



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO AGRÓNOMO

TEMA:

“EVALUACIÓN DE CINCO DOSIS DE SILICIO EN EL CULTIVO DEL
ARROZ (*Oryza sativa* L.) INIAP-14”

MODELO: INVESTIGACIÓN AGRONÓMICA

AUTOR:

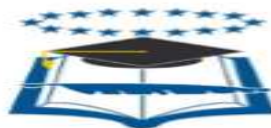
ERWIN FERNANDO LEÓN JURADO

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN:

DR. ING. AGR. FULTON LÓPEZ BERMÚDEZ, MSc.

GUAYAQUIL – ECUADOR

2016



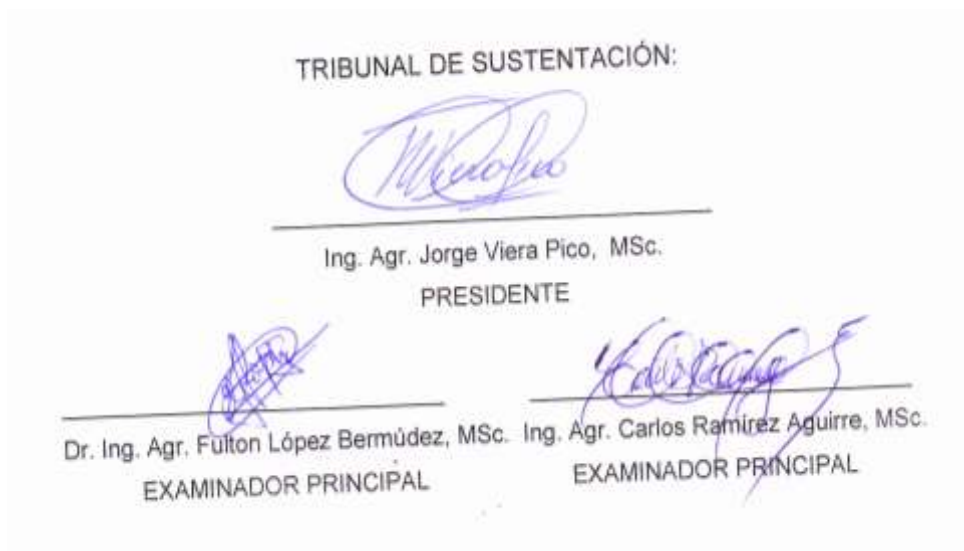
UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El presente Trabajo de Titulación titulado **“EVALUACIÓN DE CINCO DOSIS DE SILICIO EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) INIAP-14”**, realizado por el egresado ERWIN FERNANDO LEÓN JURADO, bajo la dirección del **Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc.**, ha sido aprobada y aceptada por el Tribunal de Sustentación como requisito previo para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN:



DEDICATORIA

Dedico este triunfo académico primeramente a Dios, por ser el pilar fundamental de mi vida y mis proyectos.

A mis padres: Alberto León Haro y Mercy Jurado Briones que desde muy temprana edad me enseñaron el valor de la responsabilidad y el sacrificio que debemos tener todos aquellas personas que emprendemos una meta.

A mi hermano Galo León Jurado, pilar fundamental de mi vida, que siempre estuvo brindándome su apoyo a lo largo de toda mi carrera.

A mis hijos: Thais Alejandra León Herrera, Kiara Charlotte León Cruzatty y Erwin Fernando León Herrera, por ser motivación diaria para seguir esforzándome, para poder ser un ejemplo de superación y enseñarles que el camino al éxito debe estar acompañado de perseverancia para lograr los objetivos deseados.

Erwin Fernando

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por sus múltiples bendiciones recibidas en todas las etapas de mi vida, ya que sin su ayuda las metas no serían alcanzables.

A la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil, que me ha permitido instruirme en la carrera elegida.

A todo su personal académico y administrativo que durante mis años de estudios de la carrera me brindaron siempre su apoyo.

A mis maestros que compartieron sus conocimientos en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil.

A mi director de Trabajo de Titulación **Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc**, por la orientación brindada en el desarrollo del presente trabajo.

A los miembros del tribunal Ing. Agr. Jorge Viera Pico, MSc. (Presidente del tribunal de sustentación) y al Ing. Agr. Carlos Ramírez Aguirre, MSc.

A todos mis familiares, ya que siempre estuvieron conmigo desinteresadamente y fueron un apoyo importante en mis estudios.

Al compañero Henry Gabriel Román Mota por todo el respaldo mostrado en a lo largo de estos cinco años de estudio.

Erwin Fernando

CERTIFICADO GRAMATOLÓGICO

Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc, Con domicilio en la ciudad de Milagro provincia del Guayas por la presente CERTIFICO: Que he revisado el Trabajo de Titulación elaborado por el egresado **Erwin Fernando León Jurado** con C.I: 0921331542 previo la obtención de título de **INGENIERO AGRÓNOMO**, cuyo tema es **“Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo de arroz INIAP- 14”**.

El documento de Trabajo de Titulación ha sido escrito aplicando las normas gramaticales de sintaxis vigentes de la Lengua Española, e inclusive con normas ISO-610 del Instituto Internacional de Cooperación Agrícola (IICA) en lo referente a la redacción técnica.



Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc.
C.I.0906941521
Celular: 0981969069 Telf. conv. 04703496
No registro de maestría del Senescyt: 1006-13-860034246
Fecha de registro: 28-03-2013

CERTIFICADO DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Por el presente **CERTIFICO:** Que he revisado el Trabajo de Titulación, elaborado por el Sr. **Erwin Fernando León Jurado**, estudiante egresado del Paralelo Daule, provincia de Guayas, previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo, cuyo tema se titula **“EVALUACIÓN DE CINCO DOSIS DE SILICIO EN EL CULTIVO DEL ARROZ (*Oryza sativa* L.) INIAP-14”**.

Por lo tanto una vez revisado por el suscrito consta que el Trabajo de Titulación ha sido redactado correctamente razón por lo cual el egresado **Erwin Fernando León Jurado** se encuentra apto para continuar con los trámites de sustentación y defensa del Trabajo de Titulación.

Lo que informo para fines legales consiguientes.



Dr. Ing. Agr. FULTON LÓPEZ BERMÚDEZ, MSc.
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

Bajo la solemnidad del juramento, declaro que la responsabilidad de los resultados, conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación es exclusiva del autor, y de la Universidad de Guayaquil.



Erwin Fernando León Jurado

C.I. 092133154-2

Teléfono celular: 0996614631

E-mail: nando-leonj@hotmail.com

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA		
FICHA DE REGISTRO		
TITULO Y SUBTITULO: “EVALUACIÓN DE CINCO DOSIS DE SILICIO EN EL CULTIVO DEL ARROZ (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14”.		
AUTOR: ERWIN FERNANDO LEÓN JURADO	Director de Trabajo de Titulación: Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc.	
INSTITUCIÓN: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL	FACULTAD: CIENCIAS AGRARIAS	
CARRERA: Ingeniería Agronómica		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	N. DE PÁGS.: 54	
PALABRAS CLAVE: Silicio, cultivo de arroz, Variedad INIAP -14, fertilización edáfica, producción , rendimiento		
RESUMEN: El presente trabajo de investigación se realizó en la Finca Marianita ubicada en el recinto “Cabuyal”, Cantón Santa Lucía, provincia del Guayas, en las coordenadas geográficas: S 1° 33’34.23” W 79° 34’25.32” longitud occidental con una altura de 6 m.s.n.m. Los objetivos propuestos fueron: 1) Determinar el efecto de las diferentes dosis de silicio en el comportamiento agronómico del cultivo de arroz (<i>Oryza sativa</i> L.); 2) Determinar la respuesta en el rendimiento de las diferentes dosis de silicio, sobre el cultivo de arroz; 3) Realizar un análisis económico de los tratamientos con relación al beneficio/costo. Durante la investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha) distribuidos aleatoriamente en cinco repeticiones dándonos un total de 25 tratamientos. En la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad. Se midieron siete variables agronómicas y se efectuó el análisis de presupuesto parcial, con el propósito de evaluar la factibilidad económica del empleo de la tecnología aplicada. Se concluyó que todos los tratamientos, no tuvieron efectos significativos sobre el comportamiento agronómico del cultivo de arroz: altura de planta, número de macollos, número de espigas, longitud de panícula, granos por panícula, peso de mil semillas y rendimiento, a pesar de no existir ninguna respuesta significativa sobre la variable rendimiento, la aplicación de silicio si incrementó los rendimientos, siendo el mejor tratamiento el 5 con una dosis de 200 kg/ha con un promedio de 8088 kg/ha. El análisis económico de los tratamientos, presentó como el mejor tratamiento al dos con 50 kg /ha de silicio, con un rendimiento de 7863 kg/ha, el análisis de dominancia indica que los tratamientos, tres, cuatro y cinco fueron dominados, en el análisis marginal de los tratamientos se observó un beneficio neto marginal de 185,55 USD y la tasa de retorno marginal de 284,37%.		
Nº. DE REGISTRO (en base de datos):	Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SÍ ☒ NO ☐	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: 0996614631	E-mail: nando-leonj@hotmail.com
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc. Teléfono: (04) 2288040 E-mail: www.ug.edu.ec/facultades/cienciasagrarias.aspx	

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Carátula.....	
Tribunal de sustentación.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Certificado Gramatológico	V
Certificado del Director del Trabajo de Titulación.....	VI
Responsabilidad.....	VII
Ficha de Registro. Repositorio Nacional en Ciencia.....	VIII
Índice General.....	IX
Índice de Cuadros.....	X
Índice Cuadros de Anexos.....	XI
Índice de Anexos.....	XII
Índice de Figuras de Anexos.....	XIII
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. El Problema.....	3
2.1. Planteamiento del problema.....	3
2.2. Formulación del problema.....	3
2.3. Justificación.....	3
2.4. Factibilidad.....	4
2.5. Objetivos de la investigación.....	5
2.5.1. Objetivo general.....	5
2.5.2. Objetivos específicos.....	5
2.6. Hipótesis.....	5
2.7. Variables de estudio.....	5
a) Variable independiente.....	5
b) Variable dependiente.....	6
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
3.1. Clasificación taxonómica del arroz.....	7
3.2. Fases del cultivo.....	7
3.2.1. Fase Vegetativa.....	7
3.2.2. Fase Reproductiva.....	8
3.2.3. Fase de maduración.....	8

	Pág.
3.3. Semilla de arroz, variedad INIAP-14.....	8
3.3.1. Características de la variedad.....	8
3.4. Fertilización.....	10
3.5. Silicio.....	10
3.6. Estudios de rendimiento con silicio.....	12
3.7. Composición Química del Silmag.....	13
IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
4.1. Ubicación del experimento.....	14
4.2. Características del suelo.....	14
4.3. Características del clima.....	14
4.4. Materiales.....	15
4.4.1. Material genético.....	15
4.4.2. Material Fertilizante.....	15
4.4.3. Materiales de campo.....	15
4.4.3.1. Maquinaria.....	15
4.4.3.2. Equipos de oficina.....	15
4.5. Metodología.....	16
4.5.1. Diseño de la investigación.....	16
a) Factores estudiados.....	16
b) Tratamientos estudiados.....	16
c) Diseño experimental.....	16
d) Análisis de varianza.....	17
e) Delineamiento experimental.....	17
f) Manejo del Experimento.....	18
g) Datos evaluados.....	19
h) Análisis económico.....	21
V. RESULTADOS EXPERIMENTALES.....	22
5.1. Altura de planta.....	22
5.2. Número de macollos.....	22
5.3 Número de Granos/panícula.....	22
5.4. Número de espigas.....	24
5.5. Peso de 1000 semillas.....	24
5.6. Longitud de panícula.....	24

	Pág.
5.7. Rendimiento.....	25
5.8. Análisis económico.....	25
VI. DISCUSIÓN.....	29
VII. CONCLUSIONES.....	31
VIII. RECOMENDACIONES.....	32
IX.RESUMEN.....	33
X. SUMMARY.....	34
XI. BIBLIOGRAFÍA.....	35
ANEXOS.....	38
FIGURAS.....	48

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Ficha técnica de la variedad INIAP-14.....	9
Cuadro 2. Dosis por tratamientos.....	16
Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza.....	17
Cuadro 4. Efecto de tres características agronómicas medidas en el experimento ‘Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14’. Santa Lucia, provincia del Guayas, Universidad de Guayaquil, 2016.....	23
Cuadro 5. Efecto de cuatro características agronómicas medidas en el experimento ‘Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14’. Santa Lucia, provincia del Guayas, Universidad de Guayaquil, 2016.....	26
Cuadro 6. Análisis económico de los tratamientos.....	27
Cuadro 7. Análisis de dominancia.....	27
Cuadro 8. Análisis marginal de los tratamientos.....	28

ÍNDICE DE CUADROS DE ANEXOS

Pág.

Cuadro 1A. Análisis de la varianza de la variable altura de planta (cm), obtenido en el experimento “Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14. Santa Lucia, provincia del Guayas, Universidad de Guayaquil, 2016.....	37
Cuadro 2A. Análisis de la varianza de la variable número de macollos, obtenido en el experimento “Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14”. Santa Lucia, provincia del Guayas, Universidad de Guayaquil, 2016.....	37
Cuadro 3A. Análisis de la varianza de la variable número de espigas, obtenido en el experimento “Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14”. Santa Lucia, provincia del Guayas, Universidad de Guayaquil, 2016.....	37
Cuadro 4A. Análisis de la varianza de la variable longitud de panícula, obtenido en el experimento “Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14”. Santa Lucia, provincia del Guayas, Universidad de Guayaquil, 2016.....	38
Cuadro 5A. Análisis de la varianza de la variable número de granos, obtenido en el experimento “Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14”. Santa Lucia, provincia del Guayas, Universidad de Guayaquil, 2016.....	38
Cuadro 6A. Análisis de la varianza de la variable peso de mil semillas (g), obtenido en el experimento “Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14”. Santa Lucia, provincia del Guayas, 2016.....	38
Cuadro 7A. Análisis de la varianza de la variable rendimiento (kg/ha), obtenido en el experimento “Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (<i>Oryza sativa</i> L.) INIAP-14”. Santa Lucia, provincia del Guayas, 2016.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Croquis del lugar donde se realizó el experimento.....	41
Anexo 2. Croquis del diseño experimental.....	42
Anexo 3. Diagrama de la parcela experimental.....	43
Anexo 4. Análisis de suelo en la finca Marianita antes de la Investigación.....	44
Anexo 5. Análisis textural de suelo en la finca Marianita antes de la investigación.....	45
Anexo 6. Análisis de salinidad en la finca Marianita antes de la Investigación.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS DE ANEXOS

	Pág.
Figura 1A. Medición y División de las Parcelas.....	48
Figura 2A. Trasplante del área de investigación.....	48
Figura 3A. Visita del Director de Trabajo de Titulación Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc, y el Autor.....	49
Figura 4A. Visita del Director de Trabajo de Titulación Dr. Ing. Agr. Fulton López Bermúdez, MSc, y el Autor, antes de la cosecha.....	49
Figura 5A. El Autor en la Cosecha.....	50
Figura 6A. El Autor en el conteo de la mil semillas.....	50
Figura 7A. El Autor en el peso de la cosecha.....	51

I. INTRODUCCIÓN

El arroz (***Oryza sativa* L.**) es el segundo cereal más consumido por el hombre después del trigo, aunque, si se toma en cuenta la superficie sembrada, ocupa el primer lugar. Es el alimento básico de la mitad de la población mundial y proporciona poco más del 50 % de las calorías de la alimentación humana. Asimismo, proporciona más calorías por hectárea que cualquier otro cereal (**Muñoz y Gómez, 2010**).

Nuestro país figura entre los países de Latinoamérica como uno de los principales productores de arroz. Esto se debe a que posee condiciones edafoclimáticas óptimas para el desarrollo de las plantas. La producción se desarrolla en un 50 a 69 % en la provincia del Guayas siendo Daule y Santa Lucía los cantones con mayor área sembrada (42.470 y 21.055 hectáreas respectivamente) y un 39,47 % en la provincia de Los Ríos en el que Babahoyo y Montalvo son los cantones que mayor superficie siembra (56.542 y 16.362 has, respectivamente además se siembran en Manabí un 4,41 %, y el resto de provincias un 5,43% (**Viteri, 2007**).

Es conocido que en la actividad agrícola existen muchos factores responsables del crecimiento de las plantas y de los rendimientos de estas; entre ellos la práctica de la fertilización, saber los requerimientos nutricionales, conocer las disponibilidades de nutrientes en el suelo (**Reyes, 2003**).

Tomando en consideración que la planta de arroz realiza una alta absorción de silicio, se puede considerar como un elemento agronómicamente esencial para el cultivo del arroz, ya que se requiere para mejorar la salud de la planta al inducir resistencia y/o tolerancia a estrés bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (toxicidad por Al, Fe y Mn; acamado, etc.); además que cuando se practica el monocultivo del arroz se pueden producir carencias de (Si) que limitan la productividad de este cultivo, a pesar de que el silicio (Si) es uno de

los más abundantes elementos en la corteza terrestre y que la mayor parte de los suelos agrícolas contienen apreciables cantidades de este elemento, el cultivo continuado puede reducir los tenores de Si disponible a las plantas hasta el punto de que se requiera la aplicación del elemento con el fin de lograr producciones agrícolas elevadas y estables **(Savant et al., 1997)**.

El silicio no es clasificado como un elemento esencial. Sin embargo, un buen cultivo de arroz toma del terreno de 1000-1200 kg/ha de óxido de silicio **(Potash & PhosphatInstitute, 2000)**.

Además, cabe señalar que el cultivo de arroz en nuestro país se desarrolla, en su mayoría, en suelos planos y de origen aluvial de la región Litoral o Costa, los mismos que presentan características físico-químicas muy variables **(INIAP, 2007)**.

II. EL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

Con el transcurso del tiempo las cosechas de arroz en la Finca Marianita del Recinto Cabuyal del Cantón Santa Lucia fueron disminuyendo notoriamente con bajos rendimientos (35 sacos de 205 libras por hectáreas) debido a que los pequeños y medianos agricultores no cuentan con tecnologías apropiadas y por el mal uso de las prácticas agronómicas. Hasta ahora las prácticas de fertilización se han venido realizando convencionalmente con urea, sulfato de amonio, nitratos, entre otros, como fuentes nitrogenadas; con fósforo, generalmente como fosfatos, y con el potasio, como: sulfatos, nitratos y/o cloruro de potasio, sin considerar que un largo periodo del cultivo de arroz intensivo agota el silicio disponible en el suelo. El agotamiento de silicio en el suelo podría ser uno de los posibles factores limitantes, entre otros, que contribuyen a la disminución de los rendimientos. Por lo general, las plantas absorben silicio igual a la concentración de la mayor parte de los macronutrientes.

2.2. Formulación del problema

¿De qué manera podrá incidir la falta de silicio en el cultivo de arroz INIAP-14 en el recinto Cabuyal ubicado en el cantón Santa Lucia?

2.3. Justificación

Con este trabajo de investigación se busca aportar con nuevas tecnologías y un mejor manejo de las prácticas agronómicas (fertilización) del cultivo de arroz a los agricultores del Recinto Cabuyal del cantón Santa Lucia, con la colaboración de la Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias, para lograr mayores rendimientos con la aplicación de silicio como un nutriente

esencial en el cultivo y reparador de suelo, de esta gramínea considerada básica en la alimentación humana.

En la actualidad, el cultivo de arroz (***Oryza sativa L.***) es considerado una gramínea de mucha importancia por ser el alimento básico de millones de habitantes en todas las regiones del mundo. Si bien la producción arroceras se ha incrementado paulatinamente, esta no basta para cubrir las necesidades de las poblaciones en continuo crecimiento. Este déficit hace que las naciones se preocupen constantemente en mejorar sus conocimientos agrícolas mediante estudios y transferencia de tecnologías, para que, de esta forma, sus territorios puedan aumentar su productividad y ser más eficientes con el paso de los años.

2.4. Factibilidad

¿Puedo realizar la investigación?

Si es factible realizar la investigación, ya que se cuenta con los medios climáticos adecuados (temperatura, humedad relativa, heliofanía) y recursos económicos necesarios para realizar la aplicación de silicio (cinco dosis) en el cultivo de arroz INIAP-14, contando con el respaldo académico y docente de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil.

2.5. Objetivos de la investigación

2.5.1. Objetivo general

Evaluar la aplicación del silicio, mediante el estudio de cinco dosis, en el cultivo de arroz variedad INIAP-14, de siembra por trasplante.

2.5.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de las diferentes dosis de silicio en el comportamiento agronómico del cultivo de arroz (***Oryza sativa* L.**).
- Establecer la respuesta en el rendimiento de las diferentes dosis de silicio, sobre el cultivo de arroz.
- Realizar un análisis económico de los tratamientos con la metodología del CYMMYT

.

2.6. Hipótesis

La aplicación de silicio incrementará el rendimiento del cultivo de arroz variedad INIAP-14.

2.7. Variables de estudio

a) Variable independiente

Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (***Oryza sativa* L.**)INIAP-14.

b) Variable dependiente

Incrementar los rendimientos en el cultivo de arroz INIAP-14.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Clasificación taxonómica del arroz

El arroz (***Oryza sativa* L.**) es un cultivo muy antiguo, originándose en la parte Oriental de Asia; en la actualidad es considerado como uno de los cereales básico a nivel mundial, ocupando el segundo lugar después del trigo (**FAO, 2011**).

Según **Andrade (2007)**, el arroz está clasificado de la siguiente manera:

Reino:	Plantae
División:	Fanerógama
Tipo:	Espermatófita
Subtipo:	Angiosperma
Clase	Monocotiledónea
Orden:	Glumifloral
Familia:	Gramineae
Subfamilia:	Panicoidea
Tribu:	Oryzeae
Subtribu:	Oryzinea
Género:	<i>Oryza</i>
Especie:	<i>sativa</i> L.

3.2. Fases del cultivo

El crecimiento vegetativo es un proceso fisiológico continuo (**INIAP, 2007**). Comprende tres fases bien diferenciadas:

3.2.1. Fase Vegetativa.- Es al que se entiende por las etapas de germinación, macollaje, crecimiento de raíces y emergencia de las hojas.

3.2.2. Fase Reproductiva.- Comienza con la diferenciación del primordio de panículas, luego con el crecimiento de la panoja y la elongación de los tallos o entrenudos, hasta la floración.

3.2.3. Fase de maduración.- Durante el llenado de los granos, las fotos asimiladoras se dirigen hacia la panoja, siendo los granos su principal destino.

3.3. Semilla de arroz, variedad INIAP-14

INIAP, FENARROZ Y GTZ (Agencia Alemana para el Desarrollo), asociadas y ejecutoras del proyecto integral Arroz, frente a la demanda de variedades, con buenas características agronómicas para las áreas de siembra de riego y secano (bajo lluvia) entregaron la nueva variedad “INIAP-14” Filipino.

La variedad “INIAP-14” filipino fue introducida en 1993 desde el PHIL RICE de Filipinas por FENARROZ. Fue introducida con el nombre clave PSBRC 12. En Filipina fue entregada como la variedad CALIRAYA. En nuestro país ha sido evaluada bajo condiciones de lluvia en la estación experimental tropical Pichilingue (Quevedo), El Vergel (Valencia), provincia de Los Ríos; y bajo riego en Daule y Samborondón; provincia del Guayas **(INIAP, 2009)**.

3.3.1. Características de la variedad INIAP-14

En el cuadro siguiente se presentan las características de la variedad INIAP-14 Filipino.

Cuadro 1. Ficha técnica de la variedad INIAP-14

Características		INIAP 14
Rendimiento (sacas) ^{1/}	(riego trasplante)	64 a 100
Rendimiento (sacas) ^{1/}	(secano, siembra directa)	53 a 68
Ciclo vegetativo (días)	(riego, trasplante)	115 a 127
Ciclo vegetativo (días)	(secano, siembra directa)	110 a 117
Altura de planta (cm)	(riego, trasplante)	81 a 100
Altura de planta (cm)	(secano, siembra directa)	99 a 107
Número de panícula/planta	(riego, trasplante)	14 a 38
Longitud de grano(mm) ^{2/}		7.1 (L)
Ancho de grano (mm)		2.19
Granos llenos/panícula (%)		89
Peso de 1000 granos		26
Grano entero al pilar (%)		62
Hoja blanca		M. R.
Pyricularia grisea		R
Tagosodes oryzicolus		R
Acame de planta ^{3/}		R
Latencia en semanas ^{4/}		4 a 5

1/ Rendimiento de arroz en cascara al 14% de humedad, 0% de impurezas, sacas de 200 lbs.

2/ Grano largo (L) 6,6 a 7,5 mm, grano extra largo (EL) más de 7,5 mm.

3/ Cosechar en época oportuna y el adecuado manejo del cultivo evitar el acame.

4/ El dato para el "INIAP-14" Filipino, proporcionaron técnicas de FENEARROZ.

Plegable promocional: No EELS 02, estación experimental Sur del Litoral "Dr. Enrique Ampuero Pareja" Virgen de Fátima, km 26 vía Duran – Tambo, litoralsur@iniap.gob.ec.

3.4. Fertilización

Los nutrientes que necesitan las plantas se toman del aire y del suelo. Esta publicación trata solamente los nutrientes absorbidos del suelo. Si el suministro de nutrientes en el suelo es amplio, los cultivos probablemente crecerán mejor y producirán mayores rendimientos. Sin embargo, si aún uno solo de los nutrientes necesarios es escaso, el crecimiento de las plantas es limitado y los rendimientos de los cultivos son reducidos. En consecuencia, a fin de obtener altos rendimientos, los fertilizantes son necesarios para proveer a los cultivos con los nutrientes del suelo que están faltando. Con los fertilizantes, los rendimientos de los cultivos pueden a menudo duplicarse o más aún triplicarse. Cultivos diferentes necesitan cantidades específicas de nutrientes. Además, la cantidad de nutrientes necesaria depende en gran parte del rendimiento obtenido (o esperado) del cultivo **(FAO, 2002)**.

3.5. Silicio (Si)

El Silicio es el único elemento que no causa serios problemas en cantidades excesivas. Este elemento se deposita como una capa gruesa de 2.5 micras de espesor en el espacio inmediatamente debajo de la cubierta cuticular, formando una doble capa de cutícula-Silicio. Esta formación se cree interviene en el rol del Silicio en aliviar los stress bióticos y abióticos. Es este uno de los mecanismos que se argumenta promover la resistencia de las plantas a ser afectadas por enfermedades e insectos. Las acumulaciones de sílice en los tejidos actúan como una barrera física a la penetración de las hifas de los hongos y en el caso de insectos.

El Silicio ha sido probado como un elemento esencial para las plantas superiores ya que sus efectos benefician a una amplia gama de cultivos incluyendo arroz **(El Productor.com)**.

El silicio es el mayor constituyente de la porción inorgánica del suelo donde existe en forma de cuarzo y varios tipos de silicato. En fuentes naturales en el suelo, el silicio se lo encuentra en componentes de numerosos minerales; silicatos laminares, etc. La solubilidad de estos componentes es generalmente baja. Los más solubles parece que existen en los Hydroalumino silicatos amorfos (**Castilla, 2001-2002**).

El silicio, de acuerdo a la **SEPHU (2012)**, tiene varias funciones en el crecimiento de la planta de arroz:

- Una buena absorción de silicio protege a las plantas contra la infección de hongos e insectos y una buena capa cuticular de silicio sirve como una barrera contra hongos, insectos y ácaros.
- 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.
- Un aumento de la absorción de silicio disminuye las pérdidas por transpiración. En las hojas de arroz se forma una capa doble de Si, debajo de la cutícula y encima de las células epidérmicas. Dicha capa de Si limita la pérdida de agua por las hojas y dificulta la penetración y desarrollo de las hifas de los hongos.
- Un aumento de la absorción de silicio fortalece el poder oxidante de las raíces del arroz y disminuye una excesiva absorción de hierro (Fe) y manganeso (Mn).
- La excelente interacción del silicio con el fósforo permite una mayor asimilación del mismo, además de hacer asimilables las formas bloqueadas e inmóviles del fósforo en el suelo. Se ha observado que las

deficiencias de fósforo en el arroz disminuyen con la aplicación de silicatos orgánicos solubles, gracias al desplazamiento que hace el ión silicato al ión fosfato en la molécula fijadora del fósforo.

3.6. Estudios de rendimiento con Silicio

Ahmad et al. (2013), en un experimento de campo que se llevó a cabo en la Universidad de Agricultura en Faisal abad (Pakistán), en donde investigaron el efecto de la aplicación foliar de silicio sobre el rendimiento y calidad del arroz, indican que el silicio no mostró ningún efecto significativo sobre la altura de la planta, el índice de cosecha, número de granos y granos opacos, además, encontraron que en el tratamiento con una solución de silicio 0,50 %, produjo el máximo diámetro de grano y proteína del grano, mientras que con la solución de silicio al 1,00 % se presentó un mayor número de macollos productivos, rendimiento de paja, número de espigas por panícula, peso de 1000 granos y rendimiento de arroz y almidón.

Por otra parte **Furcal (2012)**, en un experimento sobre efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y en el rendimiento del cultivo de arroz, usó como fuente de silicio Tecnosilix® en polvo al 70 % de SiO₂ aplicado al suelo, y líquido concentrado (Tecnosilix® 40 % SiO₂ y 36 % MgO) aplicado al nivel de hojas del cultivo, y concluyó que: 1) la utilización de silicio, tanto en el suelo como en las hojas del cultivo, no generó un efecto directo hacia la reducción de enfermedades y plagas en el cultivo; y, 2) la aplicación de silicio, tanto al suelo como al nivel de las hojas, no mostró mejoría en el rendimiento ni en la calidad del grano de arroz.

Rugel (2016), en un investigación realizada en el recinto Cabuyal del cantón Santa Lucia, sobre el estudio de cinco niveles de silicato de calcio y tres de nitrógeno indicó que el silicio no mostró ningún efecto significativo sobre las variables altura de planta y números de granos, a diferencias de las variables

número de panículas, peso de mil semillas y rendimiento que obtuvieron valores significativos al presentar respuesta a la aplicación de silicio en dosis de 200 kg/ha.

3.7. Composición química del silicato de magnesio

Según **Fermagri S.A. (2015)**, la concentración química del silicato de magnesio (Silmag) es la siguiente:

Silicio.....	40%
Magnesio.....	17%
Azufre.....	5%

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del experimento^{1/}

El presente trabajo de investigación se realizó en la Finca Marianita ubicada en las coordenadas geográficas:

S 1° 33'34.23" W 79° 34'25.32" longitud occidental en el recinto "Cabuyal", Cantón Santa Lucía, provincia del Guayas.

4.2. Características del suelo ^{2/}

Textura arcillosa con 18% de arena, 30% de limo y 52% de arcilla. Con un PH de 7.2 prácticamente neutro.

4.3. Características del clima^{3/}

Altitud:	6 msnm
Temperatura promedio:	25°C
Humedad relativa:	76%
Precipitación anual:	1500 a 2000/año
Heliofanía:	997,5 horas / año
Velocidad del viento:	5-8 km/h

Fuentes: 1/ Datos registrados por GPS

2/Análisis realizado en el laboratorio de suelos, tejidos vegetales y aguas de la Estación Experimental del Litoral Sur "Dr. Enrique Ampuero Pareja" INIAP, 2015.

3/Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. INAMHI. 2015.

4.4. Materiales

4.4.1. Material genético

Se utilizaron semillas de arroz de la variedad INIAP-14.

4.4.2 Material fertilizante

Silmag (40% de Si, de 17% de Mg y 5% de S)

4.4.3 Materiales de campo

Cinta métrica, romana, gramera, piola, pala, machete, azadón, estaquillas, recipientes plásticos, fundas plásticas y de papel, bomba manual, insumos agrícolas, herbicidas, insecticidas, fungicidas y fertilizantes.

4.4.3.1 Maquinaria

Tractor de llanta.

4.4.3.2 Equipos de oficina

Computador, libreta de campo, marcador permanente, formatos de cartulina, lápiz, impresora y servicio de internet.

4.5. Metodología

4.5.1. Diseño de la investigación

a) Factores estudiados

Se estudiaron cinco niveles de silicio.

b) Tratamientos estudiados

Se estudiaron 5 tratamientos.

Cuadro 2.Dosis por tratamientos

Número de Tratamientos	Dosis de Silicio (kg/ha)
T1	0
T2	50
T3	100
T4	150
T5	200

c) Diseño experimental

Se utilizó el tipo de Diseño experimental de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 5 tratamientos distribuidos aleatoriamente en 5 repeticiones. La comparación de las medias se realizó con la prueba de Duncan al 5% de significancia.

d) Análisis de varianza

Cuadro 3. Esquema del análisis de varianza

F. de V. G. L.			
Repeticiones	r-l	(5-1)	4
Tratamientos	t-l	(5-1)	4
Error experimental	(t-l)(r-l)	(5-1)(5-1)	16
Total	(txr)-1	(5x5)-1	24

e) Delineamiento experimental

Número de tratamientos:	5
Número de bloques:	5
Total de parcelas:	25
Forma de la parcela:	rectangular
Número de hileras por tratamiento	13
Número de plantas por hilera (26 x 3) =	78
Distancia entre hilera	0.30 m
Número de plantas por hoyo	3
Número de plantas por parcela (78 x 13) =	1014
Longitud de la parcela:	8 m
Ancho de la parcela:	4 m
Área total de la parcela:	32 m ²
Área útil de la parcela:	21 m ²
Distancia entre parcelas:	0.75 m
Distancia entre bloques:	1.5 m
Área total de cada bloque: (32 x 5) =	160 m ²
Área útil de cada bloque: (21 x 5) =	105 m ²

f) Manejo del experimento

Análisis de suelo

De acuerdo con el análisis de suelos realizados en la finca Marianita, en el recinto Cabuyal demuestra los siguientes resultados:

- Los elementos calcio, magnesio, azufre, cobre, hierro y manganeso, están considerados altos.
- El macroelemento Potasio está considerado medio.
- El nitrógeno amoniacal, fósforo, zinc, boro y la materia orgánica están considerados como bajos.
- De acuerdo a la sumatoria de bases nos indica que el elemento Magnesio está elevado en el suelo, lo cual impide la disponibilidad de potasio hacia la Planta.

Preparación del terreno

Se la efectuó mediante los procesos de arado, rastrado, fangueado y nivelado.

Semillero

El semillero elaborado tuvo las siguientes medidas, 2 m de diámetro por 6m de longitud. Se pre-germinó la semilla sumergiéndola en una tina con agua durante 24 horas y después se drenó el agua y se la dejó reposar por 48 horas más.

La siembra en el semillero se efectuó al voleo, utilizando 250g/m³ de semilla INIAP-14.

Siembra

Esta labor se realizó por trasplante, a una distancia de 0.30m x 0.30m entre plantas e hileras respectivamente, colocando de 2 a 3 plantas por hueco con una edad de 21 días.

Control de malezas

El control de malezas se realizó de forma manual, se realizaron tres desyerbas a los 15, 35 y 50 días después del trasplante.

Fertilización

De acuerdo con los resultados del análisis de suelo se aplicó:

- Se aplicó fósforo (súper fosfato triple), con una dosis de 44 Kg/ha.
- Se aplicó potasio (muriato de potasio), con una dosis de 150 Kg/ha.
- Se aplicó nitrógeno (urea), con una dosis de 68 kg/ha.
- Más la aplicación de la dosis de los tratamientos estudiados antes de la siembra.

Control de plagas y enfermedades

Se realizó con Bifentrin 50cc/20L, Acefato 50 g/20L, Permetrina 35cc/2L, para la prevención y control de sogata (***Tagosodes orizicolus***), minador de la hoja (***Hydrellia spp.***), gusano cogollero (***Spodoptera sp.***), diatrea (***Diatrea saccharalis***), novia del arroz (***Rupela albinella***) de acuerdo al monitoreo e incidencia de plagas, y con kasugamicina, que es un fungicida – bactericida para el control de la ***Pyricularia oryzae***, bacteriosis (***Pseudomonas glumas***) en el cultivo con dosis de 80cc/20L.

Riego

Este se realizó por inundación en la totalidad del ensayo. A fin de mantener una lámina de 5 cm de agua, cada 5 días, hasta los 80 días después de la siembra.

Cosecha

La cosecha se la efectuó manualmente, tomando en cuenta el área útil de la unidad experimental.

Duración del experimento

El experimento tuvo una duración de 16 semanas aproximadamente, considerada desde la fecha de inicio del mismo realizada el 4 de junio del 2016 hasta la cosecha que fue el 24 de Septiembre del 2016.

g) Datos evaluados

En cada unidad experimental se evaluaron las siguientes variables:

Altura de planta (cm)

Se tomaron al azar cinco plantas del área útil de cada parcela al momento de la cosecha y se procedió a medir la distancia comprendida desde la superficie del suelo al ápice de la hoja más sobresaliente. Su promedio se expresó en centímetros.

Número de macollos

Dentro del área útil de cada parcela se tomaron al azar cinco plantas y se procedió a contabilizar el número de macollos por tratamientos y luego se promediaron.

Número de panículas

Dentro del área útil de cada parcela se tomaron al azar cinco plantas y se procedió a contabilizar el número de panículas por tratamientos.

Longitud de panícula (cm)

La longitud de las panículas se las midió con la cinta métrica. Se consideró desde la base de la panícula hasta el ápice de la misma excluyendo la arista, y se obtuvo el promedio en centímetros.

Número de granos/panícula

Se tomaron cinco plantas al azar del área útil, se contaron los granos existentes por panícula y luego se promediaron.

Peso de 1000 semillas (g)

Para obtener este dato se pesaron 1000 semillas ajustadas al 14 % de humedad y se pesaron en una balanza de precisión, expresándose en gramos. Los granos considerados para esta evaluación fueron seleccionados y totalmente sanos.

Rendimiento (kg/ha)

Esta variable se determinó en kg/ha, tomando el área útil de cada unidad experimental. El grano se ajustara al 14 % de humedad, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula (Paguay y Leonardo, 2011):

$$Pa = \frac{(100 - HI) * PM}{100 - HD} \times \frac{10000}{AC}$$

Dónde:

Pa = peso ajustado

HI = humedad inicial

PM = peso de la muestra

HD = humedad deseada

AC = área cosechada

h) Análisis económico

Se utilizó la metodología de presupuesto parcial descrita por el programa de Economía del CIMMYT (1988).

V. RESULTADOS

5.1. Altura de planta

El análisis de varianza presentó valores no significativos. El coeficiente de variación fue de 5,72% con una media general de 86 cm (Cuadro 1^a y 4).

Al comparar los promedios de altura de planta entre los tratamientos fertilizados con silicio, la dosis de 200 kg/ha obtuvo mejor resultado con una altura de 90 cm, a diferencia de la dosis de 50kg/ha que obtuvo un altura de 83 cm (Cuadro 4).

5.2. Número de macollos

El análisis de varianza dio valores no significativos. El coeficiente de variación fue de 17,60% con una media general de 38 macollos (Cuadro 2A y 4).

Al comparar los promedios entre los tratamientos fertilizados con silicio, la dosis de 200 kg/ha presentó un mayor número de macollos con 42 macollos, mientras que con la dosis de 100 kg/ha se obtuvo 35 macollos (Cuadro 4).

5.3. Número de panículas

El análisis de varianza presentó valores no significativos. El coeficiente de variación fue de 23,18% con una media general de 34 panículas (Cuadro 3A y 4).

Al comparar los promedios entre los tratamientos fertilizados con silicio, la dosis de 200 kg/ha presentó un mayor número de panículas con 38 panículas, mientras que con la dosis de 100 kg/ha se obtuvo 31 panículas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Efecto de tres características agronómicas medidas en el experimento ‘Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) INIAP-14’. Santa Lucia, provincia del Guayas, Universidad de Guayaquil, 2016.

Tratamientos Silicio	Altura de planta (cm)	Número de macollos/planta	Número de panículas/planta
0	86 ^{N.S.}	38 ^{N.S.}	35 ^{N.S.}
50	83	36	32
100	86	35	31
150	86	37	33
200	90	42	38
Promedio	86	38	34
C.V. (%)	5,72	17,60	23,18

1/. Valore(s) señalado(s) con la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente entre sí (Duncan α 0,05); N.S. No Significativo.

UG, Universidad de Guayaquil.

5.4. Longitud de panícula

El análisis de varianza mostró valores no significativos. El coeficiente de variación fue de 7,78% con una media general de 21cm (Cuadro 4A y 5).

Al comparar los promedios entre los tratamientos fertilizados con silicio, las dosis de 50 y 200 kg/ha obtuvieron una mayor longitud de panícula con 22cm, mientras que con las dosis de 0, 100 y 150 kg/ha presentaron 21 cm (Cuadro 5).

5.5. Número de granos/panícula

El análisis de varianza presentó valores no significativos. El coeficiente de variación fue de 15,18% con una media general de 109 granos (Cuadro 5A y 5).

Al comparar los promedios entre los tratamientos fertilizados con silicio, la dosis de 100 kg/ha obtuvo un mayor número de granos con 117 granos, mientras que con la dosis de 0 kg/ha presentó 99 granos (Cuadro 5).

5.6. Peso de 1000 semillas

El análisis de varianza presentó valores no significativos. El coeficiente de variación fue de 6,31% con una media general de 28 gramos (Cuadro 6A y 5).

Al comparar los promedios entre los tratamientos fertilizados con silicio, las dosis de 100 y 200 kg/ha obtuvieron un mayor peso con 29 gramos, mientras que con las dosis de 0, 50 y 150kg/ha presentaron 28 gramos (Cuadro 5).

5.7. Rendimiento

El análisis de varianza mostró valores no significativos. El coeficiente de variación fue de 10,34% con una media general de 7683 kg/ha (Cuadro 7A y 5).

Al comparar los promedios entre los tratamientos fertilizados con silicio, la dosis de 200 kg/ha obtuvo una mejor producción con 8088 kg/ha, mientras que con las dosis de 0 kg/ha presentó 7263 kg/ha (Cuadro 5).

5.8. Análisis económico

El análisis del presupuesto parcial mostró el mayor beneficio bruto para el tratamiento 5 (200 kg/ha de silicio) con USD/ha 3380,57; mientras que el más bajo fue el tratamiento 1(testigo) con USD /ha 3035,72; el valor del precio de la cosecha fue de USD 0,44 USD/kg (Cuadro 6).

El total de costos variables más elevado fue para el tratamiento 5 (200 kg/ha de silicio) con USD/ha, 261 y el más bajo el tratamiento 1 (testigo) con USD/ha 0,00. El mayor beneficio neto fue para el tratamiento 2 (50 kg/ha de silicio) con USD/ha 3221,27, en tanto que el más bajo correspondió al tratamiento 4 (150 kg/ha de silicio) con USD/ha 2934,02 (Cuadro 6).

De acuerdo con el análisis de dominancia resultaron dominados los tratamientos, tres, cuatro y cinco, en el análisis marginal de los tratamientos se observó un beneficio neto marginal de 185,55 USD y la tasa de retorno marginal de 284,37%, es decir que por cada dólar invertido se genera 2.84 USD, siendo por tanto el tratamiento más rentable el tratamiento número dos (Cuadro 7 y 8).

Cuadro 5. Efecto de cuatro características agronómicas medidas en el experimento ‘Evaluación de cinco dosis de silicio en el cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) INIAP-14’. Santa Lucia, provincia del Guayas, Universidad de Guayaquil, 2016. 2016

Tratamientos	Longitud de panícula	Número de granos	Peso de 1000 semillas	Rendimiento
Silicio	(cm)		(g)	(Kg/ha)
0	21 ^{N.S.}	99 ^{N.S.}	28 ^{N.S.}	7263 ^{N.S.}
50	22	114	28	7863
100	21	117	29	7713
150	21	104	28	7488
200	22	113	29	8088
Promedio	21	109	28	7683
C.V. (%)	7,78	15,18	6,31	10,34

1/. Valore(s) señalado(s) con la(s) misma(s) letra(s) no difieren estadísticamente entre sí (Duncan α 0,05); N.S. No Significativo.

UG, Universidad de Guayaquil.

Cuadro 6. Análisis económico de los tratamientos

Rubros	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Rendimiento(kg/ha)	7262,5	7862,5	7712,5	7487,5	8087,5
Perdida de cosecha 5%	363,13	393,13	385,63	374,38	404,38
Rendimiento ajustado (kg/ha)	6899,38	7469,38	7326,88	7113,13	7683,13
Precio de campo (USD)	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44
Beneficio Bruto (USD/ha)	3035,73	3286,53	3223,83	3129,78	3380,58
Costo de silicio (USD/ha)	0,00	61,25	122,50	183,75	245,00
Costo de aplicación de silicio (USD/ha)	0,00	4,00	8,00	12,00	16,00
Total de costo que varían (USD/ha)	0,00	65,25	130,50	195,75	261,00
Beneficio neto (USD/ha)	3035,73	3221,28	3093,33	2934,03	3119,58

Cuadro 7. Análisis de dominancia

Tratamientos	Total de costos variables (USD/ha)	Beneficios netos (USD/ha)	Dominancia
1	0,00	3035,73	
2	65,25	3221,28	
3	130,50	3093,33	D
4	195,75	2934,03	D
5	261,00	3119,58	D

Cuadro 8. Análisis marginal de los tratamientos

Tratamientos	Total costo variables (USD/ha)	Total costo variable marginal (USD/ha)	Total beneficio neto (USD/ha)	Total beneficio neto marginal (USD/ha)	TRM (%)
1	0		3035,73		
2	65,25	65,25	3221,28	185,55	284,37

VI. DISCUSIÓN

Todas las variables medidas en este experimento fueron no significativas, es decir, que no existe ningún efecto por la aplicación de silicio sobre las características fenotípicas medidas; con un promedio de 86 cm de altura de planta, 34 panículas, un peso de mil granos de 28 gramos y un rendimiento de 77 sacas, resultados que coincide con lo mencionado por INIAP en su **plegable promocional Número 02 de la EELS y Furcal (2012)**, quien indica que en un experimento sobre efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y en el rendimiento del cultivo de arroz, usó como fuente de silicio Tecnosilix® en polvo al 70 % de SiO₂ aplicado al suelo, y líquido concentrado (Tecnosilix® 40 % SiO₂ y 36 % MgO) aplicado al nivel de hojas del cultivo, y concluyó que: 1) la utilización de silicio, tanto en el suelo como en las hojas del cultivo, no generó un efecto directo hacia la reducción de enfermedades y plagas en el cultivo; y, 2) la aplicación de silicio, tanto al suelo como al nivel de las hojas, no mostró mejoría en el rendimiento ni en la calidad del grano de arroz.

A pesar de que no existe ninguna respuesta significativa por la aplicación de silicio sobre la variable rendimiento, el tratamiento de 200 kg/ha presentó una mayor producción con un promedio de 8088 kg/ha resultado superior al de **Rugel (2016)** con un promedio de 6946 kg/ha con la aplicación de silicio en dosis de 200kg/ha.

El análisis económico de presupuesto parcial del **CIMMYT (1988)** de los tratamientos, presentó como el mejor tratamiento al número dos con 50 kg /ha de silicio, con un rendimiento de 7863 kg/ha, el análisis de dominancia indica que los tratamientos, tres, cuatro y cinco fueron dominados, en el análisis marginal de los tratamientos se observó un beneficio neto marginal de 185,55 USD y la tasa de retorno marginal de 284,37%, es decir por cada dólar invertido se genera 2.84 USD, resultado superior al obtenido por **Sánchez (2015)**, con una tasa de retorno marginal de 258%, con la aplicación de silicio en forma edáfica en dosis de 1,5lts/ha.

VII. CONCLUSIONES

Dados los resultados obtenidos de cada uno de los factores evaluados, se pudo determinar las siguientes conclusiones:

- Todos los tratamientos, no tuvieron efectos significativos sobre el comportamiento agronómico del cultivo de arroz: altura de planta, número de macollos, número de espigas, longitud de panícula, granos por panícula, peso de mil semillas y rendimiento.
- A pesar de no existir ninguna respuesta significativa sobre la variable rendimiento, la aplicación de silicio si incrementó los rendimientos, siendo el mejor tratamiento el 5 con una dosis de 200 kg/ha con un promedio de 8088 kg/ha.
- El análisis económico de los tratamientos presentó como el mejor tratamiento al dos con 50 kg /ha de silicio, con un rendimiento de 7863 kg/ha, el análisis de dominancia indica que los tratamientos tres, cuatro y cinco fueron dominados, en el análisis marginal de los tratamientos se observó un beneficio neto marginal de 185,55 USD y la tasa de retorno marginal de 284,37%.

VIII. RECOMENDACIONES

Con base al análisis e interpretación de los resultados se exponen a continuación las siguientes recomendaciones:

- Probar silicio en dosis de 200 kg/ha para aumentar los rendimientos en suelo de textura arcillosa (52% de arcilla, 30% de limo y 18% de arena) en la zona de Cabuyal.
- Realizar investigaciones de silicio en otras zonas arroceros.

IX. RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la Finca Marianita ubicada en el recinto “Cabuyal”, Cantón Santa Lucía, provincia del Guayas, en las coordenadas geográficas: S 1° 33'34.23" W 79° 34'25.32" longitud occidental con una altura de 6 m.s.n.m. Los objetivos propuestos fueron: 1) Determinar el efecto de las diferentes dosis de silicio en el comportamiento agronómico del cultivo de arroz (***Oryza sativa* L.**); 2) Determinar la respuesta en el rendimiento de las diferentes dosis de silicio, sobre el cultivo de arroz; 3) Realizar un análisis económico de los tratamientos con relación al beneficio/costos.

Durante la investigación se utilizó el diseño de bloques completamente al azar (DBCA), con cinco tratamientos (0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha) distribuidos aleatoriamente en cinco repeticiones dándonos un total de 25 tratamientos. En la comparación de medias se utilizó la prueba de Duncan al 5% de probabilidad. Se midieron siete variables agronómicas y se efectuó el análisis de presupuesto parcial, con el propósito de evaluar la factibilidad económica del empleo de la tecnología aplicada.

Se concluyó que todos los tratamientos, no tuvieron efectos significativos sobre el comportamiento agronómico del cultivo de arroz: altura de planta, número de macollos, número de espigas, longitud de panícula, granos por panícula, peso de mil semillas y rendimiento, a pesar de no existir ninguna respuesta significativa sobre la variable rendimiento, la aplicación de silicio si incrementó los rendimientos, siendo el mejor tratamiento el 5 con una dosis de 200 kg/ha con un promedio de 8088 kg/ha.

El análisis económico de los tratamientos. presentó como el mejor tratamiento al dos con 50 kg /ha de silicio, con un rendimiento de 7863 kg/ha, el análisis de dominancia indica que los tratamientos, tres, cuatro y cinco fueron dominados, en el análisis marginal de los tratamientos se

observó un beneficio neto marginal de 185,55 USD y la tasa de retorno marginal de 284,37%.

X. SUMMARY

This present research project was conducted at Marianita Farm located on the premises "Cabuyal" Canton St. Lucia, Guayas province, in the geographical coordinates: S 1 33'34.23 "W 79 ° 34'25.32" west longitude with a height of 6 m.s.n.m. The proposed objectives were: 1) To determine the effect of different doses of silicon in the agronomic performance of rice (*Oryza sativa* L.); 2) to determine the yield response of different doses of silicon on rice; 3) to conduct an economic analysis of the treatments related to the benefit / cost.

A complete randomized block design (DBCA) was used during the study, with five treatments (0, 50, 100, 150 and 200 kg / ha) randomly distributed in five repetitions with a total of 25 treatments. For the comparison of means, the Duncan test at 5% probability was used. Seven agronomic variables were measured and a partial budget analysis was performed, in order to assess the economic feasibility by using applied technology.

It was concluded that all the treatments had no significant effects on the agronomic performance of rice cultivation: plant height, number of tillers, number of spikes, panicle length, grains per panicle, thousand seed weight and yield, in spite of not existing a significant response over the variable performance, silicon application in case of a performance increase, being the best treatment the fifth one with a dose of 200 kg / ha and an average of 8088 kg / ha.

The economic analysis of the treatments. presented the second one as the best treatment with 50 kg / ha of silicon, with a yield of 7863 kg / ha, the dominance analysis indicates that the treatments three, four and five were dominated, while the marginal analysis of the treatments showed a marginal net profit of \$ 185.55 and a marginal rate of return of 284.37%.

XI. BIBLIOGRAFIA

Ahmad, A.; Afzal, M.; Ahmad, A. U. H; y, Tahir, M. 2013. Effect offoliar application of silicon on yield and quality of rice (*Oryza sativa* L). Cercetari agronomice in Moldova. Volumen 46.Issue 3. Pages21–28. Disponible en: <http://www.degruyter.com/view/j/cerce.2013.46.issue-3/v10298-012-0089-3/v10298-012-0089-3.xml> (revisado en mayo 9 de 2014).

Andrade, F. 2007. Guía para el Agricultor Arrocerero. Estación Experimental Boliche. Boletín Divulgativo número 177.INIAP. EC. p.

Castilla, L. Luis A, compendio Resultados de Investigación 2001-2002. Respuesta de Fedearroz 50 a la aplicación de silicio en forma edáfica y foliar, Fedearroz. 2001, Pagina 88-92.

CENTRO INTERNACIONAL DE MEJORAMIENTO DE MAÍZ Y TRIGO, (CIMMYT) 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. D.F. México. pp. 1-78.

El Productor.com. Archivo bajo 3. Artículos Técnicos, Artículos Técnicos Agrícolas, 24/04/2014.

FAO. 2002. Fertilizantes y su uso. Guía de bolsillo para oficiales de extensión. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Asociación de Industria y Fertilizantes. FAO, Roma, 4 ed. 2002. www.Fertilizer.Org. P. 51.

FAO. 2011. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (En línea) disponible en: www.fao.org (revisado el 05 de Enero del 2016).

Fermagri S.A. (Innovación en fertilización). 2015. Ficha técnica del silmag No 15. Guayas.

Furcal, P. 2012. Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia De enfermedades y en el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*) varcr 4477. Informe Instituto Tecnológico de Costa Rica. San CarlosCR. 32 p. Disponible en:
http://bibliodigital.itcr.ac.cr/xmlui/bitstream/handle/2238/2855/Informe_Final.pdf?sequence=1 (revisado en mayo25 de 2014).

INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones). Agropecuarias. 2007. Manual de cultivo de arroz No. 66. 2 ed. Estación Experimental Boliche. EC. p. 161.

INIAP. 2009. 8400-10000 kg/ha en riego (arroz en cascara al 14% de humedad). Boliche.

Muñoz , P. D. y Gómez, G. P. (Ed). 2010. Situación actual y perspectiva del arroz en México 1990-2010. Secretaría de Agricultura, DesarrolloRural, Pesca y Alimentación. Mex. DF. Disponible en:http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaDerivada/ComercioExterior/Estudios/Perspectivas/Arroz.pdf (revisado en junio 29 de 2014).

Paguay Macías. & J. Leonardo 2011. Respuesta del cultivo de arroz (*Oryza sativa L.*), variedad INIAP 18-Manabí a la aplicación de dosis de fertilizantes nitrogenados. Tesis Ing. Agr. Universidad Técnica de Manabí. Facultad de Ingeniería Agronómica. EC. 54 p.

POTASH & PHOSPHAT INSTITUTE (PPI), 2000. (INFOS). Manual internacional de fertilidad de suelos. Primera impresión, versión en español. Item # SP-5070 Referencia # 96207. Copyringht: Potash&PhosphateInstitute.

Plegable promocional: No EELS 02, estación experimental Sur del Litoral “Dr. Enrique Ampuero Pareja” Virgen de Fátima, km 26 vía Duran – Tambo, litoralsur@iniap.gob.ec.

Reyes, D. N. 2003. El cultivo de arroz. Manual técnico para consultores agrícolas y productores. Dirección de Ciencias y Tecnologías Agropecuarias (DICIA). Comayagua- Honduras. 51 Pag.

Rugel, R.2016.Estudio de cinco niveles de silicato de calcio y tres de nitrógeno en el cultivo de arroz (***Oryza sativa L.***) variedad INIAP-15. Guayaquil. Ecuador.

Sánchez, H. 2015.Determinación de dos formas de aplicación de silicio con cinco dosis en el cultivo de arroz (***Oryza sativa L.***).Guayaquil. Ecuador.

Savant, N.K.; Snyder, G.H.; Datnoff. D.L. (1997): Silicon management and sustainable rice production. Advances in Agronomy, 58: 151-199.

SEPHU (Sociedad española de productos húmicos s.a.), Noticias Sephu, N. 074 Zaragoza 03 de Agosto del 2012.

Viteri; G (2007).importancia económica del cultivo de arroz manual del cultivo de arroz INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigación agropecuarias) Ec. P145 – 147.