cuadro N° 02 del anexo presenta los resultados de número de cápsulas por golpe (mata) de maní, en la que se observa que los valores más bajos corresponden al testigo T3 (1050 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) con 37.62 cápsulas y a los tratamientos T1 (50 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar), T9 (50 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días) T5 (550 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar), este último con 40.49 cápsula por golpe; mientras que los valores más altos se obtiene con los tratamientos T8 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días), T4 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días) con 64.54 y 62.62 cápsulas por golpe, respectivamente.

Luego de realizar el ANVA (cuadro 3.7) se encontró una diferencia altamente significativa para tratamientos, lo que indica que el número de cápsulas por golpe de maní esta influenciado por el tiempo de incubación de la RF con MB y por los niveles de RF aplicada.

Cuadro 3.7: Análisis de variancia del número de cápsulas por golpe en maní. Agua Dulce. 750 msnm 2009

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|-------------|----|-----------|----------|-------|-----------|
| Bloque | 2 | 2.0743 | 1.0371 | 0.07 | 0.9286NS |
| Tratamiento | 12 | 3680.9780 | 306.7482 | 21.98 | <.0001 ** |
| Error | 24 | 334.9603 | 13.9567 | | |
| Total | 38 | 4018.0126 | | | |

C.V. = 7.29 %

Para determinar la influencia de cada uno de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 3.8). Esta prueba señala que los rendimientos más altos corresponden a los tratamientos T8 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días) con 64.543 número de cápsulas por golpe, T4 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días), T7 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 15 días), T2 (50 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días), T11 (800 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días) y T12 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días); este último con 57.29 número de cápsulas por golpe.

Los rendimientos más bajos se obtuvieron con el testigo T3 (1050 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) que alcanzó 37.62 número cápsulas de maní por golpe, y con los tratamientos T1 (50 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar), T9 (50 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días), T5 (550 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) y T10 (300 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días); el último con 43.95 número de cápsulas por golpe.

Se debe destacar el hecho de que los mayores rendimientos corresponden a los tratamientos con RF incubados durante un mayor tiempo (15 a 20 días), mientras que los rendimientos más bajos se obtuvieron con los tratamientos que reciben la RF sin incubar.

Cuadro 3.8: Prueba de Duncan (0.05) para el promedio del número de cápsulas por golpe en maní. Agua Dulce 750 msnm 2009

| Tratamiento | Rendimiento promedio de número de cápsulas por golpe (mata) | Duncan (0.05) |
|-------------|---|---------------|
| T8 (2 0) | 64.543 | a |
| T4 (2 2) | 62.617 | a b |
| T7 (1 0) | 60.880 | a b |
| T2 (2 -2) | 59.877 | a b c |
| T11 (0 0) | 58.363 | a b c |
| T12 (0 2) | 57.287 | b c |
| T13 (0 0) | 53.253 | c d |
| T6 (-1 0) | 49.813 | d e |
| T10 (0 -1) | 43.947 | e f |
| T5 (-2 0) | 40.493 | f |
| T9 (0 -2) | 39.833 | f |
| T1 (-2 -2) | 37.993 | f |
| T3 (-2 2) | 37.623 | f |

El análisis de regresión (Cuadros 3.9 y 3.10) para estimar la influencia del tiempo de incubación (X_1) y el nivel de roca fosfórica incubada (X_2), en el número de cápsula por golpe de maní, muestra alta significación estadística para los componentes lineales de ambos factores; por lo que no es posible, con los tratamientos estudiados, determinar los niveles de ambos factores que maximizan la producción y el número de cápsulas de maní. Así mismo los valores para X_1 y X_2 señalan que es posible incrementar los días de incubación así como aplicar mayores niveles de RF incubada para posibilitar un mayor rendimiento en la producción de número de cápsulas de maní.

Cuadro 3.9: Análisis de regresión para el número de cápsulas por golpe en maní. Agua Dulce 750 msnm 2009

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|-------------------------------|----|----------|----------|-------|-----------|
| X ₁ | 1 | 899.7578 | 899.7578 | 39.72 | 0.0004 ** |
| X ₂ | 1 | 112.4448 | 112.4448 | 4.96 | 0.0611 * |
| X ₁₁ | 1 | 0.2417 | 0.2417 | 0.01 | 0.9206 NS |
| X ₂₂ | 1 | 52.0589 | 52.0589 | 2.30 | 0.1733 NS |
| X ₁ X ₂ | 1 | 2.4180 | 2.4180 | 0.11 | 0.7534 NS |

Cuadro 3.10: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el número de cápsulas por golpe (mata) en maní. Agua Dulce 750 msnm 2009

| Parámetro | Valor Estimado | T para Ho: Parámetro = 0 | Error estándar del valor estimado | Pr > T |
|-------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Intercepto | 53.3238 | 24.17 | 2.2060 | <.0001 ** |
| X ₁ | 5.8827 | 6.30 | 0.9334 | 0.0004 ** |
| X ₂ | 2.0796 | 2.23 | 0.9334 | 0.0611 * |
| X ₁₁ | 0.0751 | 0.10 | 0.7269 | 0.9206 NS |
| X ₂₂ | -1.1020 | -1.52 | 0.7269 | 0.1733 NS |
| X ₁ X ₂ | 0.1944 | 0.33 | 0.5949 | 0.7534 NS |

Considerando el modelo polinomial (superficie de respuesta):

$$Y = 53.234 + 5.883 X_1 + 2.08 X_2 + 0.075 X_1^2 - 1.102 X_2^2 + 0.194 X_1 X_2 + e$$

el gráfico de superficie de respuesta es el siguiente:

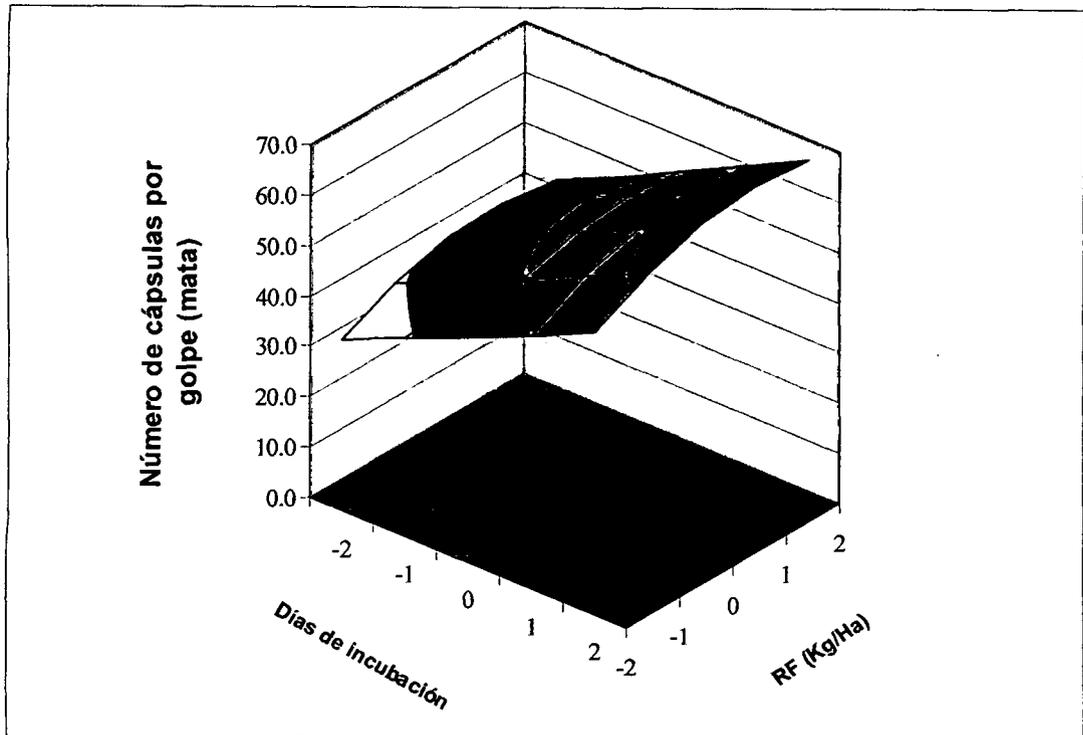


Gráfico 3.3: Superficie de respuesta para el rendimiento de número de cápsulas por golpe (mata) en maní. Agua Dulce 750 msnm 2009

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor en forma independiente se tendrían los modelos codificados siguientes (Gráfico 3.4)

$$y = 53.32 + 5.88 X_1 \quad (3)$$

$$y = 53.32 + 2.08 X_2 \quad (4)$$

Transformando los modelos (3) y (4) en términos de los variables reales (D: Días de incubación, y RF: niveles de roca fosfórica) se tendrían los modelos reales siguientes:

$$y = 41.56 + 1.176D \quad (5)$$

$$y = 48.74 + 0.00832RF \quad (6)$$

El modelo (5) indica que por cada día de incubación de la RF en la solución de MB se consigue un incremento de 1.176 cápsulas por golpe. De igual manera el modelo (6) indica que cada 100Kg(de RF).ha⁻¹ permite incrementar 0.832 cápsulas/golpe.

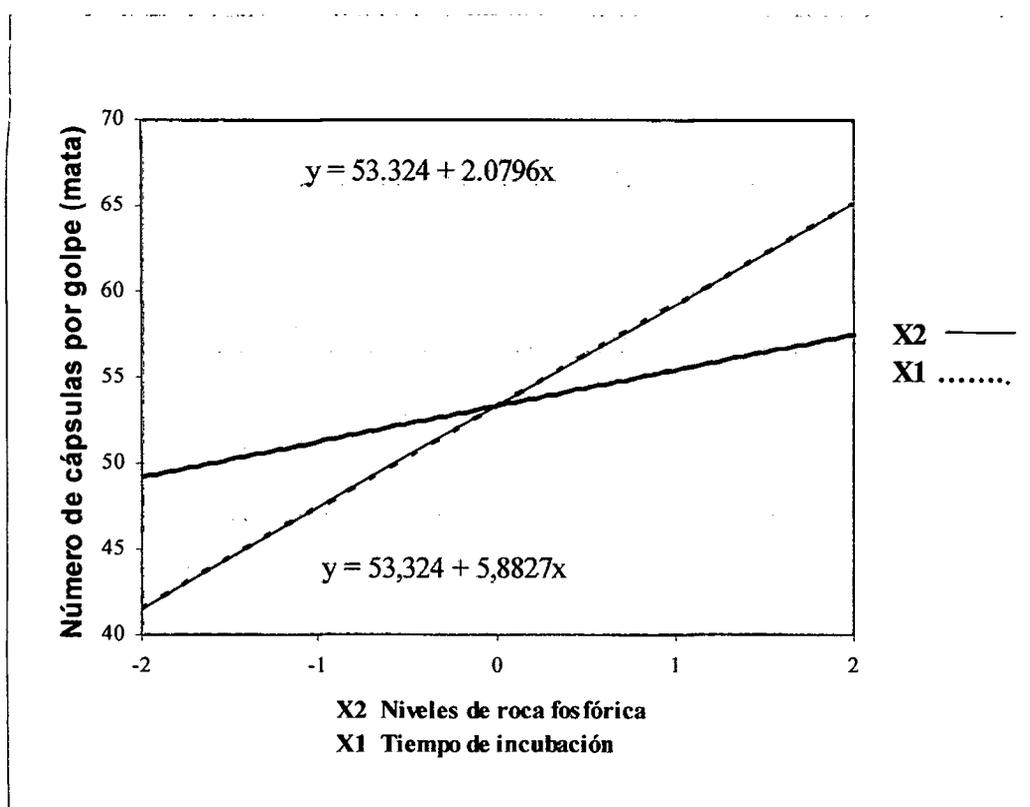


Gráfico 3.4: Efecto de la roca fosfórica incubada en MB en el rendimiento de número de cápsulas por golpe (mata) en maní, Agua Dulce 750 msnm 2009

En el gráfico 3.4 se destaca la mayor pendiente de la curva que corresponde al factor X₁: tiempo de incubación en MB, comparado con la pendiente del factor X₂: nivel de RF incubada; esto indica que los días de incubación de la RF en la solución de MB es el factor que más influencia tiene sobre la producción de número de cápsulas de maní.

Una inspección visual al gráfico 3.3, permite llegar a la misma conclusión, debido a que la pendiente de la superficie hacia el eje del factor X_1 (días de incubación en MB) está más inclinada.

Gillier y Silvestre (1970), manifiestan que en el campo, el término de planta cargada se refiere a una planta con buena cantidad de vainas; sin embargo, en el caso del maní no se observa esta característica debido a que las vainas están en el interior de la tierra, por ello se debe hacer un pequeño muestreo de plantas arrancándolas del suelo.

3.2.3 Rendimiento de grano más cáscara ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

El cuadro N° 03 del anexo presenta los resultados del rendimiento de grano más cáscara de maní, en el que se observa que los valores más bajos corresponden al testigo T1 con $2026.3 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y a los tratamientos T9 ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF incubado por 10 días) y T3 ($1050 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF sin incubar), este último con $2326.1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; mientras que los valores más altos se obtienen con los tratamientos T8 ($550 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF incubado por 20 días) y T4 ($1050 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF incubado por 20 días) con 3706.6 y $3679.7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente.

Luego de realizar el ANVA (cuadro 3.11) se encontró diferencia altamente significativa para tratamientos, lo que indica que el rendimiento de grano más cáscara de maní está influenciado por el tiempo de incubación de la RF con MB y por los niveles de RF aplicada.

Cuadro 3.11: Análisis de variancia del rendimiento de grano más cáscara en maní. Agua Dulce. 750 msnm 2009.

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|-------------|----|-------------|------------|-------|-----------|
| Bloque | 2 | 64102.87 | 32051.43 | 0.42 | 0.6625 NS |
| Tratamiento | 12 | 13428583.65 | 1119048.64 | 14.62 | <.0001 ** |
| Error | 24 | 1836594.05 | 76524.75 | | |
| Total | 38 | 15329280.57 | | | |

C.V. = 9.36%

Para determinar la influencia de cada uno de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 3.12). Esta prueba señala que los rendimientos más altos corresponden a los tratamientos T8 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días) con 3706.6 kg.ha⁻¹, T4 (1050 de RF incubado por 20 días), T7 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 15 días), T2 (50 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días), T11 (800 kg.ha⁻¹ RF incubada por 10 días) y T12 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubada por 10 días); Este último con 3255.3 kg.ha⁻¹.

Los rendimientos más bajos se obtuvieron con el testigo (50 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) que alcanzó 2026.3 kg.ha⁻¹, y con los tratamientos T9 (50 kg.ha⁻¹ de RF incubada por 10 días), T3 (1050 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar), T10 (300 kg.ha⁻¹ de RF incubada por 10 días) y T5 (550 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar); el último con 2477.2 kg.ha⁻¹.

Se debe destacar el hecho de que los mayores rendimientos corresponden a los tratamientos con RF incubados durante un mayor tiempo (15 a 20 días), mientras que los rendimientos más bajos se obtuvieron con los tratamientos que reciben la RF sin incubar.

Cuadro 3.12: Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento promedio de maní grano más cáscara $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Agua Dulce 750 msnm 2009

| Tratamiento | Rendimiento promedio de grano más cáscara en maní ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) | Duncan (0.05) |
|-------------|--|---------------|
| T8 (2 0) | 3706.6 | a |
| T4 (2 2) | 3679.7 | a b |
| T7 (1 0) | 3527.9 | a b |
| T2 (2 -2) | 3467.0 | a b |
| T11 (0 0) | 3426.5 | a b |
| T12 (0 2) | 3255.3 | a b c |
| T13 (0 0) | 3174.3 | b c |
| T6 (-1 0) | 2790.5 | c d |
| T5 (-2 0) | 2477.2 | d e |
| T10 (0 -1) | 2375.3 | d e |
| T3 (-2 2) | 2326.1 | d e |
| T9 (0 -2) | 2189.6 | e |
| T1 (-2 -2) | 2026.3 | e |

El análisis de regresión (Cuadros 3.13 y 3.14) para estimar la influencia del tiempo de incubación (X_1) y el nivel de roca fosfórica incubada (X_2), en el rendimiento promedio de grano más cáscara, muestra significación estadística para los componentes lineales de ambos factores; por lo que no es posible, con los tratamientos estudiados, determinar los niveles de ambos factores que maximizan la producción de maní. Asimismo los valores para X_1 y X_2 señalan que es posible incrementar los días de incubación así como aplicar mayores niveles de RF incubada para posibilitar un mayor rendimiento de maní.

Cuadro 3.13: Análisis de regresión para el rendimiento de grano más cáscara en maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|-------------------------------|----|-------------|-------------|-------|-----------|
| X ₁ | 1 | 2968106.861 | 2968106.861 | 36.63 | 0.0005 ** |
| X ₂ | 1 | 680922.381 | 680922.381 | 8.40 | 0.0230 * |
| X ₁₁ | 1 | 26091.035 | 26091.035 | 0.32 | 0.5881 NS |
| X ₂₂ | 1 | 257183.704 | 257183.704 | 3.17 | 0.1180 NS |
| X ₁ X ₂ | 1 | 1893.120 | 1893.120 | 0.02 | 0.8828 NS |

Cuadro 3.14: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de grano más cáscara en maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

| Parámetro | Valor Estimado | T para Ho: Parámetro = 0 | Error estándar del valor estimado | Pr > T |
|-------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Intercepto | 3061.1382 | 23.20 | 131.9412 | <.0001 ** |
| X ₁ | 337.8727 | 6.05 | 55.8241 | 0.0005 ** |
| X ₂ | 161.8312 | 2.90 | 55.8241 | 0.0230 * |
| X ₁₁ | 24.6701 | 0.57 | 43.4744 | 0.5881 NS |
| X ₂₂ | -77.4546 | -1.78 | 43.4744 | 0.1180 NS |
| X ₁ X ₂ | -5.4388 | -0.15 | 35.5810 | 0.8828 NS |

Considerando el modelo polinomial (superficie de respuesta):

$$Y = 3061.138 + 337.873 X_1 + 161.831 X_2 + 24.670 X_1^2 - 77.454 X_2^2 - 5.439 X_1 X_2 + e$$

el gráfico de Superficie de respuesta es el siguiente:

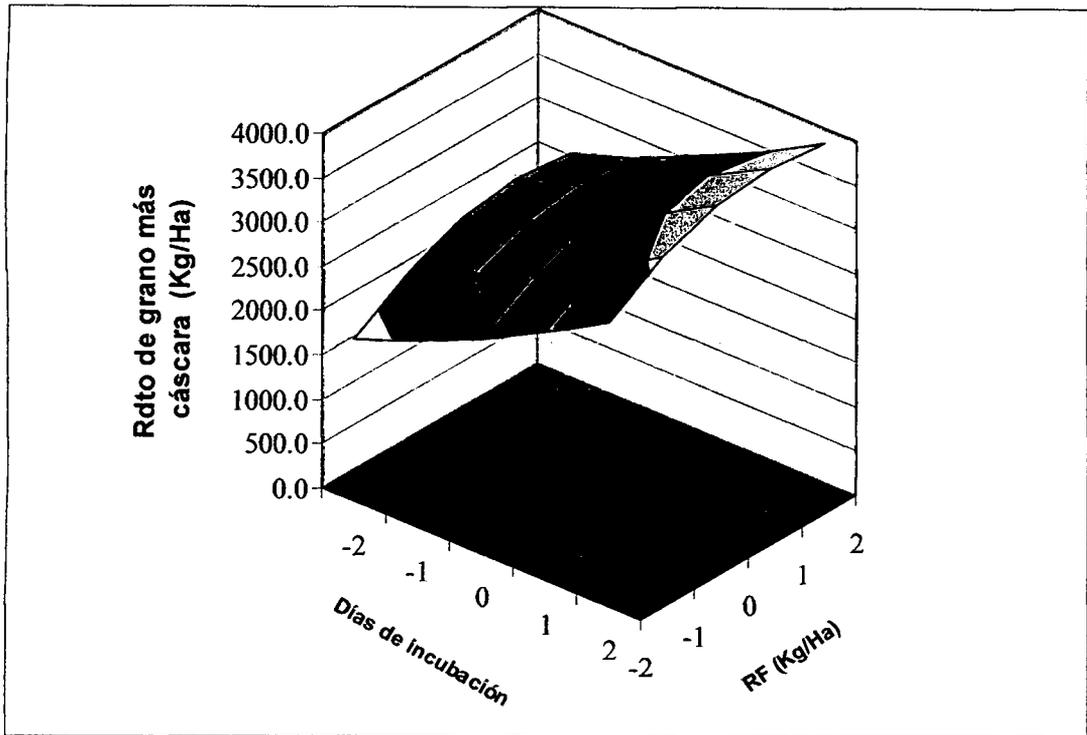


Gráfico 3.5: Superficie de respuesta para el rendimiento de grano más cáscara de maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor en forma independiente se tendrían los modelos codificados siguientes (Gráfico 3.6)

$$y = 3061.138 + 337.873 X_1 \quad (7)$$

$$y = 3061.138 + 161.831 X_2 \quad (8)$$

Transformando los modelos (7) y (8) en términos de los variables reales (D: Días de incubación, y RF: niveles de roca fosfórica) se tendrían los modelos reales siguientes:

$$y = 2385.392 + 67.5746D \quad (9)$$

$$y = 2705.1098 + 0.647324RF \quad (10)$$

El modelo (9) indica que por cada día de incubación de la RF en la solución de MB se consigue un incremento de 67.5746 Kg. ha⁻¹ rendimiento de grano más cáscara. De igual manera el modelo (10) indica que cada 100 Kg(de RF).ha⁻¹ permite incrementar 64.7324 Kg. ha⁻¹ rendimiento de grano más cáscara.

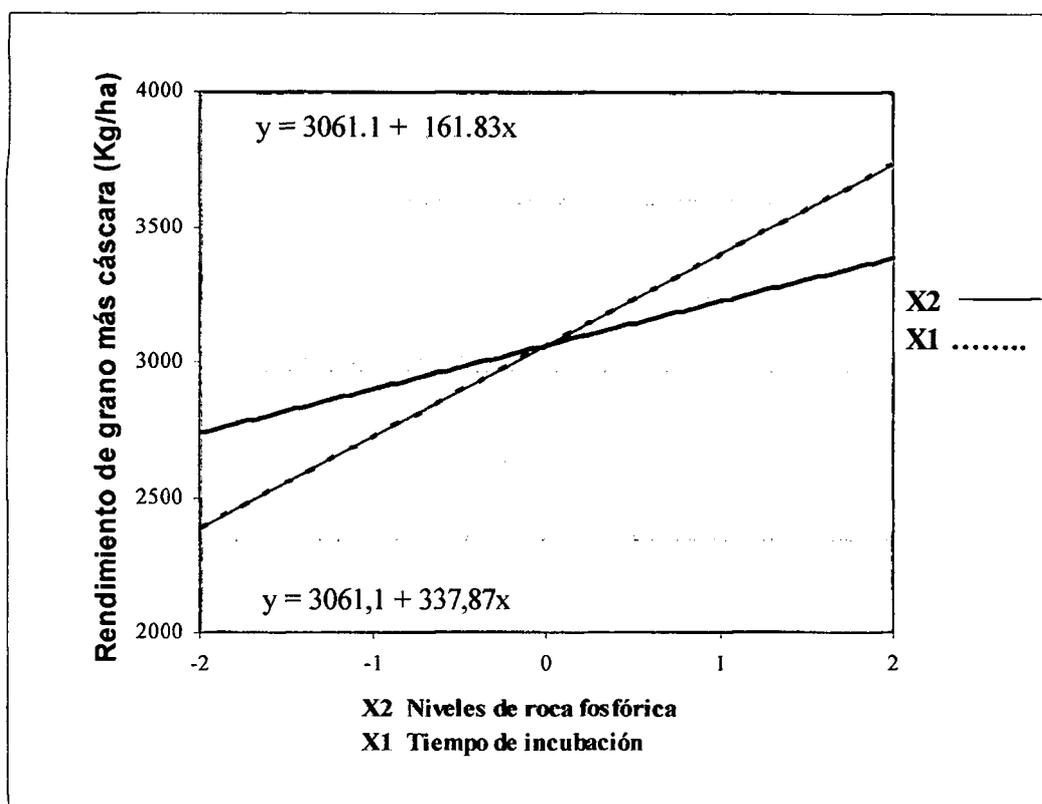


Gráfico 3.6: Efecto de la roca fosfórica incubada en MB en el rendimiento de grano más cáscara de maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

En el gráfico 3.6 se destaca la mayor pendiente de la curva que corresponde al factor X₁: tiempo de incubación en MB, comparado con la pendiente del factor X₂: nivel de RF incubada; esto indica que los días de incubación de la RF en la solución de MB es el factor que más influencia

tiene sobre la producción de grano más cáscara de maní.

Una inspección visual al gráfico 3.5, permite llegar a la misma conclusión, debido a que la pendiente de la superficie hacia el eje del factor X_1 (días de incubación en MB) está más inclinada.

3.2.4 Rendimiento de grano ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

El cuadro N° 04 del anexo presenta los resultados del rendimiento de grano de maní, en el que se observa que los valores más bajos corresponden al testigo T1 con $1481.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y a los tratamientos T9 ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF incubado por 10 días) y T3 ($1050 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF sin incubar), este último con $1699.1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$; mientras que los valores más altos se obtienen con los tratamientos T4 ($1050 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF incubado por 20 días) y T8 ($550 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF incubado por 20 días) con 2763.8 y $2684.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectivamente.

Luego de realizar el ANVA (cuadro 3.15) se encontró diferencia altamente significativa para tratamientos, lo que indica que el rendimiento de maní, está influenciado por el tiempo de incubación de la RF con MB y por los niveles de RF aplicada.

Cuadro 3.15: Análisis de variancia de rendimiento de grano de maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009.

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|-------------|----|-------------|------------|-------|-----------|
| Bloque | 2 | 59511.559 | 29755.779 | 0.73 | 0.4906NS |
| Tratamiento | 12 | 7413655.435 | 617804.620 | 15.24 | <.0001 ** |
| Error | 24 | 973229.635 | 40551.235 | | |
| Total | 38 | 8446396.629 | | | |

C.V. = 9.29%

Para determinar la influencia de cada uno de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 3.12). Esta prueba señala que los rendimientos más altos corresponden a los tratamientos T4 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días) con 2706.8 kg.ha⁻¹, T8 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días), T7 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 15 días), T2 (50 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días), T11 (800 kg.ha⁻¹ RF incubada por 10 días) y T12 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubada por 10 días); Este último con 2411.7 kg.ha⁻¹.

Los rendimientos más bajos se obtuvieron con el testigo (50 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) que alcanzó 1481.6 kg.ha⁻¹, y con los tratamientos T9 (50 kg.ha⁻¹ de RF incubada por 10 días), T3 (1050 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar), T10 (300 kg.ha⁻¹ de RF incubada por 10 días) y T5 (550 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar); el último con 1801.8 kg.ha⁻¹.

Se debe destacar el hecho de que los mayores rendimientos corresponden a los tratamientos con RF incubados durante un mayor tiempo (15 a 20 días), mientras que los rendimientos más bajos se obtuvieron con los tratamientos que reciben la RF sin incubar.

Cuadro 3.16: Prueba de Duncan (0.05) para el rendimiento promedio de maní en grano $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

| Tratamiento | Promedio del rendimiento de grano del maní ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) | Duncan (0.05) |
|-------------|---|---------------|
| T4 (2 2) | 2763.8 | a |
| T8 (2 0) | 2684.6 | a b |
| T7 (1 0) | 2594.7 | a b |
| T2 (2 -2) | 2518.0 | a b |
| T11 (0 0) | 2494.0 | a b |
| T12 (0 2) | 2411.7 | a b |
| T13 (0 0) | 2363.9 | b |
| T6 (-1 0) | 1996.3 | c |
| T5 (-2 0) | 1801.8 | c d |
| T10 (0 -1) | 1746.0 | c d |
| T3 (-2 2) | 1699.1 | c d |
| T9 (0 -2) | 1613.0 | d |
| T1 (-2 -2) | 1481.6 | d |

El análisis de regresión (Cuadros 3.17 y 3.18) para estimar la influencia del tiempo de incubación (X_1) y el nivel de roca fosfórica incubada (X_2), en el rendimiento promedio de grano limpio de maní, muestra alta significación estadística para los componentes lineales de ambos factores; por lo que no es posible, con los tratamientos estudiados, determinar los niveles de ambos factores que maximizan la producción de maní. Asimismo, los valores para X_1 y X_2 señalan que es posible incrementar los días de incubación así como aplicar mayores niveles de RF incubada para posibilitar un mayor rendimiento de maní.

Cuadro 3.17: Análisis de regresión para el rendimiento de grano en maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|-------------------------------|----|-------------|-------------|-------|-----------|
| X ₁ | 1 | 1658293.810 | 1658293.810 | 39.76 | 0.0004 ** |
| X ₂ | 1 | 411740.930 | 411740.930 | 9.87 | 0.0163 * |
| X ₁₁ | 1 | 8681.909 | 8681.909 | 0.21 | 0.6620 NS |
| X ₂₂ | 1 | 108957.665 | 108957.665 | 2.61 | 0.1501 NS |
| X ₁ X ₂ | 1 | 200.223 | 200.223 | 0.00 | 0.9467 NS |

Cuadro 3.18: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el rendimiento de grano en maní. Agua Dulce. 750 msnm VRA 2009

| Parámetro | Valor Estimado | T para Ho: Parámetro = 0 | Error estándar del valor estimado | Pr > T |
|-------------------------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Intercepto | 2239.1792 | 23.65 | 94.6655 | <.0001 ** |
| X ₁ | 252.5481 | 6.31 | 40.0529 | 0.0004 ** |
| X ₂ | 125.8419 | 3.14 | 40.0529 | 0.0163 * |
| X ₁₁ | 14.2309 | 0.46 | 31.1922 | 0.6620 NS |
| X ₂₂ | -50.4144 | -1.62 | 31.1922 | 0.1501 NS |
| X ₁ X ₂ | 1.7688 | 0.07 | 25.5288 | 0.9467 NS |

Considerando el modelo polinomial (superficie de respuesta):

$$Y = 2239.179 + 252.548X_1 + 125.842X_2 + 14.231X_1^2 - 50.414X_2^2 + 1.769 X_1 X_2 + e$$

el gráfico de Superficie de respuesta es el siguiente (Gráfico 3.7):

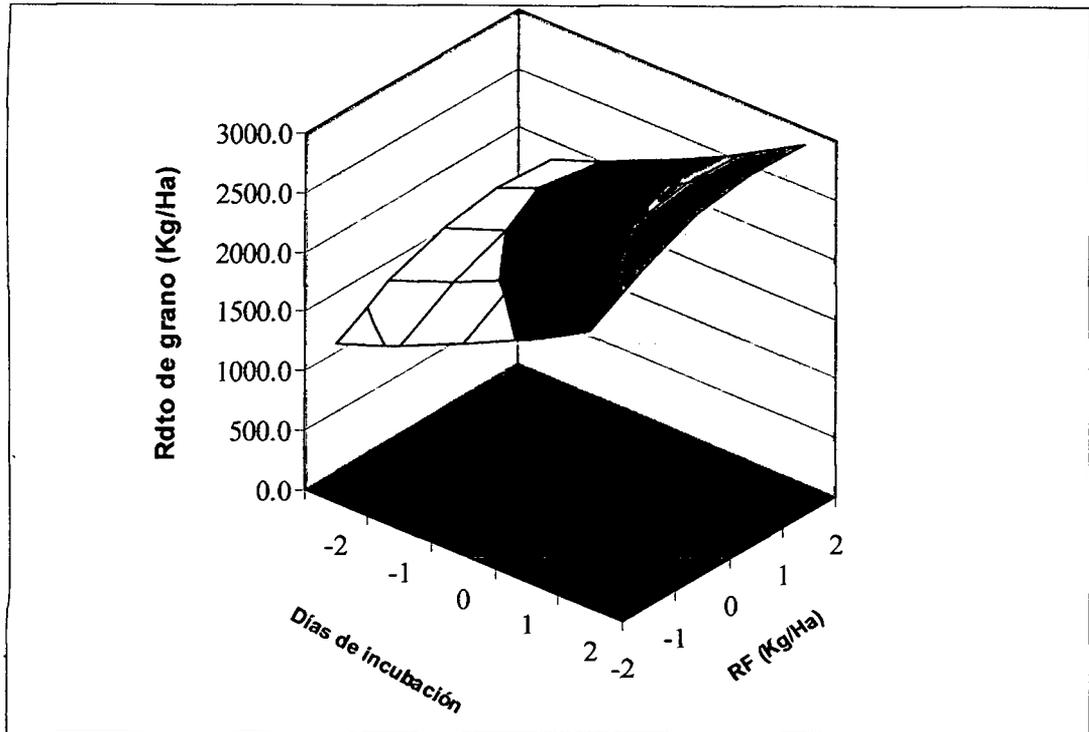


Gráfico 3.7: Superficie de respuesta para el rendimiento de mani grano. Agua Dulce. 750 msnm 2009 VRA

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor en forma independiente se tendrían los modelos codificados siguientes (Gráfico 3.8)

$$y = 2239.179 + 252.548 X_1 \quad (11)$$

$$y = 2239.179 + 125.842 X_2 \quad (12)$$

Transformando los modelos (11) y (12) en términos de los variables reales (D: Días de incubación, y RF: niveles de roca fosfórica) se tendrían los modelos reales siguientes:

$$y = 1740.83 + 50.5096D \quad (13)$$

$$y = 1962.27 + 0.50337RF \quad (14)$$

El modelo (13) indica que por cada día de incubación de la RF en la solución de MB se consigue un incremento de $50.5096 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ rendimiento de grano de maní. De igual manera el modelo (14) indica que cada $100\text{Kg}(\text{de RF})\cdot\text{ha}^{-1}$ permite incrementar $50.337 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ rendimiento de grano de maní.

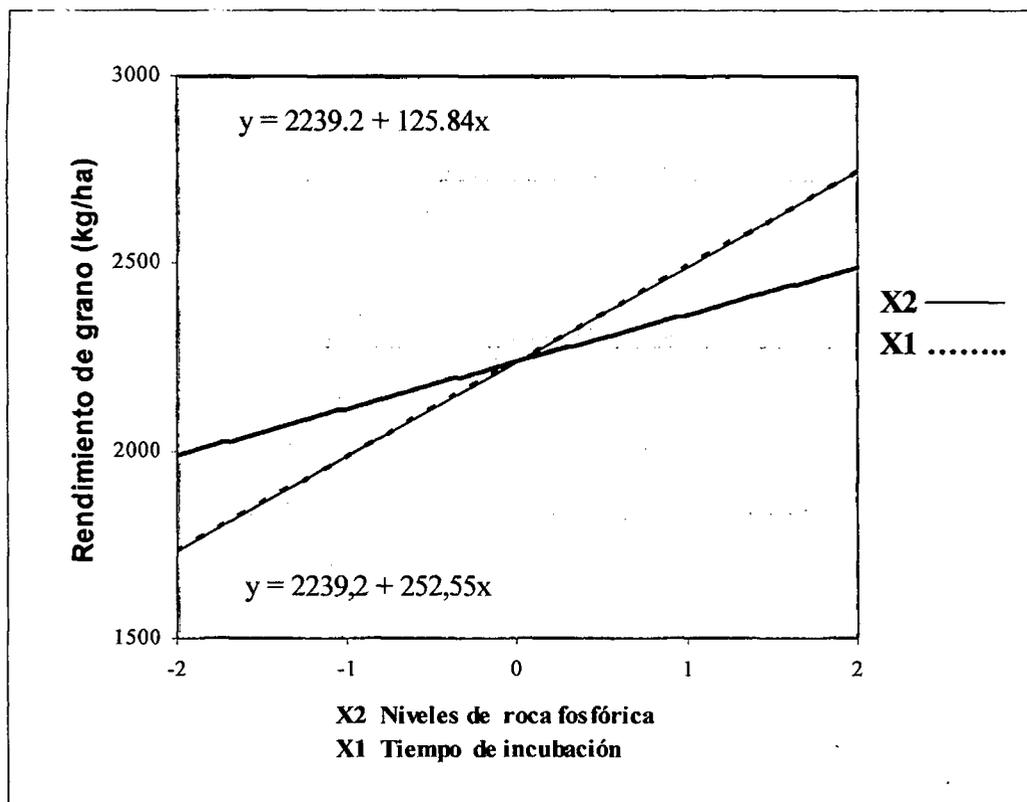


Gráfico 3.8: Efecto de la roca fosfórica incubada en MB en el rendimiento de maní grano.

En el gráfico 3.8 se destaca la mayor pendiente de la curva que corresponde al factor X₁: tiempo de incubación en MB, comparado con la pendiente del factor X₂: nivel de RF incubada; esto indica que los días de incubación de la RF en la solución de MB es el factor que más influencia tiene sobre la producción del grano limpio de maní.

Una inspección visual al gráfico 3.7, permite llegar a la misma conclusión, debido a que la pendiente de la superficie hacia el eje del factor X_1 (días de incubación en MB) está más inclinada.

Castillo (2003) trabajado en Arwimayo, obtuvo un rendimiento de grano limpio de maní de $3678 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en la variedad común, valores bastantes superiores al obtenido en el presente experimento de investigación. Con abonamiento de guano de isla (Premium) de una tonelada por hectárea. Mendoza (2002) en Selva de Oro, reporta rendimiento de grano limpio de maní de $3499.58 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, empleando abono sintético en dosis de $210 - 260 - 60 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N,P,K, estos resultados son superiores al obtenido en el presente trabajo de investigación. Sin embargo, nuestros resultados pueden obedecer a que solamente se ha aplicado roca fosfórica solubilizada y guano de isla de tercera calidad (abono de fondo). Alcanzando un rendimiento de $2763.8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con $1050 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de roca fosfórica incubada en 20 días. y $2684 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ con $550 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de roca fosfórica incubada en 20 días. Los resultados obtenidos en el presente experimento nos dan a entender que la mayor influencia se debe al tiempo de incubación. Se obtuvo una tendencia similar en los gráficos, en el trabajo realizado por Gálvez (2009) en cultivo de tomate. Llegando a la conclusión que el factor de mayor influencia es el tiempo de incubación. Gillier y Silvestre (1970), manifiestan que los aumentos de rendimiento dependen de numerosos factores, pero el principal de ellos es, indiscutiblemente, la mejora de las técnicas de cultivo: densidad, variedad, fertilización y el manejo agronómico.

3.2.5 Peso de 1000 semillas

El cuadro N° 05 del anexo presenta los resultados de peso de 1000 semillas de maní, en el que se observa que los valores más bajos corresponden al testigo con 638.79 g y a los tratamientos T3 (1050 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) y T13 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días) este último con 639.77 g; mientras que los valores más altos se obtienen con los tratamientos T12(1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días) y T9 (50 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días) con 646.20 g y 646.03 g, respectivamente.

Luego de realizar el ANVA (cuadro 3.19) se encontró diferencia altamente significativa para tratamientos, lo que indica que el peso de 1000 semillas de maní está influenciada por el tiempo de incubación de la RF con MB y por los niveles de RF aplicados.

Cuadro 3.19: Análisis de variancia de peso de 1000 semillas en maní. Agua Dulce. 750 msnm 2009

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|-------------|----|----------|---------|-------|-----------|
| Bloque | 2 | 2.4134 | 1.2067 | 1.90 | 0.1721 NS |
| Tratamiento | 12 | 312.5529 | 26.0461 | 40.90 | <.0001 ** |
| Error | 24 | 15.2824 | 0.6368 | | |
| Total | 38 | 330.2487 | | | |

C.V. = 0.12 %

Para determinar la influencia de cada uno de los tratamientos se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 3.20). Esta prueba señala que los pesos más altos corresponden a los tratamientos T12 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días) con 646.20 g, T9 (50 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 10 días), T7 (550

kg.ha⁻¹ de RF incubado por 15 días) y T4 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado por 20 días); este último con 645.79 g. Los pesos más bajos se obtuvieron con el testigo (50 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) que alcanzó 638.79 g y con los tratamientos T3 (1050 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) y T13 (550 kg.ha⁻¹ de RF incubada por 10 días); el último con 639.77 g.

Se debe destacar el hecho de que el mayor peso de 1000 semillas corresponden a los tratamientos con RF incubados durante un mayor tiempo (10 a 20 días), mientras que los pesos más bajos se obtuvieron con los tratamientos que reciben la RF sin incubar.

Cuadro 3.19: Prueba de Duncan (0.05) para el peso promedio de 1000 semillas de maní. Agua Dulce. 750 msnm 2009

| Tratamiento | peso de mil semillas de maní (g) | Duncan (0.05) |
|-------------|----------------------------------|---------------|
| T12 (0 2) | 646.20 | a |
| T9 (0 2) | 646.03 | a |
| T7 (1 0) | 645.86 | a b |
| T4 (2 2) | 645.79 | a b |
| T6 (-1 0) | 645.70 | a b |
| T10 (0 -1) | 645.66 | a b |
| T5 (-2 0) | 645.57 | a b |
| T11 (0 0) | 644.42 | b c |
| T2 (2 -2) | 644.03 | c |
| T8 (2 0) | 639.78 | d |
| T13 (0 0) | 639.77 | d |
| T3 (-2 2) | 639.62 | d |
| T1 (-2 -2) | 638.79 | d |

El análisis de regresión (Cuadros 3.21 y 3.22) para estimar la influencia del tiempo de incubación (X_1) y el nivel de RF incubada (X_2) el peso de 1000 semillas de maní, no se encontró significación estadística para la respuesta lineal ni cuadrática en los dos factores en estudio (X_1 y X_2).

Cuadro 3.21: Análisis de regresión para el peso de 1000 semillas en maní. Agua Dulce. 750 msnm 2009

| F.V. | GL | SC | CM | Fc | Pr > F |
|----------|----|---------|---------|------|-----------|
| X_1 | 1 | 4.9985 | 4.9985 | 0.44 | 0.5295 NS |
| X_2 | 1 | 0.7046 | 0.7046 | 0.06 | 0.8110 NS |
| X_{11} | 1 | 18.1610 | 18.1610 | 1.59 | 0.2478 NS |
| X_{22} | 1 | 0.5671 | 0.5671 | 0.05 | 0.8301 NS |
| X_1X_2 | 1 | 0.2162 | 0.2162 | 0.02 | 0.8944 NS |

Cuadro 3.22: Coeficientes de regresión del modelo polinomial para el peso de 1000 semillas en maní. Agua Dulce. 750 msnm 2009

| Parámetro | Valor Estimado | T para Ho: Parámetro = 0 | Error estándar del valor estimado | Pr > T |
|------------|----------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------|
| Intercepto | 644.7040 | 411.51 | 1.5667 | <.0001 ** |
| X_1 | 0.4385 | 0.66 | 0.6629 | 0.5295 NS |
| X_2 | 0.1646 | 0.25 | 0.6629 | 0.8110 NS |
| X_{11} | -0.6509 | -1.26 | 0.5162 | 0.2478 NS |
| X_{22} | 0.1150 | 0.22 | 0.5162 | 0.8301 NS |
| X_1X_2 | 0.0581 | 0.14 | 0.4225 | 0.8944 NS |

Al no existir significación estadística para según término del modelo de regresión, no se prosiguió con el análisis gráfico de esta variable.

Castillo (2003) trabajado en Arwimayo, en la variedad común obtuvo un peso de 1000 semillas de 627 g, con guano de isla y 604 g, cuando utilizó guano de isla + inoculante. Mendoza (2002) en Selva de Oro reporta un peso de mil semillas fluctuante entre 610 – 660 g, empleando abono sintético en dosis de 210 – 260 – 60 kg.ha⁻¹ de N,P,K. Estos valores concuerdan con el presente trabajo de investigación.

Según Gillier y Silvestre (1990), que catalogan a la semilla de peso entre 400 a 600 g, son consideradas semillas pequeñas. Por lo tanto la semilla obtenida en el presente experimento se considera semilla grande.

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se condujo el presente trabajo permiten establecer las siguientes conclusiones y recomendaciones.

4.1 CONCLUSIONES

1. La solución madre de microorganismos benéficos tiene un efecto solubilizante sobre la roca fosfórica que se traduce en una mayor concentración de fósforo disponible en este insumo y por consiguiente un mejor rendimiento del maní.
2. La roca fosfórica tratada en la solución de microorganismos benéficos, logró liberar hasta 2000 veces más la concentración de fósforo disponible: desde 0.0011 % de P_2O_5 en la roca fosfórica sin tratar hasta 2.1412 % de P_2O_5 en la roca fosfórica tratada en MB durante 20 días.

3. La producción de grano de maní por efecto del tiempo de incubación de la roca fosfórica en la solución de MB (X_1) y el nivel de roca fosfórica aplicada al cultivo (X_2), obedece al modelo $Y = 2239.179 + 252.54 X_1 + 125.842 X_2 + 14.231 X_1^2 - 50.414 X_2^2 + 1.769 X_1 X_2 + e$
4. El factor tiempo de incubación de la roca fosfórica en MB. (X_1), es el que muestra mayor influencia en todas las variables de rendimiento del maní.
5. Para lograr una solubilización significativa de la roca fosfórica tratada en la solución de MB se requiere de un período mínimo de 15 días de incubación.
6. La aplicación de roca fosfórica incubada en la solución de MB permite mejorar la producción del cultivo de maní desde $1481.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el T1 ($50 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF sin incubar) hasta $2763.8 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el T4 ($1050 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de RF incubado 20 días), $2684.6 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el T8 ($550 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ incluso en un suelo con pH neutro).

4.2 RECOMENDACIONES

1. Se deben realizar más investigaciones, en cuanto a la solubilización de la roca fosfórica a través de los MB, (con microorganismos capturados en la zona de cultivo de maní), con la finalidad de mejorar esta técnica; haciendo énfasis en el período de incubación, para ser utilizados en mayores superficies de áreas de cultivo.
2. Se deben realizar trabajos de investigación concernientes a la identificación de los microorganismos responsables de la solubilización de la RF y la descomposición de la materia orgánica.

RESUMEN

El presente trabajo experimental fue conducido en la comunidad de Agua Dulce Distrito de Anco, al margen izquierdo del Río Apurímac, Provincia de la Mar, Departamento de Ayacucho; ubicado a una altitud de 750 msnm, durante los meses de agosto a diciembre del 2008, con el objetivo de determinar el efecto de la RF incubada en una solución de Microorganismos en la solubilidad del fósforo y en el rendimiento de maní (*Arachis hypogaea L*), El experimento se condujo utilizando el Diseño de Bloques completos randomizados con tratamientos planteados de acuerdo al Diseño 03 de Julio. Se evaluó la longitud del tallo principal de la planta, número de cápsulas por golpe, rendimiento de grano más cápsula, rendimiento de grano, peso de mil semillas; llegando a las conclusiones siguientes: 1) La solución madre de microorganismos benéficos tiene un efecto solubilizante sobre la roca fosfórica que se traduce en una mayor concentración de fósforo disponible en este insumo y por consiguiente un mejor rendimiento de maní; 2) La roca fosfórica tratada en la solución de microorganismos benéficos, logró liberar hasta 2000 veces más la concentración de fósforo disponible: desde 0.001145 % de P_2O_5 en la roca fosfórica sin tratar hasta 2.14115 % de P_2O_5 en la roca fosfórica tratada en MB durante 20 días; 3) La producción de grano de maní por efecto del tiempo de incubación de la roca fosfórica en la solución de MB (X_1) y el nivel de roca fosfórica aplicada al cultivo (X_2), obedece al modelo $Y = 2239.179 + 252.548 X_1 + 125.842 X_2 + 14.231 X_1^2 - 50.414 X_2^2 + 1.769 X_1 X_2 + e$; 4) La aplicación de roca fosfórica incubada en la solución de MB permite mejorar la

producción del cultivo de maní desde 1481.6 kg.ha⁻¹ en el T1 (50 kg.ha⁻¹ de RF sin incubar) hasta 2763.8 kg.ha⁻¹ en el T4 (1050 kg.ha⁻¹ de RF incubado 20 días), y 2684.6 kg.ha⁻¹ en el T8 (550 kg.ha⁻¹) incluso en un suelo con pH neutro. El factor tiempo de incubación de la roca fosfórica en MB. (X_1), es el que muestra mayor influencia en todas las variables de rendimiento del maní.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

1. **ALARCÓN, V. 1993.** Efecto de la Urea en la Solubilidad de la Roca Fosfatada de Sechura en Condiciones de Laboratorio e Invernadero. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH, Ayacucho. 174 p.
2. **ALEXANDER, M. 1980.** Introducción a la Microbiología del Suelo A.G.T. Editor S.A. México D.F. 420 p.
3. **BEAR, F. 1963.** Suelos y Fertilizantes. 3era Edición. Ediciones Omega S.A. Barcelona. 458 p.
4. **BLACK, C. 1975.** Relaciones Suelo-Planta. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 420 p.
5. **BORNEMISZA, E. 1982.** Introducción a Química de Suelos. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 74 p.
6. **BUCKMAN, H. y BRADY, N. 1985.** Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Editorial UTEHA. México. 590 p.
7. **CAMARENA, F. y MONTALVO, R. 1981.** Oleaginosas. Diagnóstico, Aceites y Grasas, Cultivo de Maní, Ajonjolí y Girasol. UNA La Molina. Lima, Perú. 125 P.
8. **CÁSSERES, E. 1980.** Producción de Hortalizas. Editorial IICA. San José de Costa Rica. 387 p.
9. **CASTILLO, E. 2005.** Aplicación de Abono Orgánico, Inorgánico e Inoculante en el Rendimiento de Dos Variedades de Maní Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH, Ayacucho 33 p.

- 10. CATEDRA, IX. 1982.** Química del Suelo y los Fertilizantes. 3era. Edición. Universidad Politécnica. Madrid. 127 p.
- 11. CHUJO, S. L. (2004),** ¿Qué es EM ? disponible en Página web:
<http://www.chujosl.com/>. Acceso el 26 de diciembre del 2007.
- 12. COYNE, M. 2000.** Microbiología del Suelo: Un Enfoque Exploratorio. Edit. Paraninfo. Madrid. 524 p.
- 13. DEVLIN, R. 1970.** Fisiología Vegetal. Edit. Omega S.A. Barcelona. Madrid. 614 p.
- 14. DOMINGUEZ, A. 1989.** Tratado de Fertilizantes. Edit. Mundi Prensa. Madrid. 601 p.
- 15. ESTRADA, J. 1986.** Curso de Nutrición Mineral de las Plantas. UNA La Molina. Lima – Perú. 196 p.
- 16. FAO, 2007.** Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Microorganismos Benéficos, Mineralización del Fósforo, Microorganismos Solubilizadores del Fósforo (MSF), en su página Web:
http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index_es.jsp?term=e045&letter=M
http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index_es.jsp?term=p105&letter=M
http://www.fao.org/ag/agl/agll/ipns/index_es.jsp?term=p070&letter=M
Acceso el 28 de diciembre del 2007.
- 17. FASSBENDER, H. 1984.** La Adsorción de Fosfatos en Suelos Fuertemente Ácidos y su Evaluación. Fitotecnia Latinoamericana.

Vol.3, Número 1. 398 p.

- 18. FASSBENDER, H. y BORNEMISZA, E. 1987.** Química de Suelos, con énfasis en los suelos de América Latina. 2 da. Edición. Editorial IICA. San José – Costa Rica. 420 p.
- 19. FINCK, A. 1985.** Fertilizantes y Fertilización. Edit. Reverté. S.A. Barcelona. 227 p.
- 20. FUNES, F. 2007.** Alimentación, Medio Ambiente y Salud: integrando conceptos. LEISA revista de agroecología. Salud y agricultura. Vol. 23, Número 3.50 p.
- 21. GALVEZ, J. 2009.** Efecto del Fosfato de Sechura, Incubado en Solución de Microorganismos, en el Rendimiento de Tomate. Tesis Ingeniero Agrónomo. UNSCH. Ayacucho. 60 p.
- 22. GILLIER, P. y SILVESTRE, P. 1970.** El Cacahuete, Técnicas Agrícolas y Producciones Tropicales. Edit. BLUME. Barcelona, España. 281 P.
- 23. GROS, A. 1981.** Abonos: Guía Práctica de Fertilización. 7ma. Edic. Edit. Mundi Prensa. Madrid – España.
- 24. HAYWARD, H. 1953.** Estructura de las Plantas Útiles. Editorial Acme S.A. Buenos Aires. 667 p.
- 25. HIGA y PARR. 1991.** Microorganismos Efectivos (ME o EM), Fundación de Asesorías para el Sector Rural (FUNDASES):
<http://www.fundases.com/p/em01.html>. Acceso 10 de diciembre del 2007

- 26. IBPGR. 1992.** Descriptores para Maní. ICRISAT. Patancheru, India. 125 Pág.
- 27. KUPRAT. 2004.** Microorganismos Benéficos. Página web de Agua-viva <http://agua-viva.info/es/microorg.htm>. Acceso 26 de diciembre del 2007.
- 28. MANUALES PARA LA EDUCACIÓN AGROPECUARIA. 1988.** Cultivos Oleaginosos. Edit. Trillas. México.
- 29. MENDOZA, F. 2004.** Rendimiento de dos variedades de maní con cuatro formulas de abonamiento. Tesis ingeniero agrónomo. UNSCH, Ayacucho 60 p.
- 30. PAÚL, E. A. y CLARK, F. E. 1989.** Soil Microbiology and Biochemistry. Academia Press San Diego California. 231 p.
- 31. PRIMO, E. y CARRASCO, J. 1973.** Química Agrícola. Tomo I. Suelos y Fertilizantes. Edit. Alhambra S.A. Madrid 198 p.
- 32. ROBLES, R. 1985.** Producción de Oleaginosa y Textiles. Segunda Edición Editorial LIMUSA. México. 67 p.
- 33. RODRIGUEZ, F. 1982.** Fertilizantes, Nutrición Vegetal. A.G.T. Editor S.A. México 75 p.
- 34. RUSSELL, J. y RUSSELL, W. 1968.** Condiciones del Suelo y Crecimiento de las Plantas. Edit. Aguilar. Madrid. 217 p.
- 35. SÁNCHEZ, L. 1987.** Cultivos Oleaginosos. Manual para la Educación Agropecuaria. Edit. Trillas. Área Producción Vegetal México. 72 p.
- 36. SUQUILANDA, M. 2001.** Curso internacional Sobre Elaboración de

Abonos Orgánicos. Corporación PROEXANT. Quito. Página Web:

http://www.pidecafe.com.pe/textos/txt_6.doc

<http://www.humano.ya.com/holbeja/abonos.htm>. Acceso 28 de junio del 2007

37. THOMPSON, L. 1974. El Suelo y su Fertilidad. Edit. Reverté. Madrid. 356 p.

38. TINEO, A. 2006. Superficies de Respuesta: El Diseño 03 de Julio. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Ayacucho. 81 p.

39. TISDALE y NELSON. 1987. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Edit. UTEHA. México. 498 p.

40. TUME, H. 2005. ¿QUÉ SABE USTED DE LOS FOSFATOS? “El Regional de Piura”. Página Web en.

http://www.elregiolpiura.com.pe/archivosnoticias/2005_03/marzo_13/fosfatos

[teoria.htm](#). Acceso 26 de noviembre del 2007.

41. VALENZUELA, E. 2002. Solubilización de la Roca Fosfórica Carolina del Norte con cepas de *Aspergillus niger* aislada desde un suelo trumao. Boletín Micológico Vol. 17. Valdivia. 88 p. Disponible en

<http://www.uv.cl/servicios/externos/lab>

[micologia/boletines/micologia%2002_002/4.4%20roca_fosforica.pdf](#).

Acceso 30 de noviembre del 2008.

Anexo

CUADRO 1: LONGITUD DE TALLO PRINCIPAL DE LA PLANTA (cm), 90 DÍAS DESPUÉS DE LA SIEMBRA

| TRATAMIENTO | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | |
|----------------------------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|
| Días de Incubación en MB | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 | 5 | 15 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| Niveles de Roca Fosfórica | 50 | 50 | 1050 | 1050 | 550 | 550 | 550 | 550 | 50 | 300 | 800 | 1050 | 550 | |
| REPETICIÓN | 1 | 56,34 | 60,18 | 59,67 | 62,59 | 58,64 | 58,51 | 60,18 | 59,67 | 58,09 | 61,57 | 59,64 | 63,54 | 59,27 |
| | 2 | 54,97 | 63,24 | 56,84 | 60,82 | 59,48 | 61,23 | 63,27 | 62,57 | 62,54 | 62,35 | 60,27 | 63,27 | 61,57 |
| | 3 | 58,95 | 59,97 | 58,97 | 63,59 | 56,57 | 57,84 | 62,54 | 64,57 | 61,28 | 59,64 | 61,58 | 59,57 | 62,54 |
| TOTAL | 170,26 | 183,39 | 175,48 | 187,00 | 174,69 | 177,58 | 185,99 | 186,81 | 181,91 | 183,56 | 181,49 | 186,38 | 183,38 | |
| PROMEDIO | 56,75 | 61,13 | 58,49 | 62,33 | 58,23 | 59,19 | 62,00 | 62,27 | 60,64 | 61,19 | 60,50 | 62,13 | 61,13 | |

CUADRO 2: NÚMERO DE CÁPSULAS POR GOLPE (MATA)

| TRATAMIENTO | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Días de Incubación en MB | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 | 5 | 15 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| Niveles de Roca Fosfórica | 50 | 50 | 1050 | 1050 | 550 | 550 | 550 | 550 | 50 | 300 | 800 | 1050 | 550 | |
| REPETICIÓN | 1 | 38.24 | 59.14 | 34.87 | 62.35 | 36.09 | 45.26 | 62.04 | 62.24 | 38.34 | 48.34 | 62.14 | 56.98 | 58.67 |
| | 2 | 36.09 | 59.47 | 42.09 | 62.36 | 43.27 | 56.82 | 58.47 | 62.15 | 42.87 | 45.26 | 54.31 | 58.64 | 48.95 |
| | 3 | 39.65 | 61.02 | 35.91 | 63.14 | 42.12 | 47.36 | 62.13 | 69.24 | 38.29 | 38.24 | 58.64 | 56.24 | 52.14 |
| TOTAL | 113.98 | 179.63 | 112.87 | 187.85 | 121.48 | 149.44 | 182.64 | 193.63 | 119.50 | 131.84 | 175.09 | 171.86 | 159.76 | |
| PROMEDIO | 37.99 | 59.88 | 37.62 | 62.62 | 40.49 | 49.81 | 60.88 | 64.54 | 39.83 | 43.95 | 58.36 | 57.29 | 53.25 | |

CUDRO 3: RENDIMIENTO GRANO MÁS CÁPSULA (Kg/ha)

| TRATAMIENTO | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | |
|----------------------------------|----------|----------|---------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| Días de Incubación en MB | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 | 5 | 15 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| Niveles de Roca Fosfórica | 50 | 50 | 1050 | 1050 | 550 | 550 | 550 | 550 | 50 | 300 | 800 | 1050 | 550 | |
| REPETICIÓN | 1 | 1936.54 | 3695.48 | 1978.23 | 3758.64 | 2083.33 | 2539.14 | 3658.54 | 3625.84 | 2148.75 | 2564.84 | 3469.51 | 3456.17 | 3625.46 |
| | 2 | 2083.33 | 3246.21 | 2463.51 | 3621.28 | 2658.45 | 3256.58 | 3265.28 | 3895.47 | 2265.29 | 2265.31 | 3120.54 | 2953.24 | 2631.54 |
| | 3 | 2059.09 | 3459.25 | 2536.54 | 3659.28 | 2689.95 | 2575.76 | 3659.82 | 3598.47 | 2154.78 | 2295.82 | 3689.54 | 3356.45 | 3265.98 |
| TOTAL | 6078.96 | 10400.94 | 6978.28 | 11039.20 | 7431.73 | 8371.48 | 10583.64 | 11119.78 | 6568.82 | 7125.97 | 10279.59 | 9765.86 | 9522.98 | |
| PROMEDIO | 2026.32 | 3466.98 | 2326.09 | 3679.73 | 2477.24 | 2790.49 | 3527.88 | 3706.59 | 2189.61 | 2375.32 | 3426.53 | 3255.29 | 3174.33 | |

CUADRO 4: RENDIMIENTO DE GRANO (Kg/Ha)

| TRATAMIENTO | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | |
|---------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Días de Incubación en MB | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 | 5 | 15 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| Niveles de Roca Fosfórica | 50 | 50 | 1050 | 1050 | 550 | 550 | 550 | 550 | 50 | 300 | 800 | 1050 | 550 | |
| REPETICIÓN | 1 | 1456.89 | 2698.45 | 1456.23 | 2856.57 | 1524.82 | 1865.45 | 2789.36 | 2698.58 | 1547.21 | 1899.57 | 2586.45 | 2495.21 | 2698.57 |
| | 2 | 1498.75 | 2365.98 | 1765.84 | 2665.49 | 1982.58 | 2285.54 | 2359.64 | 2785.65 | 1698.58 | 1639.54 | 2296.64 | 2169.93 | 1938.27 |
| | 3 | 1489.24 | 2489.67 | 1875.24 | 2769.35 | 1897.95 | 1837.95 | 2635.21 | 2569.54 | 1593.14 | 1698.84 | 2598.94 | 2569.87 | 2454.98 |
| TOTAL | 4444.88 | 7554.10 | 5097.31 | 8291.41 | 5405.35 | 5988.94 | 7784.21 | 8053.77 | 4838.93 | 5237.95 | 7482.03 | 7235.01 | 7091.82 | |
| PROMEDIO | 1481.63 | 2518.03 | 1699.10 | 2763.80 | 1801.78 | 1996.31 | 2594.74 | 2684.59 | 1612.98 | 1745.98 | 2494.01 | 2411.67 | 2363.94 | |

CUDRO 5: PESO DE MIL SEMILLAS (g)

| TRATAMIENTO | T1 | T2 | T3 | T4 | T5 | T6 | T7 | T8 | T9 | T10 | T11 | T12 | T13 | |
|----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Días de Incubación en MB | 0 | 20 | 0 | 20 | 0 | 5 | 15 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| Niveles de Roca Fosfórica | 50 | 50 | 1050 | 1050 | 550 | 550 | 550 | 550 | 50 | 300 | 800 | 1050 | 550 | |
| REPETICIÓN | 1 | 638.45 | 643.21 | 639.23 | 645.82 | 644.98 | 646.98 | 645.32 | 639.12 | 645.98 | 644.23 | 644.21 | 646.05 | 639.15 |
| | 2 | 639.02 | 644.74 | 639.24 | 645.32 | 645.87 | 645.24 | 646.98 | 640.25 | 645.24 | 646.89 | 643.21 | 646.54 | 640.32 |
| | 3 | 638.90 | 644.15 | 640.40 | 646.24 | 645.87 | 644.87 | 645.28 | 639.98 | 646.87 | 645.87 | 645.85 | 646.02 | 639.84 |
| TOTAL | 1916.4 | 1932.1 | 1918.9 | 1937.4 | 1936.7 | 1937.1 | 1937.6 | 1919.4 | 1938.1 | 1937 | 1933.3 | 1938.6 | 1919.3 | |
| PROMEDIO | 638.79 | 644.03 | 639.62 | 645.79 | 645.57 | 645.70 | 645.86 | 639.78 | 646.03 | 645.66 | 644.42 | 646.20 | 639.77 | |



Foto 01 Preparación del terreno para la siembra de maní.



Foto 02 Marcado y preparación de hoyos para la siembra de maní.



Foto 03 Siembra del maní, tres granos por golpe.



Foto 04 Preparación de terreno para la siembra de maní.



Foto 05 Colaboradores en la preparación del suelo y siembra del maní



Foto 06 Maní en plena floración



Foto 07 Arranque para la cosecha del marí.



Foto 08 Arranque de un golpe de maní, observándose su producción.



Foto 09 Cápsulas de maní, después del arranque



Foto 10 Cápsulas de maní, para su evaluación correspondiente



Foto 11 Cosecha de los tratamientos del primer bloque.



Foto 12 Cosecha de los tratamientos del segundo bloque.



Foto 13 Cosecha de los tratamientos del tercer bloque.



Foto 14 Cápsulas de maní ordenados por tratamientos del primer bloque.



Foto 15 Secado y oreado de las cápsulas por cada bloque, después de la Cosecha.

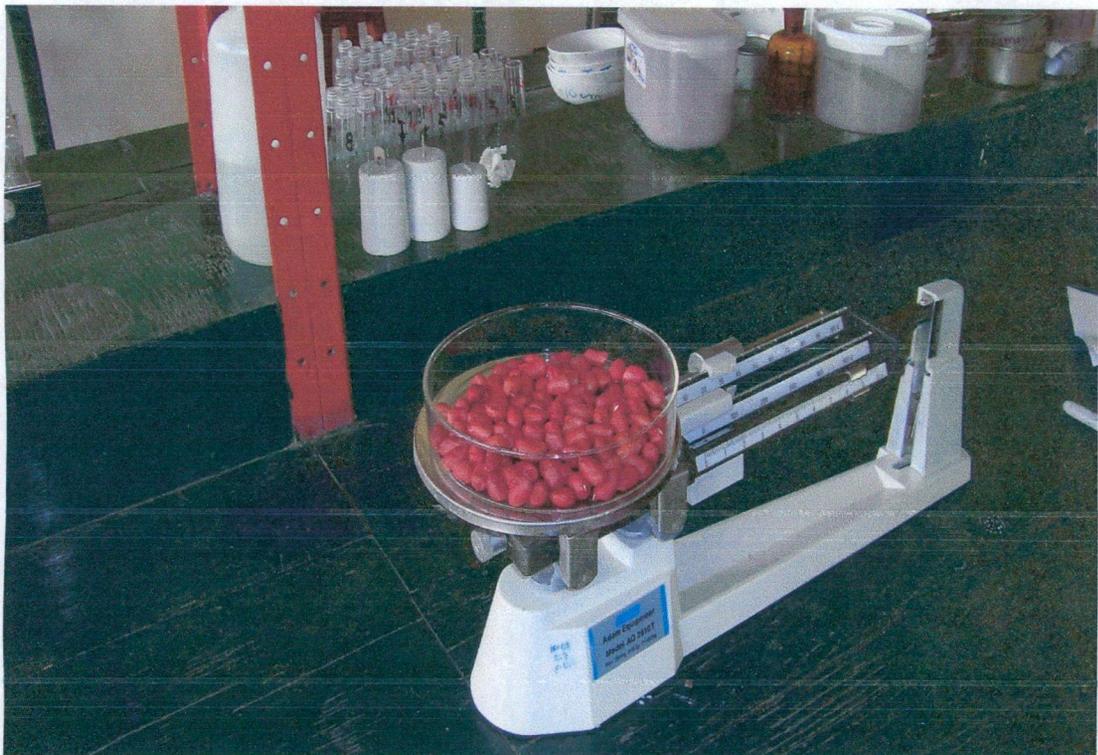


Foto 16 Peso de mil semillas del grano limpio de maní.