

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE  
AGRONOMÍA**



**“ROCA FOSFÓRICA Y GUANO DE ISLAS INCUBADOS EN  
UNA SOLUCIÓN DE MICROORGANISMOS EN LA  
PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE ALGARROBO  
(*Prosopis sp.*) UTILIZANDO SUSTRATO ÁCIDO Y  
ALCALINO, AYACUCHO, 2 760 msnm”**

**Tesis para obtener el Título Profesional de  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**Presentado por  
ELSA CONGA ROJAS**

**AYACUCHO - PERU**

**2013**


Tesis  
Agiloll  
Con


**“ROCA FOSFÓRICA Y GUANO DE ISLAS INCUBADOS EN UNA SOLUCIÓN  
DE MICROORGANISMOS EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE  
ALGARROBO (*Prosopis sp.*) UTILIZANDO SUSTRATO ÁCIDO Y ALCALINO,  
AYACUCHO, 2 760 msnm”**


Recomendado : 18 de diciembre del 2012

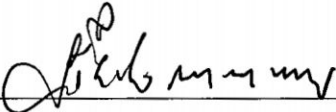
Aprobado : 21 de junio del 2013

  
\_\_\_\_\_  
Dra. NERY LUZ SANTILLANA VILLANUEVA  
Presidente del jurado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. RÓMULO AGUSTÍN SOLANO RAMOS  
Miembro del jurado

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. ÁLEX LÁZARO TINEO BERMÚDEZ  
Miembro del jurado

  
\_\_\_\_\_  
M.Sc. MARHLENI CERDA GÓMEZ  
Miembro del jurado

  
\_\_\_\_\_  
Dr. JUAN RAMIRO PALOMINO MALPARTIDA  
Decano (e) de la Facultad de Ciencias Agrarias

## **DEDICATORIA**

*A mi querida Madre,  
por su sacrificio sin par.*

*A mi hijo Dharix,  
sentido de mi vida.*

*A mi querida familia, por  
su constante apoyo en mi  
formación profesional.*

## **AGRADECIMIENTO**

Al Altísimo Hacedor, por haberme dotado de vida y salud, durante este tiempo de mi preparación y permitirme concluir satisfactoriamente mis estudios profesionales.

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, mi sincero reconocimiento por mi formación profesional.

A mis profesores de la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a los de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía por su enseñanza y persistencia en mi formación profesional.

Al Área de Investigación en Agroforestería y Medio Ambiente del Programa de Investigación en Cultivos Alimenticios del Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias Agrarias.

Al Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos y al Magister Alex Lázaro Tineo Bermúdez por asesorarme y aportar sus sapiencias y ser los gestores de encumbrar mis caros anhelos.

A todos los trabajadores de la Casa Superior de Estudios, Alma Mater de mi formación; y a todas las dignas personas que me apoyaron de una u otra manera, muy generosamente, en el desarrollo del presente trabajo de investigación.

## INDICE

	<b>Pág.</b>
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>ÍNDICE</b>	iii
<b>RESUMEN</b>	iv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	01
<b>I. REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>04</b>
1.1. ANTECEDENTES	04
1.2. IMPORTANCIA DEL FÓSFORO PARA LOS VEGETALES	05
1.3. ROCA FOSFÓRICA O FOSFATOS NATURALES	07
1.4. EL GUANO DE LAS ISLAS	09
1.5. LOS MICROORGANISMOS EFECTIVOS (ME)	16
1.6. EL COMPOST	19
1.7. EL ALGARROBO	26
<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>37</b>
2.1. UBICACIÓN	37
2.2. MATERIALES	37
2.3. DISEÑO METODOLÓGICO	38
2.4. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	39
2.5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN	41
<b>III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>43</b>
3.1. GERMINACIÓN-EMERGENCIA DE PLÁNTULAS	43
3.2. ALTURA DE PLANTONES EN SUSTRATO ÁCIDO	45
3.3. ALTURA DE PLANTONES EN SUSTRATO ALCALINO	50
3.4. PESO SECO DE LA RAÍZ EN SUSTRATO ÁCIDO	53
3.5. PESO SECO DE LA RAÍZ EN SUSTRATO ALCALINO	57
3.6. PESO SECO DE TALLO EN SUSTRATO ÁCIDO	61
3.7. PESO SECO DE TALLO EN SUSTRATO ALCALINO	65
3.8. LONGITUD DE RAÍZ EN SUSTRATO ÁCIDO	68
3.9. LONGITUD DE RAÍZ EN SUSTRATO ALCALINO	72
3.10. PROTECCIÓN VEGETAL	76
3.11. LIGNIFICACIÓN	76
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>77</b>
4.1. CONCLUSIONES	77
4.2. RECOMENDACIONES	78
<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>79</b>
<b>ANEXO</b>	<b>82</b>

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el Vivero Forestal del NIPUH de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga con el objetivo de determinar el efecto de 05 niveles de Guano de Isla y 5 niveles de Roca Fosfórica sometida a incubación en solución de Microorganismos Benéficos y aplicados en sustrato ácido y sustrato alcalino en la producción de plantones de algarrobo. Para ello, se utilizó el “Diseño de tratamientos 3 de Julio” para dos factores y 5 niveles. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones, estableciéndose 39 unidades experimentales tanto para sustrato ácido como alcalino. Los resultados encontrados son: El Guano de Isla y la Roca Fosfórica incubados en solución de microorganismos eficaces (ME) influyen de manera directa e indirecta en el crecimiento, desarrollo y sanidad de los plantones de algarrobo. Presenta generalmente una respuesta altamente significativa para términos lineal y cuadrático en Guano de Isla, así como una respuesta altamente significativa para el término lineal de Roca Fosfórica, con excepción de la altura en sustrato ácido. Los niveles óptimos de Guano de Isla para obtener plantones de calidad de algarrobo son 1355 ppm en sustrato ácido y 1622 ppm en sustrato alcalino.

## INTRODUCCION

El algarrobo (*Prosopis sp.*) es una especie muy importante en el Perú y en la región de Ayacucho porque brinda bienes y servicios a la población, y por la creciente demanda en el mercado nacional, asimismo, por constituir fuente de materia prima para las industrias médica, alimentaria y fuente calórica en las pollerías, anticucherías, etc.

En este contexto, es imprescindible la reforestación masiva con esta especie para satisfacer la demanda del mercado; sin embargo, se desconoce varios aspectos técnicos respecto a la producción de plántones del algarrobo, como por ejemplo, el tiempo de permanencia en el vivero y la obtención de un plantón apto para llevar a campo definitivo, lo que repercute negativamente en el costo de producción y en la ejecución de las actividades forestales.

Asimismo, nadie duda la importancia de los fertilizantes sintéticos para el crecimiento y desarrollo de las plantas; pero, también se sabe que los

fertilizantes sintéticos tienen altos precios y producen daños en los ecosistemas, trayendo como consecuencia graves desequilibrios y pérdidas de fertilidad biológica y física del suelo; pues, los abonos sintéticos ocasionan la muerte de microorganismos como bacterias, hongos y algas del suelo (**Brack y Mendiola, 2 000**).

Por esta razón, hoy en día se viene impulsando la agricultura orgánica con la aplicación de la fertilización orgánica, como por ejemplo haciendo uso de la Roca Fosfórica de Bayobar fuente natural de fósforo (30% de  $P_2O_5$ ); que ha sido considerado siempre como un fertilizante de segundo orden, debido a su largo proceso de solubilización y el Guano de Isla, fuente natural rica en nutrientes, abundante en nuestro país, los mismos que podrían incubarse en los "Microorganismos Eficaces" (ME), desarrollada en la década de los setenta por el Doctor Teruo Higa, Profesor de la Facultad de Agricultura de la Universidad de Ryukyus en Okinawa, Japón. Estos microorganismos, en la actualidad son utilizados en la Agricultura, Ganadería, Medicina y otros, debido a su alta capacidad para descomponer y mineralizar la materia orgánica.

En consecuencia, el uso apropiado de la Roca Fosfórica y el Guano de Isla pueden contribuir las actividades sustentables toda vez que armoniza con el medio y propicia una agricultura sostenible.

## **OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto de la Roca Fosfórica y Guano de Isla incubadas en una solución de microorganismos eficaces aplicados en sustrato ácido y alcalino, en la producción de plantones de algarrobo (*Prosopis sp.*) en la ciudad de Ayacucho.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

1. Evaluar el efecto de niveles crecientes de Guano de Islas, incubada en una solución de microorganismos benéficos, en dos sustratos (ácido y alcalino) en la producción de plantones de algarrobo.
2. Evaluar el efecto de niveles crecientes de Roca Fosfórica, incubada en una solución de microorganismos benéficos, en dos sustratos (ácido y alcalino) en la producción de plantones de algarrobo.
3. Determinar los niveles de Guano de Islas y Roca Fosfórica, incubadas en una solución de microorganismos benéficos en dos sustratos (ácido y alcalino) que optimicen la producción de plantones de algarrobo.

## CAPITULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1. ANTECEDENTES

**Chávez (2006)**, evaluó el efecto de cuatro niveles de Roca Fosfórica (00, 30, 60 y 90 kg. de Roca Fosfórica/ha.) sobre las características agronómicas del pasto *Brachiaria brizantha* cv Marandu", en las instalaciones del proyecto Búfalos (Parinacochas) en Iquitos. Determinó que la Roca Fosfórica influye directamente en la mejora de las características agronómicas (altura, cobertura, materia verde y materia seca), resultando mejor el tratamiento que recibió 90 kg. de Roca Fosfórica/ha.

**Tineo (2009)**, evaluó la influencia del tiempo de incubación de la Roca fosfórica (RF), en una solución de Microorganismos en la solubilidad del fósforo, y su influencia en el rendimiento del maní (*Arachis hipogaea* L), en la localidad de Agua Dulce, distrito de Anco, provincia de La Mar, Ayacucho, Perú, a 750 msnm. Durante distintos períodos (5, 10, 15,

20 días), se expuso la RF a la acción solubilizante de una solución de microorganismos (SM) con un pH de 3.5. La RF tratada se aplicó a distintos niveles (50, 300, 550, 800, 1050 kg.ha<sup>-1</sup>), en las unidades experimentales según los tratamientos establecidos de acuerdo al diseño 03 de Julio (D3J), en las que se cultivó maní.

Determinó que; (1) la SM tiene un efecto solubilizante sobre el fósforo de la RF, que se traduce en una mayor concentración de Fósforo disponible en este insumo y por consiguiente un mejor rendimiento de maní; (2) la RF incubada durante 20 días en la SM, contiene hasta 2000 veces más la concentración de fósforo disponible (2.14115 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) con respecto a la RF sin incubar (0.001145 % de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>); (3) el factor tiempo de incubación de la RF en SM (X<sub>1</sub>) es el que tuvo mayor influencia en el rendimiento del maní y (4) la aplicación de la RF incubada en la SM permite mejorar el rendimiento de maní desde 1699 kg.ha<sup>-1</sup> en el T3 (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de RF sin incubar) hasta 2763.8 kg.ha<sup>-1</sup> en el T4 (1050 kg.ha<sup>-1</sup> de RF incubado por 20 días), incluso en un suelo con pH casi neutro.

## **1.2. IMPORTANCIA DEL FÓSFORO PARA LOS VEGETALES**

FAO (2007), menciona que a nivel bioquímico y celular, el fósforo es un componente fundamental de las biomoléculas que participan en la fotosíntesis vegetal. Asimismo, forma parte de estructuras celulares importantes como los ácidos nucleicos y brinda integridad a las membranas celulares.

Adicionalmente, el fósforo participa en los procesos más importantes del transporte y almacenamiento de energía y en el control y regulación de diversos procesos de respuesta de las plantas a estímulos medioambientales.

A nivel de planta completa, el fósforo es uno de los macro nutrientes esencial más importantes: induce la formación de un activo y potente sistema radicular, favorece la floración e influye marcadamente en la cantidad, peso y calidad de los frutos y semillas.

Los cultivos resultan más resistentes a las plagas, enfermedades y responden mejor a los efectos negativos del granizo, heladas, vientos, alta temperatura y otros factores estresantes para la planta.

Entre las fuentes de fósforo que se disponen para la nutrición de plantas se encuentra la Roca Fosfórica, la cual se compone principalmente de mineral fosforita que es un cristal amorfo formado por óxidos no metálicos de fósforo.

En su forma natural la Roca Fosfórica presenta poca solubilidad, sin embargo, el fósforo contenido en la Roca Fosfórica se libera por la acción de ácidos presentes en el medio. Así mismo, la acción de la flora microbiana natural del suelo promueve la biodisponibilidad de fósforo.

**Cépeda (1991)**, señala que el desarrollo de los procesos físicos, químicos y biológicos en el suelo conducen a la acumulación de sustancias nutritivas necesarias para el crecimiento y desarrollo de las plantas, tales como nitratos, amonio, fósforo, potasio, calcio, etc. en forma soluble y asimilable.

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

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. Asimismo, señala 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.

### **1.3. ROCA FOSFÓRICA O FOSFATOS NATURALES**

**Norman (2010)**, señala que en muchos suelos ácidos del mundo, especialmente en los trópicos, los problemas de fertilidad limitan la producción de cultivos. Estos suelos tienen generalmente bajo contenido de fósforo disponible para las plantas y a menudo tienen una alta capacidad de fijación de fósforo, lo que resulta una baja eficiencia de uso de fertilizantes fosfóricos solubles en agua como el Superfosfato Triple y el Fosfato Diamónico.

En estos casos, la aplicación al suelo de Roca Fosfórica sin procesar puede ser una alternativa atractiva

En ciertas circunstancias, la efectividad agronómica y económica de la Roca Fosfórica puede ser igual o mejor que las de los fertilizantes fosforados solubles en agua. A diferencia de los fertilizantes fosfatados solubles en agua que pueden

ser usados ampliamente, existen factores específicos incluyendo la reactividad de la Roca Fosfórica, propiedades del suelo, las prácticas de manejo y el tipo de cultivo que deben tomarse en cuenta para maximizar la utilización de la Roca Fosfórica. El uso de los sistemas de decisión y soporte es un medio efectivo de predecir el mejor uso de la Roca Fosfórica.

Asimismo, señala que los factores que afectan la efectividad de Roca Fosfórica en agricultura orgánica son más o menos los mismos que afectan el uso de la Roca Fosfórica en agricultura convencional. Una excepción ocurre cuando se añade Roca Fosfórica en el proceso de compostaje, donde pueden presentarse condiciones alcalinas antes que condiciones ácidas, sin embargo, la quelatación del calcio derivado de la apatita por la materia orgánica puede ayudar a disolver la Roca Fosfórica.

**FAO (2007)**, menciona que es un mineral que sirve como materia prima, fuente de P, para la producción de fósforo. Consiste en varios tipos de apatitas (fosfato tricálcico) y contiene entre 15 y 35 % de  $P_2O_5$ . La calidad de Roca Fosfórica 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 fósforo 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 en la Roca Fosfórica varía de 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  $P_2O_5$  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).

#### **1.4. GUANO DE LAS ISLAS**

**PROABONOS (s/f)** menciona que el Guano de Isla (del Quechua 'wanu') es la acumulación masiva de excrementos de murciélagos, aves marinas y focas. El suelo deficiente en materia orgánica puede hacerse más productivo abonándose con guano. Éste está compuesto de amoníaco, ácido úrico, fosfórico, oxálico y ácidos carbónicos, sales e impurezas de la tierra. Tiene color rojizo cuando proviene de los yacimientos del Plioceno y el Pleistoceno, y es amarillento cuando es de formación reciente. Puede ser utilizado como un fertilizante efectivo debido a sus altos niveles de nitrógeno y fósforo. A partir de la concentración de dichos componentes también se puede elaborar el superfosfato.

El Guano de Isla es un recurso natural renovable, que se encuentra en las superficies de las islas y puntas del litoral peruano, lugares en donde se aposentan y se reproducen las aves guaneras. Es un poderoso fertilizante orgánico utilizado con gran éxito por los agricultores y ligado desde muchos años a nuestra historia; tiene un alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio, además de muchos otros elementos nutritivos, que los convierten en el fertilizante orgánico más completo del mundo. Estos yacimientos son tan antiguos que ya los Incas los conocían y los empleaban en sus cultivos que de generación en generación han pasado hasta nuestros días.

Biológicamente el Guano de Isla juega un rol esencial en el metabolismo básico del desarrollo de raíces, tallos y hojas encerrando todos los elementos fertilizantes y asegurando la nutrición de las plantas, además de tener una acción benéfica sobre la vida de los suelos. El Guano de Isla como es de conocimiento general, no es otra cosa que las deyecciones de las aves marinas como el guanay, piquero y el alcatraz. Las aves guaneras son prácticamente laboratorios vivos donde se procesa el abono más completo que ha podido darse en la naturaleza. Este abono consiste en la carne y los esqueletos de los peces que han sido ingeridos por las aves, y que sufren todo un proceso digestivo que los convierte en materia de fácil asimilación por las plantas. Algunas de sus propiedades más interesantes son: abono natural no contaminante; biodegradable; incrementa la actividad microbiana del suelo; mejorador ideal de los suelos; soluble en agua, de fácil asimilación por las plantas; no requiere agregados; no deteriora los suelos ni los convierte en tierras salitrosas.

El Guano de Isla, particularmente las islas Chincha en el Perú, fue explotado en el siglo XIX y principios del siglo XX y fue su gran producto de exportación durante mucho tiempo. Las Islas Paracas fueron también explotadas y se encuentran entre las principales fuentes guaneras de la actualidad. La composición varía entre 1.5 y 12 % de N, 11 a 15 % de  $P_2O_5$ , 1.5 a 2 % de  $K_2O$ .

Las culturas pre-colombinas al parecer utilizaron el Guano de Isla, como lo atestiguan los restos arqueológicos de las Culturas Paracas y Nazca. De igual manera, durante la época del Tahuantinsuyo, también fue utilizado, en este

sentido, Garcilaso de la Vega menciona en los Comentarios Reales que «En la costa del mar, desde más abajo de Arequipa hasta Tarapacá, que son más de 200 leguas de costa no hechan otro estiércol, sino el de pájaros marinos que hay en toda la costa del Perú». Posteriormente, durante la época colonial su uso no fue muy intensivo, dado que la principal actividad económica fue la minería.

En los siglos XVIII y XIX, los avances científicos en química y fisiología vegetal darían un fuerte impulso para su utilización. El científico alemán Alexander V. Humboldt, a inicios del siglo XIX, fue el primero que hizo conocer al Guano de Islas del Perú en Europa. Pero, por una ironía de la historia, sería el químico Justus V. Liebig el que lo analizaría, poniendo de manifiesto sus bondades como fertilizante.

Los conceptos de Liebig, sobre la nutrición vegetal y la fertilidad del suelo, darían origen a la agricultura química, que dejarían de lado el uso de los fertilizantes orgánicos, entre ellos al Guano de Islas, que sería reemplazado por el Nitrato de Chile y este posteriormente por los fertilizantes nitrogenados sintéticos (nitrato de amonio), a inicios del siglo XX. Hoy en día, los avances en microbiología de suelos, nutrición vegetal y bioquímica del suelo, han revelado la superioridad del Guano de Isla sobre los demás fertilizantes. Desde 1840 hasta 1870, el Guano de Isla jugó un papel trascendental en la economía de la joven república peruana. Pero después de dicho período, vendría la competencia por el Nitrato de Chile, que lo desplazaría del mercado mundial.

**([www.congreso.gob.pe/comisiones/2002/.../importancia\\_guano](http://www.congreso.gob.pe/comisiones/2002/.../importancia_guano), 2002).**

**MINISTERIO DE AGRICULTURA (2011)**, indica que el Guano de Isla es un abono natural y completo que posee una serie de nutrientes que lo hace ideal para el buen crecimiento, desarrollo y producción de cultivos rentables. Por ser de origen animal y contar con un procesamiento 100% artesanal es aceptado por las certificadoras internacionales para su uso en la producción de alimentos orgánicos. Actualmente viene siendo utilizado con muy buenos resultados en la producción de plátano, café, cacao, quinua, kiwicha, entre otros.

#### **1.4.1. Características**

- **Físicas**

- El Guano de Isla se presenta en forma de polvo de granulación uniforme.
- De color gris amarillento verdoso.
- Con olor fuerte a vapores amoniacales.
- Contiene una humedad de 16 – 18%.

- **Químicas**

EL Guano de Isla presenta un alto contenido de macronutrientes como son el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K); también contiene elementos secundarios: calcio, magnesio, azufre, hierro, zinc, cobre, manganeso y boro.

**Cuadro No. 1.2. Contenido de Nutrientes del Guano de Isla**

NUTRIENTE		CONTENIDO
<b>MACROELEMENTOS</b>		
Nitrógeno	N	14 - 10 %
Fósforo	P	12 - 10 %
Potasio	K	3 - 2 %
<b>ELEMENTOS SECUNDARIOS</b>		
Calcio	CaO	8%
Magnesio	Mg	5%
Azufre	S	16%
<b>MICROELEMENTOS</b>		
Hierro	Fe	320 ppm
Zinc	Zn	20 ppm
Cobre	Cu	240 ppm
Manganeso	Mn	200 ppm
Boro	B	160 ppm
<b>TAMBIEN CONTIENE</b>		
Flora Microbiana	Hongos y bacterias	

Fuente: MINAG, 2011. Lima.

#### **1.4.2. Disponibilidad de nutrientes.**

Al abonar con Guano de Isla (GI), en promedio el 35% de nitrógeno, fósforo y demás nutrientes presentes, están disponibles para ser absorbidos por las raíces de las plantas en forma inmediata mientras que la forma orgánica continúa en el suelo para su mineralización, aportando nutrientes gradualmente durante el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo. Por ello, supera ampliamente a la mayoría de abonos naturales que existen en el mundo.

**Cuadro No. 1.3. Composición Química de Estiércoles**

<b>NUTRIENTES/ ESTIERCOLES</b>	<b>N %</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> %</b>	<b>K<sub>2</sub>O %</b>
<b>Vaca</b>	1.67	1.08	0.56
<b>Caballo</b>	1.50	1.15	1.30
<b>Gallinaza</b>	2 – 4	3.0	3.20
<b>Oveja</b>	1.60	2.50	1.80
<b>Cerdo</b>	1.81	1.10	1.25
<b>Guano de Isla</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>2.50</b>

**Cuadro No. 1.4. Composición Química de diferentes enmiendas**

<b>NUTRIENTES (%)</b>				
<b>ENMIENDAS</b>	<b>N</b>	<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>K<sub>2</sub>O</b>	<b>CE</b>
<b>Estiércol</b>	1.64	0.96	2.5	19.65
<b>Compost</b>	1.39	0.67	0.69	8.6
<b>Humus de lombriz</b>	1.54	0.21	0.46	3.8
<b>Guano de Isla</b>	<b>13</b>	<b>12</b>	<b>2.5</b>	<b>10</b>

**1.4.3. Procesos de mineralización**

La recolección del Guano de Isla se realiza cada 5-6 años en una misma isla o punta, durante este período se va acumulando las deyecciones bajo condiciones climáticas de alta humedad y temperaturas promedio de 16°C en invierno y 25 °C en verano, estando presentes diferentes microorganismos, entre estos hongos y bacterias benéficas que utiliza el Guano de Isla como sustrato de alimentación, constituyéndose en millones de laboratorios biológicos que realizan una serie de reacciones bioquímicas de oxidación, transformando los productos complejos (orgánicos) en productos más simples (inorgánicos) que es la forma como las plantas toman los nutrientes.

- **Biológicas**

El Guano de Isla es portador de una rica flora microbiana benéfica (hongos y bacterias benéficas) conformando millones de laboratorios biológicos que por acción de sus jugos gástricos y enzimas realizan la transformación de sustancias complejas a formas más simples. El Guano de Isla aporta nutrientes y materia orgánica, la cual es utilizada por el suelo en forma natural, mejorando su actividad microbiológica. La intensa actividad microbiana que se realiza en el suelo contiene materia orgánica, le confiere la acepción que “el suelo tiene vida”.

#### **1.4.4. Proceso 100% artesanal**

Para que el Guano de Isla llegue a los campos de cultivo pasa por un proceso que es 100% artesanal con uso intensivo de mano de obra, desde la recolección en puntas e islas, arrumado, acarreo de sacos, tamizado, ensacado, pesado, cosido, carguío, transporte marino, transporte terrestre y comercialización.

#### **1.4.5. Propiedades del guano de las islas**

Es ecológico, no contamina el ambiente. Mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Es biodegradable. Soluble en agua (fracción mineralizada) Presenta propiedades de sinergismo (se ha experimentado en cultivos de papa, donde en combinación con el estiércol incrementa significativamente la producción).

## **1.5. LOS MICROORGANISMOS EFECTIVOS (ME).**

**Higa y Parr (1991)**, mencionan que los EM, es una abreviación de Effective Microorganisms (Microorganismos Eficaces), y es un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros. Cuando el ME 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 ME, 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.

**Chujo (2004)**, indica que: el ME significa Microorganismos Eficientes. ME 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 efectivos, cuando entran en contacto con materia orgánica, secretan sustancias beneficiosas como vitaminas, ácidos orgánicos, minerales, quelatos y antioxidantes. Cambian la 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 ME 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, ME 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.

**FAO (2007)**, menciona que los ME 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. Asimismo, basándose en 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, así como para producto de limpieza en casa.

**Suquilanda (2001)**, indica que los microorganismos del ME son: bacterias ácido lácticas, Levaduras, Bacterias Fotosintéticas, Actinomicetos.

*Bacterias Acido Lácticas*: producen ácido láctico a partir de azúcares que son sintetizados por las bacterias fotosintéticas y levaduras. El ácido láctico puede suprimir microorganismos nocivos como el Fusarium sp. ayuda a solubilizar la cal y el Fosfato de Roca.

Levaduras: Degradan proteínas complejas y carbohidratos. Producen sustancias bioactivas (vitaminas, hormonas, enzimas) que pueden estimular el crecimiento y actividad de otras especies de ME, así como de plantas superiores.

Bacterias Fotosintéticas: Pueden fijar el nitrógeno atmosférico y el bióxido de carbono en moléculas orgánicas tales como aminoácidos y carbohidratos, también sintetizan sustancias bioactivas. Llevan a cabo una fotosíntesis incompleta, lo cual hace que la planta genere nutrimentos, carbohidratos, aminoácidos, sin necesidad de la luz solar, eso permite que la planta potencialice sus procesos completos las 24 horas del día.

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.

### **1.5.1. Modo de acción de los microorganismos**

Higa y Parr (1991), indican que, los diferentes tipos de microorganismos en el ME, 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 EM para crecer, sintetizando aminoácidos, ácidos nucleicos, vitaminas, hormonas y otras sustancias bioactivas. Cuando los ME 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.

### **1.5.2. Aplicaciones de microorganismos efectivos**

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

El ME, 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.

### **1.6. COMPOST**

<http://es.wikipedia.org/wiki/compost>, señala que el compost, composta o compuesto (a veces también se le llama abono orgánico) es el producto que se obtiene del compostaje, y constituye un "grado medio" de descomposición de la materia orgánica, que ya es en sí un buen abono. Se denomina humus al "grado superior" de descomposición de la materia orgánica. El humus supera al compost en cuanto abono, siendo ambos orgánicos.

La composta se forma de desechos orgánicos. La materia orgánica se descompone por vía aeróbica o por vía anaeróbica. Llamamos "compostaje", al ciclo aeróbico (con alta presencia de oxígeno) de descomposición de la materia orgánica. Llamamos "metanización" al ciclo anaeróbico (con nula o muy poca presencia de oxígeno) de descomposición de la materia orgánica.

El compost es obtenido de manera natural por descomposición aeróbica (con oxígeno) de residuos orgánicos como restos vegetales, animales, excrementos y purines (parte líquida altamente contaminante que rezuma de todo tipo de estiércoles animales), por medio de la reproducción masiva de bacterias aerobias termófilas que están presentes en forma natural en cualquier lugar (posteriormente, la fermentación la continúan otras especies de bacterias, hongos y actinomicetos).

Normalmente, se trata de evitar (en lo posible) la putrefacción de los residuos orgánicos (por exceso de agua, que impide la aireación-oxigenación y crea condiciones biológicas anaeróbicas malolientes), aunque ciertos procesos industriales de compostaje usan la putrefacción por bacterias anaerobias. El compost se usa en agricultura y jardinería como enmienda para el suelo, aunque también se usa en paisajismo, control de la erosión, recubrimientos y recuperación de suelos. Fue estudiado por el químico alemán Justus von Liebig.

### **1.6.1. Agentes de descomposición**

Asimismo, <http://es.wikipedia.org/wiki/compost>, menciona que la construcción de pilas o silos para el compostaje tiene como objetivo la generación de un entorno apropiado para el ecosistema de descomposición. El entorno no sólo mantiene a los agentes de la descomposición, sino también a otros que se alimentan de ellos. Los residuos de todos ellos pasan a formar parte del compost.

Los agentes más efectivos de la descomposición son las bacterias y otros microorganismos. También desempeñan un importante papel los hongos, protozoos y actinobacterias (o actinomycetes, aquellas que se observan en forma de blancos filamentos en la materia en descomposición). Ya a nivel macroscópico se encuentran las lombrices de tierra, hormigas, caracoles, babosas, milpiés, cochinillas, etc. que consumen y degradan la materia orgánica.

### **1.6.2. Ingredientes del compost**

Cualquier material biodegradable podría transformarse en compostaje una vez transcurrido el tiempo suficiente. No todos los materiales son apropiados para el proceso de compostaje tradicional a pequeña escala. El principal problema es que si no se alcanza una temperatura suficientemente alta los patógenos no mueren y pueden proliferar plagas. Por ello, el estiércol, las basuras y restos animales deben ser tratados en plantas específicas de alto rendimiento y sistemas termofílicos. Estas plantas utilizan sistemas complejos que permiten hacer del compostaje un medio eficiente, competitivo en coste y ambientalmente correcto para reciclar estiércoles, subproductos y grasas alimentarias, lodos de depuración, etc.

Este compostaje también se usa para degradar hidrocarburos del petróleo y otros compuestos tóxicos y conseguir su reciclaje. Este tipo de utilización es conocida como biorremediación.

El compostaje más rápido tiene lugar cuando hay una relación carbono/nitrógeno (en seco) de entre 25/1 y 30/1, es decir, que haya entre 25 y 30 veces más carbono que nitrógeno. Por ello, muchas veces se mezclan distintos componentes de distintas proporciones C/N. Los recortes de césped tienen una proporción 19/1 y las hojas secas de 55/1. Mezclando ambos a partes iguales se obtiene una materia prima óptima.

También es necesaria la presencia de celulosa (fuente de carbono) que las bacterias transforman en azúcares y energía, así como las proteínas (fuente de nitrógeno) que permiten el desarrollo de las bacterias. Los restos de comida grasienta, carnes, lácteos y huevos no deben usarse para compostar porque tienden a atraer insectos y otros animales indeseados. La cáscara de huevo, sin embargo, es una buena fuente de nutrientes inorgánicos (sobre todo carbonato cálcico) para el suelo a pesar de que si no está previamente cocida tarda más de un año en descomponerse.

### **1.6.3. Técnicas de compostaje**

Compostadores hechos con residuos sólidos urbanos (RSU). Esencialmente hay dos métodos para el compostaje aeróbico:

- Activo o caliente: se controla la temperatura para permitir el desarrollo de las bacterias más activas, matar la mayoría de patógenos y gérmenes, y así producir compost útil de forma rápida.
- Pasivo o frío: sin control de temperatura, los procesos son los naturales a temperatura ambiente.

La mayoría de plantas industriales y comerciales de compostaje utilizan procesos activos, porque garantizan productos de mejor calidad en un plazo menor. El mayor grado de control y, por tanto, la mayor calidad, suele conseguirse compostando en un recipiente cerrado con un control y ajuste continuo de temperatura, flujo de aire y humedad, entre otros parámetros. El compostaje casero es más variado, fluctuando entre técnicas extremadamente pasivas hasta técnicas activas propias de una industria. Se pueden utilizar productos desodorantes, aunque una pila bien mantenida raramente produce malos olores.

#### **1.6.4. Microorganismos, temperatura y humedad**

El cambio de temperatura de la noche al día produce vapor sobre un montón de compost. Una pila de compost efectiva debe tener una humedad entre el 40 y el 60%. Ese grado de humedad es suficiente para que exista vida en la pila de compost y las bacterias puedan realizar su función. Las bacterias y otros microorganismos se clasifican en grupos en función de cuál es su temperatura ideal y cuánto calor generan en su metabolismo.

Las bacterias mesofílicas requieren temperaturas moderadas, entre 20 y 40 °C. Conforme descomponen la materia orgánica generan calor. Lógicamente, es la

zona interna de la pila la que más se calienta. Las pilas de compost deben tener, al menos, 1 m de ancho por 1 m de alto y la longitud que sea posible. Así se consigue que el propio material aísle el calor generado. Hay sistemas que permiten pilas mucho más anchas y más altas. Así se puede hacer composta de una tonelada de residuos en un metro cuadrado. La aireación pasiva se ejecuta por medio de un piso falso. Tampoco necesita revoltear el material en degradación.

La temperatura ideal está alrededor de los 60 °C. Así la mayoría de patógenos y semillas indeseadas mueren a la par que se genera un ambiente ideal para las bacterias termofílicas, que son los agentes más rápidos de la descomposición. De hecho, el centro de la pila debería estar caliente (tanto como para llegar a quemar al tocarlo con la mano). Si esto no sucede, puede estar pasando alguna de las siguientes cosas:

- Hay demasiada humedad en la pila por lo que se reduce la cantidad de oxígeno disponible para las bacterias.
- La pila está muy seca y las bacterias no disponen de la humedad necesaria para vivir y reproducirse.
- No hay suficientes proteínas (material rico en nitrógeno).

La solución suele pasar por la adición de material o el volteo de la pila para que se airee. Dependiendo del ritmo de producción de compost deseado la pila puede ser volteada más veces para llevar a la zona interna el material de las capas externas y viceversa, a la vez que se airea la mezcla. La adición de agua puede hacerse en ese mismo momento, contribuyendo a mantener un nivel correcto de humedad. Un

indicador de que ha llegado el momento del volteo es el descenso de la temperatura debido a que las bacterias del centro de la pila (las más activas) han consumido toda su fuente de alimentación. Llega un momento en que la temperatura deja de subir incluso inmediatamente después de que la pila haya sido removida. Eso indica que ya no es necesario voltearla más.

Finalmente todo el material será homogéneo, de un color oscuro y sin ningún parecido con el producto inicial. Entonces está listo para ser usado. Hay quien prefiere alargar la maduración durante incluso un año más, ya que, aunque no está demostrado, puede que los beneficios del compost así producido sean más duraderos.

#### **1.6.5. Otros componentes**

<http://es.wikipedia.org/wiki/compost>, también manifiesta que a veces se añaden otros ingredientes con el fin de enriquecer la mezcla final, controlar las condiciones del proceso o de activar los microorganismos responsables del mismo. Espolvorear cal en pequeñas cantidades puede controlar la aparición de un excesivo grado de acidez que reduzca la velocidad de fermentación.

Las algas proporcionan importantes micronutrientes. Algunas rocas pulverizadas proporcionan minerales, al contrario que la arcilla. La fracción de estiércol puede provenir de heces humanas. No obstante, el riesgo de que no se alcancen temperaturas suficientemente altas para eliminar los patógenos hace que no suelen utilizarse en cultivos alimentarios. Tampoco se recomienda en el compostaje

casero la utilización en general de heces de animales carnívoros pues contienen patógenos difícilmente eliminables. Aun así pueden ser útiles para el abonado de árboles, jardines, etc. En clima mediterráneo la madurez del compost se obtiene tras 3 o 6 meses en primavera/verano y de 6 a 9 meses en invierno.

#### **1.6.6. Compostaje con lombrices**

Se puede obtener vermicompost como producto de excreción de la lombriz roja u otros miembros de la familia Lumbricidae. Estos organismos se alimentan de residuos orgánicos y los transforman en un producto rico en nutrientes y microbios del suelo utilizado para fertilizar o enriquecer la tierra como medio de cultivo. Existe una actividad llamada Lombricultura, que trata las condiciones de cría, reproducción y supervivencia de estas lombrices. Incluso existe un mercado para comercializarlas.

### **1.7. EL ALGARROBO (*Prosopis sp.*)**

#### **1.7.1. Antecedentes y distribución.**

**Ferreyra (2007)**, menciona que en relatos escritos por historiadores informan sobre la presencia de algarrobales en la costa piurana, asimismo, señala que de Huarmey a Lima existen algarrobales cuyos troncos sirven para producir carbón vegetal y madera y los frutos para la fabricación de algarrobina.

Según, Cieza de León, citado por **Solano (2006)**, menciona que los algarrobos se encuentran en los valles y llanos de la costa peruana, así como en las quebradas de la sierra. Además indica que en la época incaica fue llamado “toqo”, cuyo fruto lo

utilizaban para preparar harina luego una especie de pan y una mazamorra llamada “yusipin”. Los frutos y raíces eran secados como nosotros secamos los higos y pasas. La madera se empleó en la construcción de casas, tumbas y santuarios. En la cerámica mochica está representada esta especie junto a los venados. El padre Cobo relata que las hojas de algarrobo se acumulaban en el suelo y formaban una mantilla de gran espesor, la cual los indígenas utilizaban para abonar sus campos de cultivo.

### 1.7.2. Taxonomía y botánica

**Ferreira (2007)** y **Aguirre (2004)**, señalan que el algarrobo pertenece a la siguiente clasificación:

REINO	: Vegetal
DIVISION	: Fanerógamas
SUB-DIVISION	: Angiospermas
CLASE	: Dicotiledoneas
ORDEN	: Rosales
FAMILIA	: Mimosoideae
GENERO	: Prosopis
ESPECIE	: P. pallida, P. juliflora. P. chilensis, P. alba

En cuanto al porte, **Díaz (2005)**, señala que es variado, pudiendo llegar hasta 20 m. de altura y 2 m. de diámetro, de hábito arbóreo o arbustivo.

- **Sistema Radicular.**

**Aguirre (2003)**, menciona que el algarrobo presenta raíces laterales que son de dos a tres veces el diámetro de la copa. Desarrollan paralelo a la superficie a una profundidad entre 15 a 25 cm.

- **Tallo.**

**Ferreira (2007)**, indica que es erguido y recto, inclinado o retorcido, raramente es bifurcado. Las ramas pueden o no presentar espinas, cuando están presentes pueden haberse originado por modificaciones de las ramas axilares o son extremos de las ramas delgadas por modificaciones de las estípulas ocurren siempre en pares, en algunas especies se presentan púas originadas por celulosas a lo largo de las ramas.

- **Hojas.**

Son bipinnadas alternas cuando jóvenes sin embargo es común ver en los nódulos de plantas adultas de dos a diez hojas que nacen en ramitas muy cortas semejantes a braquiblastos. Cada hoja tiene de 1-8 pinnas, con una a cincuenta pares de foliolos. En la unión de cada par de pinnas pueden presentarse glándulas cuculiformes, también entre cada par de foliolos (**Díaz, 2005**).

- **Flores.**

Las flores son hermafroditas, pentámeras, simetría regular, pequeñas; cáliz de forma acampanada, los pétalos libres o ligeramente unidos en su base, lineales, totalmente glabros o tener pubescencia en la parte interna del pétalo; androceo de

10 estambres libres, erectos, anteras con una glándula globulosa apical, el polen es liberado como simple grano, pistilo de ovario sesil o estipitado, glabro para las especies de Asia, pubescente para los de África y América. Estilo filiforme que lleva un estigma pequeño y cóncavo (Díaz, 2005).

- **Inflorescencia.**

(Díaz, 2005). menciona que las flores están reunidas en inflorescencia capituliforme, espigas o racimos espiciformes, cilíndricas, pedúnculas o no. Los racimos son amarillos o amarillentos de tamaño variable, desde 6 a 17 cm. de largo.

- **Frutos.**

Díaz (2005), afirma que los frutos corresponden a una legumbre modificada, generalmente en forma, color, tamaño caracteres importantes en la clasificación de especies. Es amarillento cuando está maduro, es también lilacino hasta morado oscuro y submoniliforme como *P. affinis*, o conspicuamente falcado como *P. pallida*, algunos frutos de *P. pallida* alcanzan hasta 30 cm. de largo o más.

- **Semilla.**

Según Díaz (2005), las semillas de pocas o numerosas están dispuestas en sentido longitudinal o transversal a lo largo del fruto de formas ovoides, elípticas, ablongolípicas, más o menos cuadrangulares o a veces, irregulares, duras comprimidas, color castaño claro, más o menos brillantes.

Asimismo, cuando trata sobre germinación de las semillas, señala "... el número de semillas germinadas debe ser superior a 65-70% para ser considerado como semilla forestal de calidad"; en consecuencia, las semillas de algarrobo procedentes de Huanta, fueron de calidad.

### **1.7.3. Requerimientos agros ecológicos.**

Siguiendo los lineamientos del sistema de clasificación de las formaciones vegetales o zonas de vida natural del mundo de R. Holdridge, en el tratado de Joseph A. Tosi (1960), y Mapa ecológico del Perú (ONERN, 1976), el algarrobo está participando en la formación Maleza Desértico Tropical, en terrenos planos y ondulados de la costa norte, suelos normalmente alcalinos con vegetación arbustiva baja, dispersas o en manchones. Maleza Desértica Subtropical correspondiente a la formación Parques Xerofítico, parecido a Sabana de A. Weberbaueri, en cauces secos de quebradas con montes abiertos de especies espinosas y micro folios, o algarrobales de raíces muy profundas que aprovechan el agua almacenada en el subsuelo.

En la formación Bosque Espinoso Subtropical, en Jaén, Bagua, Chinchipe, Utcubamba, Tumbes y Piura, el algarrobo puede formar pequeños bosques en las laderas de montículos o pequeños cerros. La formación Bosque Espinoso Subtropical colinda con el anterior; aquí el algarrobo es más abundante, de preferencia en lugares bajos; esta formación se encuentra en el Valle del Mantaro, Apurímac, norte de Chulucanas a 300 m.s.n.m.

El mejor tratamiento fitogeográfico que ha recibido el algarrobo en el Perú, corresponde al botánico alemán al Dr. Weberbaueri, quien indica como *P. juliflora* en las 47 localidades a lo largo de la costa desde Zarumilla, Tumbes hasta Majes, Arequipa y valles interandinos del Marañón, Mantaro, Apurímac.

#### **1.7.4. Fenología.**

Las especies de *Prosopis* empiezan a florecer usualmente en las postrimerías de las lluvias veraniegas que se inician en enero y terminan en marzo. Las inflorescencias alcanzan su óptimo de floración a fines del verano seguido de la fructificación, naturalmente estas 2 fases son fluctuantes por cuanto se producen ciclos climáticos anormales o cambios bruscos en la bioclimatología debido al fenómeno de el niño, los más conocidos son los de 1925 que produjo 1.500 mm de lluvia uno de los efectos del último fenómeno diluvial, fue el desprendimiento de las flores y frutos de los algarrobos, quedando estos limpios, de color verde intenso pero totalmente estériles

#### **1.7.5. Clima.**

El algarrobo que crece en las zonas de los cítricos, olivo, palmera datilera, en invierno no puede soportar temperaturas inferiores a 5° C, pero en verano tolera más de 45° C, la suma de calorías para el ciclo productivo anual, es un factor ecológico determinante en la variación del tiempo en los ciclos de floración y fructificación. El calor no es un factor influyente en el crecimiento del algarrobo, sin embargo, en épocas de mucho calor y sequía, recomiendan remoción del suelo y evitar podas, para aumentar la humedad del suelo y equilibrar la evaporación.

El algarrobo es afectado por cambios bruscos de temperatura, requiere clima templado con tendencia a cálida, le afectan las bajas temperaturas, nieblas, humedad y sequías extremas, el frío es el más perjudicial. Temperaturas por debajo de 5° C provocan paralización de la savia.

El algarrobo para una buena fructificación necesita una temperatura media entre 20.5 y 29° C. y humedad relativa de 76.83%.

El algarrobo como árbol de estepas no necesita de protección, prospera bien en pleno sol desde la germinación, compitiendo airesamente con pastos y arbustos. Las ramas inferiores de una planta de algarrobo, no soportan la sombra de las superiores y para tener luz tienden alargarse latentemente, originando la copa aparasolada, la ramas inferiores que no reciben buena luz mueren, a éstos se les llama “desrame natural”, sino se las corta permanece por varios años, con las heladas de otoño los algarrobos pierden sus hojas (Pimentel, 2007).

#### **1.7.6. Suelo.**

El Prosopis por lo general ha sido estudiado en comunidades naturales, por ello, ha recibido poca atención, o casi ninguna, con respecto a nutrientes naturales. El algarrobo es poco exigente en la calidad de suelos, lo que han determinado no aplicar ningún tipo de abono; pero cuando se aplica fertilizantes las plantas responden bien con mayor crecimiento, mejor conformación de vástagos, mayores rendimientos de frutos, mejor resistencia a plagas y enfermedades, una excesiva aplicación de nitrógeno favorece el ataque de insectos y ácaros.

### 1.7.7. Propagación

La propagación del algarrobo es por semilla que se hallan bien protegidas por el caroso, endocarpio del fruto de consistencia dura. Las semillas generalmente brillosas, presentan un extremo a menudo aguzado, donde se hallan el hilio, funículo, micrópilo y el rafe; al otro extremos se encuentra la chalaza obtusa y ancha, a veces truncada; la cubierta formada por la testa y el tegumento; al interior el endosperma, generalmente duro, musilaginoso, córneo o vítreo, rodeando los cotiledones que pueden ser planos, convexos, redondeados o elípticos, amarillos y de germinación epígea.

Respecto al tratamiento de la semilla, **Hartman (1972)**, comenta que en los frutos indehiscentes con endocarpio coriáceo, hay la necesidad de realizar tratamientos pre germinativos, para facilitar la penetración del agua y del intercambio gaseoso que es fundamental para romper con la latencia de esta clase de semillas.

Existen muchos tratamientos, entre ellos podemos citar lo siguiente:

- Tratamiento mecánico.- La escarificación puede hacerse con una lija o haciendo uso de una trilladora.
- Tratamiento con agua.- Experimentos realizados en Brasil, con semillas sumergidas en agua fría por 6 horas, se encontró que germinan rápidamente. Utilizando el agua hirviendo por un tiempo prudencial para que no afecte al embrión, se puede sembrar después de 24 horas, aunque no es un método apropiado para todas las especies de *Prosopis*.

- **Tratamiento Químico.-** Uso de alcohol etílico absoluto, por un tiempo de inmersión de 12 horas. También se puede utilizar el ácido sulfúrico (98%) por un tiempo de 15 a 30 minutos, para eliminar la latencia de las semillas, las vainas rotas se sumergen en ácido sulfúrico concentrado de calidad comercial, durante 15 a 20 minutos, enseguida se lava con agua fría, las semillas germinan en 4 – 6 días con un poder germinativo de 80-90%.

**Germinación.-** Toda semilla para iniciar el proceso de germinación, requiere de tres condiciones externas favorables: agua, temperatura adecuada y oxígeno. Para que el agua penetre en el embrión es necesario que el tegumento o cubierta de la semilla sea permeable a dicho líquido, en *Prosopis* parecería que no se ha experimentado este factor.

Al penetrar el agua en la semilla ésta se hincha y rompe la cubierta. El factor oxígeno al inicio de la germinación es sustituido por una respiración anaerobia. Luego se inicia la normal respiración aeróbica. La temperatura adecuada para las semillas de algarrobo tampoco se conoce con precisión, se estima en 30° C durante el día y 20 para la noche. Una forma común de romper la latencia de las semillas de algarrobo, es a través del tracto digestivo del ganado caprino, vacuno u ovino, ellos comen las vainas enteras, después de pasar por el sistema digestivo, las semillas son eliminadas en las fecas, bajo este proceso la germinación es rápida y en altos porcentajes. La obtención de plantones consiste en hacer germinar las semillas en camas almacigueras y después trasplantar a bolsas, este sistema favorece el buen crecimiento radicular, encuentra mayor espacio y no hay

competencia de nutrientes y humedad, el repique inmediatamente después de la germinación para evitar trasplantes con la raíz principal desarrollada. La tierra de las bolsas debe tener una mezcla de 2/3 de tierra de chacra común más 1/3 de estiércol; los riegos hasta 3 cm. de altura de las plantitas, el trasplante a suelo definitivo se da después de 6 meses del repicado.

#### **1.7.8. Usos.**

- Como madera.- La planta de algarrobo tiene múltiples usos en la vida del hombre. Toma cada día mayor importancia la madera debido a su dureza, puede usarse en la construcción de muebles.
- Como Leña.- Es el uso más común y fácil del tronco del algarrobo para cocinar los alimentos, actualmente se utiliza como combustibles en el área rural, preferentemente como leña. Se usa 219 410 m<sup>3</sup> equivalente a 997 318 cargas por año.
- Como carbón.- Tiene un proceso particular. En Lima se consumió 1200-1500 TM en pollerías y restaurantes.
- Como Vigas en Construcciones.- Antiguamente se utilizaron en construcción de casas, tumbas, santuarios, puentes, iglesias por tener madera muy dura.
- Las hojas se utilizan como forraje tanto secas como verdes, especialmente en época de sequía.
- Las flores participan en la apicultura produciendo miel, polen y néctar de alta calidad

- Los frutos se utilizan en la alimentación humana y animal debido a su valor nutritivo.
- Como Algarrobina.- Las vainas se muelen, se hierven por espacio de 15 minutos, al evaporarse el líquido, se obtiene la algarrobina que es un fortificante, además de sabroso, saludable, estomacal y afrodisíaco.

**Fernández y Pardos (1996)**, señalan que el hecho de plantar una planta de calidad hace que ésta sobreviva mejor y se establezca lo suficientemente rápido como para mostrar un buen crecimiento en altura durante el mismo año de la plantación, y por lo tanto será más capaz de desarrollar todo su potencial genético. La calidad de planta comprende los caracteres fisiológicos y estructurales que pueden estar cuantitativamente ligados al éxito de la repoblación. En los últimos 30 años, los técnicos de campo, se han dado cuenta que el diámetro del tallo y la altura de la planta no son los únicos factores que afectan al desarrollo de las plantas en el campo y que es la interacción de numerosos factores que, actuando juntos, producen la respuesta deseada en el campo.

## **CAPITULO II**

### **MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **2.1. UBICACIÓN**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Núcleo de Investigación Piloto de la Universidad de Huamanga (NIPUH) de la Facultad de Ciencias Agraria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Ayacucho a 2 760 m.s.n.m. cuyas coordenadas son 13°09'56" Latitud Sur y 74°13'40.2" Longitud oeste.

#### **2.2. MATERIALES**

- Arroz cocido y melaza
- Tela nylon
- Roca fosfórica.
- Guano de la Isla
- Semillas de algarrobo

### 2.3. DISEÑO METODOLOGICO

**Cuadro No. 2.1. Niveles de Guano de Isla (GI) y Roca Fosfórica (RF)**

No	Xi Codificado	Nivel de GI y RF (ppm)		GI y RF en g/bolsa	
		GI	RF	GI	RF
1	-2	0	0	0	0
2	-1	500	500	0.5	0.5
3	0	1000	1000	1.0	1.0
4	1	1500	1500	1.5	1.5
5	2	2000	2000	2.0	2.0

El diseño de tratamiento fue el “Diseño 03 de Julio” para dos factores; los niveles empleados en cada factor se indican en el cuadro No. 2.1.

**Cuadro No. 2.2. Estructura de Tratamientos en el D3J, para 2 Factores**

Tratamiento	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Guano de Isla		Roca Fosfórica	
			(ppm)	g/bolsa	(ppm)	g/bolsa
1	-2	-2	0	0	0	0
2	2	-2	2000	2.0	0	0
3	-2	2	0	0	2000	2.0
4	2	2	2000	2.0	2000	2.0
5	-2	0	0	0	1000	1.0
6	-1	0	500	0-5	1000	1.0
7	1	0	1500	1.5	1000	1.5
8	2	0	2000	2.0	1000	1.0
9	0	-2	1000	1.0	0	0
10	0	-1	1000	1.0	500	0.5
11	0	1	1000	1.0	1500	1.5
12	0	2	1000	1.0	2000	2.0
13	0	0	1000	1.0	1000	1.0

\*bolsa=1 kg de sustrato.

La estructura de los tratamientos, de acuerdo al D3J se indica en el cuadro No.

2.2.

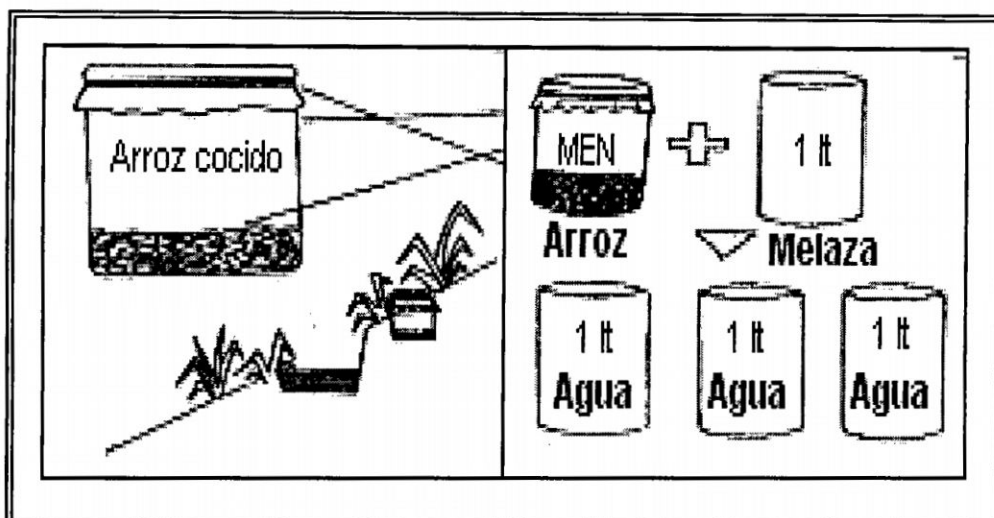
Los tratamientos se distribuyeron en diseño completamente al azar (DCA). Cada tratamiento tuvo tres repeticiones, de manera que el experimento contó con 39 unidades experimentales por tipo de sustrato (13 unidades por repetición). Con los resultados de las variables evaluadas, se realizaron los análisis de variancia y análisis de regresión correspondientes, utilizando la metodología descrita por Tineo (2006).

#### **2.4. INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO.**

##### **Solución Natural con Microorganismos Eficaces (ME).**

Para contar con la solución natural con ME, se procedió con su captura, bajo una técnica sencilla, que consistió en colocar frascos con arroz cocido, cubierto con un pedazo de tela nylon, en una compostera del área de suelos, durante 2 semanas. Luego de este período se extrajo el arroz impregnado de microorganismos, el cual se licuó y se mezcló con 1 litro de melaza y 3 litros de agua, sometiéndose a una fermentación anaeróbica durante una semana, obteniéndose así la solución madre de Microorganismos Eficaces (ME) ( Figura 2.1), (Suquilanda 2001).

Una vez obtenida la solución madre de ME, se procedió a incubar la Roca Fosfórica (RF) y el Guano de Isla (GI) en envases durante 20 días. Renovándose la solución madre cada 5 días, para posibilitar una incubación uniforme y eficaz; luego, se procedió al secado al ambiente y bajo sombra, para su posterior aplicación a las bolsas con los dos tipos de sustrato (ácido y alcalino).



**Figura 2.1: Proceso de captura y preparación de la solución madre de ME.**

La preparación del sustrato ácido consistió en mezclar tierra agrícola (40%), tierra negra (40%) y arena (20%) y el sustrato alcalino fue compuesto por tierra agrícola (40%), compost (40%) y arena (20%). A estos sustratos se añadieron la mezcla de RF y GI de acuerdo a la estructura de tratamientos (cuadro 2.2.); además se adicionó la solución previamente preparada de N y K en líquido (10 g de urea y 7.5 g de KCl en 1200 ml de agua) con la finalidad de proporcionar N y K a los sustratos.

En el cuadro 2.3. se observa la acción de los ME en la solubilización del GI. Nótese el menor % de  $P_2O_5$  y %  $K_2O$  sin tratar (2.76 % de  $P_2O_5$  y 1.43 %  $K_2O$ ), mientras que el GI tratada en solución de ME durante 20 días, posee 13.50 % de  $P_2O_5$  y 5.53 % de  $K_2O$ . En el caso de % de nitrógeno total, no se observa incremento significativo debido a que ésta representa al total de nitrógeno en el GI o sea lo disponible y lo no disponible. Estos resultados son

las mejores evidencias que permite afirmar que la solución de ME tiene un efecto solubilizante en el GI.

**Cuadro No. 2.3. Análisis Químico del Guano de Isla Incubados en Solución de ME**

<b>Grado de solubilización del Guano de Isla por acción de los EM</b>					
<b>Días de incubación</b>	<b>pH</b>	<b>%M.O</b>	<b>%N.T.</b>	<b>%P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>	<b>% K<sub>2</sub>O</b>
0 días	5.81	10.02	10.76	2.76	1.43
20 días	8.11	14.58	9.97	13.50	5.53

**Plantones de algarrobo:** Se utilizaron semillas de algarrobo de la ciudad de Huanta, seleccionadas y tratadas con fungicida, previa a la siembra.

## **2.5. CRITERIOS DE EVALUACIÓN**

Los parámetros a evaluar serán los siguientes:

- a. Porcentaje de germinación-emergencia (desde los 7 hasta los 30 días, cada 2 días).
- b. Altura de planta (desde el cuello hasta el ápice superior), cada 30 días después del repique hasta el final del ensayo.
- c. Peso seco del tallo al final del experimento.
- d. Longitud y peso seco de la raíz en estufa a 65°C, al final del experimento.
- e. Lignificación, 60 días antes del final del experimento
- f. Sanidad (durante todo el periodo).

**Cuadro No. 2.4. Características de los Sustratos del Experimento**

COMPONENTE		METODO	CONTENIDO	
			SUSTRAT. 1	SUSTRAT. 2
<b>Químico</b>	M.O (%)	Wakley y Black	11.7	1.39
	N total (%)	Semi micro-Kjeldahl	0.58	0.07
	P disp. (ppm)	Bray Kurtz	9.8	9.9
	K disp. (ppm)	Turbimetría	172.9	320.6
	pH	Potenciómetro	5.05	9.05
	CaCO3 (%)	Volumetría	--	3.5
<b>Físico</b>	Arena	Hidrómetro de Bouyucos	62.2	57.7
	Limo	Hidrómetro de Bouyucos	19.9	20.9
	Arcilla	Hidrómetro de Bouyucos	17.9	21.4

### CAPITULO III

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1. DE LA GERMINACIÓN - EMERGENCIA

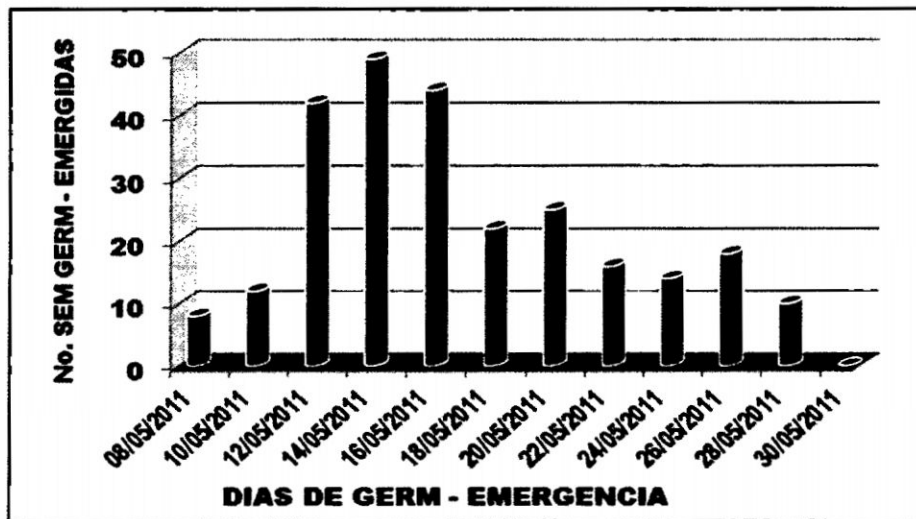


Gráfico No. 3. 1. Número de Plántulas emergidas de Algarrobo a los 08 días de siembra

SUSTRATO ACIDO

ALTURA DE PLANTONES			DIAMETRO DE TALLO			PESO SECO RAIZ			PESO SECO TALLO			LONGITUD RAIZ		
TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN	TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN	TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN	TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN	TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN
4	37.33	a	13	8.67	a	11	3.9	a	13	4.33	a	4	44.67	a
8	35.33	b	4	8.67	a	4	3.9	a	4	4.07	ab	8	42	ab
13	34	bc	11	8.33	a	13	3.83	a	7	3.97	bc	11	40.67	bc
12	33.67	cd	7	8.33	a	8	3.8	a	8	3.97	bc	13	39.33	bcd
7	33.33	cd	12	8	ab	12	3.77	a	12	3.97	bc	12	39.33	bcd
11	33	cde	10	7.67	abc	7	3.73	a	11	3.93	bc	6	37.33	cd
3	32.33	cdef	6	7.33	abcd	10	3.47	b	10	3.73	bcd	9	36.67	d
2	32	def	2	7.33	abcd	9	3.4	bc	6	3.67	cd	3	36.33	d
5	31.33	ef	8	7.33	abcd	3	3.33	bcd	3	3.63	cd	10	36	d
6	30.67	fg	9	6.67	bcd	5	3.23	cd	9	3.6	d	7	35.67	d
10	29.67	gh	5	6.33	cd	1	3.2	cd	1	3.27	e	2	32	e
9	28.33	h	3	6	d	6	3.17	d	2	3.17	e	5	31.67	e
1	24.33	i	1	4.67	e	2	3.13	d	5	3.1	e	1	30	e

SUSTRATO ALCALINO

ALTURA DE PLANTONES			DIAMETRO DE TALLO			PESO SECO RAIZ			PESO SECO TALLO			LONGITUD RAIZ		
TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN	TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN	TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN	TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN	TRAT.	PROMEDIO	DUNCAN
4	40	a	13	8.67	a	4	4.27	a	12	4.23	a	13	53.67	a
11	39.33	ab	4	8.67	a	11	4.1	a	11	4.13	ab	11	53	a
8	38	bc	11	8.33	a	13	4.1	a	7	4.1	ab	8	52.33	a
12	37.67	bc	12	8.33	a	12	4.07	a	8	4.07	ab	12	52	a
13	37.33	c	7	8.33	a	8	4	ab	13	4.07	ab	4	51.67	a
10	36.33	cd	2	7.67	ab	7	3.93	abc	4	4	abc	7	51.33	a
3	34.67	de	6	7.67	ab	9	3.63	bcd	2	3.77	bcd	3	46.67	b
7	34	e	9	7.33	ab	2	3.6	bcd	9	3.73	bcd	10	44	bc
5	33	ef	10	7.33	ab	10	3.57	cd	5	3.63	cd	9	42.33	bc
2	33	ef	8	7.33	ab	5	3.53	cd	10	3.57	de	6	40	c
9	31.33	fg	5	6.67	b	3	3.47	de	6	3.47	de	5	40	c
6	29.67	g	3	6.67	b	6	3.43	de	3	3.43	de	2	40	c
1	24.33	h	1	5	c	1	3.1	e	1	3.23	e	1	39	c

Cuadro No. 3.1. Prueba de Duncan para Altura de planta, Diámetro de tallo, Peso de tallo, Peso Seco raiz y Longitud de raíz de plantones de Algarrobo.

En el gráfico No. 3.1, se presenta los resultados de la germinación-emergencia de las semillas de algarrobo a partir de ocho días de la siembra que se realizó el 1 de mayo de 2011. Se almacenó 300 semillas, de las cuales emergieron 261 semillas (87.0%), perdiéndose 39 semillas, posiblemente por pudrición o mala formación de la semilla. Este valor es alto desde el punto de vista forestal, tal como menciona **Díaz (2005)**, el número de semillas germinadas debe ser superior a 65-70% para ser considerado como semilla forestal de calidad.” Asimismo, es necesario señalar que entre los 12 y 16 días del almacenado ocurre la mayor cantidad de germinación-emergencia (135 semillas) lo que significa que la energía germinativa (51.7 %) de este lote de semillas se manifiesta entre los 12 y 16 días de almacenado, respecto al total de semillas emergidas. Esta cifra tiene mucha importancia en el calendario de actividades forestales, pues, ayuda la planificación.

### **3.2. ALTURA DE PLANTONES EN SUSTRATO ÁCIDO**

En el gráfico No. 3.2., se muestran la altura promedio de plantones de algarrobo a los 180 días de haber realizado el repique. Se puede apreciar que la altura varía desde 24.3 cm que corresponde al testigo hasta 37.3 cm que corresponde al tratamiento 4 (2000 ppm de Guano de Isla (GI) y 2000 ppm de Roca Fosfórica (RF) incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días.

En el cuadro No. 1. (anexo) se muestra el ANVA de la altura de plantones de algarrobo, donde podemos notar que se ha encontrado alta significación

estadística para los tratamientos, lo que significa que existen diferencias entre los promedios de altura de plantones en función a los niveles de GI y RF.

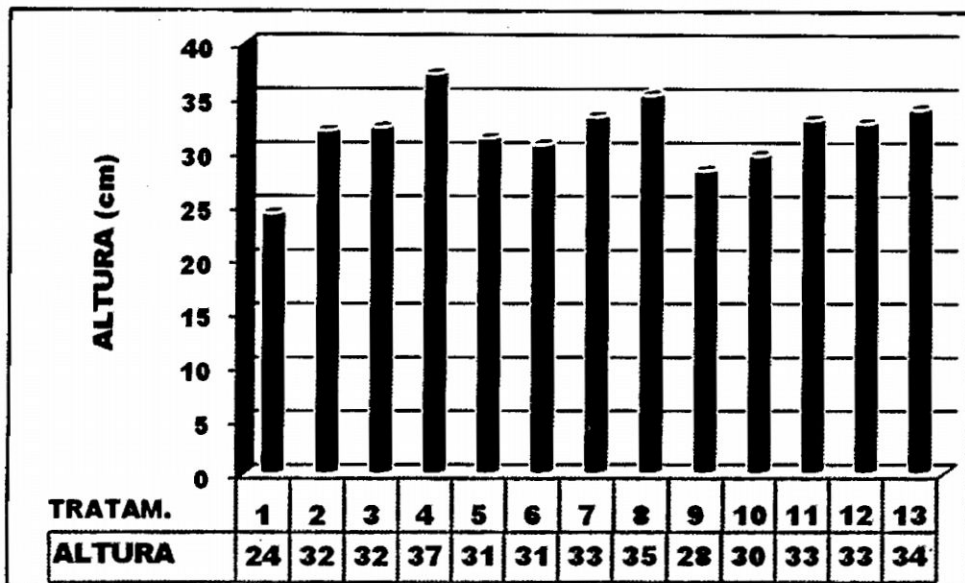


Gráfico No. 3.2. Altura de Plantones de Algarrobo en Sustrato Ácido

Para conocer entre cuáles de ellos, se ha realizado la prueba de contraste de Duncan (cuadro 3.1.), en cuyos resultados se observa que el tratamiento 4 ((2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF incubados en solución de microorganismos eficientes por 20 días) es altamente significativo respecto a los otros tratamientos, seguido por el tratamiento 8 (2000 ppm de GI y 1000 ppm de RF) que también es superior estadísticamente a los demás tratamientos, sin embargo, no difiere con el tratamiento 13 (1000 ppm tanto de GI y RF). En el último lugar se encuentra el testigo con sólo 24.3 cm de altura.

La mayor altura de plantas en sustrato ácido se alcanzó con el tratamiento 4, compuesto por 2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF, es decir, el máximo nivel. En consecuencia, existe una relación directa entre altura y disponibilidad de

nutrientes para la planta. Además, es necesario mencionar que los abonos fueron incubados en la solución de microorganismos eficaces posibilitando una mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas.

A propósito de los microorganismos eficaces (ME), la **FAO (2007)**, menciona que los ME 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.

Además, respecto a la disponibilidad del abono, el **MINISTERIO DE AGRICULTURA (2011)**, señala que al abonar con Guano de Islas (GI), en promedio el 35% de nitrógeno, fósforo y demás nutrientes presentes, están disponibles para ser absorbidos por las raíces de las plantas en forma inmediata mientras que la forma orgánica continúa en el suelo su mineralización, aportando nutrientes gradualmente durante el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo. Por ello, supera ampliamente a la mayoría de abonos naturales que existen en el mundo.

**Cuadro No. 3.2. ANVA de Regresión para Altura de Plantones de Algarrobo (Sustrato Ácido)**

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr>F
<b>Modelo</b>	5	367.064	73.413	56.56	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub></b>	1	149.538	149.538	115.21	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>2</sub></b>	1	190.821	190.821	147.01	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	1	4.676	4.676	3.60	0.0666
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	1	20.328	20.328	15.66	<b>0.0004 **</b>
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	1	5.33	5.33	4.11	0.0508 NS
<b>Error</b>	33	42.834	1.298		
<b>TOTAL</b>	38	409.897			

C.V.= 3.57%

En el cuadro No.3.2. se presenta el ANVA de regresión para altura de plantones de algarrobo, donde se observa respuesta altamente significativa para el término lineal de GI, así como respuesta altamente significativa para los términos lineal y cuadrático de RF.

De acuerdo al cuadro 3.3. el modelo polinomial codificado, sería:

$$Y = 32.363 + 1.385X_1 + 1.564X_2 + 0.191X_1^2 - 0.398X_2^2 - 0.167X_1X_2$$

A partir de este modelo, se elaboró el gráfico 3.4, que muestra la superficie de respuesta para el efecto de GI y RF.

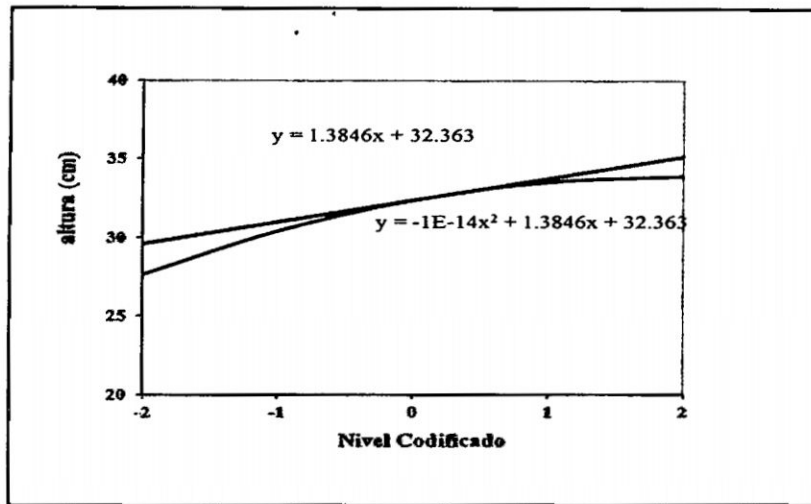
**Cuadro No. 3.3. Coeficientes del Modelo Polinomial de Altura de Plantones de Algarrobo (Sustrato Ácido)**

Parámetro	Estimación	T para Ho Parámetro=0	Pr >  T	Std Error de Estimación
INTERSEC	32.3625	106.14	0.0001 **	0.3049
X <sub>1</sub>	1.3846	10.73	0.0001 **	0.1290
X <sub>2</sub>	1.5641	12.12	0.0001 **	0.1290
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	0.1907	1.90	0.0665	0.1004
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.3976	-3.96	0.0004 **	0.1004
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-0.1667	-2.03	0.0508 NS	0.0822

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor, en forma independiente, se tendría los modelos codificados siguientes (gráfico 3.3):

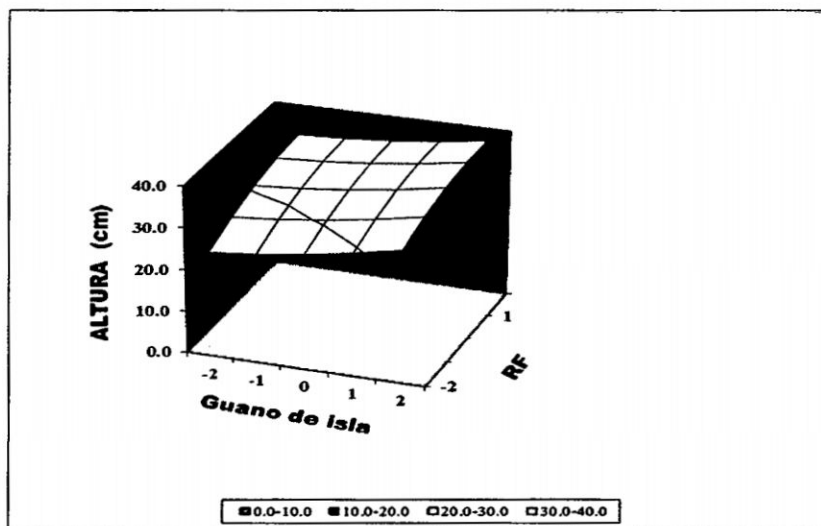
$$Y = 32.363 + 1.385X_1 \quad (1)$$

$$Y = 32.363 + 1.564X_2 - 0.398X_2^2 \quad (2)$$



**Gráfico No. 3.3. Influencia de los niveles de roca fosfórica y guano de isla en la altura de plantones de algarrobo**

Para determinar el nivel de RF que maximiza la altura del plantón de algarrobo en sustrato ácido se ha realizado diferentes cálculos que se muestran en anexos y se obtuvo que el nivel óptimo de RF es 1980 ppm.



**Gráfico No. 3.4. Superficie de Respuesta de Altura de Plantones de Algarrobo en Sustrato Ácido**

### 3.3. ALTURA DE PLANTAS DE ALGARROBO EN SUSTRATO ALCALINO

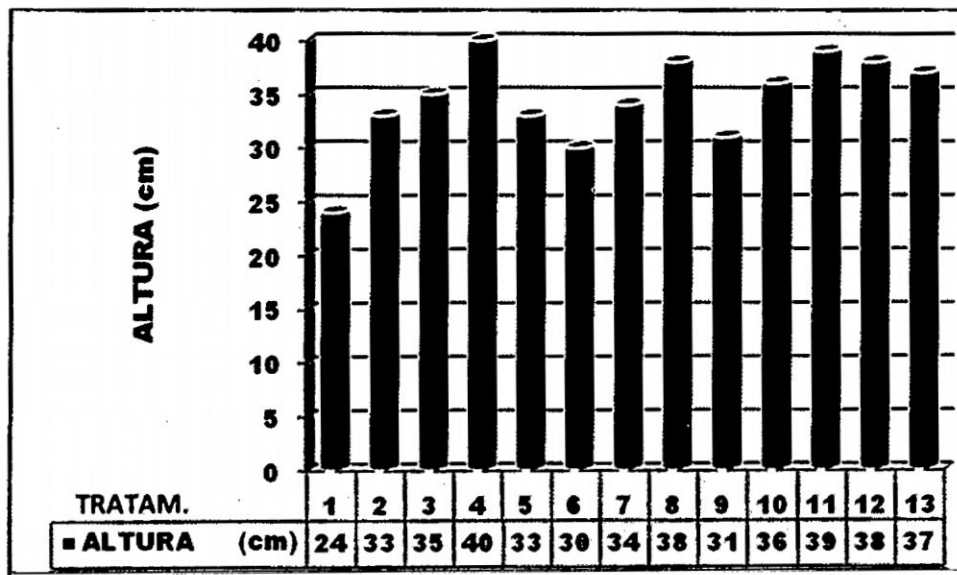


Gráfico No. 3.5. Altura de Plantones de Algarrobo en Sustrato Alcalino

En el gráfico No. 3.5., se muestra la altura promedio de plantones de algarrobo a los 180 días de haber realizado el repique. Se puede apreciar que la altura varía dese 24.3 cm que corresponde al tratamiento 1 (testigo) hasta 40 cm del tratamiento 4 (2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días).

En el cuadro No. 2 (anexo). se muestra el ANVA de la altura de plantones de algarrobo, donde podemos notar que se ha encontrado alta significación estadística para bloques y los tratamientos, lo que significa que existen diferencias entre las alturas de plantones en función a los niveles de GI y RF, así como entre bloques. Y para conocer entre cuáles de ellos, se realizó la prueba de contraste de Duncan, cuyos resultados se muestran en el cuadro 3.1., donde se observa que el tratamiento 4 (2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF incubados en

solución de microorganismos eficaces por 20 días) es altamente significativo respecto a los otros tratamientos, seguido por el tratamiento 11 (1000 ppm de GI y 1500 ppm de RF) que también es superior estadísticamente a los demás tratamientos, sin embargo, no difiere con el tratamiento 8 (2000 ppm tanto de GI y 1000 ppm de RF) ni con el tratamiento 12 (1000 ppm de GI y 2000 ppm de RF).

En el último lugar se encuentra el tratamiento testigo con sólo 24.33 cm de altura siendo superado estadísticamente por los otros tratamientos en estudio.

La mayor altura de plantas en suelo alcalino se alcanzó con el tratamiento 4, compuesto por 2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF, es decir, el máximo nivel; demostrando una vez más que, la presencia de GI y RF influyen en el crecimiento de la planta de algarrobo y más aún, si fueron tratados con los microorganismos eficaces, permitiendo una mayor solubilidad y por ende una mayor disponibilidad de nutrientes para la planta.

**Cuadro No. 3.4. ANVA de Regresión para Altura de Plantones de Algarrobo**

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr>F
<b>Modelo</b>	5	548.1533	109.6307	19.92	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub></b>	1	206.7820	206.7820	37.58	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>2</sub></b>	1	292.3205	292.3205	53.12	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	1	20.3623	20.3623	3.70	<b>0.0631</b>
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	1	10.1014	10.1014	1.84	0.1847 NS
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	1	8.3333	8.3333	1.51	0.2272 NS
<b>Error</b>	33	181.5903	5.5027		
<b>TOTAL</b>	38	729.7436			

C.V.= 6.79 %

En el cuadro No.3.4. se presenta el ANVA de regresión para altura de plantones de algarrobo, donde se observa respuesta altamente significativa para los términos lineales de GI y RF.

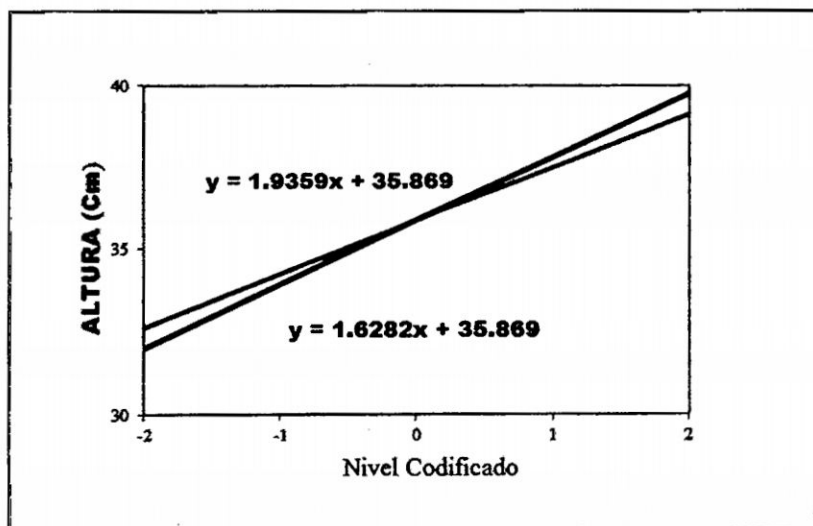
**Cuadro No. 3.5. Coeficientes del Modelo Polinomial de Altura de Plantones de Algarrobo**

Parámetro	Estimación	T para Ho Parámetro=0	Pr >  T	Std Error de Estimación
INTERCEPC.	35.8691	57.14	0.0001 **	0.6277
X <sub>1</sub>	1.6282	6.13	0.0001 **	0.2656
X <sub>2</sub>	1.9358	7.29	0.0001 **	0.2656
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.3979	-1.92	0.0631 NS	0.2068
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.2803	-1.35	0.1847 NS	0.2068
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	-0.2083	-1.23	0.2272 NS	0.1693

De acuerdo al cuadro 3.5. el modelo polinomial codificado, sería:

$$Y = 35.870 + 1.628X_1 + 1.936X_2 + 0.398X_1^2 + 0.280X_2^2 + 0.208X_1X_2$$

A partir de este modelo, se elaboró el gráfico 3.7, que muestra la superficie de respuesta para el efecto de GI y RF.

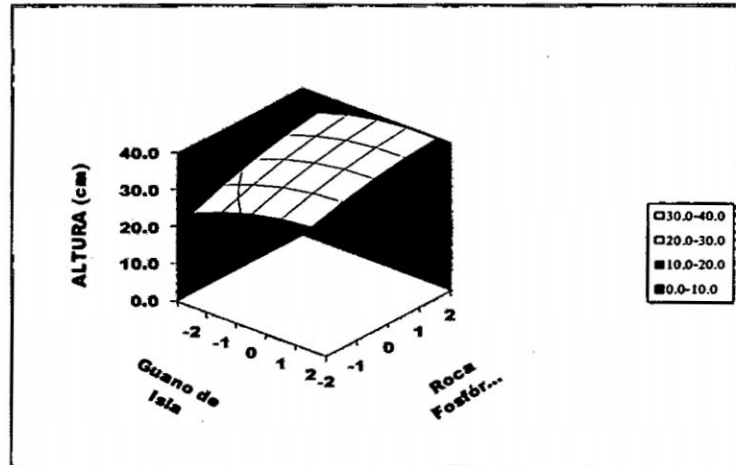


**Gráfico No. 3.6. Influencia de los Niveles de Roca Fosfórica y Guano de Isla en la Altura de Plantones de Algarrobo**

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor, en forma independiente, se tendría los modelos codificados siguientes (gráfico 3.6):

$$Y=35.870+1.628X_1 \quad (1)$$

$$Y=35.870+1.936X_2 \quad (2)$$



**Gráfico No. 3.7. Superficie de Respuesta de la Altura de Plantones de Algarrobo (Sustrato Alcalino)**

### 3.4. PESO SECO DE LA RAIZ EN SUSTRATO ÁCIDO.

En el gráfico No. 3.8., se muestran el peso seco promedio de tallo de plantones de algarrobo a los 180 días de haber realizado el repique. Se puede apreciar que el peso seco de la raíz varía desde 3.20 g que corresponde al tratamiento 1 (testigo) hasta 3.90 g que corresponde a los tratamientos 4 (2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF) y 11 (1000 ppm de GI y 1500 ppm de RF), incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días).

En el cuadro No. 5 (anexo) se muestra el ANVA del peso seco de la raíz de algarrobo, donde se ha encontrado alta significación estadística para tratamientos más no así para bloques, lo que significa que existen diferencias

entre los promedios de peso seco de raíz de plantones de algarrobo en sustrato ácido en función a los niveles de GI y RF.

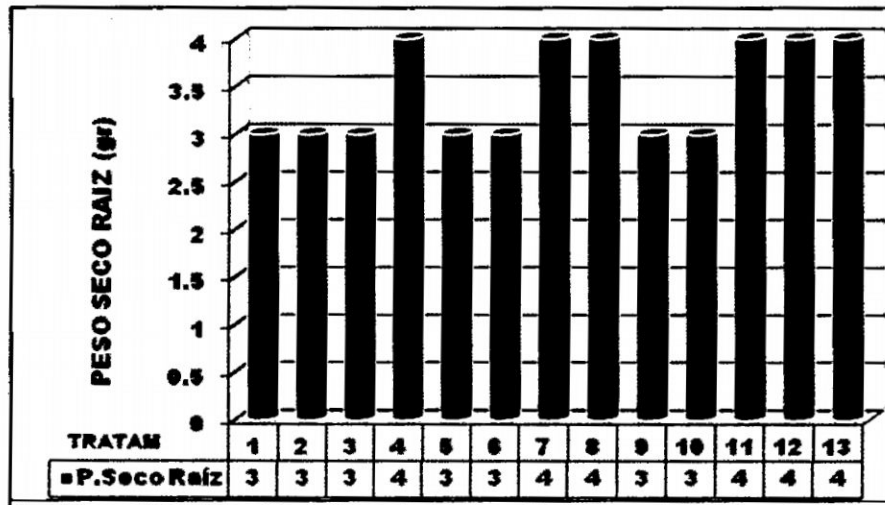


Gráfico No. 3.8. Peso Seco de Raíz de Algarrobo en Sustrato Ácido

Para conocer entre cuáles de ellos, se ha realizado la prueba de contraste de Duncan (cuadro 3.1), en cuyos resultados se observan que los tratamientos 11, 4, 13, 8, 12 y 7 no difieren estadísticamente entre ellos, pero sí, son estadísticamente superiores a los tratamientos Nos. 10, 9, 3, 5, 1, 6 y 2, los cuales tampoco difieren estadísticamente, entre sí.

Los valores obtenidos para el peso de raíz se deberían a los abonos en estudio, pero también a la incubación de los mismos en microorganismos eficaces, ya que, de acuerdo a bibliografía, señalan que el GI es disponible para la nutrición de la planta, mejor aún, si se incuba en solución de microorganismos benéficos.

Los valores obtenidos, significan que tanto la RF como el GI incubadas o no, de todas maneras, influyen en el peso seco de la raíz, concordando con la bibliografía en el sentido que el fósforo tiene mucha relación con el crecimiento y sanidad de la planta, especialmente con la raíz; tal como señala la FAO (2007) "...

a nivel de planta completa, el fósforo es uno de los macro nutrientes esencial más importantes: induce la formación de un activo y potente sistema radicular, favorece la floración e influye marcadamente en la cantidad, peso y calidad de los frutos y semillas. Los cultivos resultan más resistentes a las plagas, enfermedades y responden mejor a los efectos negativos del granizo, heladas, vientos, alta temperatura y otros factores estresantes para la planta”.

En el cuadro No.3.6. se presenta el ANVA de regresión para altura de plántones de algarrobo, donde se observa respuesta altamente significativa para el término lineal y significativamente para el término cuadrático de guano de isla, así como respuesta altamente significativa para el término lineal de RF.

**Cuadro No. 3.6. ANVA de Regresión para Peso Seco de Raíz de Plántones de Algarrobo**

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr>F
<b>Modelo</b>	5	2.5883	0.5177	17.60	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub></b>	1	0.8412	0.8412	28.60	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>2</sub></b>	1	1.0155	1.0155	34.52	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	1	0.2968	0.2968	10.09	<b>0.0032 *</b>
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	1	0.0446	0.0446	1.52	0.2268 NS
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	1	0.3008	0.3008	10.23	0.0030 NS
<b>Error</b>	33	0.9707	0.0294		
<b>TOTAL</b>	38	3.5590			

C.V.= 4.86 %

Respecto al análisis de variancia de la regresión para las diferentes variables en estudio se observa respuesta altamente significativa para los términos lineal y cuadrático de GI, así como una respuesta altamente significativa para el término lineal de RF.

**Cuadro No. 3.7. Coeficientes del Modelo Polinomial de Peso Seco de Raíz de Plantones de Algarrobo**

Parámetro	Estimación	T para Ho Parámetro=0	Pr >  T	Std Error de Estimación
INTERCEPC.	3.6615	79.78	0.0001 **	0.0459
X <sub>1</sub>	0.1038	5.35	0.0001 **	0.0194
X <sub>2</sub>	0.1141	5.88	0.0001 **	0.0194
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.0480	-3.18	0.0032 *	0.0151
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.0186	-1.23	0.2268 NS	0.0151
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.0396	3.20	0.0030 NS	0.0123

De acuerdo al cuadro 3.7. el modelo polinomial codificado, sería:

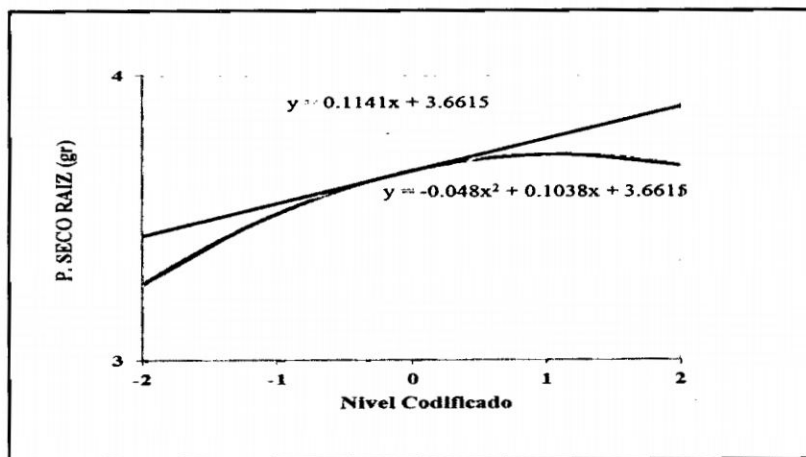
$$Y = 3.662 + 0.104X_1 + 0.114X_2 - 0.048X_1^2 - 0.019X_2^2 + 0.039X_1X_2$$

A partir de este modelo, se elaboró el gráfico 3.10, que muestra la superficie de respuesta para el efecto de GI y RF.

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor, en forma independiente, se tendría los modelos codificados siguientes (gráfico 3.9):

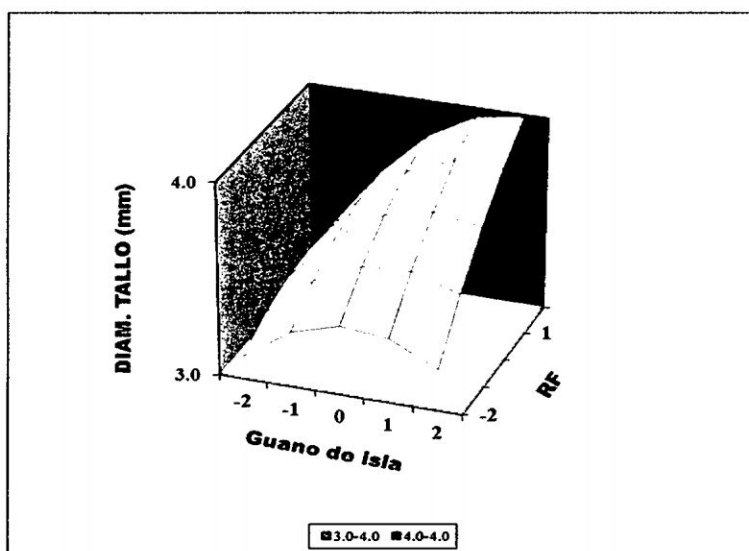
$$Y = 3.662 + 0.104X_1 - 0.048X_1^2 \quad (1)$$

$$Y = 3.662 + 0.114X_2 \quad (2)$$



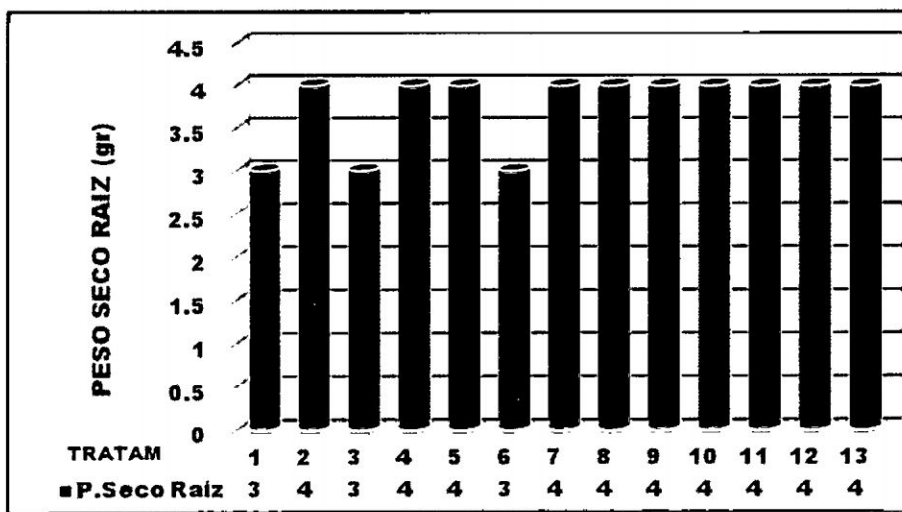
**Gráfico No. 3.9. Influencia de los Niveles de Roca Fosfórica y Guano de Isla en el Peso Seco de la Raíz de Plantones de Algarrobo en Sustrato Ácido**

Para determinar el nivel de GI que maximiza el peso seco de la raíz de algarrobo en sustrato ácido, se realizó diversos cálculos (ver anexo), obteniéndose el nivel de **1542 ppm**.



**Gráfico No. 3.10. Superficie de Respuesta del Peso Seco de Raíz de Plantones de Algarrobo**

### 3.5. PESO SECO DE LA RAIZ EN SUSTRATO ALCALINO



**Gráfico No.3.11. Peso Seco de la Raíz de Plantones de Algarrobo en Sustrato Alcalino**

En el gráfico No. 3.11, se muestra el peso seco promedio de la raíz de plántones de algarrobo a los 180 días de haber realizado el repique. Se puede apreciar que el peso seco varía desde 3.10 g que corresponde al tratamiento 1 (testigo) hasta 4.27 g del tratamiento 4 (2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días).

En el cuadro No. 6 (anexo) se muestra el ANVA del peso seco de tallo de algarrobo, se nota alta significación estadística para tratamientos, lo que significa que existen diferencias entre los promedios de peso seco de la raíz de plántones de algarrobo en sustrato alcalino, en función a los niveles de GI y RF.

Para conocer la diferencia entre los tratamientos, se ha realizado la prueba de contraste de Duncan (cuadro 3.1), en cuyos resultados se observan que los tratamientos 4, 11, 13, 12 y 8 no difieren estadísticamente entre sí, pero, son altamente significativos sólo a los tratamientos 9, 2, 10, 5, 3, 6 y 1, más no así al tratamiento 7 que es superior estadísticamente a los tratamientos 3, 6 y 1.

Los valores obtenidos para el peso de raíz, al igual que el anterior caso, se deberían a la incubación en microorganismos eficaces, de los abonos en estudio, ya que de acuerdo a bibliografía, señalan que el GI es disponible para la nutrición de la planta, mejor aún, si se incuba en solución de microorganismos eficaces.

Los valores obtenidos nos indican que la RF y GI incubados o no, de todas maneras, influyen en el peso seco de la raíz, concordando con la bibliografía en el

sentido que el Fósforo tiene mucha relación con el crecimiento y sanidad de la planta, especialmente con la raíz; tal como señala la FAO (2007).

**Cuadro No. 3.8. ANVA de Regresión para Peso Seco de la Raíz de Plantones de Algarrobo**

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr>F
<b>Modelo</b>	5	3.7394	0.7479	13.29	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub></b>	1	1.8771	1.8771	33.35	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>2</sub></b>	1	1.3867	1.3867	24.63	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	1	0.2803	0.2803	4.98	<b>0.0325 *</b>
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	1	0.0429	0.0429	0.76	0.3892 NS
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	1	0.0675	0.0675	1.20	0.2814 NS
	33	1.8576	0.0563		
<b>TOTAL</b>	38	5.5969			

C.V.= 6.32 %

En el cuadro No.3.13. se presenta el ANVA de regresión para el peso seco de raíz de algarrobo con sustrato alcalino, donde se observa respuesta altamente significativa para el término lineal y significativa para el término cuadrático de GI, así como una respuesta altamente significativa para el término lineal de RF.

**CUADRO No. 3.9. Coeficientes del modelo polinomial de peso seco de la raíz de planta de algarrobo**

Parámetro	Estimación	T para Ho Parámetro=0	Pr >  T	Std Error de Estimación
INTERCEPC.	3.8837	61.17	0.0001 **	0.0635
X <sub>1</sub>	0.1551	5.77	0.0001 **	0.0269
X <sub>2</sub>	0.1333	4.96	0.0001 **	0.0269
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.0467	-2.23	0.0325 *	0.0209
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.0183	-0.87	0.3892 NS	0.0209
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.0188	1.10	0.2814 NS	0.0171

De acuerdo al cuadro 3.9. el modelo polinomial codificado, sería:

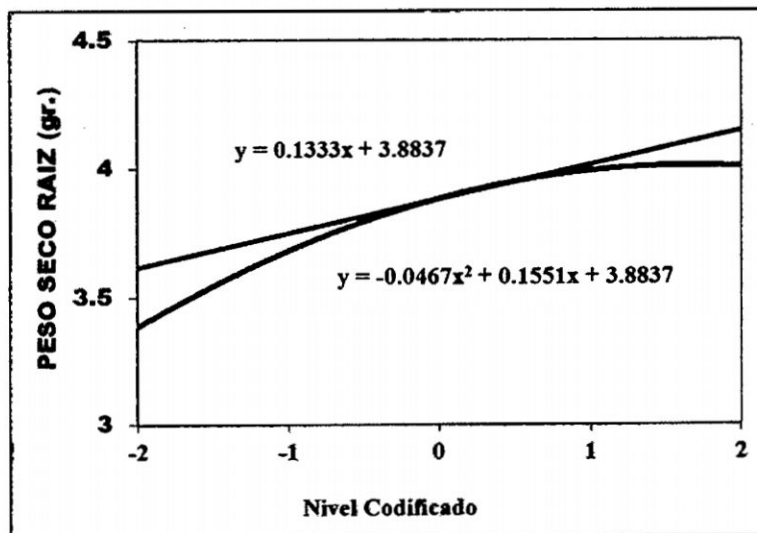
$$Y = 3.884 + 0.155X_1 + 0.133X_2 - 0.047X_1^2 - 0.018X_2^2 + 0.019X_1X_2$$

A partir de este modelo, se elaboró el gráfico 3.13, que muestra la superficie de respuesta para el efecto de GI y RF.

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor, en forma independiente, se tendrían los modelos codificados siguientes (gráfico 3.12):

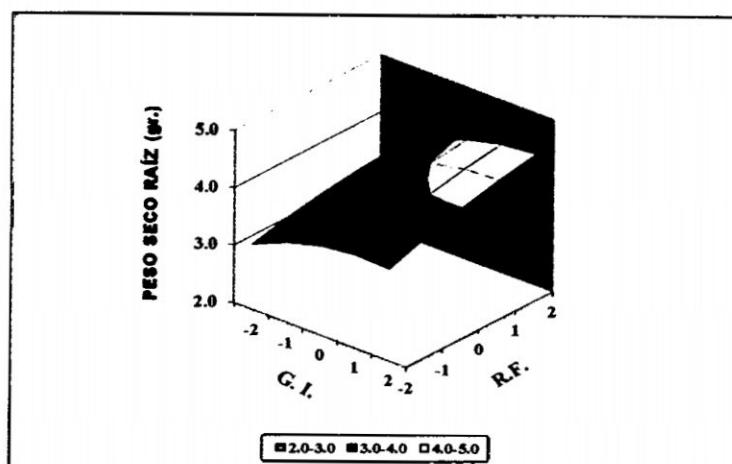
$$Y = 3.884 + 0.155X_1 - 0.047X_1^2 \quad (1)$$

$$Y = 3.884 + 0.013X_2 \quad (2)$$



**Gráfico No. 3.12. Influencia de los Niveles de Roca Fosfórica y Guano de Isla en el Peso Seco de la Raíz de Plantones de Algarrobo en Suelo Alcalino.**

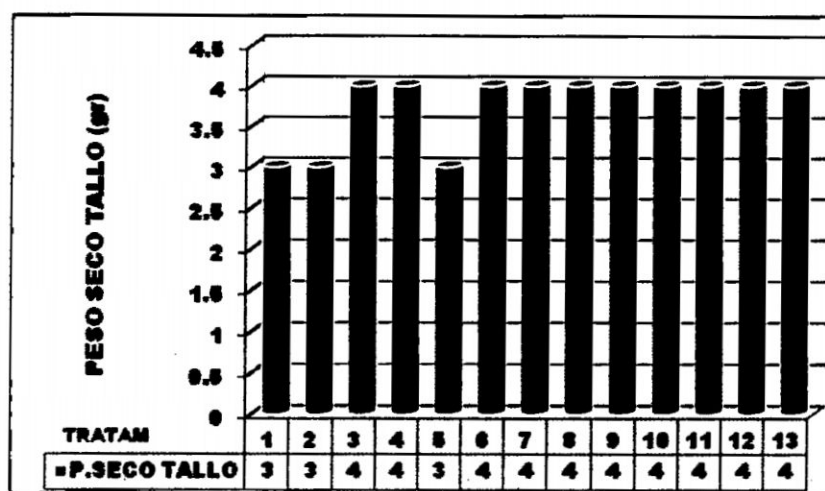
Se realizó cálculos adicionales (ver anexo) para poder determinar el nivel de GI que maximiza el peso seco de la raíz de algarrobo en sustrato alcalino, obteniéndose el valor de **1825 ppm**.



**Gráfico No. 3.13. Superficie de Respuesta del Peso Seco de la Raíz de Plantones de Algarrobo.**

### 3.6. PESO SECO DEL TALLO EN SUSTRATO ÁCIDO.

En el gráfico No. 3.14, se muestran el peso seco promedio de tallo de plantones de algarrobo en sustrato ácido a los 180 días de haber realizado el repique. Se puede apreciar que el peso seco varía desde 3.10 g que corresponde al tratamiento 5 (1000 ppm de RF) hasta 4.33 g del tratamiento 13 (1000 ppm de GI y 1000 ppm de RF), incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días).



**Gráfico No. 3.14. Peso Seco del Tallo de Plantones de Algarrobo en Sustrato Ácido.**

En el cuadro No. 7 (anexo) se muestra el ANVA del peso seco del tallo de algarrobo, en sustrato ácido, donde podemos notar que se ha encontrado alta significación estadística para bloques y tratamientos, lo que significa que existen diferencias entre los promedios de peso seco del tallo de plantones en función a los niveles de GI y RF.

Para conocer entre cuáles de ellos, se ha realizado la prueba de contraste de Duncan (cuadro 3.1), en cuyos resultados se observan que los tratamientos 13 ((1000 ppm de GI y 1000 ppm de RF incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días), 4 (2000 ppm de GI y RF), no difieren estadísticamente, entre sí, pero, presentan diferencias estadística altamente significativa con los tratamientos 7, 8, 12, 11, 10, 6, 3, 9, 1, 2 y 5, los cuales tampoco difieren estadísticamente, entre sí.

Al respecto, **Higa y Parr (1991)**, mencionan que los ME es un cultivo mixto de microorganismos eficaces naturales, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros. Cuando el ME es inoculado en el medio natural, el efecto individual de cada microorganismo es ampliamente magnificado en una manera sinergista por su acción en comunidad.

**Cuadro No. 3.10. ANVA de Regresión para Peso Seco del Tallo de Plantones de Algarrobo**

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr>F
<b>Modelo</b>	5	3.4875	0.7869	12.84	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub></b>	1	0.8412	0.8412	14.27	<b>0.0006 **</b>
<b>X<sub>2</sub></b>	1	0.3867	0.3867	23.53	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	1	0.9883	0.9883	16.77	<b>0.0003 *</b>
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	1	0.0998	0.0998	1.69	0.2022 NS
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	1	0.2133	0.2133	3.62	0.0658 NS
<b>Error</b>	33	1.9447	0.0589		
<b>TOTAL</b>	38	5.7292			

C.V.= 6.52%

En el cuadro No.3.10. se presenta el ANVA de regresión para altura de plantones de algarrobo, donde se observa respuesta altamente significativa para los términos lineal y cuadrático de GI, así como una respuesta significativa para el término lineal de RF.

De acuerdo con el cuadro 3.11. el modelo polinomial codificado, sería:

$$Y = 3.954 + 0.104X_1 + 0.133X_2 - 0.088X_1^2 - 0.028X_2^2 + 0.033X_1X_2$$

A partir de este modelo, se elaboró el gráfico 3.16, que muestra la superficie de respuesta para el efecto de GI y RF.

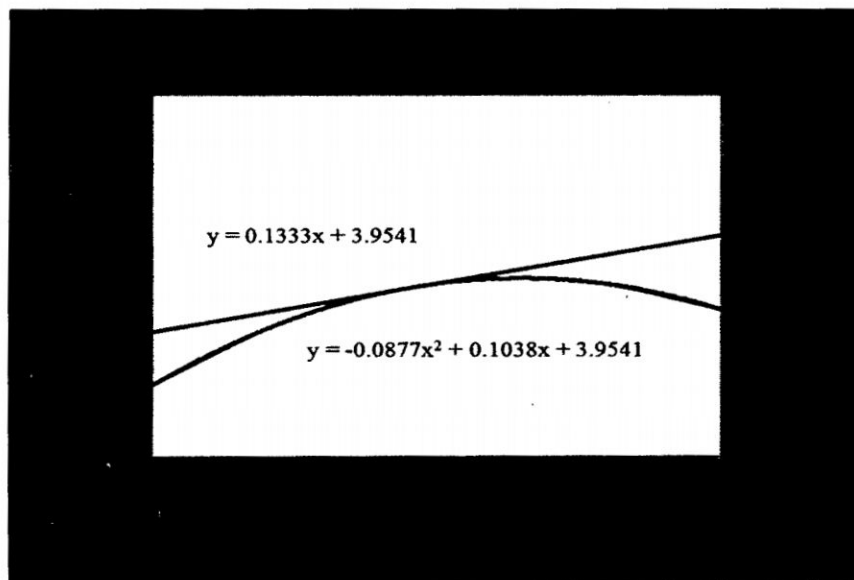
**Cuadro No. 3.11. Coeficientes del Modelo Polinomial de Peso Seco del Tallo de Plantones de Algarrobo**

Parámetro	Estimación	T para Ho Parámetro=0	Pr >  T	Std Error de Estimación
INTERSEC.	3.9541	60.86	0.0001 **	0.0649
X <sub>1</sub>	0.1038	3.78	0.0006 **	0.0275
X <sub>2</sub>	0.1333	4.85	0.0001 **	0.0275
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.0877	-4.10	0.0003 *	0.0214
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.0279	-1.30	0.2022NS	0.0214
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.0333	1.90	0.0658 NS	0.0175

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor, en forma independiente, se tendría los modelos codificados siguientes (gráfico 3.15):

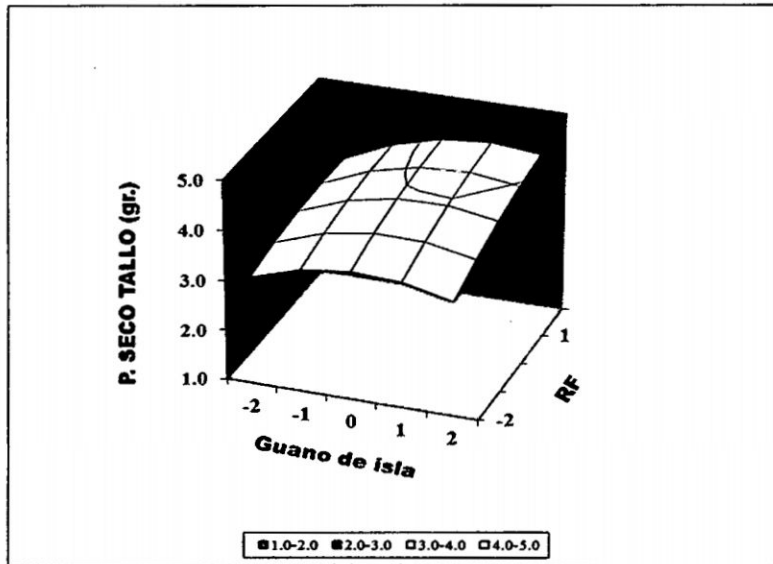
$$Y = 3.954 + 0.104X_1 - 0.088X_1^2 \quad (1)$$

$$Y = 3.954 + 0.133X_2 \quad (2)$$



**Gráfico No. 3.15. Influencia de los Niveles de Roca Fosfórica y Guano de Isla en el Peso Seco del Tallo de Plantones de Algarrobo**

Sin embargo, se realizó cálculos adicionales (ver anexo) para poder determinar el nivel de GI que maximiza el peso seco del tallo de algarrobo en sustrato ácido obteniéndose **1295 ppm.**

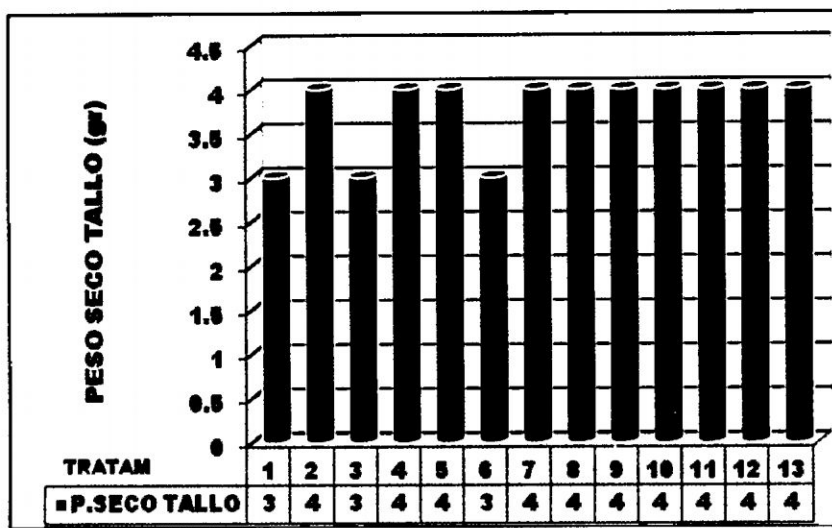


**Gráfico No. 3.16. Superficie de Respuesta del Peso Seco del Tallo de Plantones de Algarrobo.**

### **3.7. PESO SECO DEL TALLO EN SUSTRATO ALCALINO**

En el gráfico No. 3.17, se muestra el peso seco promedio de tallo de plantones de algarrobo a los 180 días de haber realizado el repique. Se puede apreciar que el peso seco varía desde 3.23 g que corresponde al tratamiento 1 (testigo) hasta 4.23 g del tratamiento 12 (1000 ppm de GI y 2000 ppm de RF), incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días).

En el cuadro No. 8 (anexo). se muestra el ANVA del peso seco del tallo de algarrobo, en sustrato alcalino, donde podemos notar que se ha encontrado alta significación estadística para tratamientos, lo que significa que existen diferencias entre los promedios de peso seco del tallo de plantones en función a los niveles de GI y RF.



**Gráfico No. 3.17. Peso Seco del Tallo de Plantones de Algarrobo en Sustrato Alcalino**

Para determinar la diferencia entre ellos, se ha realizado la prueba de contraste de Duncan (cuadro 3.1), en cuyos resultados se observan que los tratamientos 4 (2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días), 11 (1000 ppm de GI y 1500 ppm de RF), 13 (1000 ppm de GI y RF), 8 (2000 ppm de GI y 1000 ppm de RF), 12 (1000 ppm de GI y 2000 ppm de RF), 8 (2000 ppm de GI y 1000 ppm de RF) y 7 (1500 ppm y 1000 ppm de RF) no difieren estadísticamente, pero sí, presentan diferencias estadísticas altamente significativa con los tratamientos 9, 2, 10, 5, 3, 6 y 1, los cuales tampoco difieren entre sí.

En el cuadro No.3.12. se presenta el ANVA de regresión para peso seco del tallo de algarrobo en sustrato alcalino, donde se observa respuesta altamente significativa para los términos lineal y significativa para el término cuadrático de GI, así como una respuesta altamente significativa para el término lineal de RF.

En concordancia con el cuadro 3.13. el modelo polinomial codificado, sería:

$$Y = 3.9519 + 0.1423X_1 + 0.094X_2 - 0.055X_1^2 - 0.019X_2^2 + 0.002X_1X_2$$

A partir de este modelo, se elaboró el gráfico 3.19, que muestra la superficie de respuesta para el efecto de GI y RF.

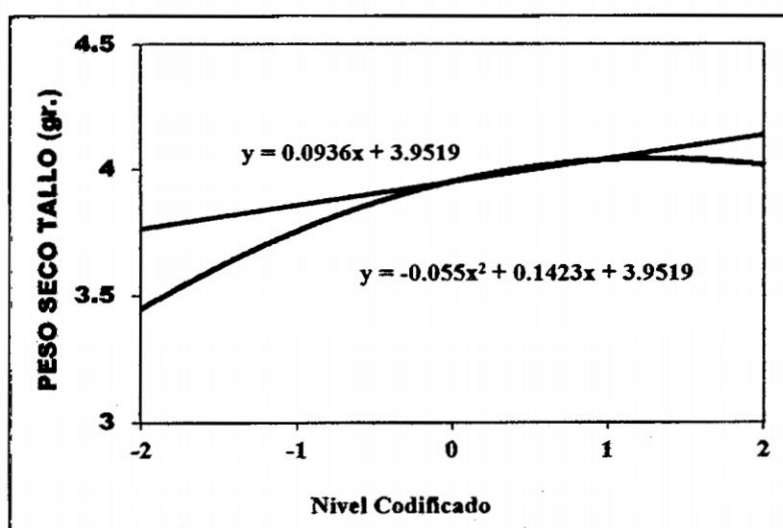
**Cuadro No. 3.13. Coeficientes del Modelo Polinomial de Peso Seco de Tallo de Plantones de Algarrobo**

Parámetro	Estimación	T para Ho Parámetro=0	Pr >  T	Std Error de Estimación
INTERSEC.	3.9519	59.73	0.0001 **	0.0662
X <sub>1</sub>	0.1423	5.08	0.0001 **	0.0280
X <sub>2</sub>	0.0936	3.34	0.0021 *	0.0280
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.0550	-2.52	0.0166 *	0.0218
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.0197	-0.90	0.3725 NS	0.0218
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.0020	0.12	0.9078 NS	0.0178

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor, en forma independiente, se tendrían los modelos codificados siguientes (gráfico 3.18):

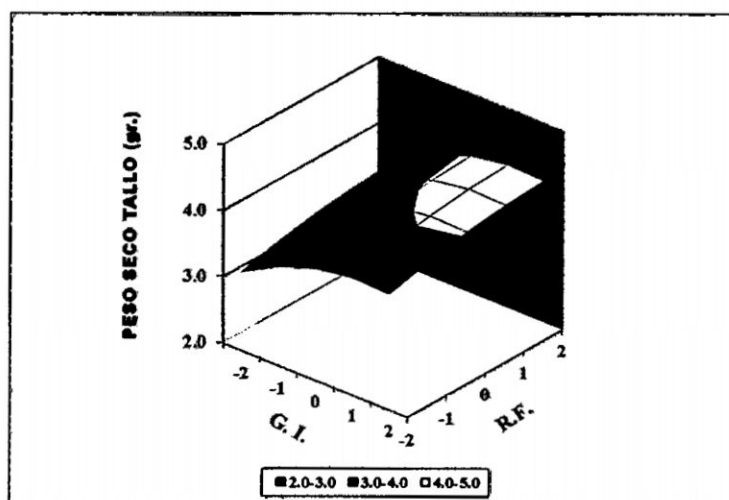
$$Y = 3.952 + 0.142X_1 - 0.055X_1^2 \quad (1)$$

$$Y = 3.952 + 0.094X_2 \quad (2)$$



**Gráfico No. 3.18. Influencia de los Niveles de Roca Fosfórica y Guano de Isla en el Peso Seco de Tallo de Plantones de Algarrobo en Sustrato Alcalino**

Sin embargo, se hace necesario realizar cálculos (ver anexo) para poder determinar el nivel de GI que maximiza el peso seco del tallo del algarrobo en sustrato alcalino, determinándose que el nivel óptimo es **1645 ppm**.



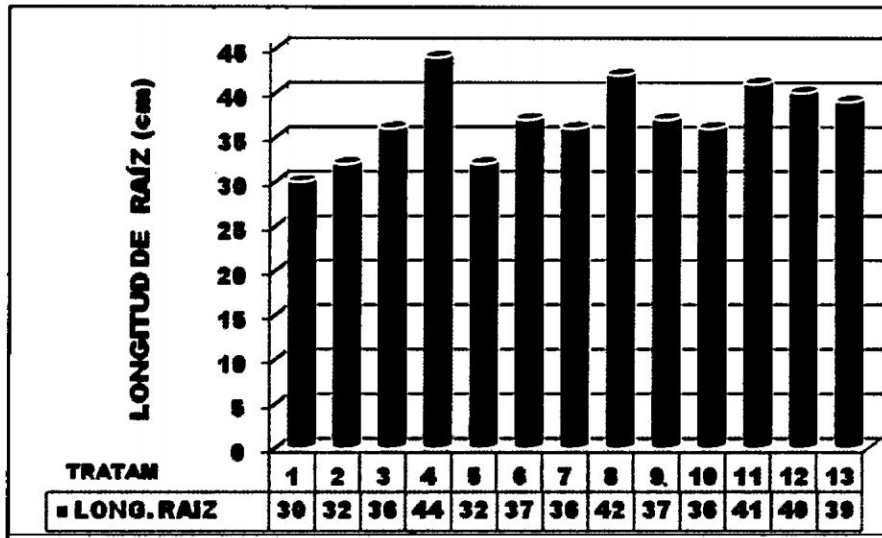
**Gráfico No. 3.19. Superficie de Respuesta del Peso Seco de Tallo de Plantones de Algarrobo.**

### 3.8. LONGITUD DE RAÍZ EN SUELO ÁCIDO

En el gráfico No. 3.20, se muestra el peso seco promedio de la longitud de la raíz del algarrobo en sustrato ácido a los 180 días de haber realizado el repique. Se puede apreciar que la longitud de la raíz varía desde 30.0 cm que corresponde al tratamiento 1 (testigo) hasta 44.7 cm del tratamiento 4 (2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF), incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días.

En el cuadro No. 9 (anexo) se muestra el ANVA de la longitud de la raíz de algarrobo, en sustrato ácido, donde podemos notar que se ha encontrado alta significación estadística para tratamientos, lo que significa que existen diferencias

entre los promedios de longitud de raíz de plantones en función a los niveles de GI y RF.



**Gráfico No. 3.20. Longitud de Raíz de Plantones de Algarrobo en Sustrato Ácido**

Para determinar entre cuáles de ellos, se ha realizado la prueba de contraste de Duncan (cuadro 3.1), en cuyos resultados se observan que el tratamiento 4 (2000 ppm de GI y 2000 ppm de RF incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días), es superior estadísticamente a los otros tratamientos con excepción del tratamiento 8 (2000 ppm de GI y 1000 ppm de RF), que no difieren estadísticamente entre sí, Los tratamientos 2 (2000 ppm de GI) y 5 (1000 ppm de RF) y 1 (testigo) no difieren estadísticamente entre sí y se encuentran en el sótano de la prueba de Duncan con los valores más bajos.

Estos valores, nos indican que la RF incubada, influye en el crecimiento de la raíz, concordando con la bibliografía en el sentido que el fósforo tiene mucha relación con el crecimiento y sanidad de la planta, especialmente con la raíz, concordando con Donahue (2001) quien señala que “A nivel de planta completa,

el fósforo es uno de los macro nutrientes esencial más importantes induce la formación de un activo y potente sistema radicular, favorece la floración e influye bastante en la cantidad, peso y calidad de los frutos y semillas. Los cultivos resultan más resistentes a las plagas, enfermedades y responden mejor a los efectos negativos del granizo, heladas, vientos, alta temperatura y otros factores estresantes para la planta”.

**Cuadro No. 3.14. ANVA de Regresión para Longitud de Raíz de Plantones de Algarrobo**

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr>F
<b>Modelo</b>	5	515.422	103.084	14.26	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub></b>	1	181.551	181.551	25.12	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>2</sub></b>	1	265.846	265.846	36.79	<b>0.0001 **</b>
<b>X<sub>1</sub><sup>2</sup></b>	1	30.521	30.521	4.22	<b>0.0479 *</b>
<b>X<sub>2</sub><sup>2</sup></b>	1	1.412	1.412	0.20	0.6613 NS
<b>X<sub>1</sub>X<sub>2</sub></b>	1	30.083	30.083	4.16	0.0494 NS
<b>Error</b>	33	238.475	7.226		
<b>TOTAL</b>	38	753.897			

C.V.= 7.26 %

En el cuadro No.3.14. se presenta el ANVA de regresión longitud de raíz de plantones de algarrobo, donde se observa respuesta altamente significativa para los términos lineal y cuadrático de GI, así como una respuesta altamente significativa para el término lineal de RF.

En concordancia con el cuadro 3.15. el modelo polinomial codificado, sería:

$$Y = 38.235 + 1.526X_1 + 1.846X_2 - 0.487X_1^2 - 0.105X_2^2 + 0.396X_1X_2$$

A partir de este modelo, se elaboró el gráfico 3.22, que muestra la superficie de respuesta para el efecto de GI y RF.

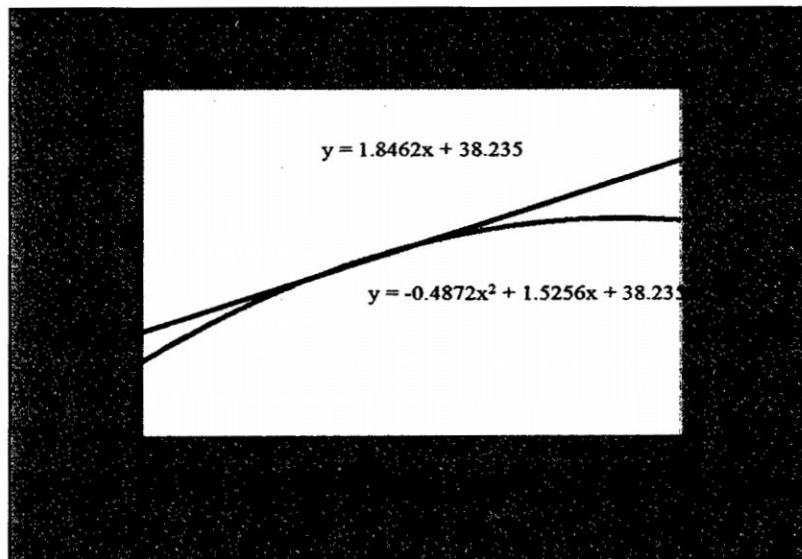
**Cuadro No. 3.15. Coeficientes del Modelo Polinomial de Longitud de Raíz de Planta de Algarrobo**

Parámetro	Estimación	T para Ho Parámetro=0	Pr >  T	Std Error de Estimación
INTERSEC.	38.235	53.15	0.0001 **	0.7194
X <sub>1</sub>	1.5256	5.01	0.0001 **	0.3044
X <sub>2</sub>	1.8462	6.07	0.0001 **	0.3044
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.4872	- 2.06	0.0479 *	0.2370
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.1048	- 0.44	0.6613NS	0.2370
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.3958	2.04	0.0494 NS	0.1940

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor, en forma independiente, se tendría los modelos codificados siguientes (gráfico 3.21):

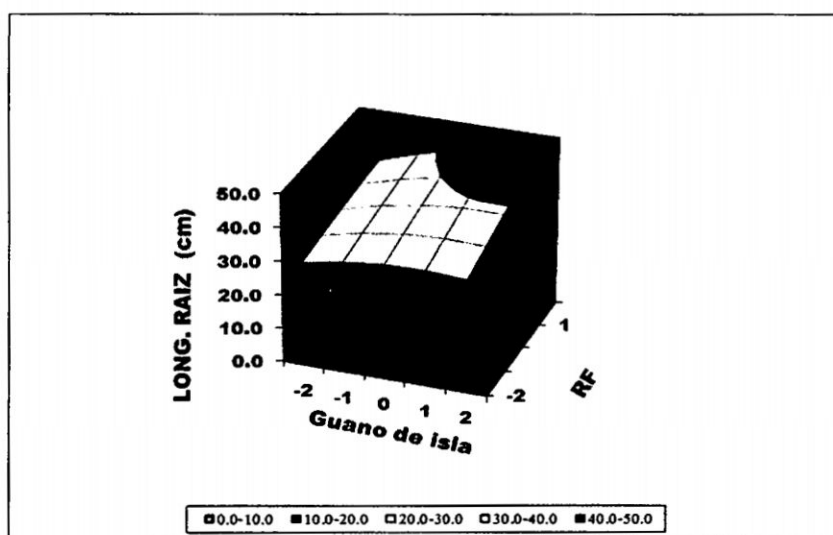
$$Y = 38.235 + 1.526X_1 - 0.487X_1^2 \quad (1)$$

$$Y = 38.235 + 1.846X_2 \quad (2)$$



**Gráfico No. 3.21. Influencia de los Niveles de Roca Fosfórica y Guano de Isla en la Longitud de Raíz de Plantones de Algarrobo en Sustrato Ácido.**

Se realizó cálculos para poder determinar el nivel de Guano de Isla que maximiza la longitud de raíz de algarrobo en sustrato ácido y el resultado es **1079 ppm**.



**Gráfico No. 3.22. Superficie de Respuesta de la Longitud de Raíz de Plantones de Algarrobo.**

### 3.9. LONGITUD DE RAÍZ EN SUSTRATO ALCALINO

En el gráfico No. 3.23, se muestra la longitud de raíz de plantones de algarrobo a los 180 días de haber realizado el repique. Se puede apreciar que la longitud varía desde 39 cm que corresponde al tratamiento 1 (testigo) hasta 53.7 cm del tratamiento 13 (1000 ppm de GI y 1000 ppm de RF), incubados en solución de microorganismos eficaces por 20 días).

En el cuadro No. 10 (anexo) se muestra el ANVA de la longitud de raíz de algarrobo, en sustrato alcalino, donde podemos notar que se ha encontrado alta significación estadística para tratamientos, lo que significa que existen diferencias entre los promedios de longitud de raíz de plantones en función a los niveles de GI y RF. Para determinar entre cuáles de ellos, se ha realizado la prueba de contraste de Duncan (cuadro 3.1), donde se observan que los tratamientos 13, 11, 8, 12, 4, y 7 difieren estadísticamente de los tratamientos 3,

10, 9, 6, 5, 2 y 1 , sin embargo, los tratamientos de cada uno de estos bloques de tratamientos no difieren estadísticamente entre sí.

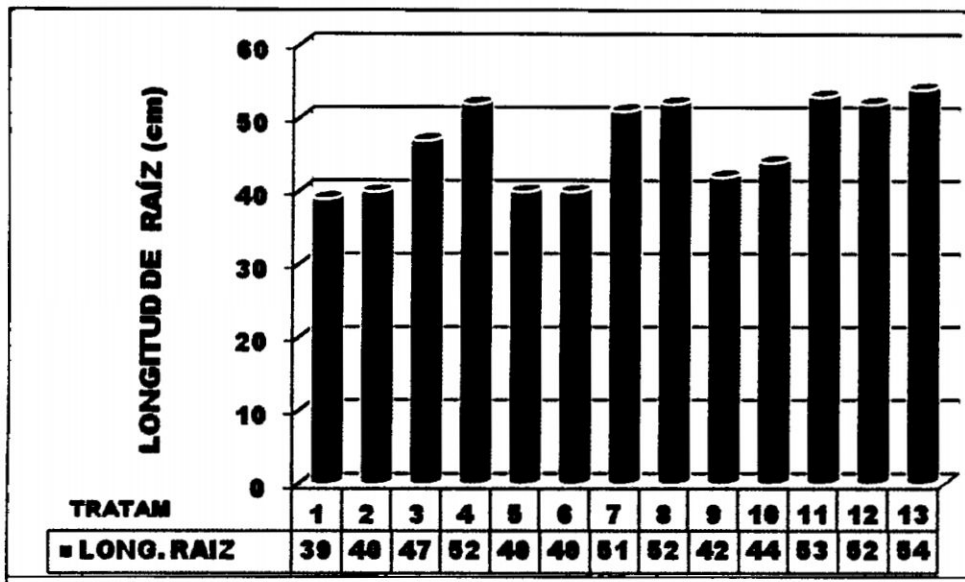


Gráfico No. 3.23. Longitud de Raíz de Plantones de Algarrobo en Sustrato Alcalino

Cuadro No. 3.16. ANVA de Regresión para Longitud de Raíz de Plantones de Algarrobo

F.V.	GL	SC	CM	FC	Pr>F
Modelo	5	931.9818	186.3964	11.80	0.0001 **
X <sub>1</sub>	1	265.8462	265.8462	16.83	0.0003 **
X <sub>2</sub>	1	517.9615	517.9615	32,79	0.0001 **
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	1	83.8190	83.8190	5.31	0.0277 *
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	1	21.1306	21.1306	1.34	0.2557 NS
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	1	12.0000	12.0000	0.76	0.3897 NS
Error	33	521.2489	15.7954		
TOTAL	38	1453.2308			

C.V.= 8.53 %

En el cuadro No.3.16. se presenta el ANVA de regresión para longitud de raíz de plantones de

algarrobo, donde se observa respuesta altamente significativa para los términos lineal y cuadrático de GI, así como una respuesta altamente significativa para el término lineal de RF.

En concordancia con el cuadro 3.17. el modelo polinomial codificado, sería:

$$Y = 49.041 + 1.846X_1 + 2.577X_2 - 0.807X_1^2 - 0.405X_2^2 + 0.250X_1X_2$$

**Cuadro No. 3.17. Coeficientes del Modelo Polinomial de Longitud de Raíz de Plantones de Algarrobo (Sustrato Alcalino)**

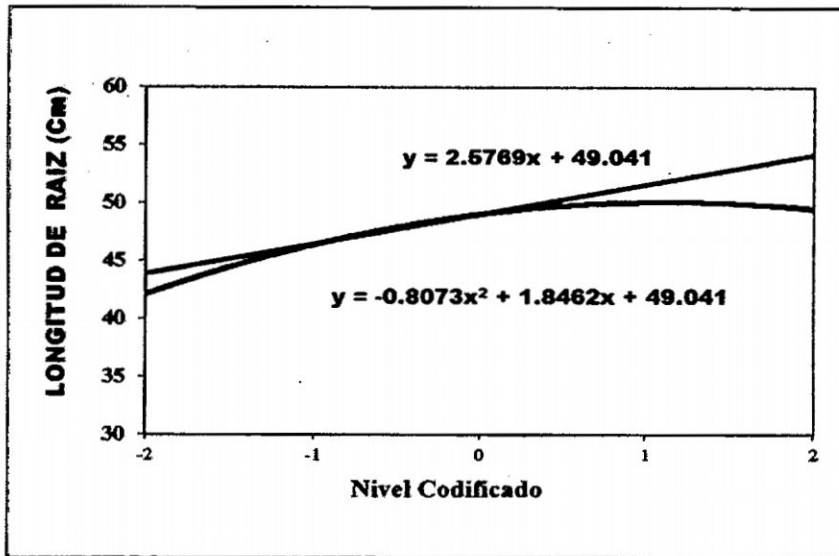
Parámetro	Estimación	T para Ho Parámetro=0	Pr >  T	Std Error de Estimación
INTERSEC.	49.0407	46.11	0.0001 **	1.0636
X <sub>1</sub>	1.8462	4.10	0.0003 **	0.4500
X <sub>2</sub>	2.5769	5.73	0.0001 **	0.4500
X <sub>1</sub> <sup>2</sup>	-0.8073	- 2.30	0.0277 *	0.3505
X <sub>2</sub> <sup>2</sup>	-0.4053	- 1.16	0.2557 NS	0.3505
X <sub>1</sub> X <sub>2</sub>	0.2500	0.87	0.3897 NS	0.2868

A partir de este modelo, se elaboró el gráfico 3.25, que muestra la superficie de respuesta para el efecto de GI y RF.

Con la finalidad de analizar el efecto de cada factor, en forma independiente, se tendrían los modelos codificados siguientes (gráfico 3.24):

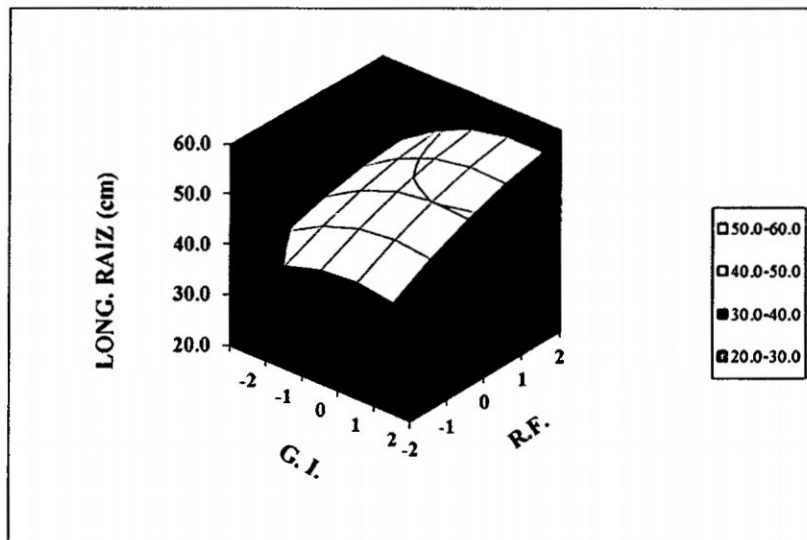
$$Y = 49.041 + 1.846X_1 - 0.807X_1^2 \quad (1)$$

$$Y = 49.041 + 2.577X_2 \quad (2)$$



**Gráfico No. 3.24. Influencia de los Niveles de Roca Fosfórica y Guano de Isla en la Longitud de Raíz de Plantones de Algarrobo en Sustrato Alcalino**

Asimismo, se realizó cálculos (ver anexo) para poder determinar el nivel de GI que maximiza la longitud de la raíz de algarrobo en sustrato alcalino, cuyo resultado es 1572 ppm.



**Gráfico No. 3.25. Superficie de Respuesta de la Longitud de Raíz de Plantones de Algarrobo en Sustrato Alcalino**

### **3.10. PROTECCIÓN VEGETAL**

En cuanto se refiere a la sanidad de las plántulas y plantones de algarrobo, debemos señalar que, como es lógico, las malezas acompañaron siempre significativamente en plantones con sustrato alcalino, más no así en sustrato ácido. Esta presencia de varias especies de malezas, como el atajo, trebol, pata de gallo, etc. se presentaron, posiblemente, debido a que el compost fresco contenían semillas de dichas malezas que germinaron y crecieron constantemente a lo largo del ensayo, lo que obligó efectuar deshierbos continuos para evitar la competencia por agua, luz, nutrientes y espacio.

### **3.11. LIGNIFICACION.**

La lignificación es un factor inherente a esta especie, es decir, aproximadamente, a los 4.5 meses se inicia el proceso de lignificación hasta los 6 meses, en el cual los plantones se encuentran aptos para ser llevados a campo definitivo. Debe señalarse que la lignificación se presenta al margen del tamaño, tanto para pequeños como para grandes, situación diferente al de las especies introducidas como el eucalipto y pino cuya lignificación guarda relación con el tamaño de los plantones (Cozzo, 2006).

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. CONCLUSIONES**

1. La germinación-emergencia de las plántulas de algarrobo alcanzó un 87% hasta los 30 días después de la siembra.
2. Se determinó el efecto positivo de niveles crecientes de GI y RF incubados en una solución de microorganismos eficaces, en el crecimiento y desarrollo de plantones de algarrobo, tanto en sustrato ácido como en sustrato alcalino.
3. El nivel óptimo para alcanzar la mayor altura del plantón en sustrato alcalino fue de 1980 ppm de RF.
4. El nivel promedio óptimo de GI para alcanzar plantones de calidad en sustrato ácido es de 1355 ppm y en sustrato alcalino es de 1622 ppm.
5. La lignificación de los plantones de algarrobo se inició, aproximadamente, a los 4.5 meses del repique, encontrándose apto a los 6 meses para llevar a campo definitivo.

6. Presenta generalmente una respuesta altamente significativa para términos lineal y cuadrático en Guano de isla, así como una respuesta altamente significativa para el término lineal de RF, con excepción de la altura en sustrato ácido.

#### **4.2. RECOMENDACIONES**

1. Para una mejor y mayor solubilidad del GI y RF, deben incubarse con microorganismos eficaces (ME) durante 20 días.
2. Es imprescindible utilizar semilla de algarrobo de calidad para evitar retrasos en la producción de plantones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGUIRRE, A. 2004. Propagación de Especies Forestales Nativas de la Región Andina del Perú. Cusco, Perú.
2. ----- 2003. Evaluación de dos Plantaciones de Algarrobo (*Prosopis pallida*) con Riego por goteo en las Zonas áridas del departamento de Piura e Ica. Impresiones Gráficas EIRL. 1ra. edic. Lima.
3. ANAYA, D. 1998 Efecto de Tratamientos pre-germinativos en semillas de tara (*Caesalpinia tinctoria*) y algarrobo (*Prosopis juliflora*) en Vivero a 2750 msnm, Ayacucho. Trabajo de Investigación Pre-profesional. FCA. UNSCH.
4. ATERSON, J. 2005. Investigaciones de Fertilizaciones en Viveros Forestales Escoceses. J. Soc. Foot Agric. 20, No. 7: 415-416. Gran Bretaña. Inglaterra.
5. BLACK, C. 1975. Relaciones Suelo-Planta. Edit. Hemisferio Sur. Buenos Aires. 420 p.
6. BRACK, A., MENDIOLA, C. 2000. Ecología del Perú. Editorial Bruño. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Lima. 495 p.
7. CALZADA, J. 1970. Métodos Estadísticos para la Investigación. Lima. Perú.
8. CEPEDA, M. 1991. Química de suelos- Editorial Trillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. 168 p.
9. COZZO, D. 2006. Tecnología de la Forestación en Argentina y en América Latina Edit. Hemisferio Sur. Argentina.

10. DIAZ, A. C. 2005. Los Algarrobos. 1ra. edic. Editorial Libertad. Trujillo. Perú.
11. DONAHUE, R. et al. 2001 Introducción a los suelos y el crecimiento de las plantas. Edit. Prentice Hill Internacional.
12. FAO. 2007. Situación de los Bosques del Mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia.
13. FERNANDEZ, G., PARDOS, A. 1996. Principios Básicos y Procedimientos de Evaluación de la Calidad de Planta Forestal. Madrid. 25 p.
14. FERREYRA, R. 2007. Estudio Sistemático de los Algarrobos en la Costa Norte del Perú. Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional Forestal y de Fauna. Lima.
15. FRANCIOSI, R. 1984. La Fruticultura. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
16. FRIAS, R. 2002. Efectos de la Escarificación en la Germinación del Algarrobo. Tesis Ing. Agrónomo. UNALM. Lima.
17. GALLOWAY, G. 1985. Manual de Viveros Forestales en la Sierra Peruana. Proyecto FAO- Holanda-INFOR. Lima.
18. HIGA Y PARR. 1991. Microorganismos Efectivos (ME o EM), Fundación de Asesorías para el Sector Rural (FUNDASES).
19. HUAMAN, M. 2009. Influencia del Tiempo de Incubación de la Roca Fosfórica en solución de Microorganismos en la solubilidad del Fósforo en el Rendimiento del Maní en Anco-La Mar, Ayacucho. Tesis Ing. Agrónomo. UNSCH. Ayacucho, Perú.

20. MINISTERIO DE AGRICULTURA. AGRORURAL. 2011. Guano de las Islas. Programa de Desarrollo Productivo Agrario Rural. Lima. Perú. 8 p.
21. PIMENTEL, G. 2007. El Precioso Algarrobo. Dirección General de Forestal y de Fauna. UNALM. Lima.
22. PLATZER, H. 2004. Fertilización Orgánica y Mineral en Viveros Forestales. Austria.
23. PRETEL, J., OCAÑA, V. 1985 Apuntes sobre Algunas Especies Forestales en la Sierra Peruana. Proyecto FAO-Holanda. Lima.
24. SOLANO R. 2011. Curso de Forestación. Texto Universitario. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional San Cristóbal Huamanga. Ayacucho, Perú.
25. SUQUILANDIA, V. 2001. La producción Orgánica de Cultivos en el Ecuador. Quito, Ecuador.
26. TINEO, A. 2006. Manual para el Análisis de Diseños Experimentales de Superficies de Respuesta. Ediciones VRAC-OSA-UNSCH. Ayacucho. Perú.
27. PROABONOS. 2007. Accedido el 14/07/12. Disponible en [http://guanoperu.blogspot.com/2007/01/el-guano-de-las islas-peruanas.html](http://guanoperu.blogspot.com/2007/01/el-guano-de-las-islas-peruanas.html).
28. WIKIPEDIA. 2010. Accedido el 20/05/11. Disponible en <http://wikipedia.org/wiki/Guano>.
29. CONGRESO PERUANO. 2002. Accedido el 26/04/11. Disponible en: [www.congreso.gob.pe/comisiones/2002/.../importancia\\_guano.pdf](http://www.congreso.gob.pe/comisiones/2002/.../importancia_guano.pdf)
30. CEPES. 2009. Accedido el 27/06/12. Disponible en [www.cepes.org.pe/pdf/guano\\_de\\_islas.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/guano_de_islas.pdf).

# **ANEXO**

**CUADRO No. 1. ANVA DE LA ALTURA DE PLANTONES DE ALGARROBO EN SUSTRATO ACIDO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	1.589	0.7948	0.91	0.4179
Tratam.	12	387.2308	32.2692	36.74	< 0.0001
Error	24	21.0769	0.8782		
Total	38	409.8974			

C.V. = 2.93%

**CUADRO No. 2. ANVA DE LA ALTURA DE PLANTONES DE ALGARROBO EN SUSTRATO ALCALINO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	18.5128	9.2564	8.95	< 0.0012 **
Tratam.	12	686.4103	57.2009	55.31	< 0.0001 **
Error	24	24.8205	1.0341		
Total	38	729.7436			

C.V.= 2.94 %

**CUADRO No. 3. ANVA DEL DIAMETRO DE TALLO DE PLANTONES DE ALGARROBO (SUSTRATO ACIDO)**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	0.0513	0.0256	0.05	0.9548
Tratam.	14	49.3333	4.1111	7.43	0.0001**
Error	24	13.2821	0.5534		
Total	38	62.6667			

C.V.= 10.14%

**CUADRO No. 4. ANVA DEL DIAMETRO DE TALLO DE PLANTONES  
DE ALGARROBO EN SUSTRATO ALCALINO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	1.0769	0.5385	0.87	0.4334
Tratam.	12	37.6923	3.1410	5.05	< 0.0004
Error	24	14.9231	0.6218		
Total	38	53.6923			

C.V.= 10.5%

**CUADRO No. 5. ANVA DEL PESO SECO RAIZ DE PLANTONES DE  
ALGARROBO EN SUSTRATO ACIDO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	0.0082	0.0041	0.32	0.7273
Tratam.	14	3.2456	0.2705	21.27	0.0001
Error	24	0.3051	0.0127		
Total	38	3.5590			

C.V.= 3.20 %

**CUADRO No. 6. ANVA DEL PESO SECO DE LA RAIZ DE PLANTONES  
DE ALGARROBO EN SUSTRATO ALCALINO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	0.0554	0.0277	0.53	0.5963
Tratam.	12	4.2836	0.3569	6.81	< 0.0001
Error	24	1.2579	0.0524		
Total	38	5.5969			

C.V.= 6.1%

**CUADRO No. 7. ANVA DEL PESO SECO DEL TALLO DE PLANTONES DE ALGARROBO EN SUSTRATO ACIDO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	0.0323	0.0162	0.51	< 0.0001
Tratam.	12	4.9359	0.4113	12.97	< 0.0001
Error	24	0.7610	0.0317		
Total	38	5.7292			

C.V.= 4.78 %

**CUADRO No. 8. ANVA DEL PESO SECO DEL TALLO DE PLANTONES DE ALGARROBO EN SUSTRATO ALCALINO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	0.0621	0.0310	0.68	< 0.5150
Tratam.	12	3.6764	0.3064	6.74	< 0.0001
Error	24	1.0913	0.0455		
Total	38	4.8297			

C.V.= 5.60%

**CUADRO No. 9. ANVA DE LA LONGITUD DE RAIZ DE PLANTONES DE ALGARROBO EN SUSTRATO ACIDO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	8.359	4.1794	0.97	< 0.3942
Tratam.	12	641.897	53.4915	12.39	< 0.0001
Error	24	103.641	4.318		
Total	38	753.897			

C.V.= 5.61 %

**CUADRO No. 10. ANVA DE LA LONGITUD DE RAIZ DE PLANTONES  
DE ALGARROBO EN SUSTRATO ALCALINO**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>Fc</b>	<b>Pr &gt; F</b>
Bloque	2	26.3077	13.1538	1.72	< 0.2007
Tratam.	12	1243.231	103.603	13.54	< 0.0001
Error	24	183.692	7.654		
Total	38	1453.230			

C.V.= 5.93 %

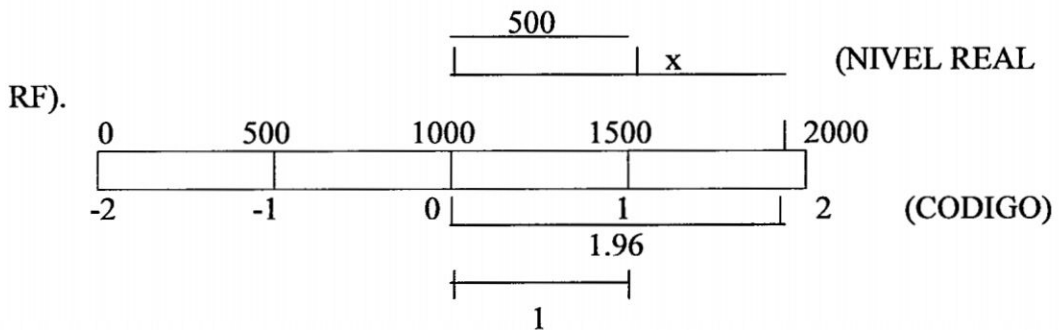
## DETERMINACIÓN DEL NIVEL OPTIMO DE GUANO DE ISLAS Y ROCA FOSFÓRICA

### 1. ALTURA DE PLANTON EN SUSTRATO ACIDO

Para determinar el nivel de Guano de isla que maximiza la altura del plantón de algarrobo en sustrato ácido se ha realizado los siguientes cálculos:

$$Y = 32.363 + 1.564X_2 - 0.398X_2^2 \quad (2)$$

Derivando:  $\frac{dy}{dx} = 0$ ;  $1.564 - 0.796 X_2 = 0$ ;  $X_1 = \frac{1.564}{0.796} = \underline{1.96}$



Extrapolando, se tiene:

$$\frac{X}{1.96} = \frac{500}{1} \implies X = \frac{500}{1} \times 1.96 = \underline{980}$$

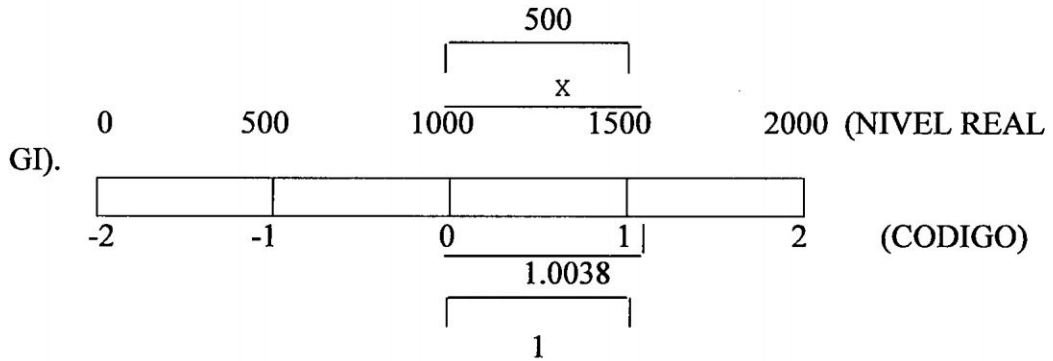
NIVEL ÓPTIMO DE ROCA FOSFÓRICA:  $RF_{opt}: 1000 + 980 = \underline{1980 \text{ kg.ha}^{-1}}$

### 2. DIÁMETRO DE TALLO DE ALGARROBO

Para determinar el nivel de Guano de isla que maximiza el diámetro del plantón de algarrobo en sustrato alcalino se ha realizado los siguientes cálculos:

$$Y = 8.127 + 0.526X_1 - 0.262X_1^2 \quad (1)$$

Derivando:  $\frac{dy}{dx} = 0$ ;  $0.526 - 0.524 X_1 = 0$ ;  $X_1 = \frac{0.526}{0.524} = \underline{1.0038}$



Extrapolando, se tiene:

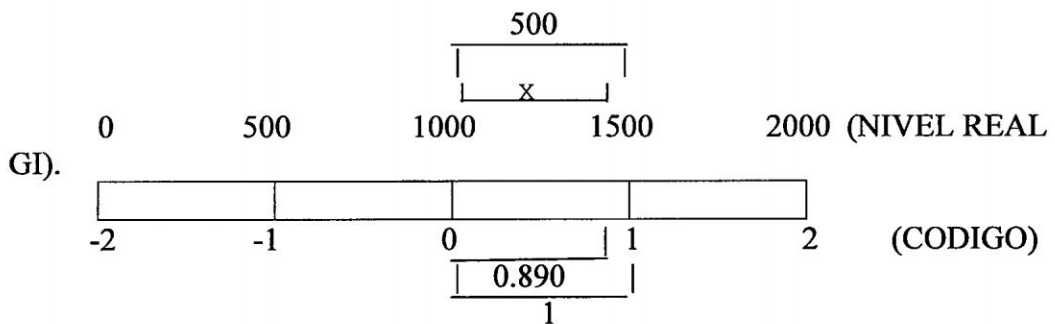
$$\frac{X}{1.0038} = \frac{500}{1} \implies X = \frac{500}{1} \times 1.0038 = 501.9 = \underline{502}$$

NIVEL ÓPTIMO DE GUANO DE ISLA:  $GI_{opt}: 1000 + 502 = \underline{1502 \text{ kg.ha}^{-1}}$

Para determinar el nivel de Guano de Isla que maximiza el diámetro de tallo de algarrobo en sustrato alcalino, se efectuó lo siguiente:

$$Y = 8.148 + 0.436X_1 - 0.245X_1^2 \quad (1)$$

Derivando:  $\frac{dy}{dx} = 0$ ;  $0.436 - 0.490 X_1 = 0$ ;  $X_1 = \frac{0.436}{0.490} = \underline{0.890}$



Extrapolando, se tiene:

$$\frac{X}{0.890} = \frac{500}{1} \implies X = \frac{500}{1} \times 0.890 = 444.9 = \underline{445}$$

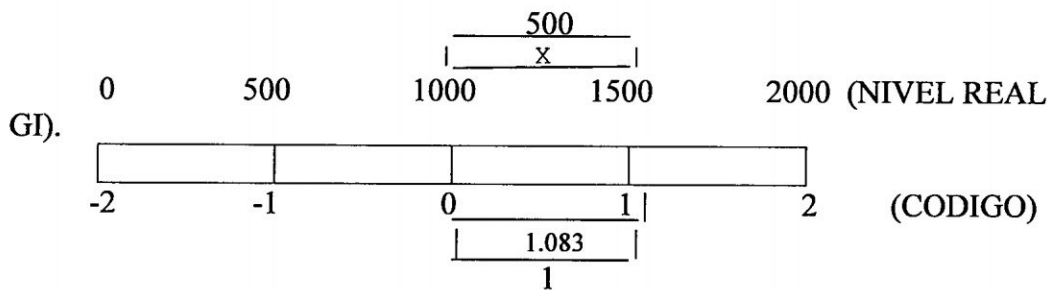
NIVEL ÓPTIMO DE GUANO DE ISLA:  $GI_{opt}: 1000 + 445 = \underline{1445 \text{ kg.ha}^{-1}}$

### 3. PESO SECO DE LA RAÍZ DE ALGARROBO

Para determinar el nivel de Guano de Isla que maximiza el peso seco de la raíz de algarrobo en sustrato ácido, se realizó los siguientes cálculos:

$$Y = 3.662 + 0.104X_1 - 0.048X_1^2 \quad (1)$$

Derivando:  $\frac{dy}{dx} = 0$ ;  $0.104 - 0.096 X_1 = 0$ ;  $X_1 = \frac{0.104}{0.096} = \underline{\underline{1.083}}$



Extrapolando, se tiene:

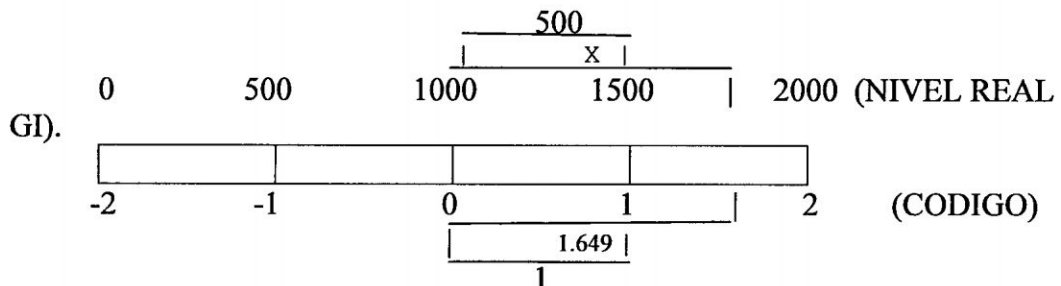
$$\frac{X}{1.083} = \frac{500}{1} \implies X = \frac{500}{1} \times 1.083 = 541.5 = \underline{\underline{542}}$$

NIVEL ÓPTIMO DE GUANO DE ISLA:  $GI_{opt} = 1000 + 542 = \underline{\underline{1542 \text{ kg.ha}^{-1}}}$

Se realizó calculos adicionales para poder determinar el nivel de Guano de Isla que maximiza el peso seco de la raíz de algarrobo en sustrato alcalino;

$$Y = 3.884 + 0.155X_1 - 0.047X_1^2 \quad (1)$$

Derivando:  $\frac{dy}{dx} = 0$ ;  $0.155 - 0.094 X_1 = 0$ ;  $X_1 = \frac{0.155}{0.094} = \underline{\underline{1.649}}$



Extrapolando, se tiene:

$$\frac{X}{1.649} = \frac{500}{1} \implies X = \frac{500}{1} \times 1.649 = 824.5 = \underline{\underline{825}}$$

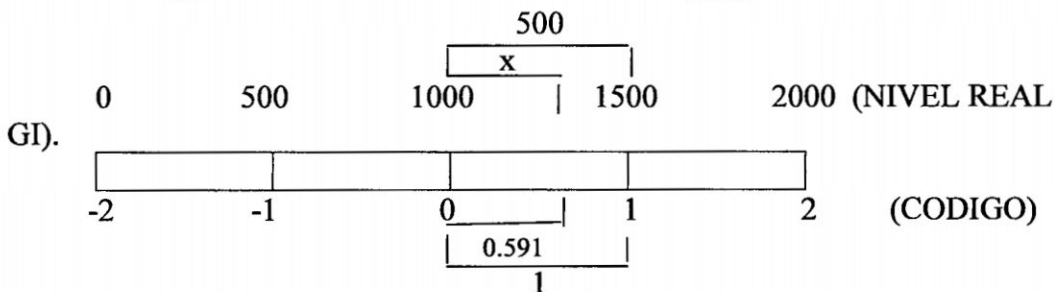
NIVEL ÓPTIMO DE GUANO DE ISLA:  $GI_{opt}: 1000 + 825 = \underline{\underline{1825 \text{ kg.ha}^{-1}}}$

#### 4. PESO SECO DE TALLO DE ALGARROBO.

Se realizó cálculos adicionales para poder determinar el nivel de guano de Isla que maximiza el peso seco del tallo de algarrobo en sustrato ácido.

$$Y = 3.954 + 0.104X_1 - 0.088X_1^2 \quad (1)$$

Derivando:  $\frac{dy}{dx} = 0$ ;  $0.104 - 0.176 X_1 = 0$ ;  $X_1 = \frac{0.104}{0.176} = \underline{\underline{0.591}}$



Extrapolando, se tiene:

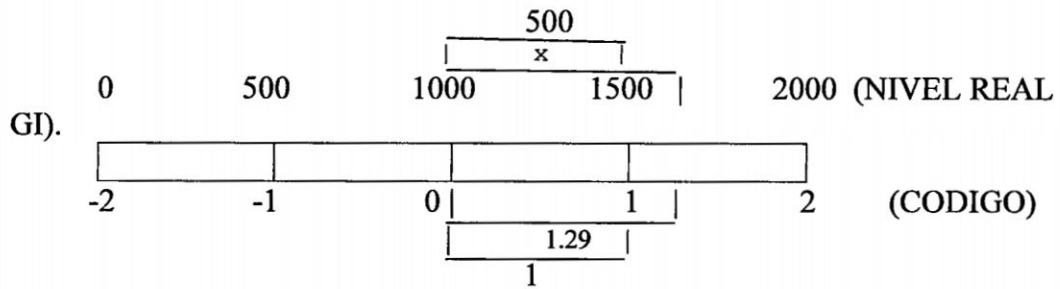
$$\frac{X}{0.591} = \frac{500}{1} \implies X = \frac{500}{1} \times 0.591 = 295.5 = \underline{\underline{295}}$$

NIVEL ÓPTIMO DE GUANO DE ISLA:  $GI_{opt}: 1000 + 295 = \underline{\underline{1295 \text{ kg.ha}^{-1}}}$

Se realizó cálculos para poder determinar el nivel de Guano de Isla que maximiza el peso seco del tallo del algarrobo en sustrato alcalino.

$$Y = 3.952 + 0.142X_1 - 0.055X_1^2 \quad (1)$$

Derivando:  $\frac{dy}{dx} = 0$ ;  $0.142 - 0.11 X_1 = 0$ ;  $X_1 = \frac{0.142}{0.11} = \underline{\underline{1.29}}$



Extrapolando, se tiene:

$$\frac{X}{1.29} = \frac{500}{1} \implies X = \frac{500}{1} \times 1.29 = 645 = \underline{645}$$

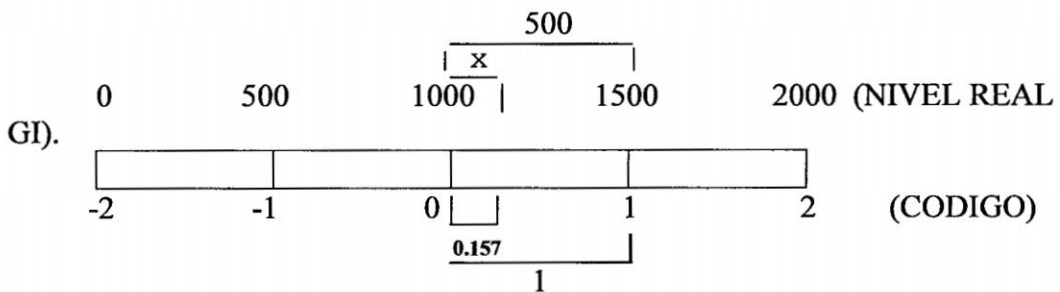
NIVEL ÓPTIMO DE GUANO DE ISLA:  $GI_{opt}: 1000 + 645 = \underline{1645 \text{ kg.ha}^{-1}}$

### 5. LONGITUD DE RAÍZ DE ALGARROBO.

Se realizó cálculos para poder determinar el nivel de Guano de Isla que maximiza la longitud de raíz de algarrobo en sustrato ácido:

$$Y = 38.235 + 1.526X_1 - 0.487X_1^2 \quad (1)$$

Derivando:  $\frac{dy}{dx} = 0$ ;  $0.153 - 0.974 X_1 = 0$ ;  $X_1 = \frac{0.153}{0.974} = \underline{0.157}$



Extrapolando, se tiene:

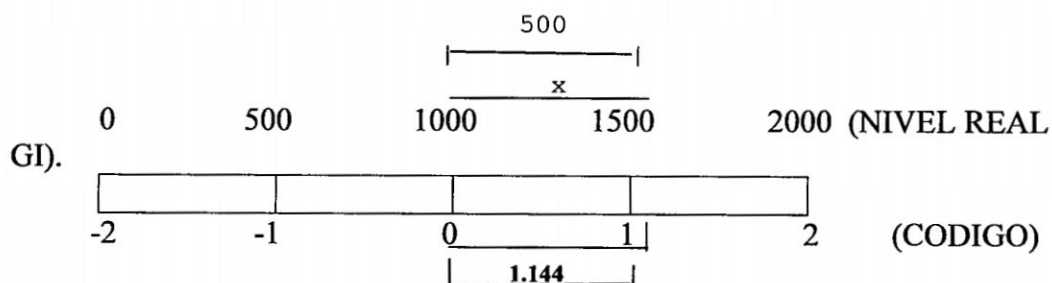
$$\frac{X}{0.157} = \frac{500}{1} \implies X = \frac{500}{1} \times 0.157 = 78.5 = \underline{79}$$

NIVEL ÓPTIMO DE GUANO DE ISLA:  $GI_{opt}: 1000 + 825 = \underline{1079 \text{ kg.ha}^{-1}}$

Asimismo, se realizó cálculos para poder determinar el nivel de Guano de Isla que maximiza la longitud de la raíz de algarrobo en sustrato alcalino.

$$Y = 49.041 + 1.846X_1 - 0.807X_1^2 \quad (1)$$

Derivando:  $\frac{dy}{dx} = 0$ ;  $1.846 - 1.614X_1 = 0$ ;  $X_1 = \frac{1.846}{1.614} = \underline{\underline{1.144}}$



Extrapolando, se tiene:

$$\frac{X}{1.144} = \frac{500}{1} \implies X = \frac{500}{1} \times 1.144 = 571.9 = \underline{\underline{572}}$$

NIVEL ÓPTIMO DE GUANO DE ISLA:  $GI_{opt} = 1000 + 572 = \underline{\underline{1572 \text{ kg.ha}^{-1}}}$

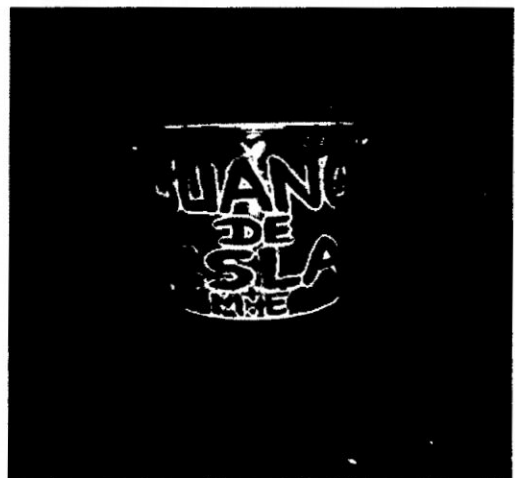
**PANEL DE FOTOS**



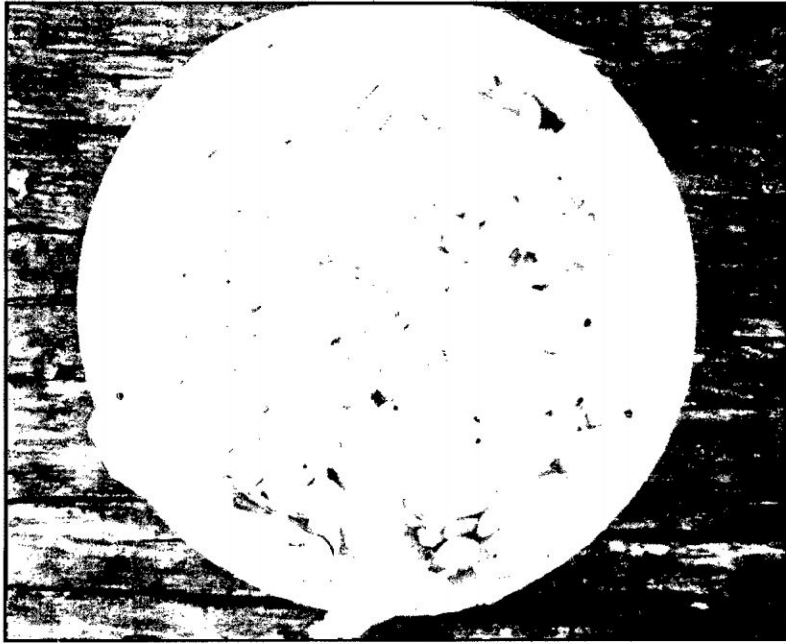
**ALGARROBO Y SUS DERIVADOS DE MUCHA IMPORTANCIA**



**CAPTURA DE MICROORGANISMOS EFICACES**



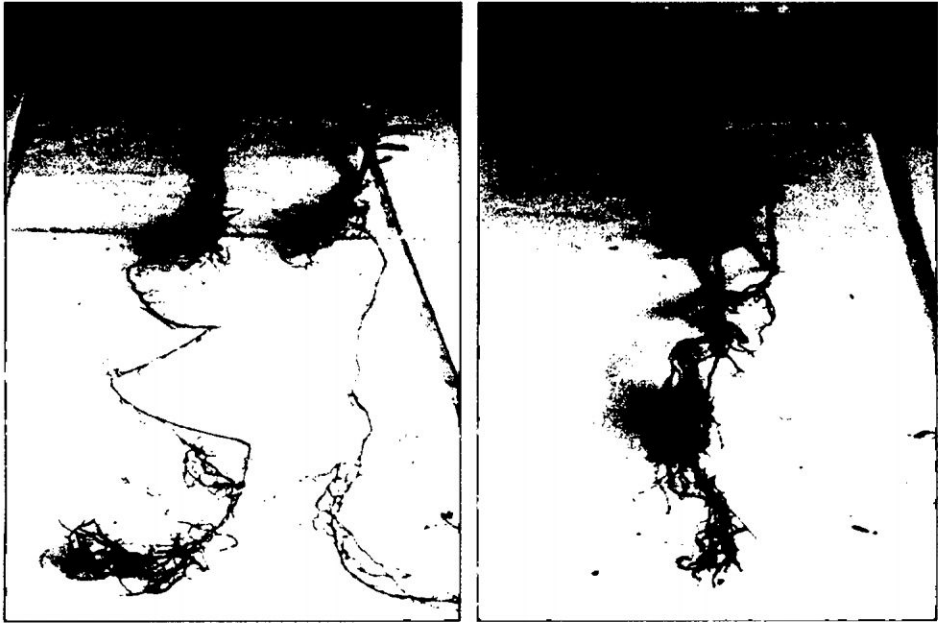
**ROCA FOSFÓRICA Y GUANO DE ISLAS INCUBADOS  
EN MICROORGANISMOS EFICACES**



**SEMILLAS DE ALGARROBO (*Prosopis sp.*)**



**MEDICIÓN DE ALTURA DE PLANTONES**



**DIFERENCIAS RADICULARES DE LOS TRATAMIENTOS 13 Y 1**



**MEDICIÓN DE LA RAÍZ DE PLANTONES DE ALGARROBO**



**PESAJE Y SECADO DE PLANTONES DE ALGARROBO**