

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**  
**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la**  
**Producción**

**“Evaluación de la Aplicación de Varias Dosis de Ácido  
Monosilícico en la Producción  
del Cultivo de Arroz. Var. INIAP 15”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a La obtención del Título de:**

**INGENIERO AGROPECUARIO**

**Presentada por:**

**JUAN DARÍO OREJUELA MAGALLANES**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**2010**

## **AGRADECIMIENTO**

A todas las personas que de una u otra manera colaboraron con la realización de este proyecto y en especial a mi madre y abuelo por su empeño en ayudarme a lo largo de mi vida y la consecución de este título.

## **DEDICATORIA**

A DIOS  
A MI FAMILIA.  
A MI ESPOSA.  
A MI HIJO.

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

---

Ing. Francisco Andrade S.  
DECANO DE LA FIMCP

---

Edwin Jiménez R. Msc.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Manuel Donoso B.  
VOCAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de ésta tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

---

Juan D. Orejuela Magallanes.

## RESUMEN

El proyecto se realizó en el Recinto La Rinconada del Cantón Daule provincia del Guayas. La investigación tuvo como objetivo principal la evaluación del efecto que produce en la planta de arroz (variedad INIAP 15), la aplicación de ZUMSIL (ácido monosilísico) en varias dosis (0cc/Ha, 100cc/ Ha, 200c/ Ha, 300cc/ Ha, 400cc/ Ha y 500cc/ Ha). Para la consecución de este objetivo estableció un área de estudio, la cual se subdividió en parcelas de muestreo con medidas de 2 x 2m, las aplicaciones en las parcelas de muestreo se realizaron después del trasplante en los días 15, 30 y 45. Se procedió a escoger 16 unidades experimentales al azar a las cuales se les realizaron las mediciones. Las variables estudiadas fueron: *Altura de planta, Número de macollos, Días a la floración, Promedio de granos por espiga y Peso promedio de la producción*. Se realizó la aplicación del producto vía foliar, los datos de altura de planta y número de macollos se tomaron cada 15 días desde los 15 hasta los 45 días después del trasplante, se tomaron los días a la floración, se realizó un conteo de granos por espiga, se cosechó y pesó la producción de las unidades experimentales. Los mejores tratamientos fueron 200 cc/Ha seguido de 100cc/Ha, se concluyó que estas fueron las mejores dosis y se recomendaron para ser aplicadas al cultivo de arroz variedad INIAP 15 en esta zona.

## ÍNDICE GENERAL

	PAG.	
RESUMEN .....	6	
ÍNDICE GENERAL.....	7	
ABREVIATURAS .....	9	
SIMBOLOGÍA .....	10	
ÍNDICE DE FIGURAS.....	11	
ÍNDICE DE TABLAS .....	12	
INTRODUCCIÓN .....	13	
<b>CAPÍTULO 1</b>		
1. EL CULTIVO DE ARROZ		
1.1 Origen y Distribución.....	14	
1.2 Taxonomía y Morfología.....	14	
1.3 Fases de crecimiento y Desarrollo.....	18	
1.4 Labores Culturales.....	18	
<b>CAPÍTULO 2</b>		
2. SILICIO .....		21
2. 1. Generalidades.....	21	
2. 2. Importancia del silicio.....	23	
2. 3. El silicio en la protección de las plantas.....	25	
2. 4. El silicio en la producción agrícola.....	29	
2. 5. Fertilizantes a base de silicio .....	32	
2. 6. Efecto del Silicio Contra Enfermedades.....	39	
<b>CAPÍTULO 3</b>		
3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA PLANTA DE ARROZ		
3, 1. Nutrientes que necesita la planta de arroz, sus funciones y los síntomas de su deficiencia.....	41	
3,1, 1. Nitrógeno .....	41	
3,1, 2. Fósforo .....	42	
3,1, 3. Potasio .....	42	
3,1, 4. Calcio .....	43	
3,1, 5. Magnesio .....	43	
3,1, 6. Azufre .....	43	
3,1, 7. Silicio .....	43	

3.2.	Absorción y distribución de los nutrientes a través de las diferentes etapas de desarrollo. ....	46
3.2.1.	Nitrógeno. ....	46
3.2.2.	Fósforo. ....	46
3.2.3.	Potasio. ....	47
3.2.4.	Calcio y Magnesio. ....	47
3.2.5.	Silicio. ....	48

#### **CAPÍTULO 4**

4.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	50
4.1.	Ubicación del ensayo.....	50
4.2.	Características agroecológicas de la zona. ....	51
4.3.	Delineamiento del experimento. ....	52
4.4.	Materiales usados. ....	52
4.4.1.	Material experimental .....	52
4.4.2.	Material de campo .....	52
4.4.3.	Material para la aplicación de producto .....	53
4.4.4.	Material para toma de datos .....	53
4.4.5.	Resultados y Discusiones.....	64
4.4.6.	Análisis Económico.....	76

#### **CAPÍTULO 5**

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1.	Conclusiones.....	77
5.2.	Recomendaciones.....	78

#### **BIBLIOGRAFÍA**

## SIMBOLOGÍA

Al .....	Aluminio
Ca.....	Calcio
CO2 .....	Dióxido de Carbono
Cm.....	Centímetros
CC .....	Centímetros Cúbicos
HR .....	Humedad Relativa
Ha.....	Hectárea
K.....	Potasio
Kg.....	Kilogramo
m .....	Metro
mm .....	Milímetro
Mg .....	Magnesio
N.....	Nitrógeno
N° .....	Número
O.....	Oxígeno
P .....	Fósforo
pH.....	Potencial de Hidrógeno
Si .....	Silicio
S.....	Azufre
T1 .....	Tratamiento 1
T2 .....	Tratamiento 2
T3 .....	Tratamiento 3
T4 .....	Tratamiento 4
T5 .....	Tratamiento 5
T6 .....	Tratamiento 6

°C ..... Grados Centígrados

## ÍNDICE DE FIGURAS

	PAG.
FIG. N° 1.....	21
FIG. N° 2.....	26
FIG. N° 3.....	31
FIG. N° 4.....	45
FIG. N° 5.....	48
FIG. N° 6.....	55
FIG. N° 7.....	56
FIG. N° 8.....	58
FIG. N° 9.....	59
FIG. N° 10.....	60
FIG. N° 11.....	62
FIG. N° 12.....	66
FIG. N° 13.....	69
FIG. N° 14.....	73
FIG. N° 15.....	75

## ÍNDICE DE TABLAS

	PAG.
TABLA N° 1 .....	34
TABLA. N° 2 .....	36
TABLA. N° 3 .....	51
TABLA. N° 4 .....	61
TABLA. N° 5 .....	61
TABLA. N° 6 .....	65
TABLA. N° 7 .....	67
TABLA. N° 8 .....	70
TABLA. N° 9 .....	74

## INTRODUCCIÓN

Con el presente trabajo se busca demostrar los beneficios que brinda el ácido monosilísico en la producción del cultivo del arroz y determinar la dosis más adecuada para la variedad INIAP 15 en la zona de Daule,

En el presente trabajo se recopilaron temas de importancia, relacionados a cultivo del arroz (Oriza sativa.), su manejo, requerimientos nutricionales en cada etapa fisiológica del cultivo, se presentan algunos puntos que pueden ayudar a planificar de una mejor manera nuestros programas de nutrición especialmente foliar, aumentando así los rendimientos; estas técnicas pueden ser utilizadas en el cultivo del arroz, sustituyendo parcial o totalmente los fertilizantes sintéticos que normalmente utilizamos, que elevan nuestros costos de producción y que han determinado impactos negativos al ambiente.

# CAPÍTULO 1

## 1. EL CULTIVO DEL ARROZ.

### 1.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10.000 años, en muchas regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Posiblemente sea la India el país donde se cultivó por primera vez el arroz debido a que en ella abundaban variedades silvestres. Pero el desarrollo del cultivo tuvo lugar en China, desde sus tierras bajas a sus tierras altas. Probablemente hubo varias rutas por las cuales se introdujeron los arroces de Asia a otras partes del mundo. (9)

### 1.2. TAXONOMÍA Y MORFOLOGÍA

#### TAXONOMÍA

El arroz (*Oryza sativa*) es una fanerógama, tipo espermatofita, subtipo angiosperma. (9)

Clase: Monocotiledónea.

Orden: Glumiflora.

Familia: Gramínea.

Subfamilia: Panicoideas

Tribu: Oryzae

Subtribu: Oryzineas

Género: Oriza.

Especie: sativa.

En la especie *Oriza sativa* L. Se consideran tres grupos o tipos de arroz: “Indica”, “Japónica” y “Javanica o bulú”. Su origen puede ser el resultado de las selecciones hechas en los procesos de domesticación de arroces silvestres, bajo diferentes ambientes. Los arroces “Indica” y “Japónica” fueron consideradas como subespecies de “*Oriza sativa* L.”, y ahora son consideradas como razas ecográficas. (5)

Las variedades tradicionales tipo “indica” cultivadas en los trópicos tienen como características su mayor altura, macollamiento denso, hojas largas e inclinadas de color verde pálido y grano de medio a largo, contenido alto de amilasa, lo cual da aspecto seco, blando y poco desintegrado en la cocción.

Los trabajos de mejoramiento han producido variedades de arroz tipo “indica”, de estatura corta macollamiento abundante y respuesta al nitrógeno produciendo rendimientos tan altos como los de “japónica”. (5)

## MORFOLOGÍA DEL ARROZ.

Los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos: órganos vegetativos y órganos reproductivos. (9)

### ÓRGANOS VEGETATIVOS.

**Raíces**: las raíces son delgadas, fibrosas y fasciculadas. Posee dos tipos de raíces: seminales, que se originan de la radícula y son de naturaleza temporal y las raíces adventicias secundarias, que tienen una libre ramificación y se forman a partir de los nudos inferiores del tallo joven. Estas últimas sustituyen a las raíces seminales. (9)

**Tallo**: La planta de arroz es una gramínea anual y el tallo se forma de nudos y entrenudos alternados, siendo cilíndrico, nudoso, glabro y de 60-120 cm. de longitud; los entrenudos de la base no se elongan lo cual hace que la base del tallo sea sólida. Los entrenudos superiores se prolongan de forma creciente a fin de llevar la inflorescencia sobre la planta, el último entrenudo (pedúnculo) termina en el nudo ciliar de donde continua la panícula. (9)

Los hijos se desarrollan en orden alterno en el tallo principal, de estos se originan los hijos secundarios, estos producen hijos terciarios, el conjunto de hijos forma el macollo característico de la especie. (9)

**Hojas**: en cada nudo del tallo se desarrolla una hoja, la superior que se encuentra debajo de la panícula se la denomina hoja bandera y es más corta y ancha que las demás. (9)

En una hoja completa se distinguen la vaina, el cuello y la lamina; en el cuello se encuentra la lígula y las aurículas que son dos estructuras que fijan la hoja alrededor del tallo a manera de protección. (9)

#### ÓRGANOS REPRODUCTIVOS.

**Espiguillas**: las espiguillas en la planta de arroz están agrupadas en una inflorescencia denominada panícula, que está ubicada en el nudo apical del tallo. La base de la panícula se denomina cuello; una espiguilla consta de dos lemas (glumas rudimentarias), la florecilla y la raquilla. La florecilla consta de dos bracteadas o glumas florales (la lema y la palea) de seis estambres y un pistilo. (9)

**Semilla**: el grano de arroz es un ovario maduro, seco e indehiscente; consta de la cáscara, formada por la lema y la palea; el embrión situado en el lado ventral cerca de la lema, y el endosperma que provee de alimento al embrión durante la germinación, el fruto del arroz es una cariósida. (9)

### 1.3. FASES DE CRECIMIENTO Y DESARROLLO

El crecimiento de la planta de arroz es un proceso fisiológico continuo que comprende desde la germinación hasta la maduración del grano. El desarrollo de la planta de arroz es un proceso de cambios fisiológicos y morfológicos que tienen lugar en la planta y modifica su funcionamiento. (5)

El crecimiento y desarrollo de la planta de arroz se divide en las siguientes fases: (5)

**Vegetativa**: Comprende desde la germinación de la semilla hasta la iniciación de la panícula.

**Reproductiva**: Comprende desde la iniciación de la panícula hasta la floración.

**Maduración**: comprende desde la floración hasta la madurez total de los órganos, es de anotar que en medios ambientes tropicales la fase reproductiva tiene un periodo de 20 días y la maduración un periodo de 30 a 35 días.

### 1.4. LABORES CULTURALES.

#### PREPARACIÓN DE SUELO.

La preparación de suelo se la realiza en condiciones de terreno seco e inundado. Para la primera se usan labores solas o combinadas de arado

rastra o romeplow, y para la segunda se usan a mas de las mencionadas las labores de fanguero que consiste en batir el suelo previamente inundado con un tractor provisto de una canastas de hierro que reemplazan las llantas tradicionales; también son utilizados los motocultores. (9)

#### FERTILIZACIÓN.

La planta de arroz como todas las plantas cultivadas necesitan para su crecimiento y nutrición, de una disponibilidad adecuada y oportuna de nutrientes suministrados principalmente por el suelo y el follaje. (13)

La producción en este y todos los cultivos está determinada por esta disponibilidad. Todos y cada uno de los nutrientes juega un papel importante y específico en el metabolismo vegetal (ley de la esencialidad), ninguno puede ser reemplazado por otro, de modo que no importa si una planta dispone de todos y solo uno está en cantidades deficientes, será este quien determine el crecimiento y producción (ley del mínimo). (13)

#### RIEGO.

El agua es el elemento que determinara la actividad en el suelo y debe ser proporcionada en forma oportuna. (9)

En un cultivo normal los requisitos de riego varían por las condiciones climáticas, físicas del suelo, el manejo del cultivo y el periodo vegetativo de la variedad. (9)

En cuanto a las variedades y su requerimiento de agua, es obvio que los procesos o variedades de 120 días necesitaran menos agua que los procesos de 140 días reduciendo así los costos de agua. (5)

En resumen la disponibilidad de agua en este cultivo debe ser permanente en sus fases críticas que va desde la germinación de la semilla, en su periodo vegetativo hasta la fase del llenado del grano. (9)

# CAPÍTULO 2

## 2. SILICIO

### 2.1. GENERALIDADES

En los últimos años el interés por estudiar el papel del silicio (Si) en los organismos vivos ha aumentado dada su abundancia en la corteza terrestre, el silicio (Si) es el segundo elemento más abundante en la litosfera (27,7%), solo detrás del oxígeno (47.4%). Los compuestos de silicio constituyen más del 60%, de los compuestos del suelo. (6) (11)

**Figura N° 1: Minerales en la corteza primaria.**



**Fuente:** Edgar Quero, silicio en la producción agrícola.

El silicio es un elemento químico metaloide o semimetálico cuyo símbolo es "Si" su número atómico es 14, pertenece al grupo 14 (IVA) de la tabla

periódica de los elementos y forma parte de la familia de los carbonoides. Se combina con el Oxígeno y forma silicatos insolubles en agua, o redes de polímeros de dióxido de silicio (cuarzo). Como dióxido presenta varias formas de cuarzo: Cristal de roca, Amatista, Cuarzo ahumado, Cuarzo rosa, y cuarzo lechoso, también encontramos que la arena es en gran parte dióxido de silicio. La mayor parte de rocas comunes excepto calizas, contienen silicio en su estructura. (6)

El dióxido de silicio (sílice),  $\text{SiO}_2$  se asocia con otros elementos, por ejemplo con potasio y sodio, formando silicatos de potasio y sodio solubles en agua. (17)

El silicio está presente en las plantas superiores en cantidades equivalentes a los macro nutrientes como el Ca, Mg y P. especialmente en las gramíneas el Si se acumula en cantidades mayores que cualquier otro elemento inorgánico salvo en algunas especies de algas. (2), (4)

A pesar de todo esto el silicio no es considerado como un elemento esencial para las plantas, lo que ha hecho que este elemento no sea incluido en las formulaciones de uso rutinario, además de no estar incluido en muchas investigaciones de fisiología vegetal. A pesar de todo esto existen ya evidencias de que las plantas en las que existe carencia de silicio frecuentemente son más débiles y su crecimiento, desarrollo,

viabilidad y reproducción es anormal, son más susceptibles al estrés abióticos, como toxicidad por metales, fácilmente invadidos por microorganismos patógenos, insectos fitófagos y mamíferos herbívoros, todo esto se puede ver en plantas que crecen en suelos deficientes en silicio como lo afirman algunos autores. (4) (17)

Por todo lo visto deducimos que el silicio tiene gran importancia en las plantas, así como en los suelos.

## 2.2. IMPORTANCIA DEL SILICIO

El silicio es uno de los elementos más abundantes en las plantas superiores, sin embargo, está incluido en un número limitado de publicaciones agrícolas, esto se debe a que en los años 80, desarrolladores de técnicas de cultivo concluyeron que el silicio no necesita ser incluido en las formulaciones de nutrientes por no tener influencia determinante en el crecimiento vegetal. Contrastando con esas conclusiones existen grupos de botánicos, agrónomos, horticultores y patólogos vegetales que han realizado profundas investigaciones en fisiología vegetal, ellas muestran que el silicio mejora la retención de agua en los tejidos, reduce el daño oxidativo a las membranas causado por exceso de iones, entre otras efectos benéficos que hacen que este

elemento tome cada vez más importancia dentro del campo agrícola vegetal. (17)

Promueve la rigidez y elasticidad de la pared celular al ser un elemento estructural en las células y tejidos vegetales, que es donde generalmente es acumulado para mejorar el crecimiento y fertilidad. (6)

Agentes abióticos como temperatura, agua, o CO<sub>2</sub> disuelto en el agua como ácido Carbónico, actúan sobre los materiales arcillosos del suelo liberando ácido Silícico al mismo tiempo que son liberados minerales arcillosos que se asocian al silicio y forman silicatos de calcio, magnesio, potasio, zinc, hierro, aumentando en gran medida la capacidad de intercambio catiónico del suelo, contribuyendo esto a que el pH se torne básico 7.5 a 8.5, dando las condiciones para que el suelo sea altamente productivo. (2) (4)

El silicio en el suelo es directamente afectado por el uso intensivo del mismo, la explotación intensiva de los suelos reduce en gran medida los niveles de silicio de los mismos, la extracción de silicio de los suelos por

cada cosecha esta en un promedio de 40 a 300 kg/Ha, esto causa el aumento del aluminio y por ende un suelo mas acido. (6)

El silicio se combina con el aluminio, magnesio, calcio, potasio o hierro, formando silicatos. Lo encontramos en las aguas naturales en forma de compuestos y en las plantas formando tejidos de resistencia y esqueléticos. (2)

### 2.3. EL SILICIO EN LA PROTECCIÓN DE LAS PLANTAS

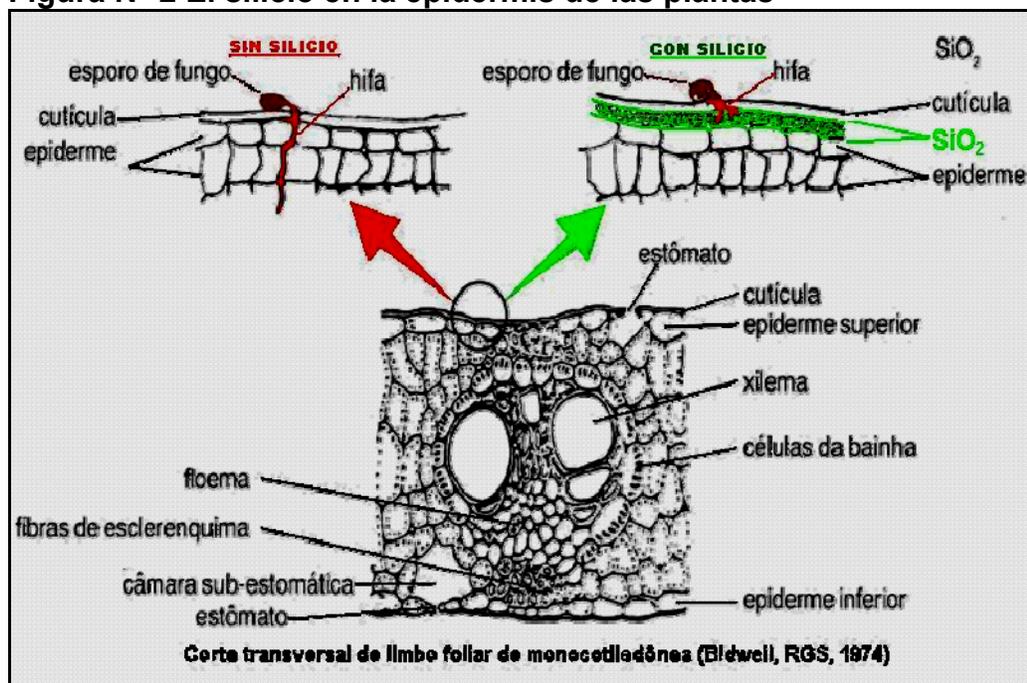
El silicio tiene una acción dinámica en la relación suelo-agua-planta, este elemento es removido del suelo en grandes cantidades, este se encuentra presente en forma soluble y solida dentro de los tejidos de las plantas, especialmente en las células que forman el tejido tegumentario. El tejido tegumentario comprende el tejido epidérmico y suberoso. (6)

El tejido epidérmico recubre todos los órganos de la planta (hojas, tallos, raíz y frutos), a excepción de meristemas apicales y el extremo de la raíz, es el encargado de regular la transpiración y el intercambio de gases, almacena agua, productos del metabolismo y protege de las acciones

mecánicas exteriores, esto es gracias a la secreción de celulosa, calcio y silicio. El Silicio forma agregados insolubles (fitolitos) y solubles (polímeros del ácido ortosilícico), entrelazados con la celulosa y componentes de la pared celular, haciéndolas resistentes y flexibles, el tejido epidérmico está recubierto de la cutina o cutícula que es una capa externa impermeable, translúcida y que protege a la planta de las acciones del agua, del aire y de microorganismos. (6) (17)

El Silicio se acumula en la epidermis y se asocia con la pectina e iones de calcio, endureciendo el tejido y protegiendo así el ingreso de patógenos a la planta.

**Figura N° 2 El silicio en la epidermis de las plantas**



**Autor: Vladimir V. Matichenkov (6)**

Otra parte del tejido epidérmico son los estomas los cuales están formados por células llamadas células guarda u oclusivas. Los estomas son los encargados del intercambio de gases del interior de la planta y el exterior, regulando la respiración y la fotosíntesis, y sirven también para eliminar el exceso de agua y minerales (glutación), estos estomas se encuentran generalmente debajo de la hoja. (2)

También en la epidermis se forman los tricomas o pelos en las hojas, tallos, flores, frutos y raíces. Los tricomas radiculares absorben agua y nutrientes del suelo.

La densidad de estomas y tricomas en la planta está directamente ligada a las condiciones del medio ambiente y la disponibilidad de nutrientes, especialmente de silicio, calcio, potasio y magnesio. (17)

El tejido suberoso aparece en reemplazo del tejido epidérmico cuando los órganos empiezan a crecer en grosor, este tejido también se conoce con el nombre de corcho, también forman parte de la protección de los tejidos contra la pérdida de agua y ataque biótico. (17)

El grupo de células de la epidermis que participa activamente en la protección de los tejidos de la planta contra agentes abióticos y bióticos son los tricomas, sus características morfológicas y mecánicas (densidad, tamaño, textura superficial, forma, orientación) pueden influir la respuesta fisiología y ecológica de las plantas, estos son de gran importancia en la protección de la planta, su densidad y tamaño está influenciado por la disponibilidad de silicio en el medio en el que se desarrolla. (17)

Los tricomas glandulares a través de la liberación de compuestos fitoquímicos permiten la resistencia y tolerancia de las plantas al ataque de agentes bióticos, esto permite el control biológico de plagas y enfermedades, ya que la acción de las sustancias liberadas, actúan como repelentes, insecticidas, fungicidas, alelo-químicos, así como también participan en la percepción de estímulos, que mejoran la protección y adaptación de los vegetales. (17)

Los tricomas glandulares, están constituidos por silicio entre 1 y 30%, y dependiendo de la densidad participan en el contenido total de silicio en la hoja con un 50 a 80%. (4)

La densidad y actividad de los tricomas, de follaje y raíz, en los cultivos agrícolas, es una importante herramienta para el control y combate de diversas plagas, como: áfidos o pulgones, ácaros, mosca blanca, gusanos

de hoja y fruto, chinches, chicharritas, que se presentan en cultivos de papa, frijol, jitomate, chile, arroz, maíz, alfalfa, avena, caña de azúcar, calabacitas, entre otros.

Por lo anterior la nutrición con silicio es vital y puede ser limitante para el manejo sustentable con calidad y sanidad de cultivos agrícolas y sus cosechas. (4)

#### 2.4. EL SILICIO EN LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA.

El ácido monosilícico ( $H_4SiO_4$ ), es la forma en que el Silicio es absorbido por las plantas, este ácido Monosilícico reacciona con los Fosfatos insolubles de Al, Fe, Mn y Ca, formándose silicatos de cada uno de ellos liberando el ión Ortofosfato para ser absorbido por las plantas, el Silicio neutraliza mejor la toxicidad del Al en suelos ácidos , desafortunadamente la aplicación de cal fija el P y transforma el P-disponible en no disponible para la planta, siendo la aplicación del Silicio además de la anterior función, liberadora del P. El Silicio aumenta la nutrición de P en las plantas de un 40 a 60% sin la aplicación de fuentes fosfatadas e incrementa la eficiencia de la aplicación de roca fosfórica de un 100 a 200%, previniendo la transformación del P en compuestos inmóviles. (6)

El Silicio como mejorador del suelo puede reducir la lixiviación de los nutrientes en los suelos arenosos, especialmente N y K, guardándolos en una forma disponible para la planta. (6)

El silicio constituye entre el 0,1 y el 10 % del peso seco de las plantas superiores, en comparación con el calcio que está en valores que van desde el 0,1 al 0,6% y el azufre de 0,1 a 1,5%. (17)

La planta de arroz acumula hasta el 10% y en general las monocotiledóneas acumulan más silicio que las dicotiledóneas aunque pueden darse diferencias incluso a nivel de variedad. (12)

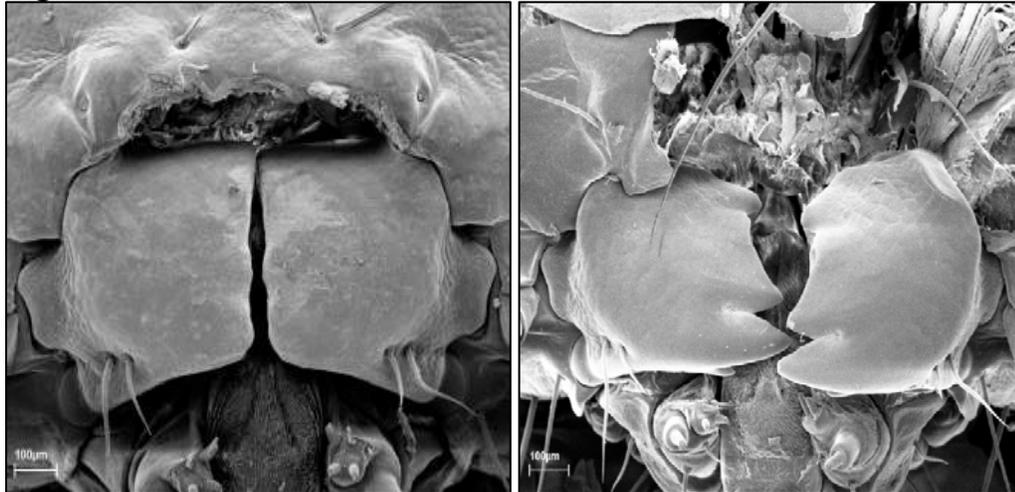
Los fisiólogos vegetales no consideraban al silicio como un elemento esencial pero los reportes dan muestra de que la presencia de este beneficia a los cultivos, por inducción de resistencia y protección contra diversos factores ambientales bióticos y abióticos. (17)

En los casos de aumento de resistencia al ataque de patógenos e insectos, es atribuido a la acumulación de silicio en las paredes celulares de la epidermis, lo cual se convierte en una barrera mecánica que no permite la fácil alimentación de las plagas, cuando el insecto devora las hojas de maíz en un suelo remineralizado, es decir, donde se aplicaron minerales ricos en silicio (MPASi), sus mandíbulas se deterioran, dificultando su alimentación ya que prácticamente comen "vidrio". Esto permite su control

y realizar mejoras en las condiciones de desarrollo del cultivo, lo cual se refleja en un incremento de rendimientos. (6) (17)

A continuación se puede observar en una foto tomada en experimentos con silicio en caña de azúcar, la diferencia en las mandíbulas de una plaga que ataco al cultivo sin silicio y otra que ataco al cultivo con silicio.

**Figura N° 3: Mandíbulas de larvas alimentadas con Caña de Azúcar**



Mandíbulas de larvas de *Eldana saccharina* alimentadas con caña de azúcar con *Si* (derecha) y sin *Si* (izquierda). *Olivia Kvedaras, 2005.*

Los beneficios logrados han fomentado la fertilización de los cultivos con silicatos, actualmente la aplicación de fertilizantes con Silicio es común en países asiáticos como Japón y Korea, gracias a los beneficios que han encontrado en aplicaciones de este elemento, también en Brasil, Australia, Sudáfrica e India se encuentra documentación sobre la fertilización con

silicio y su aumento en producción en caña de azúcar y también ahora en Ecuador ya se pueden encontrar varias tesis donde se incluye la fertilización con silicio en banano y arroz. (6)

## 2.5. FERTILIZANTES A BASE DE SILICIO

Los fertilizantes de silicio tienen doble función en el sistema suelo planta, este mejora e incrementa la resistencia de la planta al estrés abiótico (alta y baja temperatura, viento, alta concentración de sales y metales pesados, hidrocarburos, Aluminio (Al), etc.) y biótico (insectos, hongos, enfermedades), controla el desarrollo del sistema radicular, la asimilación y distribución de nutrientes minerales. (6)

### ZEOLITA

Las Zeolitas no son un fertilizante propiamente dicho, pero se utilizan sus propiedades físicas de asociación con otros fertilizantes para aumentar la eficacia en la fertilización evitando o disminuyendo las pérdidas. El origen del nombre zeolita se deriva de dos palabras griegas, zeo: que ebulle, y lithos: piedra. Es una roca compuesta de aluminio, silicio y oxígeno. Se halla en una variedad de regiones del mundo donde la actividad volcánica prehistórica ocurrió cerca del agua o donde el agua ha estado presente por

milenios desde las erupciones. El término zeolita fue utilizado inicialmente para designar a una familia de minerales naturales que presentaban como propiedad particular el intercambio de iones. Esta propiedad hace que al aplicarla con fertilizantes sintéticos, atrape las emanaciones de nitrógeno y otros elementos que normalmente se produce.

Además permite retener el agua en los suelos. Éstos quedan esponjosos y se reduce significativamente la frecuencia de riego, fijan con eficiencia los fertilizantes y lo entregan a las raíces de las plantas en la medida de las necesidades. En conclusión, mantiene la fertilidad y aumenta la producción de las plantas. Es capaz de aumentar la capacidad de intercambio catiónico del suelo gracias a su dinámica en el intercambio de iones.

### **FOSSIL SHELL AGRO**

FOSSIL es un fertilizante con una altísima concentración de silicio en la forma de oxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), es un fertilizante Mineral, 100% natural para toda clase de cultivos es un tipo especial de micro algas fosilizadas de aguas dulces con un alto nivel de pureza. Posee más de 14 minerales y micro elementos muy importantes y básicos en el desarrollo nutricional de las plantas. (18)

**Tabla N°1: Elementos contenidos en el Fisil.**

<b>Elemento</b>	<b>Contenido</b>
Aluminio (Al)	3,650%
Boro (B)	0,160%
Calcio (Ca)	1,100%
% CaO (del % de Ca)	0,55
Cloruros	0,074%
Cobre (Cu)	0,020%
Estroncio (Sr)	0,010%
Fosforo (P)	0,040%
*Galio	0,002%
Hierro (Fe)	2,700%
Magnesio (Mg)	0,500%
% MgO (del % de Mg)	0,34
Manganeso (Mn)	0,200%
Potasio (K)	0,300%
Sílice (como SiO <sub>2</sub> )	86,400%
Sodio (Na)	0,600%
Sulfatos y Sulfuros	0,062%
*Titanio (Ti)	0,200%
*Vanadio (V)	0,004%
Zinc (Zn)	0,002%

\*El Galio, Titanio y Vanadio, son elementos de poca presencia en los suelos, sin embargo son esenciales para estimular el desarrollo foliar de las plantas.

Fuente: Empresa Mundo Verde

## PROPIEDADES

FOSSIL SHELL AGRO, fortalece y estimula el crecimiento de las plantas, sus múltiples minerales y micro elementos favorecen la rápida absorción

de los mismos. Además posee un efecto fungicida, impidiendo la formación de mohos y carbones en las plantas. (18)

APLICACIÓN, Aplique una vez por mes. Mezcle 1 a 2 Kg en 200 litros de agua y aplique. Para mayor adherencia del producto en las plantas agregue 100 gr de detergente suave (por 200 lt de mezcla). El éxito depende en cubrir uniformemente toda la hoja (haz y envés). (18)

#### DOSIFICACIÓN

FOLIAR: 1 a 2 kg por cada hectárea mensualmente. (En avioneta 0,5 kg x ha)

DOSIS EDAFICA: Incorporar al suelo 10 – 12 kg por hectárea una vez por ciclo.

#### PRECAUCIONES GENERALES

- El producto debe mantenerse almacenado en un lugar fresco y seco;
- Mantenga el envase cerrado.
- Es compatible con cualquier producto Agrícola(18)

#### **GARDEN, PLANTS & FIELD**

##### DATOS GENERALES

Garden, Plants & Field es un insecticida a base de silicio cristalizado, el cual actúa adhiriéndose a los insectos impidiendo su motilidad y evita su

alimentación, es especialmente recomendado para CULTIVOS ORGÁNICOS o para agricultura convencional, por su propiedades de eliminar insectos por acción física. Puede controlar toda clase de plagas. También es excelente en plantas de interiores, como en jardines, plantas ornamentales e invernaderos. Garden, Plants & Field, está formado en su mayoría por cristales silíceos (con tienen micronutrientes), por lo que además de eliminar los vectores-plagas externamente, puede suplir carencias nutricionales en los cultivos. (18)

#### CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO

**Tabla N°2: Composición del Garden, plants & field**

<b><i>Ingrediente activo</i></b>	<b>%</b>
Extracto de crisantemo.....	0.1%
Extracto de Sassafra.....	1.0%
Cristales silíceos.....	88.5%
Ingredientes Inertes.....	10.4%
<b>Total</b>	<b>100%</b>
EPA Registration No. 67197-6	
EPA Establishment No. 33691-AZ-1	
Pforzheim (Alemania)	
SENASA (Argentina)	

Fuente: Empresa Mundo Verde

#### PROPIEDADES

Garden, Plants & Field, presenta efectividad comprobada sobre pulgones, moscas blancas, chinches, larvas de lepidópteros, langostas, tucuras, hormigas, larvas de himenópteros etc. Su utilización resulta muy segura

para con las abejas, dado que por su pilosidad éstas se mantienen a resguardo del polvo. Garden, Plants & Field, elimina los insectos físicamente, afectando el exoesqueleto del insecto, al desgastar la capa de cera que lo cubre, comienzan a secarse sus órganos digestivos, causando la muerte por deshidratación, en un periodo corto. Además contiene, extractos de la flor de crisantemo y del árbol de sasafrás, respectivamente, lo cual permite lograr un efecto residual del producto. (18)

#### USOS

En los vegetales, cumple un doble propósito: curar y nutrir. Además de su efecto insecticida, Garden, Plants & Field aporta una gran riqueza en minerales y micro minerales u oligoelementos. Estas sustancias son vitales para el metabolismo de los tejidos, pero generalmente están ausentes en suelos empobrecidos o agotados. Estos micronutrientes penetran en el plasma de la planta, circulando por su sabia. (18)

#### DOSIFICACIÓN

Aplicaciones Secas: El objetivo es lograr una cobertura total de la planta, especialmente el envés de la hoja. En plantas jóvenes o pequeñas 0,5 kg x ha puede ser suficiente. En plantaciones de mayor tamaño, puede ser necesario incrementar la dosis hasta 1,5 o 2 kg x ha. La examinación de las hojas determinará la correcta aplicación y cobertura. (18)

Aplicador: Un aplicador de polvo es esencial y debe ser equipado con boquillas electrónicas, las cuales ponen una carga negativa en las partículas. Las plantas, al tener carga positiva, atraen el polvo permitiendo una mejor cobertura y ahorro del producto. (18)

Aplicación Húmeda: Los mismos rangos se aplican por hectárea. El añadir agua es simplemente como un vehículo para transportar el producto a la planta por medio de los equipos existentes. (18)

Instrucciones de mezcla: El objetivo es obtener una solución que pueda fluir fácilmente a través de la boquilla, manteniendo los rangos de aplicación por hectárea. Es importante recordar que el envés de la hoja debe de ser totalmente cubierto. También se puede diluir en agua al 1 %, es decir 1 parte de Garden, Plants & Field y 99 de agua. Se agita bien la mezcla y se aplica con un pulverizador común sobre troncos, tallos y hojas, para lograr eliminar los insectos y suplir carencias de micro-elementos en tierras pobres de minerales. (18)

## 2.6. EFECTO DEL SILICIO CONTRA ENFERMEDADES

Los mecanismos de defensa en las plantas, se pueden presentar como respuestas pasivas celular o histológico, por la acumulación de ciertos materiales que actúan como inductores de resistencia. la RSI (Resistencia Sistémica Inducida), ocurre cuando los mecanismos de defensa en la

planta son estimulados y actúan para resistir la infección causada por patógenos, Mientras que, en el caso de la RSA (Resistencia Sistémica Adquirida), en el momento en que se da una infección localizada y la mediación activa de un inductor hace que las células del hospedante enciendan el ciclo que desencadenan uno o varios mecanismos de defensa contra ese patógeno, esta resulta de la aplicación exógena de diferentes sustancias activadoras, tales como: el ácido salicílico.

Los cultivos que extraen silicio con mayor intensidad son las gramíneas, que tienen además una alta eficiencia fotosintética. En la planta del arroz el silicio aumenta la resistencia al ataque de hongos y aumenta el rendimiento del cultivo. Así mismo, se ha observado que los silicatos disminuyen la toxicidad por hierro y manganeso en los cultivos. El Silicio es un agente fortificador en células vegetales y las plantas que reciben silicio son menos susceptibles a problemas sanitarios. Silicio cumple una importante función en la integridad estructural, contribuye a las propiedades mecánicas de las células incluyendo rigidez y elasticidad. Los beneficios de las aplicaciones de silicio en sus diferentes formas a los cultivos, especialmente de arroz, caña de azúcar y banano, han desatado en el agricultor ecuatoriano un gran interés por comprobar estos beneficios, los efectos reportados en el control de Sigatoka Negra en banano en

experimentos realizados por el CIBE en la ESPOL a nivel de invernadero y en campo, son muy alentadores, los ciclos de aplicaciones para el control del agente causal se han podido alargar de 15 a 30 días en haciendas como la Hda. Bananera “Dolores” localizada en la parroquia Antonio Sotomayor del Cantón Vinces, provincia de Los Ríos. (2) (4) (16) (17)

El rol de Silicio en las paredes celulares parece ser análogos a la lignina como un elemento de resistencia y mayor rigidez para la sustitución del agua entre las microfibrillas y otros componentes de carbohidratos en las paredes de las células no lignificadas. Se considera que el efecto de silicio en la resistencia de la planta a las enfermedades es debido a la acumulación del silicio absorbido en el tejido epidérmico o expresión de pathogenesis - inducido en la respuesta de defensa del hospedero. (2) (4) (16) (17)

# CAPÍTULO 3

## 3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA PLANTA DE ARROZ

### 3.1. NUTRIENTES QUE NECESITA LA PLANTA DE ARROZ, SUS FUNCIONES Y LOS SÍNTOMAS DE SU DEFICIENCIA.

Como ya se ha mencionado, la planta de arroz como todas las plantas cultivadas requiere disponibilidad de nutrientes en el suelo. La planta de arroz específicamente absorbe o se nutre entre otros de los siguientes elementos:

#### 3.1.1. NITRÓGENO (N)

Es un componente de las proteínas las que su vez son constituyentes del protoplasma, cloroplastos y enzimas. Participa activamente en la fotosíntesis y promueve la expansión de la lamina foliar.

Las plantas con deficiencia de nitrógeno son raquíticas y con pocos macollos con excepción de las hojas jóvenes que son verdes, las demás son angostas, cortas, erectas y amarillentas. (8)(11)

Las hojas inferiores presentan secamiento del ápice a la base.

### 3.1.2. FÓSFORO (P):

Interviene en el metabolismo de los carbohidratos, grasas y proteínas.

Como fosfato inorgánico, es un compuesto rico en energía y como una coenzima está directamente involucrado en la fotosíntesis.

Las plantas con deficiencia de fósforo son raquílicas y con escaso macollamiento, las hojas jóvenes son angostas, cortas, erectas y de un color verde oscuro. Las hojas jóvenes son sanas mientras que las inferiores se tornan de color marrón y mueren, también pueden desarrollar un color púrpura y rojizo. (8)(11)

### 3.1.3. POTASIO (K):

Funciona en la apertura y cierre de los estomas, tiene que ver con el control de la difusión del gas carbónico en los tejidos verdes. Es esencial en la actividad de las enzimas.

La deficiencia del potasio reduce el macollamiento y las plantas pueden sufrir de raquitismo moderado. A medida que las plantas crecen las hojas inferiores toman un color verde amarillento entre las venas y se inclinan.

Con el tiempo las hojas inferiores se tornan de color marrón y la coloración amarillenta pasa a las hojas superiores. (8)(11)

#### 3.1.4. CALCIO (Ca):

Forma parte de las paredes celulares y es necesario para la división de las células. La deficiencia de calcio afecta muy poco la apariencia exterior de la planta, excepto cuando es aguda en cuyo caso el punto de crecimiento de las hojas superiores se torna blanco, enrollado y encrespado; la planta es raquítica y los puntos de crecimiento mueren. (8)(11)

#### 3.1.5. MAGNESIO (Mg):

Es componente de la molécula de clorofila, la deficiencia afecta la altura y el macollamiento. Las hojas son flácidas y se doblan debido a la expansión del ángulo entre la lamina foliar y la vaina, presentan clorosis intervenla en las hojas inferiores. (8)(11)

#### 3.1.6. AZUFRE (S):

Es la parte de las proteínas y se requiere para la síntesis de las vitaminas. La deficiencia del azufre es similar a la del nitrógeno, produciendo amarillamiento total de las plantas. (8)(11)

#### 3.1.7. SILICIO (Si):

El silicio no es clasificado como un elemento esencial. Sin embargo, un buen cultivo de arroz toma del terreno 1 000 - 1 200 kg/ha de

óxido de silicio. Los silicatos se encuentran en la paja, la cáscara del grano y en los granos. El silicio tiene varias funciones en el crecimiento de la planta de arroz:

Una buena absorción de silicio protege las plantas contra la infección de hongos e insectos y una buena capa cuticular de sílice sirve como una barrera contra hongos, insectos y ácaros. (2)(6)(17)

Una mayor absorción de silicio mantiene las hojas erectas y, por lo tanto, promueve una mejor fotosíntesis en los distintos doseles de hojas y, consecuentemente, mejora los rendimientos. (6)

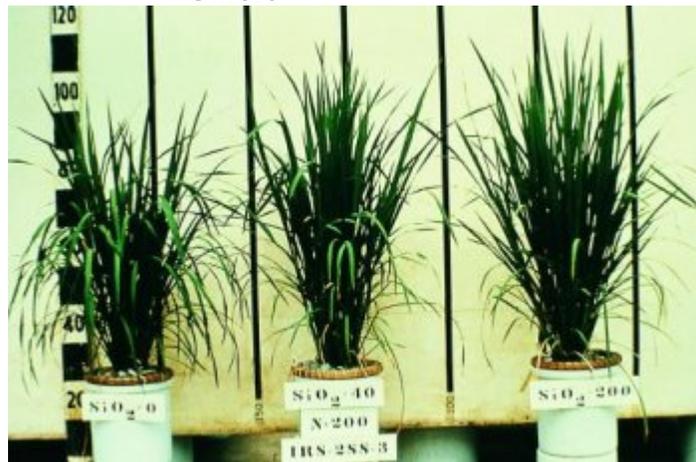
Un aumento de la absorción de silicio disminuye las pérdidas por transpiración. (17)

Un aumento de la absorción de silicio fortalece el poder oxidante de las raíces del arroz y disminuye una excesiva absorción de hierro y manganeso. (17)

En las células y tejidos vegetales es un elemento estructural que contribuye a las propiedades mecánicas de la pared celular (rigidez y elasticidad); muchas plantas acumulan silicio en sus tejidos mejorando su crecimiento y fertilidad. (17)

Las plantas con deficiencia en silicio son quebradizas y susceptibles a enfermedades fúngicas. La toxicidad por metales pesados puede ser disminuida por el silicio.

**Figura N° 4: Plantas de arroz con deficiencia de Silicio**



Hojas caídas en plantas con deficiencia de Si (izquierda), comparada con plantas normales de arroz (derecha).

Fuente: International Plant Nutrition Institute.

### 3.2. ABSORCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LOS NUTRIENTES A TRAVÉS DE LAS DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO.

#### 3.2.1. NITRÓGENO (N).

La planta de arroz necesita asimilar nitrógeno durante todo su ciclo o periodo vegetativo, pero existen dos etapas de mayor exigencia: la de macollamiento y al inicio de la formación de la panícula.

Al momento de la floración el nitrógeno tomado por la planta se encuentra almacenado en la lámina y vainas de las hojas, de allí se trastoca hacia el grano. Cerca de la mitad del nitrógeno almacenado va a los granos; el otro 50 % es absorbido después de la floración.

(8)(11)

#### 3.2.2. FÓSFORO (P).

Es absorbido rápidamente por la planta de arroz desde la etapa de plántula y alcanza su acumulación máxima en la época de floración; durante el periodo de maduración el índice de absorción es bajo.

Cierta cantidad de fósforo se acumula en las raíces y en las vainas de las hojas del arroz hasta la iniciación de la panícula; y, a medida que

el tallo se elonga, una cantidad considerable circula por el hasta la etapa de floración.

Posteriormente el fósforo es rápidamente traslocado a los granos que acumulan un 75% de fósforo absorbido, solamente el 15 % o menos permanece en la paja. (8)(11)

### 3.2.3. POTASIO (K):

El potasio es absorbido de acuerdo con el crecimiento de la planta hasta el final de la etapa lechosa y luego decrece. Este elemento se acumula en las partes vegetativas donde sirve para su formación y permanece en el tallo hasta la cosecha.

Alrededor del 90% del potasio absorbido del suelo y/o del fertilizante permanece en la paja. (8)(11)

### 3.2.4. CALCIO (Ca) Y MAGNESIO (Mg):

La absorción del calcio aumenta después de la floración mientras que la del magnesio continúa lentamente.

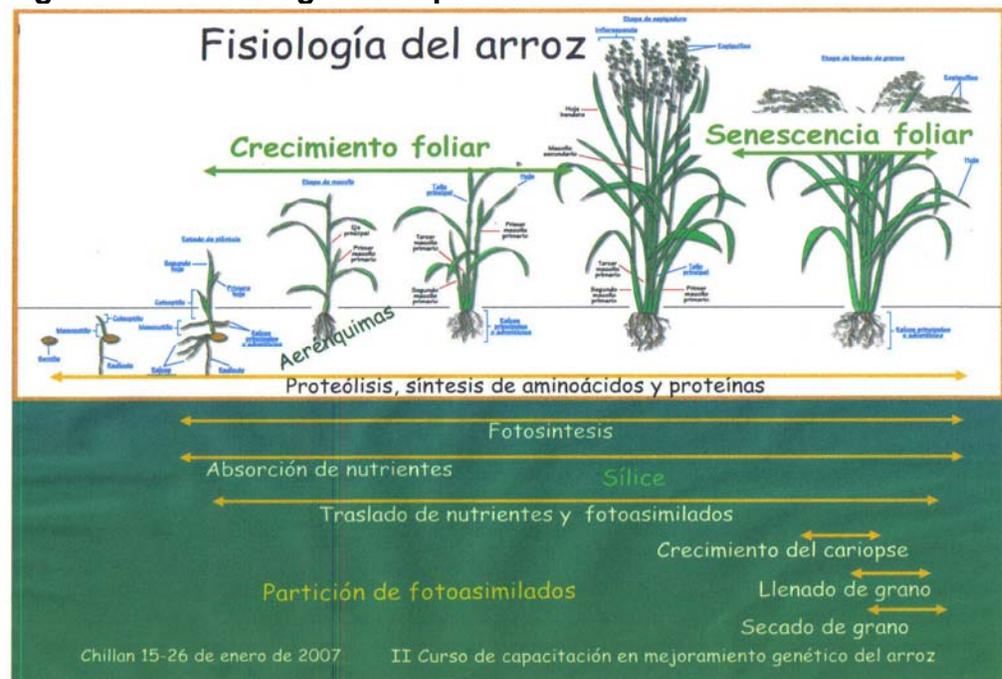
Es muy poco el calcio que se trastoca de las hojas a la panícula, el aumento de la cantidad de calcio en las plantas después de la

floración se debe a que el calcio absorbido del suelo va directamente a la panícula.

La absorción del magnesio se inicia en la etapa de plántula, la tasa de absorción es baja hasta la formación del primordio floral y es alta desde esta etapa hasta la floración. (8)(11)

### 3.2.5. SILICIO.

**Figura N° 5: Fisiología de la planta de Arroz.**



Fuente: II Curso de capacitación en mejoramiento genético del arroz, Chillan 15-26 de enero de 2007

Como podemos ver en la figura, el silicio está presente en la planta o es utilizado por ella desde el estado de plántula hasta el final de su periodo. Esto se debe a que el silicio aparte de tener beneficios

propios, favorece muchos procesos en las plantas durante casi todo su desarrollo, entre ellos tenemos Incrementa fotosíntesis, reduce el consumo de agua, favorece las posición erecta de las hojas, reduce efectos de toxicidad de algunos nutrientes por excesiva absorción, entre ellos el aluminio y el hierro. (8)

# CAPÍTULO 4

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

El ensayo se realizó en el recinto Rinconada perteneciente al Cantón Daule de la provincia del Guayas. Con los siguientes datos de ubicación geográfica:

Latitud: 1'846.400° s

Longitud: 79,998° oeste.

Altitud: 35,5 msnm.

El sistema de riego que se utiliza en los predios es por inundación, tomando el agua del río Daule, el predio está nivelado, los suelos son de característica arcillosa (Ver Anexo N° 6).

#### 4.2. CARACTERÍSTICAS AGROECOLÓGICAS DE LA ZONA.

El cantón Daule por su ubicación geográfica según Holdrich se encuentra en la clasificación de Bosque Seco Tropical que se extiende en sentido altitudinal desde el nivel del mar hasta los 300 m y tiene clima *tropical de sabana*.

Su altitud Varía de 0 a 120 metros sobre el nivel del mar la humedad relativa es del 75%, tiene de 4 a 8 meses secos al año. El periodo de precipitaciones más importante es desde enero-abril. Los meses sin precipitación son desde mayo a diciembre, el promedio anual de precipitación fluctúa entre los 1.000 a 2.000 mm La topografía es de tipo irregular donde las pendientes van de 2 a 3%, mientras su temperatura oscila entre 24 y 26°C, en verano es de 25.4° C y en invierno es de 26°C. (Tabla N°3)

**Tabla N° 3: Rangos de Temperatura, precipitación y humedad relativa del cantón Daule.**

Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Promedio
Precipitación	mm	1.000 a 2000	1250
Temperatura	°C	24Ver - 26Inv	25
H. R.	%	75	75

Fuente: Ilustre municipalidad del Cantón Daule

#### 4.3. DELINEAMIENTO DEL EXPERIMENTO.

El experimento consistió en aplicar cinco dosis diferentes (100cc, 200cc, 300cc, 400cc, 500cc); de ZUMSIL (Acido monosilicico 22% de silicio activo) al cultivo de arroz, en tres intervalos de tiempo: a los días 15, 30 y 45 después del trasplante.

Para evaluar el experimento se utilizo un diseño de bloques completos al azar de seis tratamientos con cuatro repeticiones:

T1 (0cc),	T4 (300cc),
T2 (100cc),	T5 (400cc),
T3 (200cc),	T6 (500cc),

Tomando el T1 como testigo o control. Para determinar el mejor tratamiento se utilizo la prueba de Tukey.

#### 4.4. MATERIALES USADOS

##### 4.4.1. Material experimental

Se tomó para el experimento la variedad INIAP 15, que es una de las más utilizadas actualmente por su precocidad y altos rendimientos.

##### 4.4.2. Material de Campo

Latillas.

Pintura blanca

Cinta de 20m

Letreros

#### 4.4.3. Material para la aplicación del producto.

Atomizador

Bomba de mochila de 20 litros

Un balde de 10 litros de capacidad

Jeringa de 10cc

Medida

Jarro plástico con un litro de capacidad.

Zumsil

Agua

#### 4.4.4. Materiales para toma de datos.

Flexómetro.

Balanza 5 kg.

Saquillos de 25 libras

Hoz

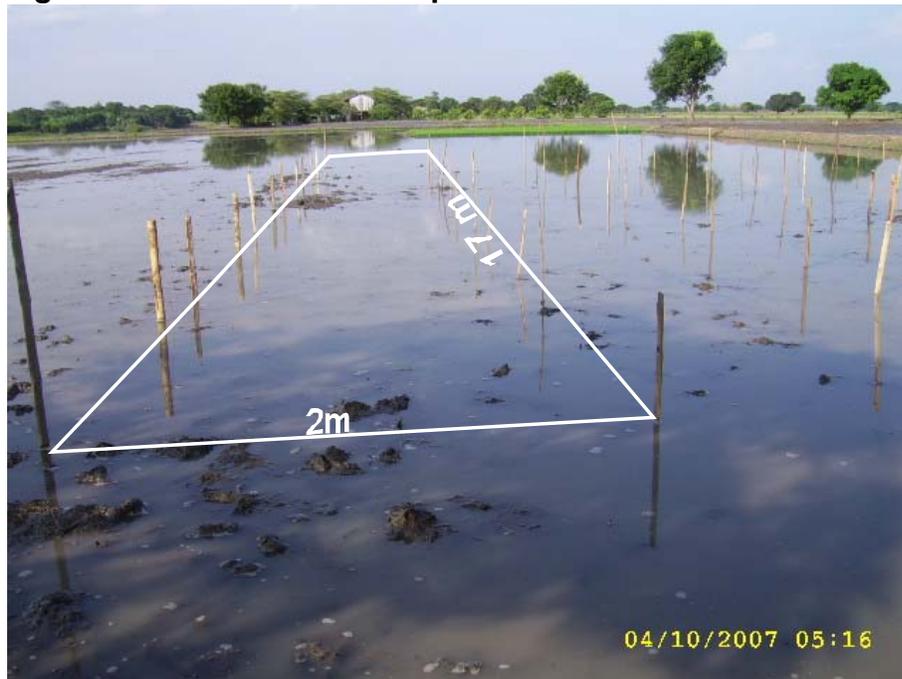
Libreta de campo

Metodología: Para el experimento se tomo un área de  $238\text{m}^2$ , en el lote existe una cantidad total de 6 Has el sistema de siembra fue por trasplante, la variedad que se sembró fue INIAP 15, el lote cuenta con nivelación y la preparación consistió en dos pases de la rastra, después de esto se dejó 15 días en reposo para crear un efecto de solarización, luego de estos 15 días se introdujo agua a las piscinas para iniciar con las labores de fanguero, se realizaron dos pases de motocultor (picada y repicada) y finalmente para mejorar el nivel de las piscinas se amarro al motocultor un madero de 2,5 metros de largo por unos 20 cm de ancho y se lo paso por toda la piscina, esta labor los agricultores la llaman “nivelación con el palo” y sirve para eliminar los terrones que quedan ya la vez aumenta la efectividad del manejo de la lamina de agua, la cual es muy importante para los primeros estadios de la plántula. Un exceso de agua causa pudrición de plántulas y por tanto pérdidas de las mismas.

Se delimito el área experimental teniendo catorce metros por un lado y diecisiete por el otro, teniendo un total de 238 metros cuadrados. Luego se procedió a crear los bloques con 2 metros de ancho y 17 (Figura N° 6) de largo, dejando una separación entre bloques de dos metros, dentro de los bloque se crearon las parcelas con un área de dos metros por dos metros y dejando una separación de 1 metro entre ellas.

Todos los límites se demarcaron con latillas de caña guagua, quedando el área como se muestra en la figura N°7.

**Figura N° 6: Vista de un bloque en el área de estudio.**



VISTA DE UN BLOQUE

**Figura N° 7: Vista de una parcela dentro del área de estudio**



VISTA DE UNA PARCELA

El semillero:

El semillero se realizó con anticipación en un lugar apartado del área experimental, en la preparación del terreno, se realizaron cuatro pases del motocultor con lo cual el suelo quedó totalmente mullido, se aplicó al suelo un saquillo por metro cuadrado de una mezcla descompuesta por 15 días de tamo más estiércol vacuno para mejorar las características del mismo, finalmente se pasó el palo atado al motocultor, que dejó el terreno a un solo nivel y sin terrones que pudieran afectar la humedad y por tanto la germinación de la semilla.

La semilla se llenó en saquillos y se puso a remojar por doce horas en agua tomada del río, se utilizan saquillos no plastificados para permitir el

libre ingreso del agua dentro del saquillo cuando se remoja y de la misma forma el escurrimiento de esta después de las doce horas en que se retira del agua.

Después de esto se colocó los sacos sobre pallets con la finalidad de escurrir el resto de agua dentro de los saquillos y finalmente se cubrieron los sacos con una lona para dejarlos en reposo por otras doce horas. La lona aumenta la temperatura y acelera el proceso de germinación de la semilla.

Al día siguiente la semilla presentaba hinchazón y la aparición de una pequeña cresta blanca (*coleóptilo radicular*), a la que los agricultores llaman “Puya”; y que no es otra cosa que la aparición del coleóptilo, con este indicio en la semilla se inició la siembra en los semilleros.

**Figura N° 8: Vista del semillero de 12 días de edad.**



Once días después de haber puesto la semilla en el área del semillero, se dividió un tramo de este en pequeñas áreas de 50 cm x 1.5m, como se ve en la figura N°8, esto con la finalidad de aplicar el equivalente de las dosis utilizadas en los tratamientos en cada espacio de la división, esta labor se realizó aplicando el concepto teórico que dice que el silicio brinda resistencia al trasplante y no con el fin de medir algún efecto.

**Figura N° 9. Vista del semillero antes y después de extraer las plántulas.**



**Trasplante:**

Las plantas se retiraron del semillero y se procedió con el trasplante al sitio definitivo, las plántulas se sembraron a una distancia aproximada entre 25 y 30cm. Se obtuvo una población aproximada de  $56 \pm 4$  plantas por parcela (figura 10).

**Figura n° 10: Trasplante de la plántulas al sitio definitivo.**



Aplicación del producto:

Para aplicar el producto a las parcelas se utilizó una bomba de mochila de 20 litros, se calculó el valor para  $16\text{m}^2$  que tiene cada tratamiento, y se diluyó esta cantidad en 2 litros de agua aplicándose 500cc para cada repetición de  $4\text{m}^2$  cada una.

*Días de aplicación*

La primera aplicación se realizó a los 15 días, la segunda a los 30 y la última a los 45.

**Tabla N° 4: Días de aplicación del producto.**

<b>DÍAS DE APLICACIÓN</b>	
15	PRIMERA APLICACIÓN
30	SEGUNDA APLICACIÓN
45	TERCERA APLICACIÓN

**Variables analizadas:**

Las variables que se investigaron las podemos encontrar en la siguiente tabla:

**Tabla N° 5: Nombre de las variables estudiadas**

<b>N° Var.</b>	<b>Variables Agronómicas</b>
1	Altura de planta
2	Número de Macollos
3	Días a la floración
<b>N° Var.</b>	<b>Variables de producción.</b>
4	Número promedio de granos por espiga.
5	Peso de la producción por tratamiento.

Toma de datos:

Se realizó la primera evaluación a los 15 días después del trasplante (Figura N° 11), los datos que se tomaron fueron de las variables Altura de planta y Número de macollos. Con respecto a la variable altura de planta se utilizó un flexómetro para medir la altura desde la base hasta  $\pm 5$  cm la

hoja más alta de 10 plantas tomadas del centro de la parcela para evitar el efecto de borde.

La variable número de macollos se midió en las mismas 10 plantas escogidas para la variable anterior, el conteo se realizó manualmente.

**Figura n° 11: Toma de datos a los 15 días después del trasplante.**



**Figura n° 11: Toma de datos a los 15 días después del trasplante.**

Para la variable Días a la floración se anotó el día en que aparecieron las primeras espigas en cada parcela y eso ocurrió entre los días 60 y 61 después del trasplante en toda el área de las parcelas.

Se tomaron diez espigas al azar por cada parcela y se procedió con el conteo para determinar el promedio de granos por espiga, la cosecha se realizó en forma manual utilizando una herramienta denominada Hoz, con esta herramienta se cortó la planta desde su base, las mimas se apilaron en sitios separados y luego se procedió al desgrane de las plantas utilizando el sistema de “chicote” que consiste en tomar una cantidad de plantas y golpearlas fuertemente contra un pedazo de tronco para que los granos se desprendan.

Acto seguido se envaso el producto en costales pequeños y se marco el número de repetición y tratamiento, se realizo el pesaje y se anoto los datos para luego entregar este producto al dueño del predio para que el haga el mejor uso del mismo.

#### 4.5. RESULTADOS Y DISCUSIONES

En esta sección se muestran los resultados y discusión de los análisis de varianza de las características agronómicas y de producción evaluada, así mismo se presentan los resultados de las pruebas de Tukey al 5% de probabilidad para los promedios de los 6 tratamientos evaluados en el cultivo del arroz.

En el anexo N° 1 se muestran los cuadrados medios de los análisis de varianza de las características agronómicas "*Altura de planta y Numero de macollos*" evaluadas en los 6 tratamientos con Zumsil en el cultivo de arroz observándose que no existen diferencias estadísticas significativas para las repeticiones. Para los tratamientos se presentaron diferencias estadísticas altamente significativas al nivel del 5% tanto en las variables agronómicas como en las de producción, los coeficientes de variación estuvieron entre 0,61 y 3,89% que se consideran aceptables y permiten aceptar la hipótesis alternativa que dice que las diferentes dosis de de Acido Monosilísico aplicadas al arroz si presentan diferencias estadísticas significativas.

**Tabla N°6: Rangos de significancia obtenidos aplicando la prueba de tukey a los promedios de peso obtenidos en el experimento.**

Prueba de Tukey al 0,05 % de probabilidad				
Error: 0,0158 gl: 18				
Tratamientos	Medias	n	RANGOS	
Control	8,4	4	A	
Silicio 400	8,48	4	A	
Silicio 300	8,55	4	A	
Silicio 500	8,65	4	A	
<b>Silicio 100</b>	<b>9,25</b>	<b>4</b>		<b>B</b>
<b>Silicio 200</b>	<b>9,48</b>	<b>4</b>		<b>B</b>
Letras distintas indican diferencias significativas( $p \leq 0,05$ )				

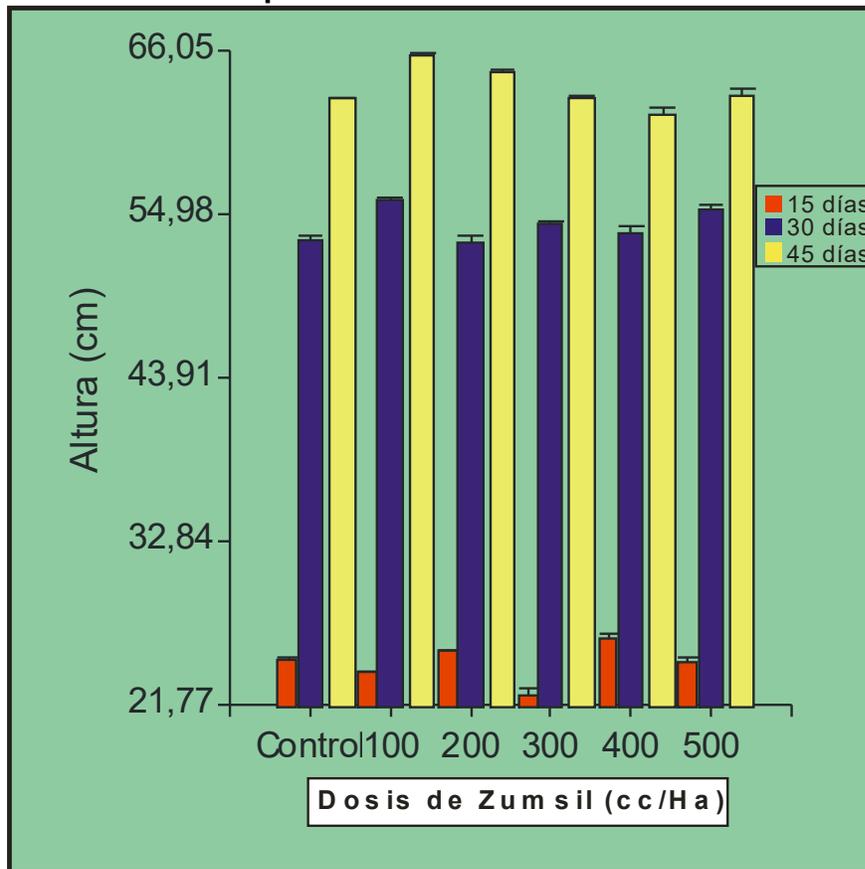
Como vemos en la Tabla N°6 para la variable peso se obtuvieron dos rangos de significancia, encontrando que los tratamientos **silicio 200 y silicio 100** son diferentes de los demás tratamientos por sus promedios más elevados, los demás tratamientos están mismo rango de significancia, esto nos dicen que todos los otros tratamientos son estadísticamente iguales.

Estos resultados nos permiten decir que se obtendrán los mismos resultados si aplicamos dosis de 200 cc/Ha o 100 cc/Ha de ácido monosilícico.

**Variable: Altura de planta.**

Al analizar la variable *Altura* a los 15 días, 30 días, 45 días se observó que a los 15 días los tratamientos fueron muy variables.

**Figura N° 12: Altura en cm tomados a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.**



Autor: La Fuente

A los siguientes 15 días o día 30 después del trasplante los datos se muestran más normales, y ya se muestran tendencias en los casos de tratamiento 100 cc y tratamiento 200cc /Ha.

A los 45 días la tendencia se muestra igual, que la de los datos tomados a los 30 días de los tratamientos 100cc y 200 cc. Otro que se muestra considerable en datos de altura es el tratamiento 500cc.

Al aplicarse la prueba de Tukey con 5% de probabilidad (Tabla 7), a los datos de altura tomados a los 15 días se obtuvieron cuatro rangos de significancia estadística, los mejores fueron **silicio 400** y **silicio 200**, con promedios de 26,33cm y 25,40cm respectivamente, en el último rango encontramos en solitario al tratamiento **silicio 300** con un promedio de 22.45 cm.

Todo esto influenciado por el factor profundidad de siembra.

**TABLA N° 7: Promedios pruebas de tukey para los datos de altura tomados a los 15, 30 y 45 días**

TRATAMIENTOS	Altura a los 15 días	Altura a los 30 días	Altura a los 45 días
<b>Silicio 100</b>	23,95 B	53,1 A	65,68 D
<b>Silicio 200</b>	25,4 C D*	53,28 A	64,55 C
<b>Silicio 300</b>	22,45 A	53,7 A	62,83 B
<b>Silicio 400</b>	26,33 D*	54,4 AB	61,8 B
<b>Silicio 500</b>	24,6 B C	55,2 B C	63,1 B
<b>Control</b>	24,9 B C	55,83 C*	62,75 B

\*Rangos obtenidos con la prueba de tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: **Autor**.

Elaboración: **La fuente**.

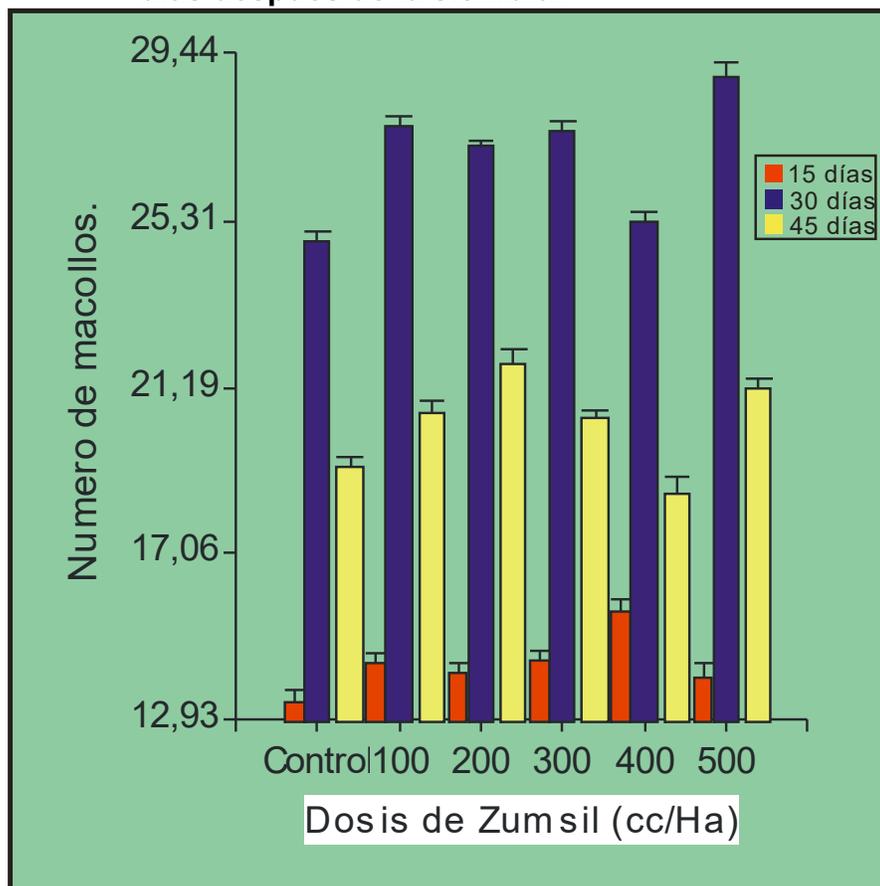
Para los datos de altura tomados a los 30 días después del trasplante, vemos que se encontraron 3 niveles o rangos de significancia, en el primer rango tenemos a los tratamientos **silicio 100**, **silicio 500** y **silicio 300** con promedios de 55,83cm; 55,20cm y 54,40cm respectivamente y en el ultimo rango están los tratamientos **silicio 300**, **silicio 400**, **control** y **silicio 200** con sus promedios 54,40cm; 53,70cm; 53,28cm y 53,10 cm respectivamente.

Finalmente para los datos de altura tomados a los 45 días tenemos cuatro rangos de significancia, como mejor promedio esta el tratamiento **Silicio 100** con un promedio de 65,68cm y en el último rango esta el tratamiento **silicio 400** con un promedio de 61,80cm.

***Variable: Número de macollos.***

Al analizar la variable *Número de macollos* se observó que los datos tomados a los 15 días presentaron alta variabilidad, esto se debe a que en esta etapa las plántulas están en proceso de adaptación al medio y en este proceso afecta tanto el número de plántulas que el sembrador colocó al momento de la siembra como la cantidad de agua existente en el terreno.

**Figura N° 13: Número de macollos tomados a los 15, 30 y 45 días después de la siembra.**



Autor: La Fuente

El número de macollos a los 30 días después de la siembra tuvo un alza considerable, en relación a los datos tomados a los 15 días, cabe destacar que al momento de la toma de datos existían muchos macollos nuevos y muy delgados especialmente en los tratamientos 100cc y 500cc/Ha, suponiendo en ese momento que los mejores tratamientos

serian los ya nombrados. Pero este mismo número de macollos a los 45 días después del trasplante decreció en todos los tratamientos encontrándose un mayor número de macollos en los tratamientos 100cc, 200cc y 500cc/Ha.

Este es un comportamiento normal en la planta de arroz, desarrollan muchos macollos, luego muchos de estos mueren y quedan los que al final pueden producir espigas.

**TABLA N° 8: Promedios pruebas de tukey para los datos de macollos tomados a los 15, 30 y 45 días**

TRATAMIENTOS	Macollos a los 15 días	Macollos a los 30 días	Macollos a los 45 días
<b>Silicio 100</b>	14,28 A*	27,7 B C*	20,58 C
<b>Silicio 200</b>	14,05 A	27,18 B	21,78 C
<b>Silicio 300</b>	14,38 A B*	27,48 B	20,45 B C
<b>Silicio 400</b>	15,58 B	25,3 A	18,55 A
<b>Silicio 500</b>	14 A	28,85 C	21,23 C
<b>Control</b>	13,35 A	24,83 A	19,18 A B

\*Rangos obtenidos con la prueba de tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: **Autor**.

Elaboración: **La fuente**.

En la tabla N°8 se muestran los promedios de macollos tomados a los 15, 30 y 45 días después del trasplante además de los rangos de

significancia obtenidos en la prueba de tukey al 5% de probabilidad que en el análisis de varianza demostraron tener diferencias estadísticas, con esta prueba determinaremos los mejores promedios.

Para los datos de macollos tomados a los 15 días después del trasplante se obtuvieron dos rangos de significancia, en el rango más alto están los tratamientos **Silicio 400** con un promedio de 15,58 y el tratamiento **Silicio 300** con un promedio de 14,38 macollos, el resto de tratamientos obtuvieron valores inferiores.

Para los datos de macollos tomados a los 30 días después del trasplante se obtuvieron tres rangos de significancia, en el rango más alto están los tratamientos **Silicio 500** con un promedio de 28,85 y el tratamiento **Silicio 100** con promedio 27,70 macollos, los otros tratamientos obtuvieron valores más bajos.

Para los datos de macollos tomados a los 45 días después del trasplante se obtuvieron tres rangos de significancia. En el rango más alto están los tratamientos **Silicio 200** con un promedio de 21,78, luego está el tratamiento silicio 500 con un promedio de 21,23, silicio 100 con

un promedio de 20.58 y silicio 300 con un promedio de 20,45, los demás tratamientos obtuvieron valores inferiores.

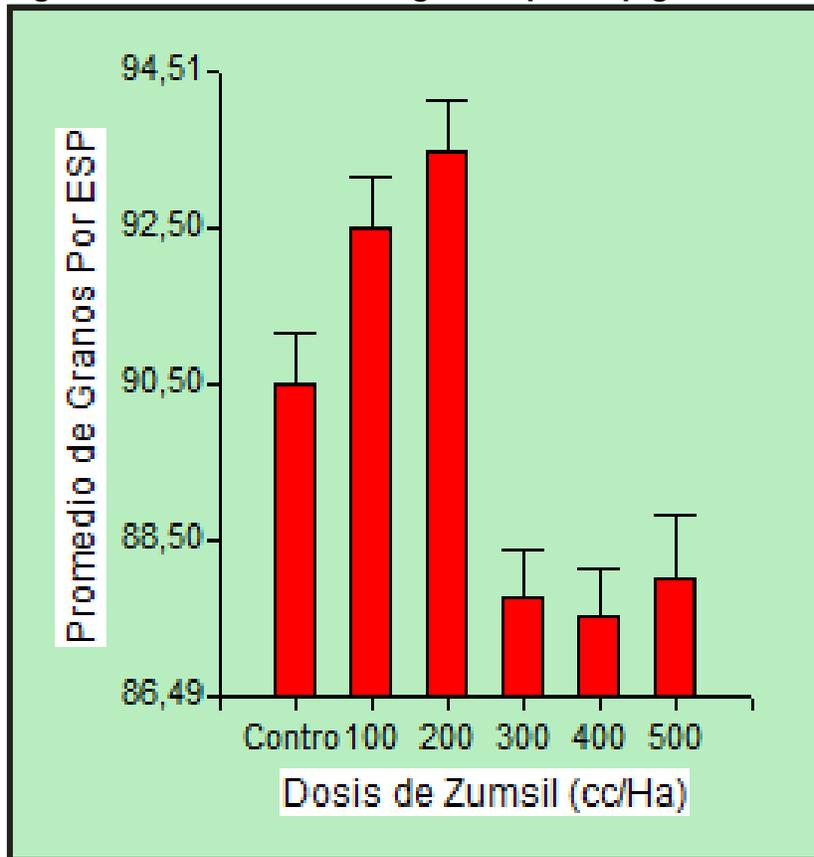
***Variable: Días a la floración.***

Para esta variable no se realizaron análisis, ya que no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Todas las parcelas iniciaron la floración en la misma época.

***Variable: Promedio de granos por espiga.***

Al analizar la variable *Promedio de granos por espiga* se observó que el tratamiento silicio 200 y el tratamiento silicio 100 son los mejores, en un nivel intermedio está el testigo y como peores los tratamientos silicio 300, 400 y 500.

Figura N° 14: Promedio de granos por espiga.



Autor: La Fuente

Al aplicar la prueba de tukey, se determinan 2 rangos de significancia, en el primero están los tratamientos silicio 200, 100 y control, en el otro rango están los tratamientos silicio 300, 400 y 500, (Tabla 9).

**TABLA N° 9. Promedios y pruebas de tukey para los datos de la variable Promedio de granos por espiga**

Test : Tukey Alfa: 0,05 DMS: 3,03158				
Error: 1,8194 gl: 18				
Tratam	Medias	n		
Silicio 400	87,5	4	A	
Silicio 300	87,75	4	A	
Silicio 500	88	4	A	
Control	90,5	4	A	B
Silicio 100	92,5	4		B
Silicio 200	93,5	4		B
Letras distintas indican diferencias significativas(p<=0,05)				

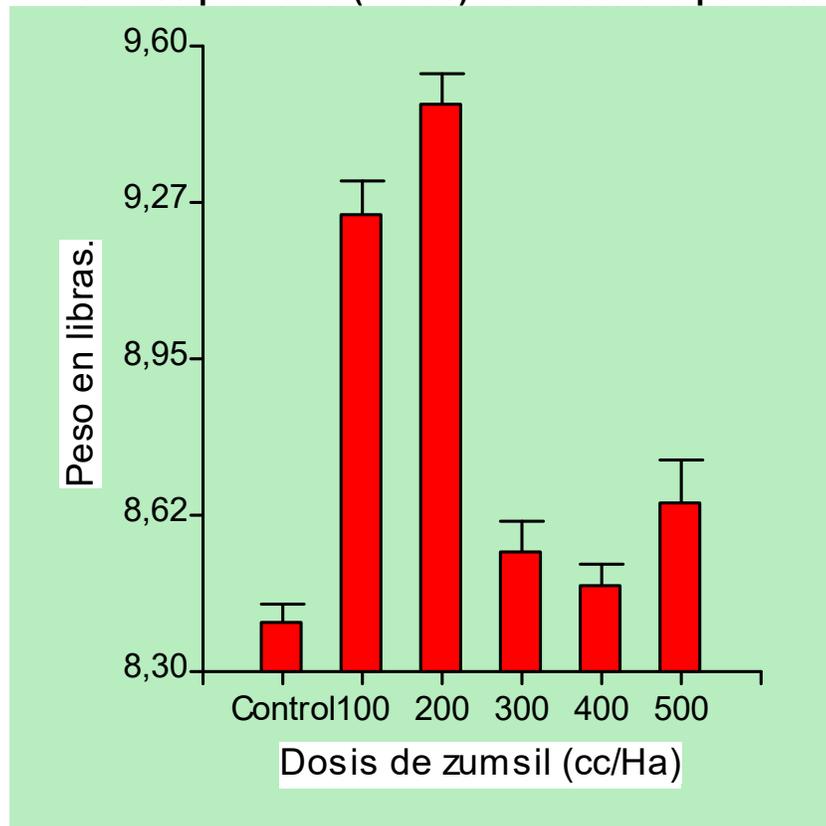
Fuente: **Autor**.

Elaboración: **La fuente**.

**Variable:** Peso.

Al analizar la variable *Peso* se observó que los mejores tratamientos fueron **silicio 200 cc/Ha** con un promedio de 9,48 libras y **silicio 100 cc/Ha** con un promedio de 9,25 libras (figura N°15).

**Figura N° 15: Peso promedio (Libras) de la cosecha por tratamiento**



Autor: La Fuente

Esto lo podemos comprobar estadísticamente observando la tabla N°6, donde encontramos estos tratamientos en un rango de significancia diferente de los otros tratamientos.

Como resultado de analizar todas las variables obtenemos que la planta de arroz necesita un buen desarrollo dentro de sus límites naturales, tanto de altura como desarrollo de macollos, para llegar a un buen

margen de producción, es así que las variables analizadas presentan comportamientos diferentes, destacándose en todas los tratamientos *silicio 100 y silicio 200*.

Es muy importante tener en cuenta la variable *peso* la cual dentro de todas las otras variables es la más determinante en cuanto a los resultados de la investigación. En esta muestra los rendimientos, que es lo que el agricultor le interesa. En base a esta se toman las decisiones sobre que tratamiento es el mejor y el más recomendable de aplicar, es decir nos dice cual es la mejor dosis para lograr una mejor rentabilidad. El grafico para esta variable nos dicen que el tratamiento silicio 200 es mejor que el tratamiento silicio 100, pero al realizar el análisis estadístico nos dice que estos son iguales, entonces en un análisis de costos, si vamos a tener los mismos resultados aplicando ambas dosis, obviamente aplicaremos la dosis mínima o un promedio de estas dos.

#### 4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO

Ver anexo 5

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

Al término de la presente investigación se obtienen las siguientes conclusiones:

- En la variable altura de planta se pueden observar diferencias estadísticas significativas y la prueba de tukey nos indica que la planta de arroz presenta alta respuesta a las dosis de los tratamientos T2, T3 y T5 a los 45 días después del trasplante.
- La fase de macollamiento de la planta de arroz es influenciada por el Zumsil en las dosis de los tratamientos T6, T2, T3 Y T4, a los 30 y 45 días después del trasplante.
- El Zumsil tiene mayor influencia en las variables de producción: peso y número de granos por espiga, en las dosis 100cc y 200cc por hectárea.
- El Zumsil aplicado al cultivo del arroz (Variedad INIAP 15) presentó mejores resultados en las dosis de los tratamientos T3 (Zumsil 200cc) y al tratamiento T2 (Zumsil 100cc).

- La variable días a la floración no tuvo diferencias estadísticas significativas para ninguno de los tratamientos, a lo que se concluye que el Zumsil no ejerció influencia en esta etapa fisiológica de la planta de arroz.

## 5.2. RECOMENDACIONES

En base a los resultados se pueden llegar a las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda utilizar Zumsil en dosis que estén entre 100cc y 200cc por hectárea, en el cultivo del arroz, variedad INIAP 15, las cuales fueron las que obtuvieron mejores resultados en la investigación.
- En los análisis económicos que se realizaron a los tratamientos (Anexo 5), se puede observar que los tratamientos silicio 100 y silicio 200 son los más recomendables aplicados en los días 15, 30 y 45 después del trasplante ya que con estos se puede obtener mayor rentabilidad y los costos de producción se justifican en los rendimientos obtenidos. El costo beneficio de este experimento es aceptable y esto despertó el interés en el

productor a mas de otros de origen natural que promuevan una mejor sanidad de su cultivo sin afectar el medio ambiente.

- Es recomendable realizar más pruebas con este producto en las dosis recomendadas pero en conjunto con otros productos de origen orgánico, y así determinar su capacidad al aplicarlo en mezcla como lo hacen los agricultores normalmente.
- Los suelos dedicados al monocultivo de arroz están cada vez más deteriorados esto es debido a que, se extrae los nutrientes en cada cosecha y no lo reponemos orgánicamente para su conservación. Se recomienda la aplicación de material de origen orgánico como el Zumsil y además microorganismos al suelo, con el fin de aumentar la actividad biológica la misma que aumentara la capacidad de renovación de nutrientes como el silicio.
- El desconocimiento de tecnologías alternativas a las químicas aplicadas al cultivo del arroz, hace que estas no sean utilizadas, se recomienda la transferencia de estas tecnologías mediante demostraciones y días de campo en zonas como el Recinto Rinconada y otros donde la principal actividad agrícola es cultivar Arroz.

- El mercado actualmente exige a los países productores, márgenes de calidad y dentro de estos márgenes está que los productos que consumimos sean obtenidos mediante tecnologías no contaminantes. Por tanto se recomienda promover más la investigación acerca de productos de origen orgánico con el fin de determinar un paquete que le garantice al agricultor productividad y al mismo tiempo equilibrio con el medio ambiente.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Agripac. 1992. Manual Agrícola. Recomendaciones de manejo para los principales cultivos del Ecuador.
2. Aguirre Mancilla C.L. y Raya Pérez J.C. EL SILICIO EN LAS PLANTAS. Centro de Investigación Aplicada del Instituto Tecnológico Superior de Uruapan (CIA-ITESU). Carretera Uruapan-Carapan No. 5555, Colonia La Basilia, Uruapan, Michoacán, C.P. 60015, México. Tel: 01(452)5275050, Fax: 01(452)5270109, e-mail: cmancilla@tecuruapan.com.mx
3. CENSO NACIONAL AGROPECUARIO AÑO 2000, BANANO: DISTRIBUCIÓN PROVINCIAL Y SUPERFICIE, Censo Nacional Agropecuario-Proyecto SICA BM/INEC ([www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec))
4. Cesar Aguirre, et al. EL SILICIO EN LOS ORGANISMOS VIVOS. Interciencia, agosto, año/vol. 32, número 008, Asociación Interciencia Caracas Venezuela pp. 504 - 509
5. EDITORIAL LIMUSA - MEXICO 1975. Cultivo Del Arroz, Manual de Producción. Escuela de Agricultura de la Universidad de Filipinas.
6. Edgar Quero Gutiérrez, Silicio en la protección de las plantas. Wednesday, 10 de January de 2007, división de investigación, instituto tecnológico superior de uruapan, carr. Uruapan a carapan # 5555, col. La basilia, uruapan, michoacán, cp 60015, tel. 014525275050, cell. 0135151 02171. De riego: protección y nutrición de hortalizas y frutas. Año 5 no. 26: octubre-diciembre, 2006 ( [queroed@hotmail.com](mailto:queroed@hotmail.com) , [quero@loquequero.com](mailto:quero@loquequero.com) , [www.loquequero.com](http://www.loquequero.com) )
7. Idea books, s.a. Biblioteca De la agricultura. Colección.
8. INIAP – Fenarroz- GTZ. Manual del cultivo del Arroz. Proyecto Integral Arroz. 1998
9. Manual Agropecuario. Tecnologías orgánicas de la granja integral autosuficiente. 2002, Fundación de Hogares Juveniles Campesinos. Agrícola.

10. Navia M. Daniel. Ing. Agr. Msc Curso de Fisiología Vegetal 1998, Ing. Agropecuaria, FIMCP – ESPOL.
11. POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE (PPI), POTASH & PHOSPHATE INSTITUTE OF CANADA (PPIC), INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO (INPOFOS), Manual Internacional de Fertilidad de Suelos Primera impresión, versión en Español, Mayo 1997. First printing International Soil Fertility Manual, Spanish translation, May 1997. Item # SP-5070 Referencia # 96207. Copyright: Potash & Phosphate Institute
12. Remineralización de suelos con materiales ricos en silicio mpsai. (maiz). Publicado en: revista de riego numero de febrero-marzo del 2007 pp.18-22. Investigador: Edgar Quero Gutiérrez: ( [queroed@hotmail.com](mailto:queroed@hotmail.com) , [quero@loquequero.com](mailto:quero@loquequero.com) , <http://www.loquequero.com/> ), división de investigación, instituto tecnológico superior de uruapan, carr. Uruapan a carapan # 5555, col. La basilia, uruapan, michoacán, cp 60015, tel. Cell. 0135151 02171. Monday, 19 de february de 2007
13. Restrepo J. 2 001. Elaboración y usos de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares, experiencias con agricultores en mesoamérica y brasil. San José, cori.
14. Suquilanda Valdivieso Manuel Benjamín. Agricultura Orgánica FUNDAGRO ediciones UPS, ABYA YALA Ecuador 654 p. Manual de Agricultura orgánica para maestría en agricultura tropical sostenible. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN EL CULTIVO DE ARROZ, Organización Mundial De La Salud Organización Panamericana De La Salud, Proyecto Manejo Adecuado De Plaguicidas,
15. Técnicos de la cadena agroindustrial del arroz y piladoras. Correo electrónico: [orecalde@sica.gov.ec](mailto:orecalde@sica.gov.ec) ; [farevalo@sica.gov.ec](mailto:farevalo@sica.gov.ec). Elaboración: enero de 2003. SICA-BIRF/MAG - Ecuador ([www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec))
16. Valenzuela Mella Jeannette . Las bondades del silicio. Universidad de concepción, panorama [http://www.udec.cl/panoramaweb/index.php?option=com\\_content&task=view&id=577&](http://www.udec.cl/panoramaweb/index.php?option=com_content&task=view&id=577&). Jueves 12 de abril de 2007, itemid=2
17. Vladimir V. Matichenkov, Silicon. Russian Academy of Sciences, Pushchino, Russia

18.Mundo Verde. Catálogos de productos, Fossil Shell Agro.

**DIRECCIONES VISITADAS**

[www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm](http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm)

[www.silicioagromil.com/importancia\\_silicio.pdf](http://www.silicioagromil.com/importancia_silicio.pdf)

[www.smb.org.mx/XXVICONGRESO/text/Carteles/Martes/Ma154.pdf](http://www.smb.org.mx/XXVICONGRESO/text/Carteles/Martes/Ma154.pdf) -

[redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33932802.pdf](http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/339/33932802.pdf) -

[www.eluniverso.com/2007/12/01/0001/71/34E1FD3CDB0D40BE9AE77DDEEA  
E45A54.aspx](http://www.eluniverso.com/2007/12/01/0001/71/34E1FD3CDB0D40BE9AE77DDEEA<br/>E45A54.aspx)

[fosfatosdelhuila.com/aplicaciones.htm](http://fosfatosdelhuila.com/aplicaciones.htm) - 7k

[www.eseap.org/ppiweb/iaarg.nsf/\\$webindex/7E5F39920730D97F03256CB00048  
9D8B/\\$file/nota5.pdf](http://www.eseap.org/ppiweb/iaarg.nsf/$webindex/7E5F39920730D97F03256CB00048<br/>9D8B/$file/nota5.pdf) -

[www.pazdelrio.com.co/MANUAL\\_TECNICO\\_ESCORIAS\\_THOMAS.pdf](http://www.pazdelrio.com.co/MANUAL_TECNICO_ESCORIAS_THOMAS.pdf)

[www.sica.gov.ec](http://www.sica.gov.ec)

[www.fao.org](http://www.fao.org).

## ANEXO 1

Cuadrados medios de los análisis de varianza de ocho variables evaluadas en seis tratamientos con Zumsil en el cultivo de arroz.

CUADRADOS MEDIOS									
Fuente de variación	Grados de libertad	Alt 1 (cm)	Alt 2 (cm)	Alt 3(cm)	Maco 1	Maco 2	Maco 3	Peso Lbs	P de G P Esp.
TOTAL	23								
TRATAMIENTO	5	7,00 **	4,79 **	7,91 **	6,95 **	9,37 **	5,97 **	0,81**	27,24**
REPETICION	3	0,27 ns	0,02 ns	0,33 ns	0,98 ns	0,09 ns	0,32 ns	0,01 ns	0,6 ns
ERROR EXP	15	0,32	0,44	0,15	0,31	0,29	0,35	0,02	2,06
<b>C. V. %</b>		<b>2,30</b>	<b>1,22</b>	<b>0,61</b>	<b>3,89</b>	<b>2,01</b>	<b>2,93</b>	<b>1,50</b>	<b>1,6</b>

\* = Significativo al 5% de probabilidad

\*\* = Significativo al 1% de probabilidad

ns = No significativo

Fuente: Autor del estudio

Elaboración: La fuente.

## ANEXO 2

**Promedios y pruebas de tukey para los promedios de altura tomados a los 15, 30, y 45 días después del trasplante.**

TRATAMIENTOS	Altura a los 15 días	Altura a los 30 días	Altura a los 45 días
Silicio 100	23,95 B*	55,83 C	65,68 D
Silicio 200	25,4 C* D*	53,1 A	64,55 C
Silicio 300	22,45 A*	54,4 A B C	62,83 B
Silicio 400	26,33 D	53,7 A B	61,8 A
Silicio 500	24,6 B C	55,2 B C	63,1 B
Control	24,9 B C	53,28 A	62,75 B

\*Rangos obtenidos con la prueba de tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: **Autor.**

Elaboración: **La fuente.**

ANEXO 3

Promedios y pruebas de tukey para los promedios de macollos tomados a los 15, 30, y 45 días después del trasplante.

TRATAMIENTOS	Macollos a los 15 días	Macollos a los 30 días	Macollos a los 45 días
Silicio 100	14,28 A*	27,7 B C*	20,58 C
Silicio 200	14,05 A	27,18 B	21,78 C
Silicio 300	14,38 A B*	27,48 B	20,45 B C
Silicio 400	15,58 B	25,3 A	18,55 A
Silicio 500	14 A	28,85 C	21,23 C
Control	13,35 A	24,83 A	19,18 A B

\*Rangos obtenidos con la prueba de tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: **Autor**.

Elaboración: **La fuente**.

#### ANEXO 4

**Promedios y pruebas de tukey para los promedios de peso y Numero de granos por espiga tomados al momento de la cosecha.**

TRATAMIENTOS	Peso(Lbs.)	Numero de granos por espiga
Control	8,4 <b>A*</b>	90,5 <b>A B</b>
Silicio 100	9,25 <b>B*</b>	92,5 <b>B</b>
Silicio 200	9,48 <b>B</b>	93,5 <b>B</b>
Silicio 300	8,55 <b>A</b>	87,75 <b>A</b>
Silicio 400	8,48 <b>A</b>	87,5 <b>A</b>
Silicio 500	8,65 <b>A</b>	88 <b>A</b>

\*Rangos obtenidos con la prueba de tukey al 5% de probabilidad.

Fuente: **Autor.**

Elaboración: **La fuente.**

ANEXO 5

# **Análisis Económico.**

## Análisis Económico para el Control

<b>Labores Culturales</b>			
<b>Preparación de suelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor unitar</b>	<b>TOTAL</b>
Rastreada (horas)	2	25	50
Fangueada (horas)	10	5	50
<b>Riego</b>			
Diesel (Galones)	40	1,02	40,8
Aceite (Galones)	2	12	24
<b>Fertilizante</b>			
DAD	1	50	50
COMPLETO INICIO	3	28	84
COMPLETO DESARROLLO	4	26	104
SULFATO DE AMONIO	1	24	24
UREA	3	28	84
<b>Fertilización Foliar</b>			
Zumsil (100)	0	3	0
<b>Insecticidas</b>			
Engeo (100cc)	2	9	18
Flavilan (litro)	1	7	7
<b>Costos de cosecha</b>			
Cogida	25,6	2	51,2
Llenada y cargada	25,6	0,6	15,36
<b>Total de egresos</b>			<b>602,36</b>
Ingresos por ventas			
Sacos de 205 Lbs.	25,6	29	<b>742,4</b>

Ingresos	742,4
Egresos	602,36
<b>Utilidad bruta</b>	<b>140,04</b>

**Porcentaje de utilidad**  
23,25%

## Análisis Económico para Silicio 100

ANALISIS ECONOMICO			
Labores Culturales			
Preparación de suelo	Unidades	Valor unitar	TOTAL
Rastreada (horas)	2	25	50
Fangueada (horas)	10	5	50
Riego			
Diesel (Galones)	40	1,02	40,8
Aceite (Galones)	2	12	24
Fertilizante			0
DAD	1	50	50
COMPLETO INICIO	3	28	84
COMPLETO DESARROLLO	4	26	104
SULFATO DE AMONIO	1	24	24
UREA	3	28	84
Fertilización Foliar			
Zumsil (100)	3	3	9
Insecticidas			
Engeo (100cc)	2	9	18
Flavilan (litro)	1	7	7
Costos de cosecha			
Cogida	28,2	2	56,4
Llenada y cargada	28,2	0,6	16,92
<b>Total de egresos</b>			<b>618,12</b>
Ingresos por ventas			
Sacos de 205 Lbs.	28,2	29	<b>817,8</b>

Ingresos	817,8
Egresos	618,12
<b>Utilidad bruta</b>	<b>199,68</b>

Porcentaje de utilidad

32,30%

## Análisis Económico para Silicio 200

ANALISIS ECONOMICO			
<b>Labores Culturales</b>			
<b>Preparación de suelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor unitar</b>	<b>TOTAL</b>
Rastreada (horas)	2	25	50
Fangueada (horas)	10	5	50
<b>Riego</b>			
Diesel (Galones)	40	1,02	40,8
Aceite (Galones)	2	12	24
<b>Fertilizante</b>			0
DAD	1	50	50
COMPLETO INICIO	3	28	84
COMPLETO DESARROLLO	4	26	104
SULFATO DE AMONIO	1	24	24
UREA	3	28	84
<b>Fertilización Foliar</b>			
Zumzil (100)	6	3	18
<b>Insecticidas</b>			
Engeo (100cc)	2	9	18
Flavilan (litro)	1	7	7
<b>Costos de cosecha</b>			
Cogida	28,9	2	57,8
Llenada y cargada	28,9	0,6	17,34
<b>Total de egresos</b>			<b>628,94</b>
Ingresos por ventas			
Sacos de 205 Lbs	28,9	29	<b>838,1</b>

Ingresos	838,1
Egresos	628,94
<b>Utilidad bruta</b>	<b>209,16</b>

**Porcentaje de utilidad**

33,26%

## Análisis Económico para Silicio 300

ANALISIS ECONOMICO			
Labores Culturales			
Preparación de suelo	Unidades	Valor unitar	TOTAL
Rastreada (horas)	2	25	50
Fangueada (horas)	10	5	50
Riego			
Diesel (Galones)	40	1,02	40,8
Aceite (Galones)	2	12	24
Fertilizante			
DAD	1	50	50
COMPLETO INICIO	3	28	84
COMPLETO DESARROLLO	4	26	104
SULFATO DE AMONIO	1	24	24
UREA	3	28	84
Fertilización Foliar			
Zumasil (100)	9	3	27
Insecticidas			
Engeo (100cc)	2	9	18
Flavilan (litro)	1	7	7
Costos de cosecha			
Cogida	26,1	2	52,1341463
Llenada y cargada	26,1	0,6	15,6402439
<b>Total de egresos</b>			<b>630,57439</b>
Ingresos por ventas			
Sacos de 205 Lbs	26,1	29	<b>755,945122</b>

Ingresos	755,9
Egresos	630,6
<b>Utilidad bruta</b>	<b>125,4</b>

**Porcentaje de  
utilidad**  
19,88%

## Análisis Económico para Silicio 400

<b>ANALISIS ECONOMICO</b>			
<b>Labores Culturales</b>			
<b>Preparación de suelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor unitar</b>	<b>TOTAL</b>
Rastreada (horas)	2	25	50
Fangueada (horas)	10	5	50
<b>Riego</b>			
Diesel (Galones)	40	1,02	40,8
Aceite (Galones)	2	12	24
<b>Fertilizante</b>			
DAD	1	50	50
COMPLETO INICIO	3	28	84
COMPLETO DESARROLLO	4	26	104
SULFATO DE AMONIO	1	24	24
UREA	3	28	84
<b>Fertilización Foliar</b>			
Zumzil (100)	12	3	36
<b>Insecticidas</b>			
Engeo (100cc)	2	9	18
Flavilan (litro)	1	7	7
<b>Costos de cosecha</b>			
Cogida	25,8	2	51,6768293
Llenada y cargada	25,8	0,6	15,5030488
<b>Total de egresos</b>			<b>638,979878</b>
Ingresos por ventas			
Sacos de 205 Lbs	25,8	29	<b>749,314024</b>

Ingresos	749,3
Egresos	639,0
<b>Utilidad bruta</b>	<b>110,3</b>

**Porcentaje de utilidad**  
17,27%

## Análisis Económico para Silicio 500

ANALISIS ECONOMICO			
<b>Labores Culturales</b>			
<b>Preparación de suelo</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor unitar</b>	<b>TOTAL</b>
Rastreada (horas)	2	25	50
Fanguuada (horas)	10	5	50
<b>Riego</b>			
Diesel (Galones)	40	1,02	40,8
Aceite (Galones)	2	12	24
<b>Fertilizante</b>			
DAD	1	50	50
COMPLETO INICIO	3	28	84
COMPLETO DESARROLLO	4	26	104
SULFATO DE AMONIO	1	24	24
UREA	3	28	84
<b>Fertilización Foliar</b>			
Zumsil (100)	15	3	45
<b>Insecticidas</b>			
Engeo (100cc)	2	9	18
Flavilan (litro)	1	7	7
<b>Costos de cosecha</b>			
Cogida	26,4	2	52,7439024
Llenada y cargada	26,4	0,6	15,8231707
<b>Total de egresos</b>			<b>649,367073</b>
Ingresos por ventas			
Sacos de 205 Lbs	26,4	29	<b>764,786585</b>

Ingresos	764,8
Egresos	649,4
<b>Utilidad bruta</b>	<b>115,4</b>

**Porcentaje de utilidad**  
17,77%

**ANEXO 6**

**Análisis de suelos realizados en el  
predio.**



**ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**  
 Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069  
 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119

### REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre :	SR. ANTONIO ESPINOZA
Dirección :	
Ciudad :	
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	
Provincia :	GUAYAS
Cantón :	DAULE
Parroquia :	
Ubicación :	RECINTO RINCONADA

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual :	ARROZ
Nº de Reporte :	5634
Fecha de Muestreo :	03/02/2009
Fecha de Ingreso :	04/02/2009
Fecha de Salida :	05/02/2009

Nº Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m C.E.	(% M.O.)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml Σ Bases	(meq/l) <sup>1/2</sup>	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na			Mg	K	K		RAS	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
21080					2,3 B	2,4	19,47	66,84	25,78			12	36	52	Arcilloso

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS	
C.E.	= Conductividad Eléctrica
M.O.	= Materia Orgánica
RAS	= Relación de Adsorción de Sodio

METODOLOGIA USADA	
C.E.	= Conductímetro
M.O.	= Titulación de Welkley Black
Al+H	= Titulación con NaOH

*Ilmo. Dr. J. J. J.*  
**RESPONSABLE DEPARTAMENTO**

*[Firma]*  
**RESPONSABLE LABORATORIO**



**ESTACION EXPERIMENTAL "BOLICHE"**  
**LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS**

Km. 26 Vía Duran Tambo Apdo. Postal 09-01-7069  
 Yaguachi- Ecuador Teléfono: 2717161 Fax: 2717119

**REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS**

DATOS DEL PROPIETARIO	
Nombre :	SR. ANTONIO ESPINOZA
Dirección :	
Ciudad :	
Teléfono :	
Fax :	

DATOS DE LA PROPIEDAD	
Nombre :	
Provincia :	GUAYAS
Cantón :	DAULE
Parroquia :	
Ubicación :	RECINTO RINCONADA

PARA USO DEL LABORATORIO	
Cultivo Actual :	ARROZ
N° Reporte :	5634
Fecha de Muestreo :	03/02/2009
Fecha de Ingreso :	04/02/2009
Fecha de Salida :	05/02/2009

N° Muest. Laborat.	Datos del Lote		pH	ppm			meq/100ml			ppm					
	Identificación	Area		N	P	K	Ca	Mg	S	Zn	Cu	Fe	Mn	B	
21080	LOTE - 1		6,9 <b>PN</b>	12 <b>B</b>	9 <b>M</b>	0,38 <b>M</b>	18 <b>A</b>	7,4 <b>A</b>	27 <b>A</b>	1,9 <b>B</b>	4,9 <b>A</b>	20 <b>M</b>	174,0 <b>A</b>	0,17 <b>B</b>	

INTERPRETACION				
pH				Elementos: de N a B
<b>MAc</b> = Muy Acido	<b>LAc</b> = Liger. Acido	<b>LAl</b> = Lige. Alcalino	<b>RC</b> = Requiere Cal	<b>B</b> = Bajo
<b>Ac</b> = Acido	<b>PN</b> = Prac. Neutro	<b>MeAl</b> = Media. Alcalino		<b>M</b> = Medio
<b>MeAc</b> = Media. Acido	<b>N</b> = Neutro	<b>Al</b> = Alcalino		<b>A</b> = Alto

METODOLOGIA USADA	EXTRACTANTES
pH = Suelo: agua (1:2,5)	Olsen Modificado
N,P,B = Colorimetría	<b>N,P,K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn</b>
S = Turbidimetría	Fosfato de Calcio Monobásico
<b>K,Ca,Mg,Cu,Fe,Mn,Zn</b> = Absorción atómica	<b>B,S</b>

*Margarita del Pino*  
 RESPONSABLE DEPARTAMENTO

*[Firma]*  
 RESPONSABLE LABORATORIO