

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRIA EN CIENCIAS AGRICOLAS
MENCION: AGRICULTURA SOSTENIBLE**



**EFFECTO DE FUENTES DE SILICIO EN EL
RENDIMIENTO DE ARROZ BAJO RIEGO (*Oryza sativa*
L.) Var. La Conquista, EN BAJO MAYO – SAN MARTÍN**

TESIS

**Para optar al grado académico de:
MAESTRO EN CIENCIAS AGRICOLAS
MENCION: AGRICULTURA SOSTENIBLE**

FERNANDO RENGIFO GARCÍA

Tingo María – Perú

2020



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN



“Año de la Universalización de la Salud”

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad universitaria, siendo las 9:00 am del día viernes 17 de enero del 2020, reunidos en el aula de la Escuela de Posgrado, se instaló el Jurado Calificador a fin de proceder a la sustentación de la tesis titulada:

“EFECTO DE FUENTES DE SILICIO EN EL RENDIMIENTO DE ARROZ BAJO RIEGO (*Oriza sativa* L.) Var. La Conquista, EN BAJO MAYO – SAN MARTÍN”

A cargo del candidato al Grado de Maestro en Ciencias en Agrícolas, mención: Agricultura Sostenible, **Fernando Rengifo Garcia**.

Luego de la exposición y absueltas las preguntas de rigor, el Jurado Calificador procedió a emitir su fallo declarando **APROBADO** con el calificativo de **BUENO**.

Acto seguido, a horas 10:59 am el presidente dio por culminada la sustentación; procediéndose a la suscripción de la presente acta por parte de los miembros del jurado, quienes dejan constancia de su firma en señal de conformidad.

.....
Dr. HUGO HUAMANI YUPANQUI
Presidente del Jurado

.....
M.Sc. JOSE LUIS GIL BACILIO
Miembro del Jurado

.....
M.Sc. FAUSTO SILVA CARDENAS
Miembro del Jurado



.....
Dr. JOSE W. ZAVALA SOLORZANO
Asesor

DEDICATORIA

A DIOS TODO PODEROSO, por iluminarme y permitir cumplir con su propósito propuesto.

A la persona que me dio la dicha de vivir mi madre Eudosia García Pezo, mi gratitud eterna por darme y trasmitirme sus enseñanzas, fortaleza, dignidad, así como su complejo amor eterno.

A Edilberto Rengifo García, mi padre, por trasmitirme la valentía y dignidad.

A mi esposa Rosa Saldaña Grandez y mis hijos, Edi Manuel Fernando e Isabel del Carmen por trasmitirme su energía y comprensión.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva por darme la oportunidad de iniciar y culminar con éxito este tramo de conocimientos en mi formación profesional.
- Al Dr. José Wilfredo Zavala Solórzano, en su condición de asesor, por su orientación y, a los jurados de tesis, Dr. Hugo Alfredo Huamani Yupanqui (presidente), Blgo. M. Sc José Luis Gil Bacilio e Ing. M. Sc. Fausto Silva Cárdenas (miembros); por su humildad y dedicación entregada en la revisión y exigencia en la culminación del presente trabajo de investigación.
- Al Dr. Aquilino Mesías García Bautista, Co Asesor del presente trabajo de investigación, docente principal de la Universidad Nacional de San Martín, por su apoyo incondicional.
- Al Ing. Claudio Correa Lablée, por el apoyo brindado para culminar con éxito las evaluaciones en campo y análisis en laboratorio de muestras como parte del presente trabajo de investigación.
- Al Consejo Directivo de la Comisión de Usuarios del Sub Sector Hidráulico Cumbaza, Ernesto Vela García, Triunfo Muñoz Monsalve, Max Beltrán Pezo Perea, Bladimir Mera Ruiz y Rilmith García Pinedo, que bajo mi presidencia permitieron con sus consejos terminar el presente trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página.
I. INTRODUCCIÓN.....	10
II. REVISIÓN DE LITERATURA	12
2.1. Producción de la cascarilla de arroz.....	12
2.2. Cascarilla de arroz carbonizada y su efecto	12
2.3. La cascarilla de arroz “caolinizada”	13
2.4. Escoria blanca	15
2.5. Silmix	16
2.6. El silicio.....	¡Error! Marcador no definido.
2.6.1. El silicio y resistencia de las plantas al ataque patógenos.	17
2.6.2. Silicio en la protección de las plantas	17
2.6.3. Nutrición con silicio.....	18
2.6.4. Importancia del silicio	19
2.6.5. El silicio en el cultivo del arroz.	19
2.6.6. El silicio frente al ataque de hongos patogénicos	21
2.6.7. El silicio inorgánico y orgánico en el cultivo de arroz	23
2.6.8. Deficiencia de silicio	23
2.6.9. El silicio en el crecimiento de la planta de arroz.....	24
2.7. Características de la variedad INIA 507 – “La conquista”	26
2.7.1. Origen	26
2.7.2. Características agronómicas	26
2.8. Enfermedades principales en el bajo mayo.....	26
2.8.1. Enfermedades	26
2.8.1.1. Piricularia (Pyricularia orizae Cav).....	26
2.8.1.2. Helminthosporium (Cochlobolus mirabranus)	26

2.8.1.3	Escaldado de hoja	26
2.8.1.4	Pudrición de la vaina	29
2.8.1.5	Mancha lineal	29
2.8.1.6	Falso carbón.....	29
2.9	Suelo y su eficiencia.....	30
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	33
3.1	Campo experimental	33
3.1.1	Ubicación.....	33
3.1.2	Lectura de los análisis físico – químico del suelo.....	33
3.1.3	Materiales, maquinaria, equipos e insumos	34
3.2	Metodología	36
3.3.1	Componentes estudiados	36
3.3.2	Tratamientos en estudio	36
3.3.3	Diseño experimental.....	36
3.3.4	Análisis de varianza (ANVA).....	37
3.3.5	Características del campo experimental	38
3.3.6	Ejecución del experimento.....	38
3.3.7	Componentes sujetos a evaluación	42
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1.	Altura de planta	44
4.2.	Número de macollos por golpe.....	47
4.3.	Número de panojas/m ²	49
4.4.	Longitud de panoja.....	52
4.5.	Rendimiento.....	55
4.6.	Tolerancia a plagas y enfermedades al aplicar silicio.....	58

4.7. Análisis económico	59
4.8. Resultados de los análisis suelo - hoja.....	61
V. CONCLUSIONES.....	64
VI. RECOMENDACIONES.....	65
VII. RESUMEN	66
VIII. ABSTRACT	68
IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	70
X. ANEXO.....	76

ÍNDICE DE CUADROS

	Página.
1. Composición química de la ceniza de la cascarilla de arroz	14
2. Valores de la cascarilla de arroz podrida al 94.1% de silicio.....	14
3. Características químicas: Análisis de óxidos no metálicos.	15
4. Composición de la escoria siderúrgica.	15
5. Composición química polvo soluble de silmix	16
6. Descripción varietal cultivar INIA 507 “La conquista”	27
7. Resultados del análisis físico - químico del suelo experimental.	34
8. Fuentes y niveles de silicio en cada tratamiento.....	36
9. Esquema del análisis de varianza (ANVA)	37
10. Análisis de varianza (ANOVA) para altura de planta a 120 días.	44
11. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para altura de planta a 120 días.	45
12. Análisis de varianza (ANVA) para número de macollos/golpe.	47
13. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de macollos/golpe	58
14. Análisis de varianza (ANVA) para número de panojas/m ²	50
15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para número de panojas /m ²	51
16. Análisis de varianza (ANVA), para longitud de panojas.	53
17. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para longitud de panojas.....	54
18. Análisis de Varianza (ANVA), para rendimiento.....	55
19. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$), rendimiento/ha	56
20. Porcentaje y escala de daño de principales enfermedades.	58
21. Análisis de beneficio y costo de los tratamientos en estudio.....	60
22. Resultados análisis de suelo – planta antes y después del proyecto.....	62

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
1. Fisiología del hongo frente al silicio	22
2. Piricularia.....	22
3. Explica como el silicio altera el balance hídrico.....	31
4. Diseño esquemático de absorción y transporte de silicio.....	31
5. Ubicación de la parcela experimental, cumbacillo – Tarapoto.	33
6. Altura de Planta en relación a los tratamientos.	46
7. Número de macollos/golpe en relación a los tratamientos.	50
8. Número de panojas /m ² en relación a los tratamientos	52
9. Longitud de panoja en relación a los tratamientos	54
10. Rendimiento promedio en funcion a los tratamientos	57
11. Relación silicio activo en el suelo - planta.....	62
12. Análisis de suelos del área de la parcela experimental	63
13. Análisis de suelos del área de la parcela experimental al término ..	63
14. Diseño del área experimental y distribución de los tratamientos	77
15. Diseño de la muestra experimental y distanciamiento entre plantas	78
16. Requerimiento nutricional de acuerdo al análisis caracterización....	79
17. Requerimiento de cada fuente de silicio.....	80
18. A la cosecha con silicio y sin aplicación de silicio	81
19. Presencia del silicio en las celulas de la epidermis.....	81
20. Costo de producción T ₁ . Cascarilla podrida de arroz 10 tm	82
21. Costo de producción T ₂ cascarilla podrida de arroz 20 tm	85
22. Costo de producción T ₃ cascarilla de arroz podrida 30 tm.	86
23. Costo de producción T ₄ escoria siderúrgica silicato Ca Mg 1.78 kg	88
24. Costo de producción T ₅ escoria siderúrgica silicato Ca Mg 3.58 kg	89

25.	Costo de producción T ₆ escoria siderúrgica silicato Ca Mg 5.33 kg	90
26.	Costo de producción T ₇ Simix 4 kg	88
27.	Costo de producción T ₈ Simix 6 kg	89
28.	Costo de producción T ₉ NPK.....	90
29.	Costo de producción T ₁₀ sin fertilización.....	95
30.	a. Área de investigación; b. Muestreo de área donde se instaló la investigación; c. Muestreo a 30 cm de profundidad; d. Selección de la parte del centro de la pala; e. En la Universidad Nacional La Molina dejando muestra de suelos para análisis; f. Recibo cancelado por los análisis	92
31.	a. Cascarilla de arroz podrida; b. Escoria siderúrgica - silicato de calcio; c. Silmix - sílice amorfa de algas marinas; d. Semilla de arroz INIA-507; e. Poza del almácigo; f. Almácigo a trasplantar	99
32.	a. Fangueo y nivelación del terreno; b. Inspección del jurado, Blgo. M. Sc. José Gil Bacilo; c. Plantas de arroz en pleno macollo; d. Evaluación de altura planta; e. Evaluación de panojas; f. Evaluación de espiga.....	94
33.	a. Maduración de espiga; b. Cosecha cuadrícula m ² ; c. Trilla mecanizada; d. Acondicionamiento de muestras de suelo; e. muestras de suelo por cada tratamiento; f. Análisis de silicio.....	95
34.	Protección del silicio por acción fúngica	96

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.) como cereal y harinas es uno de los principales alimentos del planeta ocupa el primer lugar con más de un tercio de los habitantes del planeta que lo consumen como parte de la seguridad alimentaria expandiéndose a más de 2 000 millones de personas que habitan en la tierra. En América Latina y el Caribe se instala un aproximado de 6.7 millones de hectáreas de cultivo de arroz; ocupando los países del Pacto Andino, incluyendo Brasil y Uruguay, como principales productores. En San Martín se siembran actualmente 115,000 hectáreas con rendimientos promedios de 7.5 t/ha en los cuatro valles Alto Mayo, Bajo Mayo, Huallaga Central y Alto Huallaga, con problemas de plagas en diferentes estados fisiológicos del cultivo, constituye en promedio el 35% de pérdida a nivel de daño económico, causadas por insectos, patógenos, malezas y vertebrados que se alimentan del grano (PANTOJA et al., 1997).

Los suelos con el continuo aprovechamiento han perdido su fertilidad, debido a los cambios en su contenido como elemento mineral, macro y micro nutrientes no disponibles para el cultivo de arroz bajo riego; limitando la rentabilidad en la inversión y con propiedades deficientes en la semilla producto continuo monocultivo. El silicio en sus diferentes fuentes sea inorgánico y orgánico ha repercutido en la ciencia agrícola, como metaloide químico ocupa el segundo lugar en abundancia en la corteza terrestre; con posterioridad al elemento gaseoso más importante el oxígeno, utilizado como fertilizante para la

agricultura, aplicado como componente de varias fuentes de silicio con resultados innovadores en el rendimiento y calidad del producto para el consumidor final.

El silicio se encuentra presente en la cascarilla de arroz, en la industria metalúrgica y en las algas marinas; la aplicación de fuentes de silicio con alta concentración incrementa los rendimientos por hectárea, una alternativa viable para mejorar los rendimientos en cultivo de arroz (LLANOS *et al.*, 2016).

Este trabajo de investigación pretende generar ventajas económicas y competitivas, mayor utilidad por hectárea, reduciendo al mínimo los productos químicos contaminantes, hongos, costos de producción; la misma que permitirá que los productores asimilen esta tecnología para el cultivo de arroz bajo diferentes fuentes de silicio como cascarilla de arroz descompuesta, escoria siderúrgica y algas marinas.

Objetivo general

Determinar el efecto de fuentes y dosis en silicio; inorgánico, orgánico para el rendimiento de arroz bajo riego de la variedad INIA-507 – la conquista.

Objetivos específicos

1. Evaluar tres fuentes y niveles de cascarilla de arroz descompuesta, escoria siderúrgica, silmix; en la rentabilidad de arroz bajo riego variedad INIA-507.
2. Especificar la eficiencia, rentabilidad y el impacto económico en la aplicación de fuentes y niveles de silicio por hectárea en el control de enfermedades.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Obtención de la cascarilla de arroz

Los procesos que forman la cadena de arroz son relativamente mínimos: iniciando con la producción en campo, continuamente la cosecha manual o mecánica en bruto paddy seco o en cascara, sucesivamente el procesamiento industrial, proceso que consiste en generar acción de calor al paddy verde a un mecanismo de secado (paddy seco), continuando con la molienda que consiste en retirar la cascarilla del arroz del grano (trilla), terminando con el arroz pulido o arroz blanco apto para el consumo, como resultado final transformado sub productos como cascara de arroz, salvado o arrocillo y germen o ñelen, siendo el destino los consumidores finales dentro de la cadena de comercialización del arroz blanco, y sus derivados (SIERRA, 2009).

2.2 Cascarilla de arroz carbonizada y su efecto

Es un sub producto, iniciado en el proceso de transformación que consiste en la separación de la cubierta del grano de arroz en arroz blanco. Por cinco toneladas de arroz cáscara proceso de trilla del paddy verde para la obtención del arroz blanco. De 5 toneladas de arroz con cubierta externa que se transforma en arroz apto para el consumo, se obtiene una tonelada de cascara la misma que generaba un problema ambiental para el aire y suelo por la quema a campo abierto, lo que se ha regulado con el protocolo de Kyoto de febrero del 2005 la

misma ha generado incremento y mejora de tecnología que actualmente propician mayor utilidad y éxito del antes (QUINCENO y MOSQUERA, 2010).

La cascarilla produce un cambio físico en el suelo respecto a sus propiedades, así como del abono orgánico, haciendo eficiente la aireación, absorción de humedad y el tamiz de nutrientes. Dentro del proceso de descomposición es una materia prima en humus. Dentro del proceso de transformación vía carbonización contribuye con fósforo y potasio, así mismo actúa como corrector de pH en suelos ácidos. (RESTREPO, 1996).

2.3 La cascarilla de arroz “transformada”

La cascarilla es un subproducto de la industria molinera, abundante en las zonas arroceras de varios países productores y como materia prima sirve como sustrato en las actividades hidropónicas, teniendo propiedades como sustrato voluble, buen drenaje, mejora la porosidad del sustrato con una eficiente aireación y su reducido costo en el transporte. Una de sus limitantes es que como materia prima su retención de humedad es baja, restringiendo el reparto homogéneo de la humedad, cuando se utiliza como sustrato único en camas almaciguera o en cultivo hidropónico (CALDERON, 2002).

La cascarilla cuando es transformada en combustión a altas temperaturas produce como residuo de 13 - 29 % de su peso en bruto, cuya composición de silicio es de 87 - 97% debido a que no se separa al carbonizar, y otros elementos en cantidades restantes menores de sales inorgánicas (ARCOS *et al.*, 2007).

Cuadro 1. Composición química de la combustión de cascarilla de arroz

Compuesto	Peso total en (%)
SiO ₂	98.02
Al ₂ O ₃	0.52
Fe ₂ O ₃	0.11
MnO	0.01
MgO	0.01
CaO	0.23
Na ₂ O	0.10
K ₂ O	0.38
P ₂ O ₅	0.08

Fuente: ÁLVAREZ, *et al.* (2014)

Cuadro 2. Valores de la cascarilla de arroz podrida al 94.1% de silicio.

Constituyente	Contenido (%)
Proteína cruda N x 6.25	1.9-3.0 (%)
Grasa cruda	0.3-0.8 (%)
Fibra cruda	34.5-45.9 (%)
Carbohidratos disponibles	26.5-29.8 (%)
Cenizas crudas	13.2-21.0 (%)
Sílice	18.6-22.3 (%)
Calcio	0.6-1.3 (mg/g)
Fósforo	0.3-0.7 (mg/g)
Fibra detergente neutra	66-74 (%)
Fibra detergente acida	58-62 (%)
Lignina	9-20 (%)
Celulosa	28-36 (%)
Pentosas	21-22 (%)
Hemicelulosas	12 (%)
Nutrientes digeribles totales	9.3-9.5 (%)

Fuente: BIENVENIDO (1985).

2.4 Escoria blanca

Llamada escoria horno cuchara, mezcla no metálica formada por silicatos de calcio, óxidos metálicos y ferritas; generado en la etapa de afino de la fabricación del acero en hornos de arco, se logra manteniendo la atmosfera reductora de la escoria que cubre el metal fundido con carbón en polvo, su color blanquecino se debe al alto contenido de cal (FEEDCOR, 2016).

Cuadro 3. Características químicas: Análisis de óxidos no metálicos.

Escoria blanca	SiO₂	Al₂O₃	CaO	MgO	FeO	MnO
	%	%	%	%	%	%
Peso	27.12	3.83	45.16	8.93	0.93	0.52

Fuente: FEEDCOR (2016)

Su estado físico de material, sólido, pulverulenta se disgrega al tocarla, pero que con el tiempo se hidrata y se estabiliza; se aplica en la mezcla de productos varios y fabricación del cemento. En agricultura como fertilizante y/o corrector de la acidez de suelos (FEEDCOR, 2016).

Cuadro 4. Composición de la escoria siderúrgica.

Formula química	% Peso
SiO ₂	27.12
CaO	45.16
MgO	8.93
FeO	0.93
MnO	0.30
Silicio asimilable (SiA)	Concentración (ppm)
H ₄ SiO ₄	27000

Fuente: FEEDCOR (2016).

2.5 Silmix

Producto en polvo de origen vegetal, que no hace daño al organismo dentro de su composición está el oxígeno y el silicio proveniente de las algas unicelulares del orden de las diatomeas, como fertilizantes permite una eficiente absorción de nutrientes por la planta. Su propiedad natural como fertilizante activo aportando a las plantas con más de una treintena de metales o metaloides que cumplen un rol de articulador, de ahí su importancia como catalizadores y que interactúan con el fósforo, potasio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno, quelatos y aminoácidos otros, pues participan generando la mineralización en suelos con deficiencias nutricionales para los vegetales producto de una agricultura erosionaría. (ORGANIC FRUITS, 2015).

Cuadro 5. Composición química polvo soluble de Silmix

Constituyente	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	KO ₂	Polvo soluble
	%	%	%	%	%	%	%
Contenido	80	2.04	0.48	1.48	5.65	4.30	100

Fuente: (ORGANICS FRUITS, 2015).

2.6 La sílice

El silicio tiene carga positiva y se articula muy bien con otros elementos minerales químicos dentro de la composición de las arcillas, su representación insoluble gran parte está el cuarzo (SiO₂. NH₂O). En la tierra la encontramos en diferentes formas activas solubles e insolubles, mono, meta silícico determinan el grado de absorción por los cultivos por aplicación al suelo o foliar, genera capa protectora al ataque de plagas, acumulándose en áreas de máxima transpiración (trichomas, espinas, etc.) (QUERO, 2007); los cultivos las toman en forma soluble

como orto silícico $\text{Si}(\text{OH})_4$ y meta H_2SiO_3 , en cultivo de arroz la materia seca contiene 4 - 7% de silicio, otras gramíneas de 1 - 2% (FURCAL, 2012).

2.6.1 El silicio y la obstrucción al ataque de patógenos en plantas

Los estudios científicos y tecnológicos han generado resultados provechosos en la utilización del silicio en los diferentes estados fisiológicos de los cultivos, con resultados diferentes beneficiosos en cuanto a la planta-ambiente, que bajo condiciones adversas como clima, temperaturas extremas, sequías, heladas; suelo con metales pesados tóxicos y biológicas en la reducción de susceptibilidades a enfermedades fúngicas, los resultados son mejores cosechas en rendimiento y calidad de la producción. El silicio amorfo o "opal", ubicada en la pared celular se acumula en la capa epidérmica con propiedades físicas adversas a la penetración de hongos igual que la lignina. (LIMA, 2010).

2.6.2 La sílice en el cuidado preventivo de los cultivos

Ocupa el segundo lugar en grandes cantidades de riqueza en la tierra, en su estado inorgánico y orgánico como mineral primario, de singular importancia como el oxígeno; lo encontramos en una variedad de forma de óxidos aprovechada por las plantas como ácido después del oxígeno, se encuentra en estado oxidado, como dióxido de Silicio (SiO_2), su forma soluble está en la forma de ácido ortosilícico H_4SiO_4 y sales derivadas, participa dinámicamente en el sistema nutricional de la planta pero descartado como nutriente esencial, se articula en la solución del suelo con los elementos esenciales, se encuentra en forma de soluto y solido en la estructura del cultivo (QUERO, 2005).

2.6.3 Nutrición con sílice

Como elemento químico, el silicio es un metaloide, está en el grupo 14 de la Tabla periódica de los elementos, número atómico 14 y masa atómica $28.0855 \text{ g mol}^{-1}$, debiera estar considerado como un elemento esencial como nutriente para los cultivos, el mismo que genera discusión; su color verde claro en la tabla, su gran capacidad como elemento de asociarse con los elementos nutricionales micro y macro nutrientes le da una descripción respetable, por cuanto participa articuladamente fortaleciendo directa e indirectamente en la actividad metabólica de las células para el crecimiento y producción, en la absorción de elementos esenciales para el sistema radicular actúa como un puente; de ahí la importancia de la Ley del mínimo que establece, que el nutriente que se encuentra menos disponible y los otros en grandes cantidades limita el rendimiento. Las condiciones y requerimientos nutricionales para el establecimiento de los cultivos, asegurara el éxito de la producción; sumada a ellos otros factores que se presentan por las condiciones irreversibles efectos del cambio climático generará pérdidas en la producción. (QUERO, 2009). La sílice suple este cambio desfavorable efecto del cambio climático en los cultivos, reduciendo el estrés y regulando el metabolismo, así como articulando la oxigenación en los diferentes órganos de crecimiento de las plantas y actúa en los diferentes estados fisiológicos del cultivo y órganos de la planta El silicio hace que de los tallos baje oxígeno a la raíz y desintoxica elementos nocivos para el cultivo.

El exceso en el suelo para su sistema radicular y foliar, lo convierte en tóxico y mortal para los cultivos, se asocia con el calcio y magnesio, permite la viabilidad de absorción del nitrógeno, fósforo y potasio incrementando y mejorando la calidad de las cosechas; generando mayor eficiencia en el manejo post cosecha (NAVARRO y NAVARRO, 2003).

2.6.4 Importancia del silicio

La sílice forma compuestos químicos en la solución del suelo asimilables con el aluminio, magnesio, calcio, potasio o hierro, formando silicatos. Están presentes en fuentes naturales de agua, Lo encontramos en las fuentes de agua natural y como compuestos en las plantas formando estructuras de resistencia fuertes óseas (AGUIRRE y RAYA, 2003).

MEENA *et al.* (2013) mencionan que las siembras continuas de monocultivo dan suelos bajos en silicio, el arroz y caña de azúcar cultivados en rotación en suelos orgánicos y arenosos mostraron respuestas positivas a la aplicación en siembra de escoria de silicato de calcio. Como fertilizante penetra fácilmente en la hoja y formar una capa gruesa de silicato en la superficie; la investigación del IRRI indica que la deficiencia de silicio se corrigiere aplicando escoria de silicato de calcio a 120 – 200 kg/ha o silicato de potasio a 40 -60 kg/ha

2.6.5 El silicio en el cultivo del arroz.

Según, SEPHU (2012) menciona la sílice (SiO_2), como elemento no esencial para los cultivos es necesaria.

El cultivo de arroz extrae del suelo por campaña de 500 - 1000 kg/ha de óxido de silicio (SiO_2); es absorbido por las plantas en articulación con otros elementos minerales u orgánicos bajo la forma de ácido mono silícico $\text{Si}(\text{OH})_4$ el mismo que es transportado a través de la xilema, a diversos órganos vegetativos en la planta; dependiente de los órganos involucrados. Después de un proceso de solidificación debajo de la cutícula, sobre las células epidérmicas en el desarrollo de la fenología del cultivo, el silicio se vuelve inmóvil dentro de los órganos vegetativos, su función definida en el crecimiento de las plantas:

1. Una buena asimilación de silicio protege las plantas contra la infección de hongos, insectos, ácaros y una buena capa doble de silicio debajo de la cutícula y encima de las células epidérmicas sirve como barrera contra estos; además reduciendo el estrés del cultivo por deficiencias de humedad, manteniendo hojas erectas, asegurando el proceso de fotosíntesis e incrementando los rendimientos y producción del cultivo de arroz.
2. La aplicación de silicio promueve el equilibrio y reduce la toxicidad del aluminio disminuyendo pérdidas por transpiración; por la alta actividad metabólica.
3. Es un regulador de la fitotoxicidad producto de la alteración excesiva de liberación de hierro y manganeso.
4. La eficiente articulación del silicio con el fósforo, genera absorción equilibrada y desbloqueo retenido del fósforo en el suelo limitando su deficiencia con la con la aplicación de silicatos orgánicos solubles.

La falta de silicio disponible en la solución del suelo ha ser asimiladas por las plantas de arroz, generan síntomas de crecimiento tardío, ataque de plagas y enfermedades fúngicas en las hojas (SHEPU, 2012).

2.6.6 El silicio frente al ataque de hongos patogénicos

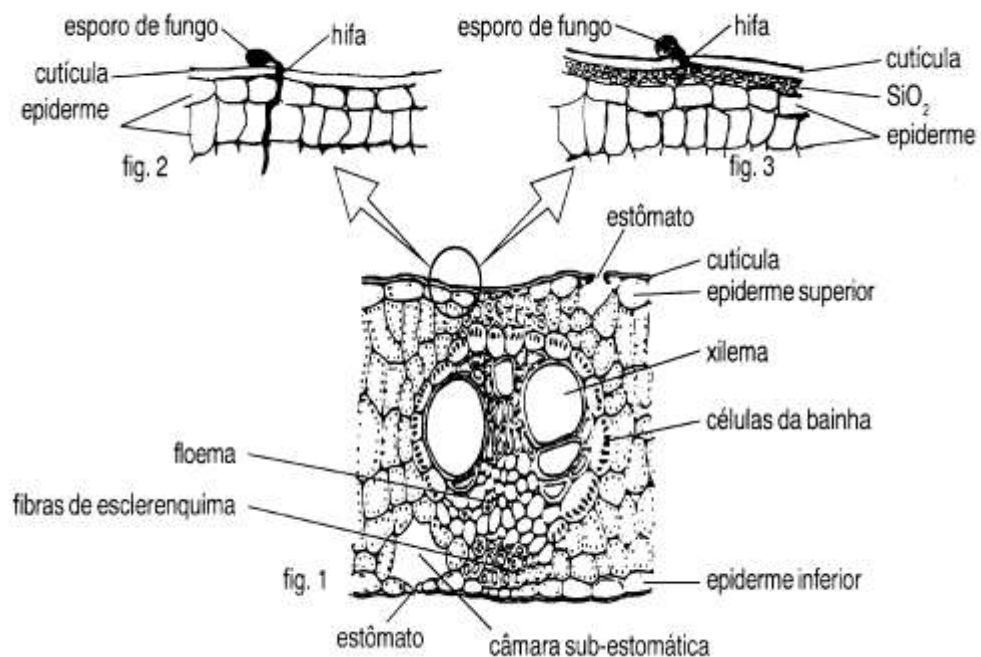
Acumulado el silicio en las paredes epidérmicas de las células actúa como una barrera mecánica esquelética, obstruyendo que los insectos puedan introducir su aparato bucal y su estilete reproductivo, seguido de las estructuras del hongo (hifas) logren penetrar la estructura celular de los órganos de la planta, asimismo limita la pérdida de agua (SHEPU, 2012).

El calcio, el magnesio y el potasio, participan en el metabolismo celular articulados con la asimilación de silicio, permite que estos elementos esenciales sean eficientes en su función, logrando incrementar la resistencia mecánica. Debe aplicarse fuentes de silicio asimilable por los cultivos en la forma seguida de su compatibilidad para evitar que el producto sea adherido al suelo y cumpla la función para incrementar la productividad y rendimiento por hectárea. Soluble y fondo preciso mejorando la vida media de las cosechas perennes. Las estructuras tricomas, cuando se aplican productos a base de silicio logran acumular una gran cantidad de ese elemento, esto las torna rígidas impidiendo que los insectos puedan introducir su aparato bucal y su estilete reproductivo,

Estudios a base de compuestos recomendables con silicatos de potasio, de calcio, magnesio y otras fuentes variables con diferentes dosis de silicio orgánico e inorgánico con silicio dieron como resultados excelente resistencia contra enfermedades fúngicas como *Rhizoctonia*, *Pyricularia*, *Helminthosporium*, *Rynchosporium*, *Sarocladium*, etc, asimismo acelera el impulso de oxígeno a la raíz, hace que las hojas y tallos se incrementen la cantidad de oxígeno que impulsan las plantas hacia la raíz, reduciendo que el Fe y Mn se oxiden evitando sean disponibles por las plantas (VIANA, 2008).

El silicio como elemento metaloide según investigadores en el campo del sector agrario, su presencia en los estados fisiológicos del cultivo; obtienen como resultados una eficiente productividad y rendimiento por hectárea, reduce la aplicación de agroquímicos, costos de producción y cosechas de calidad, en 105 días con 0,5 t/ha de aplicación de ceniza de cascarilla de arroz fue superior (ANDRADE, 2006).

La reducción del ataque de organismos fúngicos frente al uso de silicio en los cultivos como en el caso del arroz bajo riego, se comporta como un fungicida que merece profundizar los estudios, al margen de las funciones físicas asociadas con elementos esenciales nutritivos dentro del campo fisiológico nutricional (SHEPU, 2012).



Fuente: (SHEPU, 2012).

Figura 1. Fisiología del hongo frente al silicio

2.6.7 El silicio inorgánico y orgánico en el cultivo de arroz

El silicio como elemento químico tiene funciones metaloide, con propiedades, comportamientos metálicas y no metálicas, que es muy difícil encontrarla en su forma pura en el ambiente u ecosistema; su gran afinidad con el oxígeno lo hace similar, La sílice representa el 27% del peso de la capa rocosa externa de la tierra. En el proceso de hidratación su forma soluble es el ácido orto silícico (H_4SiO_4), la ionizada de este son los silicatos (e.g. $H_3SiO_4^-$), y bajo apropiada sistemas biológicos son capaces de biosintetizar formas solidas amorfas de Si llamado sílice (SiO_2 , o $SiON(OH)^{4-2n}$, $n = 2-4$). El SiO_2 amorfo se define como un polímero inorgánico no estequiométrico, formado por una mezcla de unidades de SiO_2 y H_2O , teniendo como sustrato al H_4SiO_4 . A este proceso biológico se le denomina biosilicificación (QUERO, 2015).

2.6.8 Carencia de sílice

El silicio su deficiencia en las plantas crecerán y cumplirán su ciclo biológico normal; pero provocará trastornos fisiológicos, limitando el rendimiento y calidad de las cosechas; una buena cosecha de arroz extrae de 1,000 – 1,200 kg/ha de óxido de silicio. La sílice se encuentra en los órganos vegetativos de la cosecha, su descomposición depende de su estado, caolinizada (Silicio orgánico), y/o sintético como fertilizante al suelo y foliar el silmix, o escoria blanca como silicio inorgánico. Altera la arquitectura, plantas erectas mayor eficiencia de fotosíntesis, tolera al aluminio Al^{3+} , resiste al estrés hídrico y más protección a enfermedades, resistencia al acamé, al ataque de plagas (SHEPU, 2012).

El silicio como el segundo elemento más importante del planeta, se encuentra disperso en la corteza terrestre, es fundamental en diversos procesos de transformación química tanto en el suelo como en los órganos vegetativos de las plantas, puesto que a nivel general extraen el silicio activo de suelos agrícolas de 40 a 300 kg/ha, por tanto, el silicio sea orgánico (cascarilla descompuesta), o inorgánico viene siendo una alternativa a los múltiples problemas fisiológicos de los cultivos para la seguridad alimentaria y ambiental en el planeta. El silicio actúa en las plantas dándole protección contra factores adversos sean estos ambientales, físicos, químicos, biológicos, cambio climático, insectos, enfermedades y deficiencias nutricionales siendo uno de los elementos articuladores en estos procesos desfavorables para el crecimiento, producción, productividad y rendimientos de calidad en las cosechas de los cultivos diversos como el cultivo de arroz. (COLOMA, 2015)

2.6.9 El silicio en el crecimiento de la planta de arroz

Actúa como nutrimento benéfico para el crecimiento, producción y tolerante a condiciones desfavorables del medio, la planta puede vivir sin silicio, estudios en producción de arroz bajo riego con rendimiento de 10 t/ha asimila en su proceso fisiológico hasta 1 t/ha, de silicio (ORTEGA y MALAVOLTA, 2012).

FURCAL (2012), indica que en los estudios realizados respecto a su tratamiento con aplicación de silicio foliar y al suelo con plaguicida, no se obtuvo resultados estadísticos significativas ($P > 0,05$), entre los tratamientos.

Productivo: incide en particular en un crecimiento homogéneo y producir en condiciones desfavorables, tolerancia a cambios espontáneos de temperatura y escasez hídrica, adversas al medio (clima, plagas, enfermedades, compuestos tóxicos del suelo, del agua o del aire), su carencia disponible en el suelo influye en su crecimiento tardío y producción, pudiendo llegar a provocar la muerte (por ej. Al, Pb, Cr, Cd, Hg). Es importante resaltar que los elementos en altas concentraciones son tóxico para los cultivos; el silicio regula su asimilación evitando la toxicidad incluyendo los elementos tóxicos en bajas concentraciones (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Según ÁLVAREZ *et al.*, (2014), cantidades apreciables de desechos de cascarilla de arroz, se pueden aprovechar eficientemente para reducir la contaminación por este residuo; como la producción de silicatos, biocombustibles y como material para la producción de cemento puzolánico, así como la generación de una variedad de óxidos como el dióxido de silicio en una proporción de 98%. (KORNDORFER *et al.*, 2010), también con la utilización de bocashi y ceniza como abono para el cultivo de arroz a una dosis de 15, 20 y 25 t/ha, más fertilizante N, P, K se han obtenido resultados de 9.43 t/ha, mientras con la aplicación de fuente de silicato de potasio con 27% de silicio mostro efecto significativo con o sin aplicación de fungicida, aumentando el rendimiento y disminuyendo los costos de producción (ANDRADE, 2006).

Según HERRERA, (2011), los resultados obtenidos en sus estudios con aplicación de silicio foliar y al suelo más plaguicida incluyendo al testigo sin silicio, obtuvo no significativa en sus tratamientos; testigo tratamiento, silicio al suelo y foliar con plaguicida, no influyo directamente en la longitud de la panícula.

Para COLOMA (2015), de acuerdo con el análisis de varianza únicamente la comparación entre tratamientos fue significativa, el promedio general fue de 20,22 macollos/planta, siendo el grupo con tratamiento de silicio con 23 macollos/planta, superó a los demás tratamientos, con un coeficiente de variación de 9,20 macollos/planta.

2.7 Descripción del cultivar INIA 507 – variedad “La conquista”

2.7.1 Procedencia

INIA 507 – cultivar “La Conquista”, desarrollada por el Programa Nacional de Investigación Agraria del Instituto Nacional de Investigación Agraria con el apoyo técnico del proyecto arroz del PDA – PEAM – Alto Mayo, de la línea PNA 2394-F2-EP4-6-6-AM-VC1 obtenida en la EEA El Porvenir (Tarapoto) por el método de selección genealógica individual, cruce del PNA 2394, entre las variedades Huallaga – INIA y Uquihua, realizado en la EEA Vista Florida (Lambayeque) en 1995 (INIA, 2008).

2.7.2 Características agronómicas

El cultivar INIA 507 – La conquista es resistente al quemado *Pyricularia grisea* superior a las variedades comerciales Capirona, Selva Alta, Moro, Huallaga - INIA y Línea 14, reduciendo riesgos de pérdida de cosecha, costo de producción y evitando la aplicación de fungicidas (INIA, 2008).

Cuadro 6. Descripción del cultivar INIA 507 “La conquista”.

Características	Variedad “La conquista”
Fase vegetativa (días)	130
Altitud de planta (cm)	100
Acame	Resistente
Macollamiento	Bueno
Rendimiento potencial	7.2 - 9,6 Ton/ha
Peso de 1000 semillas	28.0 gramos
Largo de semilla sin cáscara	7.3 mm
Ancho de semilla sin cáscara	2.0 mm
Rendimiento molinero total de pila	74%
Translucencia de grano	95%
Semilla entera	64%
Grano quebrado	10%
T° gelatinización	Intermedia
Dormancia	45 días
<i>Pyricularia</i>	Resistente
<i>Rhizoctonia</i>	Moderadamente resistente

Fuente: INIA (2007).

2.8 Enfermedades y plagas principales en el bajo mayo.

2.8.1 Enfermedades

2.8.1.1 *Pyricularia* (*Pyricularia oryzae* Cav.)

Dentro de los principales factores para el desarrollo de este patógeno en el valle del bajo mayo son las condiciones climáticas, temperatura de 15°C - 28°C, humedad relativa alta por encima de los 93%, más de 10 horas seguidas. Las manchas tienen formas ahusadas marrón con centro claro.



Figura 2. Piricularia

Hongo ataca órganos hoja, entre nudos del tallo panícula, presenta puntos color café, lesiones en forma de rombo, centros grisáceos, se cura con 4 – 5% de área foliar afectada, cuando hay pudrición del cuello, resulta vaneamiento total o parcial de los granos. Niveles altos de nitrógeno favorecen la infestación.

2.8.1.2 Helminthosporium (Helminthosporium orizae)

Ataca a la planta en estado de maduración plántulas y plantas adultas, se asocia a deficiencia nutricional; los síntomas son manchas circulares de color café oscuro y en granos en su totalidad. Manejo nutricional para su control.

2.8.1.3 Escaldado de hoja (Rhynchosporium orizae),

Se presenta en estado de llenado maduración, relacionada en el exceso de fertilización nitrogenada, condición seca del suelo y alta humedad, presente en las puntas de las hojas en especial las hojas viejas que en las jóvenes.

2.8.1.4 Pudrición de la vaina (*Rhizotonia* sp)

Se produce una alteración en las vainas, con manchas gris verdosa, cerca al nivel del agua, produce lesión en la vaina y el tallo, es producto de humedad relativa alta asociada a la deficiencia nutricional,

Las manchas tienen la forma elíptica u ovalada, de 1 cm - 3 cm de largo que se unen ocasionando infecciones severas reduciendo el llenado del grano.

2.8.1.5 Mancha lineal o cercorporiosis (*Cercospora orizae*).

Se presenta en hojas y panícula; manchas largas angostas entre las nervaduras, exceso de nitrógeno es la causante.

Se sugiere un paquete nutricional y constante evaluación.

2.8.1.6 Falso carbón (*Ustilaginoidea virens*).

La alteración es en el estado pastoso a la maduración de la semilla, muy visible las esporas del hongo, las semillas individuales en la panícula son transformadas en masas de esporas de color verdoso externamente y naranja amarillo interiormente, pocas flores de la panícula son infestadas. (IRRI, 1984).

Según FELICANO, (2019), las aplicaciones de diferentes fuentes y niveles de silicio, en el rendimiento de arroz, variedad la esperanza bajo riego alcanzo 22.4% más respecto a la fertilización convencional; reduciendo 40.7% la incidencia de enfermedades y plagas utilizando ceniza de cascarilla de arroz y escoria siderúrgica.

2.9 Suelo y su eficiencia

Los elementos mayores y menores como el nitrógeno adicional, el fósforo, el potasio y el azufre no pueden enmascarar todos los problemas asociados con las pérdidas de la capa superficial del suelo. El subsuelo expuesto con baja materia orgánica asociada y el pH alto reduce la disponibilidad de micronutrientes, teniendo rendimientos similares cuando la paja era menor en incorporación, lo que nos resalta la probabilidad de que al incorporar paja se restablezcan los niveles de materia orgánica.

Los cultivos eficientes en macronutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg) para suelos ácidos y con eficiencia de hierro (Fe) y zinc (Zn) para suelos alcalinos solucionan dos grandes desafíos de la agricultura moderna; la captura de Fe y Zn puede mejorarse mediante mecanismos de movilización de metales en la rizosfera. La solución de los problemas de disponibilidad, oxidación y toxicidad está fundamentada en los alcances científicos de mejorar la estructura y textura del suelo en la capa arable con materias orgánicas eficientes en la incorporación de la fauna microbiana en el suelo como recuperar su salud. (AGRI-CROP, 2019).

Según MARCOVICH, 2017, la relación del silicio respecto al fósforo, potasio y otros elementos tóxicos son regulados por la relación importante del uso de fuentes silicatadas frente a la respuesta de cantidad de Aluminio, hierro extractable en el complejo de cambio.

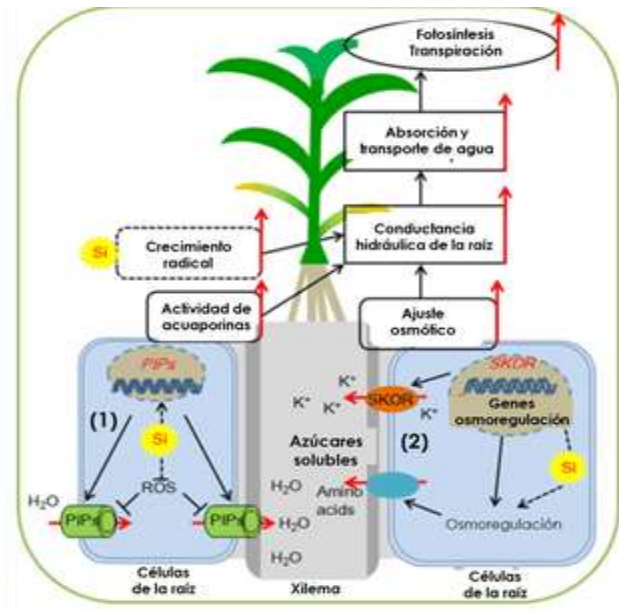


Figura 3. Explica cómo el silicio altera el balance hídrico

En respuesta a la sequía, salinidad y deficiencia de potasio, reduce la actividad del oxígeno (ROS); esto favorece la absorción de agua vía acuaporinas (PIP); el silicio estimula la acumulación de osmolitos (azúcares solubles y aminoácidos) y el movimiento de potasio al xilema, el silicio estimula el crecimiento radical, favorece el transporte de agua. Adaptado de CHEN et al, 2018.

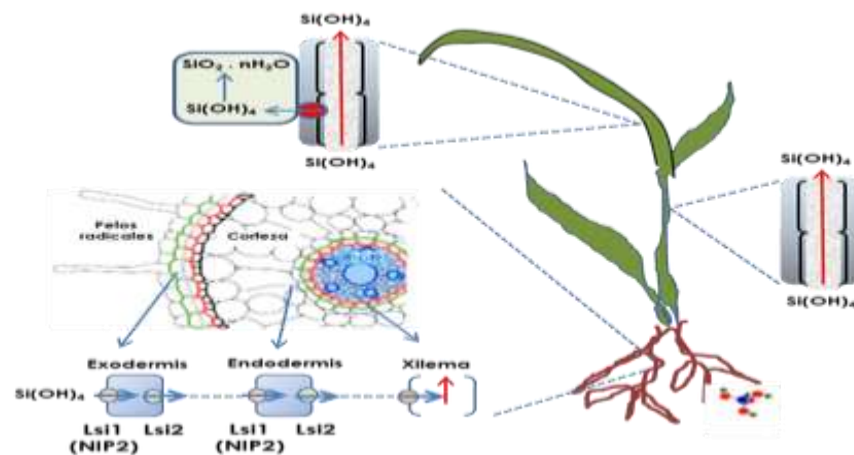


Figura 4. Diseño esquemático de absorción y transporte

La dispersión a base de cascarilla de arroz carbonizada y escoria siderúrgica redujeron la saturación de aluminio, incremento del fosforo disponible, con incremento en el rendimiento; a mayor contenido de silicio en el suelo se incrementa la neutralidad del aluminio y fierro, incrementándose la asimilación de los macro nutrientes. (ARIZA, 2018).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1 Área del experimento

3.1.1 Localización

Sector Cumbacillo, distrito de Tarapoto, Provincia y Región San Martín; coordenadas: 347160 m E, 9280694 m N, altitud de 251 msnm.



Figura 5. Ubicación de la parcela experimental, sector Cumbacillo – Tarapoto.

3.1.2 Lectura de los análisis físico – químico del suelo

Se obtuvo 10 muestras de suelo de $\frac{1}{2}$ kg al azar del área experimental, reducida homogéneamente a $\frac{1}{2}$ kg; muestra enviada al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional Agraria, antes del inicio y después de la cosecha del arroz del proyecto de investigación, resultados en el Cuadro 7; textura franco-arcillo-arenoso; pH = 5.21, materia orgánica bajo, fósforo alto, potasio disponible medio, capacidad de intercambio catiónico alto, relación Ca/Mg alto; es decir un suelo con fertilidad media a baja (UNA-La Molina, 2018).

Cuadro 7. Resultados del análisis físico - químico del suelo experimental.

Parámetros	Valores	Métodos empleados
Físicos:		
Arena (%)	49	Hidrómetro
Arcilla (%)	26	Hidrómetro
Limo (%)	25	Hidrómetro
Clase textural	Franco arcilloso arenoso	Triangulo textural
Químicos:		
pH (1:1)	5.21	Potenciómetro
M.O. (%)	0.88	Walkey & Black
N - total (%)	0.044	% M.O x 0.05
P disponible (ppm)	7.2	Olsen modificado
K disponible (kg/ha)	116	Ácido sulfúrico
Ca cambiable (*)	7.11	EEA
Mg cambiable (*)	1.47	EEA
K cambiable (*)	0.3	EEA
Na cambiable (*)	0.37	EEA
% saturación de bases	70	
Suma de bases	9.24	
Suma de cationes	9.34	
CIC (Cmol(+)/kg)	13.28	Suma de cationes

*(Cmol (+) /kg)

Fuente: UNA – La molina Laboratorio de Suelos (2018).

3.1.3 Materiales, maquinaria, equipos e insumos

Materiales:

- Libreta de campo.
- Formatos de evaluación.

- Estacas, sogas de colores nylon.
- Separadores para calles e identificadores.
- Panel de información del proyecto en ejecución.
- Bolsas plásticas.
- Palana, sable o machete largo.
- Plástico de colores y láminas transparentes.
- Plumón de tinta indeleble o pintura esmalte.
- Wincha de 50 m, letreros de melanina
- Muestras de suelo y de hoja a los 90-120 ddt

Maquinaria:

- Rastra y rotativa.
- Lampón para nivelación de posas.

Equipos:

- Cámara digital, laptop, y GPS.
- Mochila fumigadora manual, marca Bellota FCI-20 15 litros.
- Mochila fumigadora a motor, marca Hecho, DM-6110; 20 litros.

Insumos

- Urea 46%
- Sulfato de potasio
- Fosfato de amonio o di amónico
- Cascarilla de arroz descompuesta
- Abono foliar a base de silicio (Silmix)
- Escoria o silicato de calcio magnesio

- Herbicida Machete (Butaclor)

3.2 Metodología

3.3.1 Componentes estudiados:

Fuentes y Nivel de silicio SiO₂

3.3.2 Tratamientos en estudio:

Cuadro 8. Fuentes y nivel de silicio en cada tratamiento.

Trat.	Fuentes Silicio	Niveles SiO ₂ Kg	Kg /Ha de cada fuente	kg/parcela (16 m ²)			Total
				BI	BII	BIII	
1	Cascarilla Podrida de arroz	2230.00	10000.0	16.00	16.00	16.00	48.00
2	Cascarilla Podrida de arroz	4460.00	20000.0	32.00	32.00	32.00	96.00
3	Cascarilla Podrida de arroz	6690.00	30000.0	48.00	48.00	48.00	144.00
4	Escoria – Silicato de Calcio	300	1111.1	1.78	1.78	1.78	5.33
5	Escoria – Silicato de Calcio	600	2222.2	3.56	3.56	3.56	10.67
6	Escoria – Silicato de Calcio	900	3333.3	5.33	5.33	5.33	16.00
7	Silmix	3.2	4.0	0.01	0.01	0.01	0.02
8	Silmix	4.8	6.0	0.01	0.01	0.01	0.03
9	Testigo NPK						
10	Testigo sin NPK						

(*) SiA = Silicio a ser asimilado por la planta H₄SiO⁴⁻, en ppm de silicio activo/kg de suelo.

Silicato de calcio: (Escoria siderúrgica – Si Ca)

Los niveles de fertilización en base a la extracción de nutrientes del suelo para el cultivo de arroz; para 8 t/ha de producción la fórmula de fertilización:

N = 130, P₂O₅ = 35 y K₂O =145 kg/ha respectivamente (BERTSCH, 2003).

3.3.3 Diseño experimental

En bloque completamente al azar (DBCA), diez tratamientos con tres dosis de cascarilla de arroz descompuesta y escoria siderúrgica – silicato de calcio, dos dosis de Silmix y dos Testigos.

37

VARIABLES dependientes evaluadas por el método del análisis de varianza (ANVA), así como la comparación de pares medias Duncan ($\alpha = 0.05$).

Según Gutiérrez, (2015), el modelo estadístico empleado es el siguiente: El Modelo lineal asociado a este diseño es $Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + E_{ij}$

Siendo:

Y_{ij} = Obtenida de la j – ésimo bloque aplicado el i – ésimo nivel de SiO_2 .

μ = Efecto común de la media general a las observaciones.

t_i = Efecto del i- ésimo tratamiento SiO_2 , $i = 1, 2, 3, 4$ tratamientos

β_j = Efecto del j- ésimo bloque, $j = 1, 2, 3$ bloques

E_{ij} = Efecto aleatorio error experimental asociado a observación Y_{ij} . donde:

i = 1, 2, ..., tratamientos.

j = 1, 2, ..., bloques.

3.3.4 Análisis de varianza (ANVA)

Conformado por las fuentes de variabilidad: bloques y tratamientos, variables dependientes altura de planta, número de macollos, panojas, rendimiento, en las unidades experimentales en estudio, sobre dosis de SiO_2 aplicados en kg/ha. Para los cálculos se utilizará el programa estadístico SPSS.

Cuadro 9. Análisis de varianza (ANVA)

Fuente de variación	Formula	G.L
Bloques	(r-1)	2
Tratamientos	(t-1)	9

Error experimental	$(t-1) (r-1)$	18
Total	$(r \times t) - 1$	29

38

3.3.5 Diseño del campo experimental

Longitud y área experimental

- Largo : 53.50 m
- Ancho : 15 m
- Área total : 802.50 m²

Cantidad y longitud de bloques

- Número de bloques : 3
- Largo de bloques : 53.5 m
- Ancho del bloque : 4 m
- Distancia de bloques : 1.5 m

Cantidad, Longitud y área de parcela

- Número de parcelas por bloque : 10
- Largo : 4 m
- Ancho : 4 m
- Área : 16 m²
- Área neta a evaluar : 1 m²
- Distanciamiento entre parcelas : 1.5 m

3.3.6 Ejecución del experimento

a. Almacigo

Semilla certificada tratada con Actelli contra hongos y bacterias de la Estación Experimental El Porvenir INIA, saco polipropileno de 40 kilos de semilla con germinación de 98%.

39

b. Preparación del terreno, remojo y abrigo de la semilla

Área 1 ha, rastra y rotary para almacigo, área experimental 850 m², parcela 16 m², calle 1.5 metro, nivelada a lámina de agua 10 cm para el voleo, semilla remojada 2.5 días, abrigo 1.6 días.

c. Cantidad de plantas por golpe

3 plantas/golpe, cada 25 centímetros en lámina uniforme de agua.

d. Manejo de agua

En almacigo y campo definitivo con secas continuas, la finalidad mejor aireación en el suelo permitiendo la asimilación de nutrientes por la planta.

e. Fertilización

A 7 días al voleo de semilla en almacigo, primera fertilización con nitrógeno (urea 46% N) para el crecimiento, aplicación ligera de 1 kg en 150 m²; a 15 días segunda fertilización con (urea 46% N) con 4 kg, luego abono foliar con fósforo y potasio.

f. Saca de plántulas

La extracción a los 25 días (ddv), en lámina de agua, y tener suave la estructura del suelo para la saca, garbas ordenadas y trasladadas a campo definitivo para su trasplante.

g. Toma de muestras y análisis físico – químico de suelo

Método de zig-zag del total de área experimental. Para ello se usó una palana para profundizar a 30 cm en forma de V, la muestra homogénea desde la superficie hasta 10 cm, se obtuvo 10 muestras de ½ kg, para obtener

40

homogéneamente ½ kg previa mezcla, remitida al Laboratorio de Suelos, de la Universidad Nacional Agraria la Selva (UNAS).

h. Toma de muestras y análisis físico – químico foliar

Se realizó en estado fisiológico de estado pastoso, con 10 plantas al azar por golpe de arroz, por unidad experimental, se tomó dos hojas por golpe, activas en la fotosíntesis. Se envió a la UNA – La Molina para su molienda y análisis respectivo proximal de silicio.

i. Preparación del terreno campo definitivo

Se inunda la poza con agua, se prepara con rotary; se procede a desagregar las partículas de arcilla, el trasplante se realizó cuando la parcela está en condiciones físicas para el trasplante, se reforzó los bordes para mantener los 10 cm de lámina de agua, entrada y salida.

j. Aplicación de cascarilla de arroz, silicato calcio y silmix

La cascarilla descompuesta fue proveída por el molino Tarapoto sin costo a 1 kilómetro de la parcela experimental su dispersión se hizo en forma manual antes del trasplante en terreno preparado nivelado a la dosis correspondiente y con una aplicación uniforme sobre el área de cada parcela, similar con la escoria a las dosis por tratamiento y su dispersión uniforme, en cuanto al Silmix foliar extracto de algas marinas se hizo 4 aplicaciones, la primera a 7 días después del trasplante, la segunda a los 15 después del trasplante o

después del 1er abonamiento, la tercera dosis en la misma cantidad a los 45 días después del trasplante y después de la segunda dosis de fertilización, la cuarta dosis a 30% de emergencia de floración o 65 días después del trasplante cuando el terreno presenta una delgada lámina de agua.

41

k. Trasplante

A 25 días después del voleo de la semilla en almácigo, a razón de 3 plantas/golpe, a una distancia de 25 cm x 25 cm, en lámina de agua.

l. Control de malezas, plagas y enfermedades

Las malezas en campo definitivo serán controladas con el ingrediente activo Butaclor nombre comercial machete de Farmex, a la dosis de 2-3 l/ha, aplicación manual, malezas de bordes y otros. No se aplicó insecticida, fungicida en ningún estado fisiológico del cultivo.

m. Fertilización y riego.

Con fuentes de nitrógeno, fósforo, potasio, de acuerdo al análisis de suelo (46% N – urea perlada gruesa), sulfo máx. fosfato di amónico como fuente de fósforo (46 % P_2O_5 y 18% de N) y cloruro de potasio como fuente de potasio (60% K_2O), fraccionada en tres partes; primera fertilización 10 días al trasplante (ddt), a la dosis $\frac{1}{3}$ de nitrógeno, 100% fosforo y $\frac{1}{2}$ potasio, segunda aplicación a 25 del trasplante (ddt), la $\frac{1}{3}$ parte de nitrógeno y $\frac{1}{2}$ de potasio y última fertilización a los 45 días después del trasplante (ddt) se aplicó la $\frac{1}{3}$ de nitrógeno restante; es decir que en total se aplicó 185.2 g/u.e de urea, 47.6 g/

u.e de fosfato di amónico y 151 g/u. e de cloruro de potasio, secas intermitentes a lámina de agua de 10-15 cm de la superficie después del prendimiento.

42

n. Cosecha

Área neta de evaluación (1 m²) por tratamiento con una regla cuadrada de 1 m², en estado fisiológico de cosecha entre 140-145 días, la extracción de todas las semillas en general para hacer la evaluación de rendimiento por hectárea, cada parcela de cada tratamiento se colocó en bolsas plásticas semi seco con su código respectivo para secarlo a 12-14% humedad, separando las impurezas, pues la trilla fue manual.

3.3.7 Componentes sujetos a evaluación

1. Altura de planta

Con una wincha de metal de 3 m la medición del nivel del suelo, al ápice terminal de la última hoja, se tomaron siete lecturas al azar por cada parcela experimental, se identificaron siete golpes dentro del área neta de la parcela y se evaluaron a cada uno a los 120 días después del trasplante.

2. Número de macollos/golpe

El conteo se realizó a los 45 días después del trasplante en el área neta de cada parcela experimental; tomando siete lecturas al azar por cada unidad experimental, se contaron todos los macollos fértiles de cada golpe.

3. Número de panojas/m²

Se realizó el conteo de panojas/m², se tomó siete golpes y conteo de espigas/golpe y llevándolo al área neta de evaluación por cada unidad de tratamiento, a fin de tener el promedio de espigas emitidas a los 120 días después del trasplante, se utilizó la regla de 1 m².

43

4. Longitud de panoja

Evaluación de 10 panojas al azar por golpe evaluando con regla milimétrica, desde el punto de referencia nudo ciliar al ápice de la panoja.

5. Espiguillas/panoja

Se realizó todo el conteo de las espiguillas fértiles en las 10 panojas elegidas para medir la longitud, para los promedios correspondientes para cada tratamiento.

6. Peso de cada unidad experimental secado al 12% humedad

Se pesó todos los granos trillados al azar de la cuadrícula de 1 metro cuadrado separando los granos vanos e impurezas y se promedió para sacar por tratamiento.

7. Rendimiento de grano

Área neta (1 m²) de evaluación por unidad experimental al 12% de humedad, del total de panojas/m², peso de 1000 semillas que multiplicado por el factor de conversión, utilizando la siguiente fórmula matemática, para el rendimiento por hectárea y el otro método por el total de granos pesados por m² siendo el caso este último. Rendimiento (m²) = (N° panojas m² X N° granos fértiles / panoja X peso de 1000 semillas en g.) X 0.001).

8. Análisis de rentabilidad

Por tratamiento la relación Beneficio/costo y el Índice de inversión con parámetros económicos, utilidad neta, donde:

- Ingreso bruto = Rendimiento (kg/ha) x precio de un kilo
- Utilidad Neta = Ingreso bruto – Inversión total
- Relación beneficio/costo = Ingreso bruto/ inversión total

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de planta

La varianza (ANOVA) altitud a 120 días del trasplante (Cuadro 10), indica no existe diferencia significativa entre bloques, comparando los tratamientos las diferencias estadísticas son altas significativa, es decir, que al menos uno o más tratamientos es diferente estadísticamente; el silicio actúa como nutrimento benéfico para el crecimiento de la planta (ORTEGA y MALAVOLTA, 2012).

El coeficiente de variabilidad fue 2.41% nos da como resultado que entre las observaciones existe una muy buena homogeneidad.

Cuadro 10. Análisis de varianza (ANOVA) para altura de planta a 120 días.

Fuentes de variación	SC	GL	CM	F	Sig.
Bloques	68.90	2	34.45	5.38	NS
Tratamientos	827.65	9	91.96	14.36	AS
Error	115.26	18	6.4		
Total	1011.81	29			

CV (%) = 2.41 %

NS = No significativo

AS = Altamente significativo.

En la prueba de Duncan (Cuadro 11), se muestra que el tratamiento T₃ (Cascarilla descompuesta 30 t/ha+ N 220 kg urea, P 150 kg fósforo, K 150 kg de potasio) es estadísticamente diferente a los tratamientos T₁ (Cascarilla arroz descompuesta 10 t/ha + N 220 kg urea, P 150 kg fósforo, K 150 kg de potasio),

45

T₉ (N 220 kg urea, P 150 kg fósforo-fosfato de di amónico, K 150 kg de potasio-sulfato de potasio) y T₁₀ (Testigo absoluto), además se observa la mayor altura de plantas en los tratamientos con la aplicación de fuentes de silicio, por la articulación funcional del silicio con los macro y micronutrientes, como se constata con las apreciaciones de (Malavolta *et al.*, 1997), así mismo se observa que los tratamientos T₆, T₇, T₅, T₈, T₂ y T₄, son estadísticamente no significativas.

Cuadro 8. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para altura de planta a 120 días.

Tratamiento	Altura		
	Descripción	Cm	Sig.
T ₃	30 tn Cascarilla descompuesta + NPK	109.80	a
T ₆	3.33 tn Escoria siderúrgica SiCa + NPK	109.53	a b
T ₇	4 kg Silmix + NPK	108.73	a b
T ₅	2.22 tn Escoria siderúrgica SiCa + NPK	108.13	a b
T ₈	6 kg Silmix + NPK	107.67	a b
T ₂	20 tn Cascarilla descompuesta + NPK	106.73	a b c
T ₄	1.11 tn Escoria siderúrgica SiCa + NPK	104.80	a b c
T ₁	10 tn Cascarilla descompuesta + NPK	102.87	c
T ₉	Testigo fertilización convencional NPK	96.80	d
T ₁₀	Testigo absoluto sin fertilización	93.60	d

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la Figura 6, el reporte de altura de planta para el cultivar INIA – 507 “la conquista” es de 100 cm según INIA (2007); los más bajos T₉ (96.80 cm) NPK convencional y T₁₀ (93.60 cm). Los resultados explican el aumento de la capacidad fotosintética y eficiencia del silicio en incremento de altura, contrastado según (DATNOFF, 2017) encontró aplicando silicio genera un

46

índice de crecimiento elevado, conforme los resultados expresados en el Cuadro 11, T₃ con 109.80 cm y T₆ con 109.53 cm similar lo reportado por (ANDRADE y ÁLVAREZ, 2006).

Las plantas absorben el silicio como ácido monosilícico Si(OH)_4 , transportado por el Xilema a las partes de la planta a la velocidad de transpiración.

Los silicatos (SiO_3^{2-}) asociado a cationes de Ca^{+2} , Na^+ , Mg^+ , K^+ formando CaSiO_3 , Na_2SiO_3 , MgSiO_3 , K_2SiO_3 , para ser absorbido como ácido mono-silícico Si(OH)_4 , forma soluble de silicio al ser absorbida por las raíces de la planta.

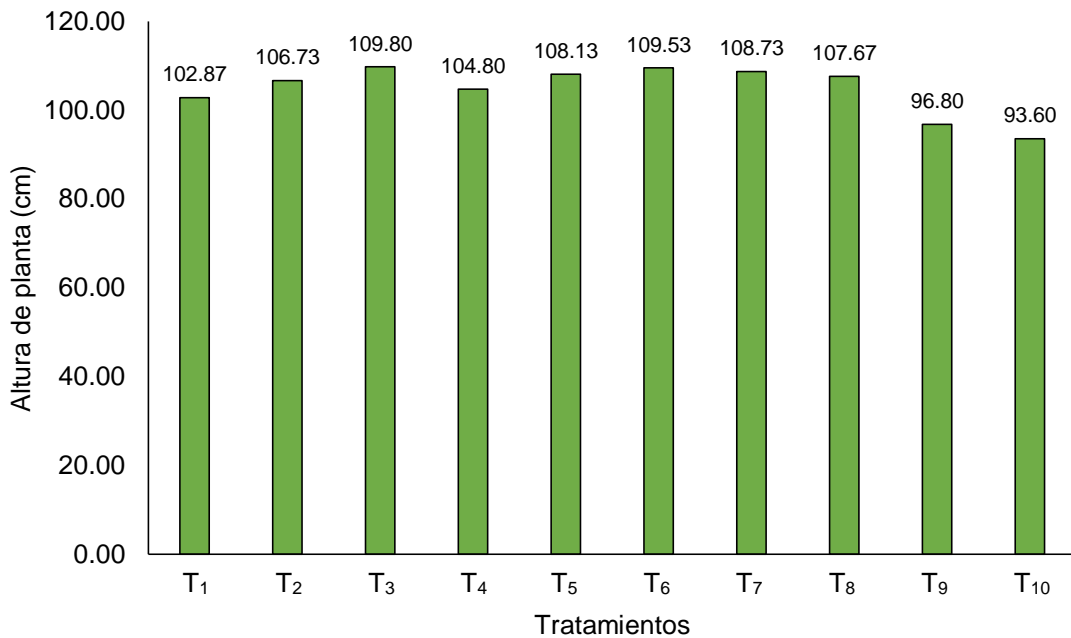


Figura 6. Altura de Planta en relación a los tratamientos.

4.2. Número de macollos por golpe

La varianza para la cantidad de macollos por golpe a 90 días después del trasplante, por efecto de la aplicación de silicio se muestra en el Cuadro 12, se

47

observa que no hay diferencia significativa entre los bloques, pero si existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos en por lo menos uno o más tratamientos, la misma que en forma similar, experimento con diferencia significativa entre los tratamientos o grupos, con un coeficiente de variabilidad de 6.92 %, es decir está dentro de los parámetros de confiabilidad para una buena homogeneidad (COLOMA, 2015).

Cuadro 9. Análisis de varianza (ANVA) para cantidad de macollos/golpe.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	sig.
Bloque	4.24	2	2.12	1.49	NS

Tratamiento	225.69	9	5.08	17.59	AS
Error	25.66	18	1.43		
Total	255.59	29			

CV (%) = 6.92 %

NS = No significativo

AS = Altamente significativo.

El coeficiente de variabilidad fue 6.92% macollos/planta nos da como resultado que entre las observaciones existe una muy buena homogeneidad como se muestra en el Cuadro 12; resultados comparativos muy cercanos a los encontrados por (COLOMA, 2015.)

Cuadro 13. Prueba de Duncan ($\alpha= 0.05$) para número de macollos/golpe

Tratamiento	Macollos/golpe		
	Descripción	N°	Sig.
T ₆	Escoria siderúrgica SiCa + NPK	20.40	a
T ₃	Cascarilla descompuesta+ NPK	19.40	a b
T ₅	Escoria siderúrgica SiCa + NPK	19.17	a b c
T ₂	Cascarilla descompuesta + NPK	18.30	a b c d
T ₄	Escoria siderúrgica SiCa + NPK	18.00	b c d
T ₁	Cascarilla descompuesta + NPK	17.80	b c d
T ₈	Silmix + NPK	17.00	c d
T ₉	Testigo NPK	16.30	d
T ₇	Silmix + NPK	16.23	d
T ₁₀	Testigo absoluto	9.97	e

Medias con letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

La comparación Duncan ($\alpha= 0.05$) (Cuadro 13), se observa que el tratamiento T₆ (20.40 macollos/golpe) es estadísticamente diferente a los tratamientos T₉ (16.30 macollos/golpe), T₇ (16.23 macollos/golpe) y T₁₀ (9.97 macollos/golpe); el silicio al suelo en su presentación orgánica e inorgánica tiene mayor eficiencia en la producción de macollos respecto al silicio foliar y sin la aplicación de silicio que limita la producción de macollos, esto confirma los estudios realizados y escritos en cuanto al crecimiento del cultivo (ANDRADE, 2006).

49

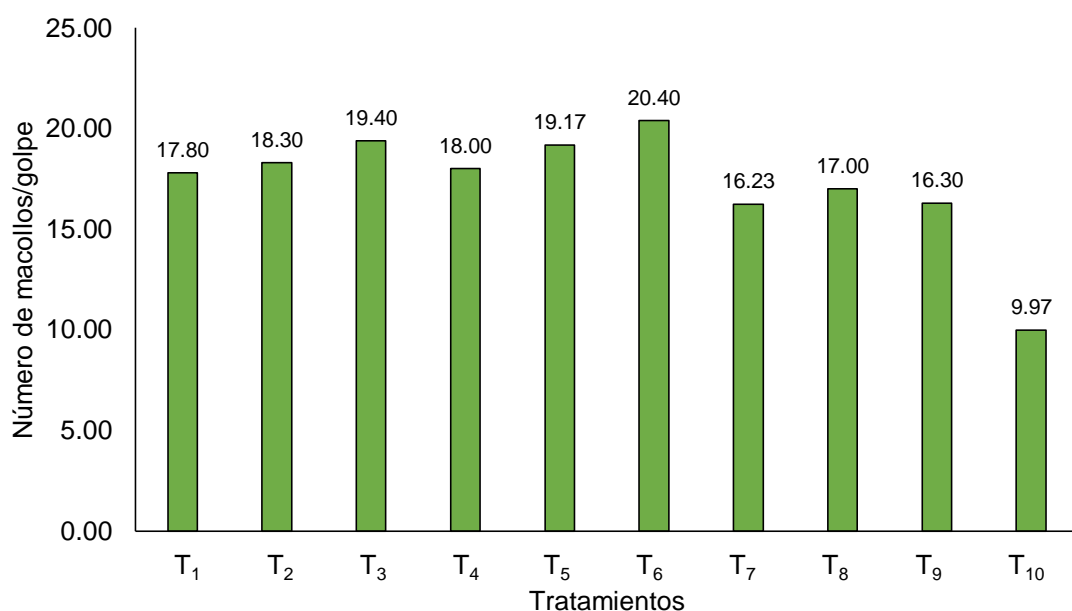


Figura 7. Número de macollos/golpe en relación a cada tratamiento.

Se observa en esta figura que T₆ (20.40 macollos/golpe promedio) mayor a todos los tratamientos, y el menor número de macollos está representado por el tratamiento T₁₀ (9.97 macollos/golpe promedio) una diferencia de 51 %. Es decir, el tratamiento T6 alta dosis de silicio como fuente la escoria siderúrgica o silicato de calcio presenta mayor número de macollos, lo que coincide con las conclusiones de (ANDRADE, 2006), quién sostiene que la sílice es un índice de fertilidad del suelo, planta y viceversa, es decir suelos con contenido de silicio bajas, también son pobres en nutrientes y otros factores que inciden la la fertilidad del suelo.

4.3. Número de panojas/m²

El número de panojas por m² según el análisis de varianza (ANOVA) (Cuadro 14), determina que en los bloques, no existe diferencias estadísticas significativas, en cuanto a tratamientos, se observa diferencias altamente

50

significativa, es decir, que al menos uno o más tratamientos es diferente estadísticamente conforme la figura 7, guarda cierta similitud respecto a los estudios realizados por (ANDRADE, 2006) que contrasta con una severa deficiencia de silicio reduciendo la cantidad de panojas por metro cuadrado; la presencia alta de fuente de silicio el comportamiento es mayor cantidad de panojas, Asimismo (COLOMA, 2015) resalta el ácido monosilísico de fácil utilización presenta el mayor número de panícula /planta. El coeficiente de variabilidad fue 13.65 %, indica que existe una homogeneidad en los datos del estudio.

Cuadro 10. Análisis de Varianza (ANVA) para número de panojas/m².

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	sig.
Bloque	5.34	2	2.67	0.25	NS
Tratamiento	545.26	9	60.58	5.77	AS
Error	188.84	18	10.49		
Total	739.44	29			

CV (%) = 13.65 %

NS = No significativo

AS = Altamente significativo.

Los resultados en la comparación de Duncan ($\alpha = 0.05$) (Cuadro 15), el tratamientos T₂ (Cascarilla 20 t/ha + NPK 220-150-150), T₈ (Silmix 6 kg/ha + NPK 220-150-150) y T₃ (Cascarilla 30 t/ha + NPK 220-150-150) son estadísticamente iguales, pero diferentes estadísticamente a los tratamientos T₁ (Cascarilla 10 t/ha + NPK 220-150-150) y T₁₀ (Testigo absoluto), además se observa que presenta los mayores valores por la articulación de retener así como liberar iones positivos que inciden directamente en la producción y productividad, tal como los estudios realizados por COLOMA (2015).

Cuadro 15. Duncan ($\alpha = 0.05$) para cantidad de panojas /m².

Tratamiento	Panojas /m²		
	Descripción	N°	Sig.
T ₂	Cascarilla de arroz podrida+ NPK	28.67	a
T ₈	Silmix + NPK	28.00	a
T ₃	Cascarilla de arroz podrida + NPK	27.67	a
T ₉	Testigo NPK	26.67	a b
T ₇	Silmix + NPK	25.00	a b
T ₆	Escoria siderúrgica SiCa + NPK	24.50	a b

T ₄	Escoria siderúrgica SiCa + NPK	22.85	a	b
T ₅	Escoria siderúrgica SiCa + NPK	21.00		b c
T ₁	Cascarilla de arroz podrida + NPK	16.67		c
T ₁₀	Testigo absoluto	16.33		c

Letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

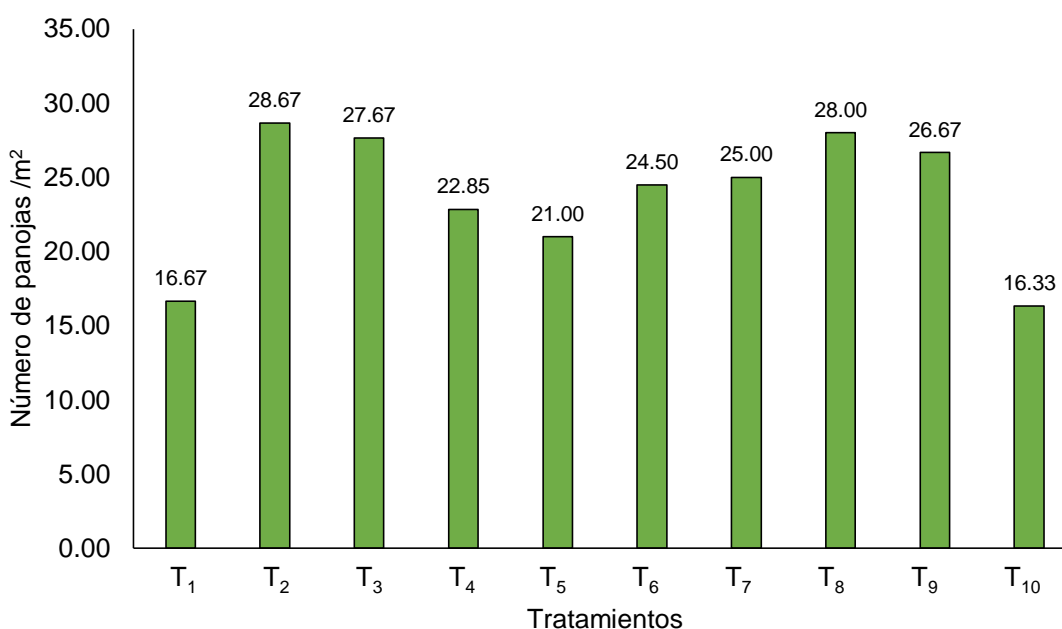


Figura 8. Número de panojas /m² en relación a los tratamientos

En la Figura 8 se observa a los tratamientos T₁ y T₁₀ con valores de 16.67 y 16.33 número de panojas en promedio por m² son más bajos, así mismo se observa que los tratamientos T₂ y T₃ con valores de 28.67 y 27.67 número de panojas por m², cuando se aplica cascarilla 20 y 30 t/ha+ NPK 200-150-150, además el tratamiento T₈ donde se aplicó Silmix 6 kg/ha+ NPK 200-150-150, muestra panojas de 28.00 por m², estos valores altos se debe a la articulación del silicio bajo sus diferentes fuentes y dosis, en especial los acondicionados con materia orgánica, conforme lo descrito por COLOMA (2015).

4.4. Longitud de panoja

Para el análisis de varianza (ANOVA) en longitud de panojas (Cuadro 16), se observa diferencias estadísticas altamente significativa para tratamientos y no significativa para bloques, es decir, que al menos uno o más tratamientos es diferente estadísticamente, conforme los resultados similares de (ANDRADE y ÁLVAREZ 2006).

El coeficiente de variabilidad fue 2.49 %, se observa alta homogeneidad en la toma de datos según (FURCAL, 2012).

Cuadro 11. Análisis de varianza (ANVA), para longitud de panojas.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F	sig.
Bloque	4.95	2	2.47	5.87	NS
Tratamiento	31.42	9	3.49	8.29	AS
Error	7.58	18	0.42		
Total	43.95	29			

CV (%) = 2.49 %

NS = No Significativo

AS = Altamente significativo.

La comparación de prueba de Duncan ($\alpha= 0.05$) (Cuadro 17), el tratamiento T₆ (Cascarilla + NPK con 27.40 cm longitud), y T₃ (Cascarilla + NPK con 26.67 cm de longitud), es diferente estadísticamente a los tratamientos T₂ (Cascarilla + NPK 25.97 cm longitud), T₇ (Silmix + NPK 25.87 cm longitud), T₁ (Cascarilla + NPK 25.87 cm longitud), T₈ (Silmix + NPK 25.67 cm longitud), T₉ (NPK 24.93 cm longitud) y T₁₀ (Testigo absoluto 24.00 cm longitud), es decir mejor respuesta con aplicación de silicio al suelo, contrario con los trabajos realizados donde las

longitudes de panícula no son significativas pues a diferencia de este estudio no se aplicó plaguicida alguno como los estudios de HERRERA (2011).

Cuadro 17. Comparación Duncan ($\alpha=0,05$) en longitud de panoja.

Tratamiento	Descripción	Altura	
		cm	Sig.
T ₆	Escoria siderúrgica + NPK	27.40	a
T ₃	Cascarilla podrida + NPK	26.67	a b
T ₅	Escoria siderúrgica + NPK	26.57	a b c
T ₄	Escoria siderúrgica + NPK	26.33	b c
T ₂	Cascarilla podrida + NPK	25.97	c d
T ₇	Silmix + NPK	25.87	c d
T ₁	Cascarilla podrida + NPK	25.87	c d
T ₈	Silmix + NPK	25.63	c d
T ₉	NPK	24.93	d e
T ₁₀	Testigo absoluto	24.00	e

Letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Los resultados en longitud de panoja Cuadro 17, nos muestra mayor valor 27.40 cm en el tratamiento T₆ donde se aplicó la alta dosis de escoria siderúrgica 3.33 t/ha, diferencia significativa con el T₁₀ para longitud de panojas los más que muestra un menor valor 24.00, similar al tratamiento T₉, donde no se aplicó silicio foliar y al suelo. Lejos de los estudios de FURCAL, (2012) y HERRERA, (2011),

donde no se obtuvo diferencias significativas entre los tratamientos cuya longitud fue de 20 cm, es decir es preferible no aplicar plaguicidas cuando se aplica silicio foliar o al suelo.

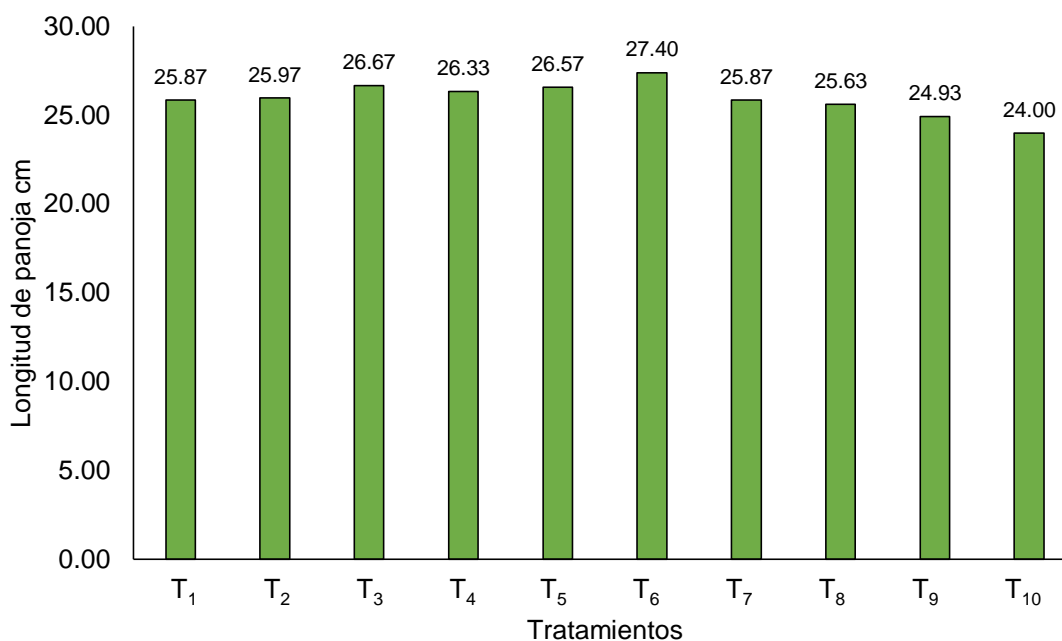


Figura 9. Longitud de panoja en relación de los tratamientos

4.5. Rendimiento

La varianza (ANOVA) para productividad (Cuadro 18), para bloques se observa que no hay diferencias estadísticas significativa, respecto a los tratamientos de observa diferencias estadísticas altamente significativas, es decir, que al menos uno o más tratamientos es diferente estadísticamente contrario a lo manifestado por FURCAL, (2012), donde sus estudios no muestran diferencias significativas entre tratamientos al aplicar silicio foliar y al suelo, cero plaguicidas. El coeficiente de variabilidad fue 2.49 %, se observa alta homogeneidad en la toma de datos según.

Cuadro 12. Análisis de varianza (ANVA), para rendimiento.

Fuente de variación	SC	GL	CM	F _{cal.}	Sig.
---------------------	----	----	----	-------------------	------

Bloque	19535	2	9767.50	3.31	NS
Tratamiento	718180	9	79797.78	27.07	AS
Error	53065	18	0.42		
Total	43.95	29			

CV (%) = 2.49 %

NS = No Significativo

AS = Altamente significativo.

La comparación estadística Duncan ($\alpha= 0.05$) (Cuadro 19), resulta que el T₆ (SiCa + NPK 10.47 t/ha), T₃ (Cascarilla + NPK 9.48 t/ha) y T₈ (Silmix + NPK 9.47 t/ha) son diferentes estadísticamente al T₄ (Cascarilla + NPK 7.30 t/ha), T₉ (NPK 7.07 t/ha), T₁ (Cascarilla + NPK 7.03 t/ha) y T₁₀ (Testigo absoluto 4.87 t/ha), estas fuentes de silicio influyó en el rendimiento por hectárea, pero no ocurriendo así con los tratamientos a dosis bajas de concentración de silicio sea orgánico e inorgánico, FURCAL, (2012), indica que con silicio foliar y al suelo los rendimientos son altos, diferente donde no se aplicaron silicio al suelo y foliar no incrementaron el rendimiento.

Teniendo al silicio como un elemento que crea condiciones favorables para el cultivo de arroz en cuanto a la reducida presencia de plagas y enfermedades.

Cuadro 13. Prueba Duncan ($\alpha=0,05$) aumento de productividad de arroz / ha

Tratamiento	Rendimiento		
	Descripción	t/ha	Sig.

T ₆	Escoria siderúrgica SiCa + NPK	10.47	a
T ₃	Cascarilla arroz descompuesta + NPK	9.48	a
T ₈	Silmix + NPK	9.47	a
T ₇	Silmix + NPK	9.12	a b
T ₅	Escoria siderúrgica SiCa + NPK	8.57	a b
T ₂	Cascarilla arroz descompuesta + NPK	8.33	b
T ₄	Escoria siderúrgica SiCa + NPK	7.30	c
T ₉	Testigo NPK	7.07	c
T ₁	Cascarilla arroz descompuesta + NPK	7.03	c
T ₁₀	Testigo absoluto	4.87	c

Letra común no son significativamente diferentes ($p>0.05$)

Incremento de la productividad o rendimiento cuando se aplicó SiCa + NPK T₆ con 10.47 t/ha a la dosis de 3.33 t/ha de Escoria siderúrgica o silicato de calcio, seguido del T₃, cuando se aplica Cascarilla + NPK CON 9.48 t/ha a una dosis de 30 t/ha y el T₈ Silmix + NPK silicio foliar con 9.47 t/ha a una dosis de 6 kg/ha, contrario a los resultados con los T₁, T₉, valores bajos en rendimiento respecto al más bajo el Testigo absoluto T₁₀, sin silicio y sin fertilizante convencional en 4.87 t/ha, es decir el silicio en dosis altas al suelo y foliar con fertilizante tuvieron los más altos rendimientos, no ocurriendo relevancia en cuanto a rendimiento con los trabajos obtenidos por FURCAL (2012) y HERRERA (2011).

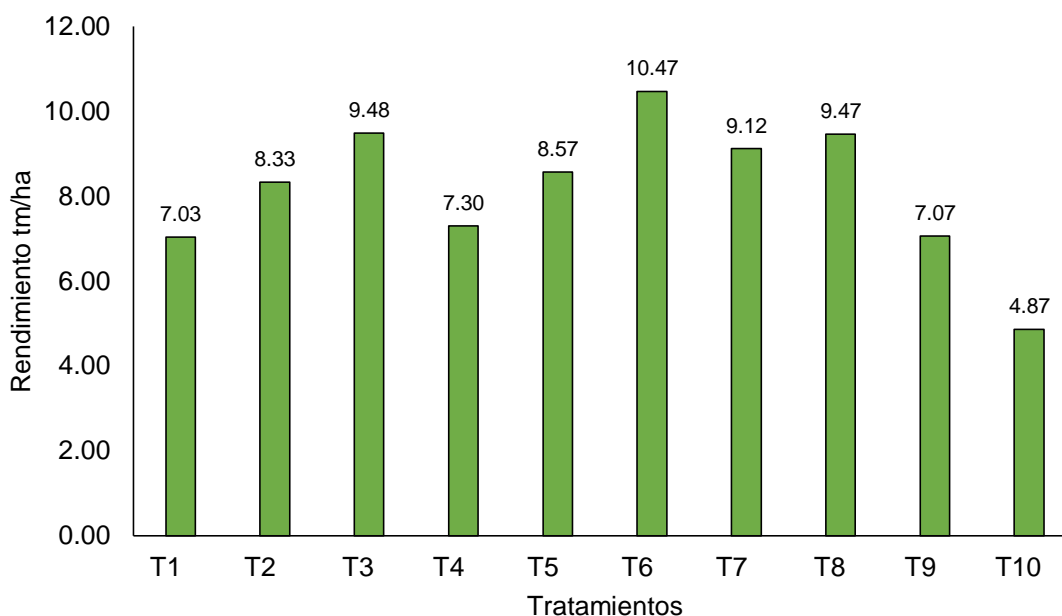


Figura 10. Rendimiento promedio en función a los tratamientos

4.6. Tolerancia a plagas y enfermedades al aplicar silicio

Se observa que el porcentaje de incidencia es de 0 – 25.2 %; este último en el T₁₀ que es el testigo sin aplicación nutricional Cuadro 19, siendo el T₆ y T₈, sin presencia de enfermedades en el área foliar como *Pyricularia* grisea asociadas *Helminthosporium oryzae*, seguido del T₉, similar a los demás tratamiento; influyendo en el rendimiento, similar a lo contrastado por (Restrepo, 1996), es decir confirmando la capacidad del silicio de acumularse en la cutícula de los tejidos y establecer una barrera mecánica frente al ataque de las actividades fúngicas e insectos; frente a los testigos en la fenología de la variedad INIA 507 – La Conquista, pese a la susceptibilidad resistente superior a las otras variedades, del INIA (2007), la planta estuvo protegida por la actividad del silicio tal como corrobora (QUERO, 2005), diferente a la aseveración de FURCAL, (2012) que sostiene que con silicio o sin silicio fueron afectados por enfermedades.

Cuadro 20. Porcentaje y escala de daño de principales enfermedades.

COMPORTAMIENTO DE ENFERMEDADES A LA APLICACIÓN DE SILICIO EN TRE FUENTES Y DOSIS													
Tratamiento	Grado o escala de infestación %				Grado o escala de infestación				Grado o escala de infestación del área foliar afectada				
Enfermedad	Piricularia	Heminthosporium	Escladado Hoja	Cercorporiosis	Piricularia	Heminthosporium	Escladado Hoja	Cercorporiosis	Piricularia	Heminthosporium	Escladado Hoja	Cercorporiosis	% Promedio
Bloque/Tto	BI				BII				BIII				
T1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0.5
T2	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0.4
T3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0.2
T4	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0.2
T5	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0.3
T6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
T7	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0.5
T8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
T9	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0.9
T10	30	25	20	14	30	25	20	30	40	35	15	18	25.2

Conforme el Cuadro 20, las evaluaciones han sido permanentes desde el prendimiento hasta el estado pastoso, siendo los tratamientos T₁ al T₈ reducción de enfermedades por debajo del daño económico; entre 0.2 – 25.2, en el T₆ no se observó enfermedad alguna; observando y evaluando la presencia de enfermedades foliares en los T₉ y T₁₀; en el T₁₀ con 25.2%, con daño económico, corroborado con los trabajos enunciados por (SHEPU, 2012), (VIANA, 2008).

4.7. Análisis económico

Consiste en determinar los costos incurridos en la producción de arroz; para los cálculos de beneficios se consideró un precio de venta de 0.85 nuevos soles por kilo

En la Cuadro 21, se muestra el análisis de beneficio costo (B/C) de los tratamientos en estudio en la producción de arroz para 1 ha. De acuerdo a las evaluaciones realizadas durante los 120 días después de la siembra, el tratamiento en estudio con mayor toneladas por hectárea, fue el T₆ con 10, 467 kg/ha (SiCa + NPK 3.33 t/ha), en comparación a los demás tratamientos en estudio, pero su rentabilidad beneficio costo es para el T₃ con 9,483 kg/ha un beneficio costo de 1.67 con índice de rentabilidad de 0.67, y el T₈ con 9.47 t/ha B/C de 1.50 y su índice de rentabilidad 0.50; es decir con la aplicación de silicio en altas dosis con fuentes orgánicas e inorgánicas se incrementa el rendimiento por hectárea en este estudio de investigación.

Cuadro 21. Análisis beneficio - costo de cada tratamiento en estudio.

Trat.	S./ Costo de producción/ha y rendimiento											
	A						B	C	D	E	F	G
	PT	S	I	CM	GV	CI	C. Total (S/.)	Rendimiento kg/ha	I. B.	U. (S/.)	I. R.	B/C
T ₁	740.00	790.00	1386.50	610.00	320.00	653.91	4500.41	7033	5978.05	1477.65	0.33	1.33
T ₂	740.00	870.00	1576.50	610.00	280.00	693.01	4769.51	8333	7083.05	2313.55	0.49	1.49
T ₃	660.00	790.00	1751.50	580.00	340.00	700.66	4822.16	9483	8060.55	3238.40	0.67	1.67
T ₄	740.00	790.00	2022.50	625.00	320.00	764.58	5262.08	7300	6205.00	942.93	0.18	1.18
T ₅	740.00	870.00	2627.50	650.00	280.00	887.83	6055.33	8567	7281.95	1226.63	0.20	1.20
T ₆	660.00	790.00	2894.50	700.00	340.00	915.37	6299.87	10467	8896.95	2597.09	0.41	1.41
T ₇	740.00	870.00	1630.50	650.00	480.00	840.00	5210.50	9117	7749.45	2538.95	0.49	1.49
T ₈	740.00	870.00	1596.50	675.00	690.00	777.16	5348.66	9467	8046.95	2698.30	0.50	1.50
T ₉	740.00	870.00	1636.50	650.00	320.00	737.21	4953.71	7000	5950.00	996.30	0.20	1.20
T ₁₀	740.00	870.00	689.00	650.00	320.00	572.73	3841.73	4860	3645.00	-196.73	-0.05	0.95

Leyenda:

- P.T. = Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)
- S. = Siembra
- I. = Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)
- C.M. = Cosecha mecanizada
- G.V. = Gastos varios
- C.I. = Costos indirectos (administrativos y financieros)
- I.B. = Ingreso bruto.
- U. = Utilidad
- I.R. = Índice de rentabilidad.
- B/C. = Beneficio/Costo.

Sin embargo, al hacer el análisis de costo beneficio no es muy favorable para el tratamiento antes mencionado, ya que la rentabilidad es baja en comparación con los demás tratamientos; por lo tanto, es importante sólo resaltar la relación de beneficio y costo del tratamiento T₃, ya que se obtiene mejor índice de rentabilidad. La relación de B/C del tratamiento T₃ (Cascarilla + NPK) es un valor de 1.67, por lo tanto, el valor de los beneficios es mayor a los costos del proyecto, es decir que los ingresos son mayores a los egresos, por lo que se puede llegar a afirmar que por cada nuevo sol invertido, se obtendrá un retorno del capital invertido y una ganancia de 0.67 nuevos soles.

Esta gran diferencia entre el tratamiento T₃ (Cascarilla + NPK) y T₁₀ (Testigo absoluto), se debe a que los costos de producción para el primero son menos costosos con un ingreso bruto de 8060.55, generando una utilidad de 3238.40; cuando se fertilizo y no se aplicó fuente de silicio, el rendimiento es bajo, generó un C/B de 0.95 menor que uno por lo tanto por cada sol invertido se tiene una pérdida de -0.05.

4.8 Resultados de los análisis suelo - hoja

El cuadro 22, resalta el grado de residual de la aplicación de silicio al suelo y planta obteniendo mejores índices residuales en el T₃, y su reducción y movilidad del silicio al Testigo, debiéndose aseverar hipotéticamente la movilización del silicio en la solución del suelo a espacio en deficiencia, como relativamente se aprecia en la figura 11, conforme los análisis de silicio en el laboratorio de la UNA-La Molina.

Cuadro 22. Resultados análisis suelo planta antes y después del experimento

Tratamiento	SiA ppm	SiA ppm	ppm (kg suelo)	SiA(mg/kg) planta antes	SiA(mg/kg) planta después
	(mg/kg de suelo antes de aplicar silicio	(mg/kg de suelo) después aplicar silicio			
	T1	0.075			
T2	0.075	0.3960	0.1677	2.8	14
T3	0.075	1.0322	0.2613	4.4	22
T4	0.075	0.2430	0.1305	3.3	11
T5	0.075	0.7740	0.0888	8	8
T6	0.075	0.7741	0.1252	2.4	11
T7	0.075	0.5880	0.2239	5.7	19
T8	0.075	0.7742	0.1243	2.2	11
T9	0.075	0.1252	0.1475	3.9	13
T10	0.075	0.0520	0.0658	0.4	2

Fuente: Elaboración propia con datos del laboratorio de la UNA-La Molina

(*)SiA =Silicio a ser asimilado por la planta $H_4SiO_4^-$, en ppm o mg de silicio activo por kg suelo

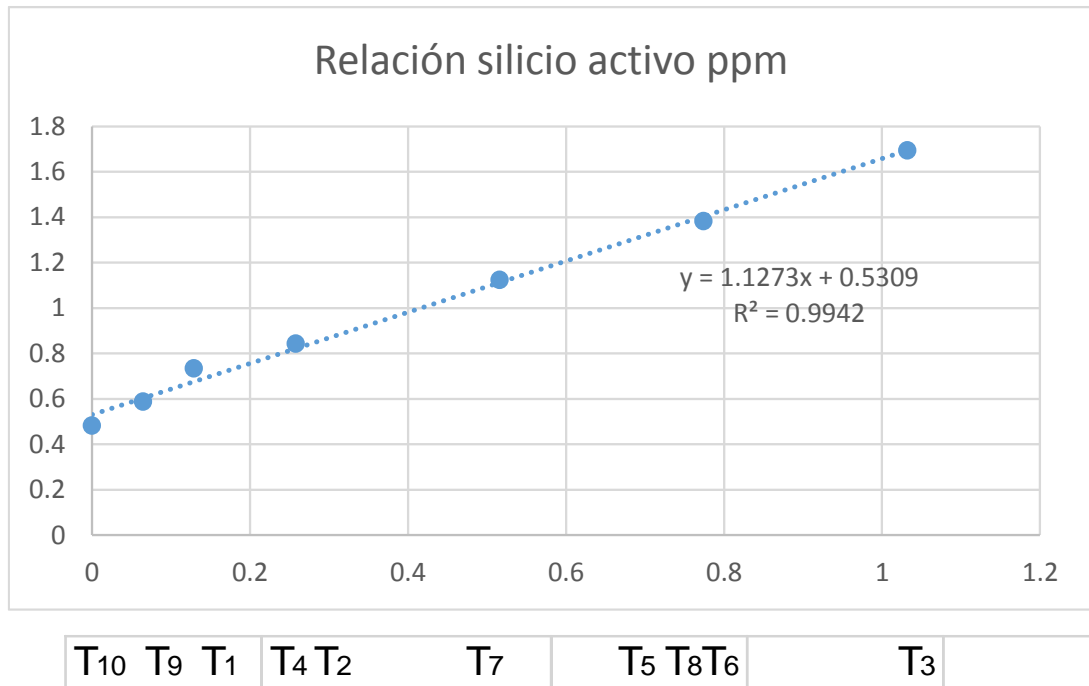


Figura 11. Relación silicio activo en el suelo-planta.



Figura N°12 Análisis de suelos del área de la parcela experimental

Después de la ejecución del experimento:

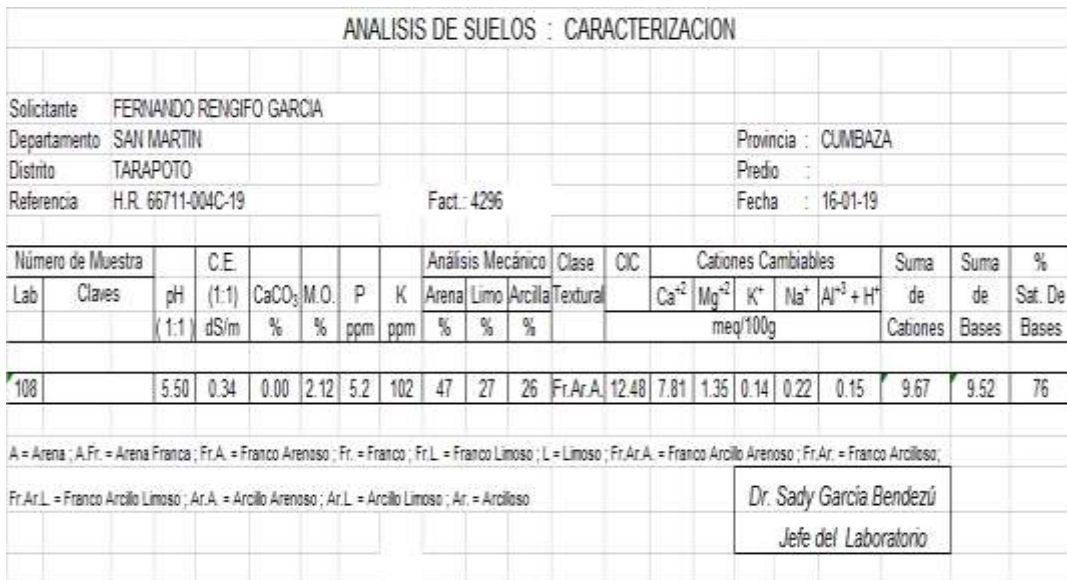


Figura N°13 Análisis de suelos del área experimental al término.

Se ha mejorado las condiciones físicas y químicas del área experimental en cuanto al pH, y M.O.

V. CONCLUSIONES

1. Las tres fuentes de silicio a altas dosis influyen directamente en el rendimiento y beneficio costo, siendo T₆, 10.46 t/ha su B/C de 1.41 en escoria siderúrgica; T₃ en 9.48 t/ha su B/C en 1.67 con cascarilla de arroz descompuesta; T₈, en 9.47 t/ha su B/C sobre 1.50 con silmix foliar.
2. Las tres fuentes de silicio con tres y dos dosis generan un impacto positivo en el rendimiento por hectárea en el cultivo de arroz, respecto al manejo tradicional y nutrición convencional, sea la fuente orgánica o inorgánica.
3. La eficiencia y rentabilidad económica de las tres fuentes de silicio estudiadas en el rendimiento por hectárea es el T₃ con un índice de rentabilidad de 0.67 con 30 t/ha de cascarilla descompuesta.
4. Rendimiento superior aplicando escoria siderúrgica o silicato de calcio T₆ con 10.48 t/ha, nivel más alto respecto a los trabajos de investigación realizados por su obtentor el INIA; en la variedad INIA 507 – La conquista.
5. Altas concentraciones de fuentes de silicio incrementan el rendimiento por hectárea en 32.81% y la reducción de incidencia de enfermedades en 25%, mejorando la textura y estructura del suelo.

VI. RECOMENDACIONES

1. Conforme a los resultados obtenidos y las conclusiones expuestas se considera que es necesario implementar nuevas investigaciones en asimilación del silicio en el suelo y foliar por las plantas producto de la aplicación de diversas fuentes de silicio orgánico e inorgánico, con producción local para obtener mayores rendimientos por hectárea y el grado residual existentes antes y después de la aplicación de fuentes de silicio después de la cosecha.
2. Según los resultados objetivos del presente proyecto de investigación aplicada se recomienda el uso de cascarilla descompuesta de arroz en 30 t/ha, escoria siderúrgica con mayor concentración menor volumen de aplicación y silmix a 6 kg/ha distribuidas en 4 aplicaciones en la fenología del cultivo.
3. Realizar estudios de investigación del grado residual en el suelo y planta, así como su movilización en la solución del suelo al aplicar diferentes fuentes de silicio en concentraciones altas.

VII. RESUMEN

La investigación se realizó en el sector Cumbacillo, distrito de Tarapoto, provincia de San Martín región de San Martín, ubicado a 347160 m Este, 9280694 m Norte y a 251 msnm; el objetivo: (a) Evaluar el efecto de fuentes y niveles (tres) de silicio cascarilla descompuesta, escoria siderúrgica y silmix; en la asimilación por el cultivo de arroz sobre la productividad en tonelada/hectárea, (b) determinar la eficiencia y rentabilidad económica de los tres niveles y fuentes de silicio en el rendimiento del cultivo de arroz. Tres niveles de escoria blanca (300, 600 y 900 kg/ha de SiO_2), de cascarilla de arroz (2,230; 4,460; 6,690 kg/ha), y dos niveles de silmix (3.2, 4.8 kg/ha) tratamientos testigos; utilizándose la fórmula de fertilización: $\text{N} = 130$, $\text{P}_2\text{O}_5 = 35$ y $\text{K}_2\text{O} = 145$ kg/ha; en diseño bloque completamente al azar (DBCA), con diez tratamientos. Para el análisis físico-químico del suelo y foliar se obtuvo dos muestreos al inicio y al término del experimento, para determinar la presencia del silicio, para el análisis foliar se tomó dos hojas activas de 10 plantas por golpe, analizadas en los laboratorios de la UNA-La Molina, respectivamente. Se evaluó altura de planta, número de macollos/planta, panojas/m², longitud de panoja, espiguillas/panoja, peso de granos, rendimiento de grano y rentabilidad de los tratamientos. Con escoria siderúrgica o silicato de calcio se obtuvo mayor rendimiento con 10.46 t/ha y un B/C de 1.41, seguido de cascarilla de arroz descompuesta con 9.48 t/ha y un B/C de 1.67, y silicio foliar silmix con 9.47 t/ha y un B/C de 1.50. Con aplicación de

escoria siderúrgica el rendimiento es superior a los obtenidos por el INIA con la variedad INIA 507 – La conquista, llegando a 10.48 t/ha. El beneficio/costo más rentable se obtiene con 30 t/ha de cascarilla de arroz descompuesta, obteniéndose un índice de rentabilidad de 0.67 y rendimientos similares a la variedad INIA 507 – La conquista, de 9.48 t/ha.

Palabras claves: Fuentes de silicio, rendimiento, arroz bajo riego, *Oryza sativa* var. La conquista, eficiencia, rentabilidad económica.

VIII. ABSTRACT

The research was carried out in the cumbacillo sector, Tarapoto district, San Martín province, San Martín región, Perú, located at 347160 m East, 9280694 m North and 251 meters above sea level; the objective: (a) Evaluate the effect of sources and levels (three) of decomposed silicon scale, iron and Steel slag and silmix; in the assimilation by the rice crop on the productivity in ton / hectare, (b) determine the efficiency and economic profitability of the three levels and sources of silicon in the rice crop yield. Three levels of White slag (300, 600 and 900 kg / ha of SiO₂), of rice husk (2,230; 4,460; 6,690 kg / ha), and the levels of silmix (3.2, 4.8 kg / ha) control treatments; using the fertilization formula: N =130, P₂O₅ = 35 and K₂O = 145 kg / ha; in a completely randomized block design (DBCA) with ten treatments. For the physical-chemical analysis of the soil and foliar, two samplings were obtained at the beginning and at the end of the experiment, to determine the presence of silicon, for the foliar analysis, two active leaves of 10 plants were taken per stroke, analysed in the laboratories, two active leaves of 10 plants were taken per stroke, analyzed in the laboratories of the UNA-La Molina, respectively. Plant height, number of tillers / plant, panicles / m², panicle length, spikelets / panicle grain weight, grain yield and profitability of the treatments were evaluated. With Steel slag or calcium silicate, a higher yield was obtained with 10.46 t / ha and a B / C of 1.41, followed by decomposed rice husk

with 9.48 t / ha and a B / C of 1.67, and silmix foliar silicon with 9.47 t / ha and a B / C of 1.50 with application of Steel slag, the yield is higher than those obtained by INIA with the INIA 507 – La conquista variety, reaching 10.48 t / ha. The most profitable Benefit / cost is obtained with 30 t / ha of decomposed rice husk, obtaining a profitability index of 0.67 similar yields to the variety INIA 507 – La conquista, of 9.48 t / ha. Keywords: Silicon sources, yield, irrigated rice, *Oryza sativa* var. The conquest, efficiency, economic profitability.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. AGUIRRE, C. y RAYA, J. 2003. El papel del silicio en los organismos y ecosistemas. Nota de divulgación. Conciencia tecnológica N°43. Guanajuato. México. 46 p.
2. ALVAREZ, J.; LOPEZ, G.; AMUTIO, M., BILBAO, J. & OLAZAR, M. M. 2014. Bio-oil production from rice husk fast pyrolysis in a conical spouted bed reactor. EE.UU. 169 p.
3. ANDRADE, L.; ALVAREZ. 2006. Artículo. Evaluación de cinco dosis de aplicación de ceniza de cascarilla e arroz como fuente de silicio y complemento a la fertilización con fósforo y potasio en el cultivo de arroz. (*Oryza sativa* L.) variedad F-50. Ecuador. 10 p.
4. ARCOS, C.A; MACIAS, P.D & RODRIGUEZ-PAEZ. J.E. 2007. La cascarilla de arroz como fuente de SiO₂. Revista de Ingeniería Universidad de Antioquia, 1 (41). 20 p.
5. ARIZA, J.C. 2018. Efecto de las fuentes y niveles de silicio en el incremento del rendimiento y reducción de la incidencia de moniliasis (*Moniliophthora roreri*) en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis UNAS-Tingo María Perú. 96 p.
6. BERTSCH, F. 2005. Revista Informaciones Agronómicas N°57 Estudio de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. Instituto de la potasa y el fósforo. Quito – Ecuador. 10 p.

7. BIENVENIDO, J. 1985. Rice chemistry and technology. The american association of cereal chemmists, minnesota, USA.
<https://www.scirp.org>. 53 p.
8. CALDERON, F. 2002. Investigación cascarilla de arroz caolinizada. Bogotá,,Colombia. 100 p.
9. COLOMA, L.M. 2015. Tesis: Efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de silicio en la agronomía y rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de grado para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Agrarias, Ecuador. 91 p.
10. DATNOFF, L. 2017. La IV conferencia sobre uso del silicio en la agricultura. 3 p.
11. FEEDCOR, E.I.R.L. 2016. Ficha técnica. Escoria blanca. Lima, Perú. 6 p.
12. FELICANO, S.2019. Fuentes y niveles de silicio en el rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad la esperanza, bajo riego. 133 p.
13. FURCAL, P. 2012. Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa* L) variedad CR 4477. Instituto Tecnológico de Costa Rica, TEC . Escuela de Agronomía. Sede San Carlos. Costa Rica. 61 p.
14. GUTIERREZ, J.L. 2015. Diseño de bloques completamente al azar. Universidad autónoma de el estado de Mexico, Centro universitario UAEM zumpango, licenciado de ingeniero agrónomo en producción. México. 33 p.

15. HERRERA, A. 2011. Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y el rendimiento del cultivo de arroz (*Oryza sativa L*) variedad CR-477. Instituto Tecnológico de Costa Rica, TEC . Sede Regional San Carlos. Costa Rica. 108 p.
16. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGRARIA – Dirección de Investigación agraria programa nacional de investigación de arroz. INIA-507 “La conquista” Estación Experimental El porvenir 2007. 2 p.
17. INIA EEA Porvenir - Tarapoto. 2008. Arroz INIA-507. Dirección de extensión agraria. Av. La molina N°1981,Lima. Tarapoto. 2008 2 p.
18. IRRI - Filipinas. 1984. Problemas del Cultivo de Arroz en los Trópicos, Manila. Filipinas P.O BOX 933,1984. 172 p.
19. KORNDORFER G.H., WILER P., ALCIDES R.G.M., MONICA S.C., 2010. World congress of soil sciencie, soil solution for a changing world1, brisbane Australia; 262 p.
20. LIMA, O., 2010. El silicio y la resistencia de las plantas al ataque de hongos patógenos. México. Disponible en <http://www.diatom.com.br/es/noticias/item/articulo-el-silicio-la-asistencia-de-plantas-al-ataque-de-patogenos>, consultado el 18 octubre 2018. 4 p.
21. LLANOS, O., RIOS, A; JARAMILLO, C.A; RODRIGUEZ, L.F, 2016. La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación . Artículo científico. Vol. II, N°2. 11 p.
22. MALAVOLTA, E., G.C. VITTI., OLIVEIRA S.A. 1997. Evaluación del estado nutricional de las plantas: principios y aplicaciones. Edición. POTAFOS, 2da edición, rev. e actual. Piracicaba, Brasil. 319 p.

23. MALAVOLTA, E., ORTEGA, A.E. 2012. Los más recientes micronutrientes vegetales INTA EEA, Salta, Argentina. 10 p.
24. MARKOVICH O., STEINER E., KOURIL S., TARKOWSKI P., AHARONI A., ELBAUM R., 2017. Silicon promotes cytokinin biosynthesis and delays senescence in arabidopsis. 118 p..
25. MEENA , V.D., DOTANIYA, M.L., COUMAR, V. RANJENDIRAN, S. KUNDU, S. SUBBA, A. 2013. Artículo A Case for Silicon Fertilización to Improve Crop Yields in Tropical Soils.India. 8 p.
26. NAVARRO, G y NAVARRO, S. 2003. Química agrícola, el suelo y los elementos químicos esenciales para la vida vegetal. Munid - Prensa. Madrid, España: 487 p.
27. ORGANIC FRUITS., 2015. Ficha técnica del silmix. Distribuidor Autorizado. Tarapoto, San Martín Perú. 5 p.
28. ORTEGA, A. y MALAVOLTA, E. 2012. El Silicio, un nutrimento con fortalezas para la eficiente productividad de diversos cultivos especialmente para el arroz (Mejisulfatos S.A., Colombia 2001). 3 p.
29. PANTOJA, L.A., FISHER, A.J., CORREA, V.F.J., SANINT, L.R., RAMIREZ, A., RASCON, J.E., GARCIA, D.E., et al., 1997. Manejo Integrado de Plagas en Arroz. CIAT. Cali-Colombia. 292 p.
30. QUERO, E. 2005. Silicio en la protección de las plantas. Artículo publicado en Septiembre del 2005. Disponible <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/silicio-protección-plantas> Consultado el 29/09/2018. 3 p.

31. QUERO, E. 2007. Silicio en la producción de chile. La biosilicificación. Proceso biológico fundamental en la productividad vegetal. www.loquequero.com, Consultado el 29/09/2018. 2 p.
32. QUERO, E. 2009. Nutrición con Silicio y sus aplicaciones a cultivos a cielo abierto y en la agricultura protegida. Simposio Internacional de Nutrición Vegetal : Guadalajara – Jalisco, México 6 al 9 Octubre 2009. 2 p.
33. QUERO, E. 2015. La Biosilicificación: Proceso fundamental en la productividad vegetal. Publicado el 22/02/2015. www.engormix.com/Agricultura/articulos/nutricion-con-silicio. revisado el 28 agosto 2018. 2 p.
34. QUICENO, D. y MOSQUERA, M. 2010. Alternativas tecnológicas para el uso de la cascarilla de arroz como combustible. Universidad Autónoma de Occidente. Tesis. Ing. mec. Santiago de Cali, Colombia. 108 p.
35. RESTREPO, J. 1996. Abonos orgánicos fermentados. Experiencias de Agricultores en Centroamérica y Brasil. San José – Costa Rica. 24 p.
36. SEPHU, 2009. Sociedad de productos químicos s.a. Disponible en www.humicosybiologicos.com,inf@sephu.com, El Silicio como elemento fertilizante y protector de enfermedades y plaga. Consultado 28 sep. 2018. 8 p.
37. SHEPU. 2012. Noticias. Departamento técnico S.A. WWW.SEPHU.COM. Zaragoza, España. 18 Agosto 2018. 8 p.

38. SIERRA, J. 2009. Alternativa de Aprovechamiento de la Cascarilla de Arroz en Colombia. Universidad de Sucre. Facultad de Ingeniería. Departamento de Ingeniería Agrícola. Colombia. 94 p.
39. VALDERAMA, S. F. 2019. Fuentes y niveles de silicio en el rendimiento de arroz (*Oryza sativa* L.) variedad la esperanza bajo riego. Tingo María – Perú. 133 p.
40. VIANA, J.E. 2008. Importancia del silicio en la nutrición vegetal. Agromil. Tolima, Colombia. Consultado el 15 de septiembre de 2008. Disponible en www.silicioagromil.com. Revisado el 28 -08-2018. 10 p.
41. UNA – LA MOLINA. 2018. Facultad de Agronomía, Departamento de suelos, laboratorio de análisis de suelos,, plantas, aguas y fertilizantes. Analisis de suelos caracterización. Lima-Perú. 1 p.

X. ANEXO

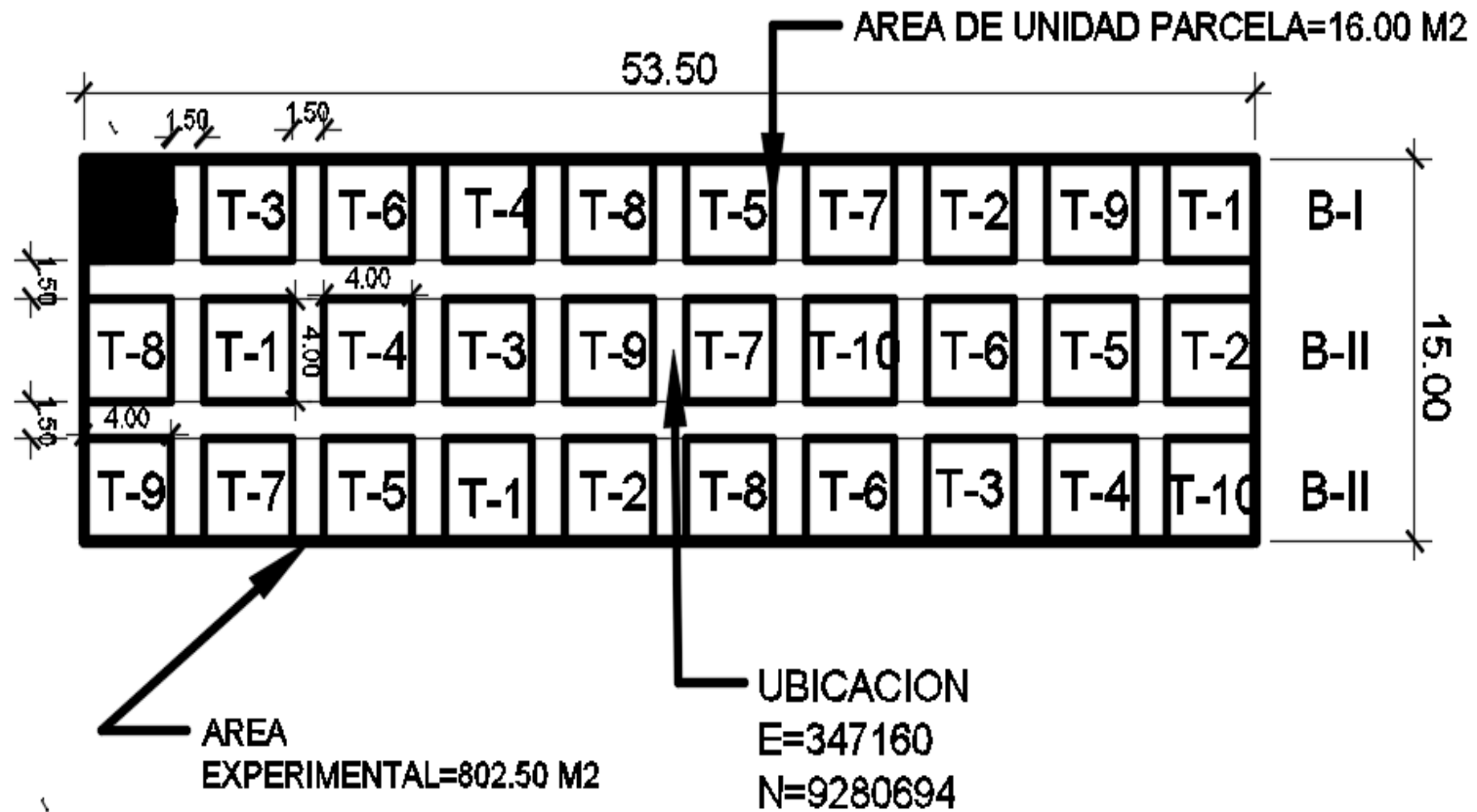


Figura 14. Diseño del área experimental y distribución de los tratamientos

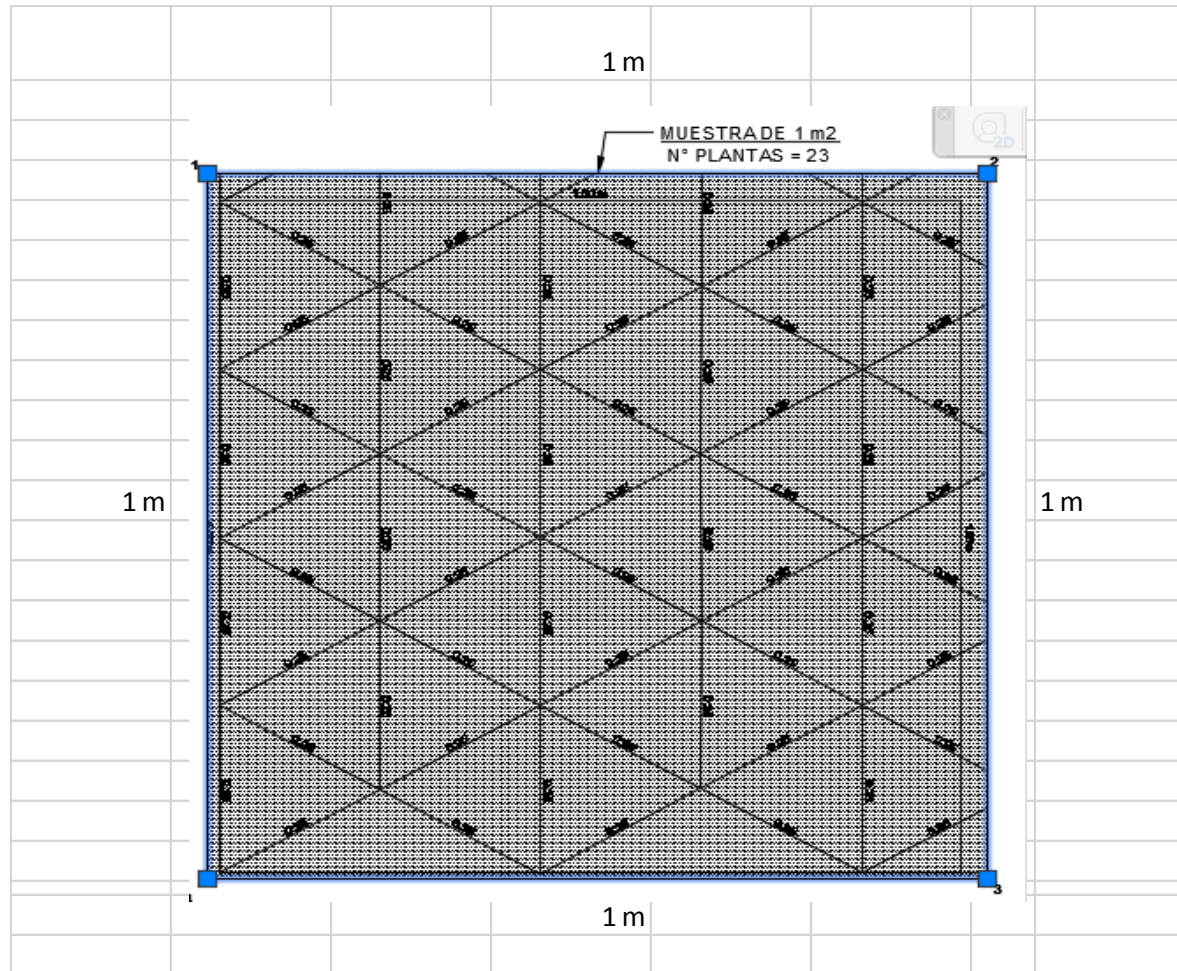


Figura 15. Diseño de la muestra experimental y distanciamiento entre plantas

Figura 16. Análisis de caracterización completa de suelos al final del experimento después de cosecha

Requerimiento Nutricional de acuerdo al análisis de caracterización en 16 m2			
Requerimiento	N = Urea	P = Fosfato di amonico	K = Sulfato de potasio
1. 220 N - 150 P2O5 - 150 K2O	0.352 Kg N/parcela	0.24 Kg de P2O5/parcela	0.24 Kg de K2O/parcela
Urea por parcela	0.765217 Kg	0.0	0.00
Urea por planta	0.002989 Kg	0.0	0.00
Urea por planta	2.99 gr	0.0	0.00
Fosfato diamonico por parcela	0.00	0.521739 Kg /parcela	0.00
Fosfato diamonico por planta	0.00	0.01683 Kg	0.00
Fosfato diamonico por planta	0.00	16.83 gramos	0.00
Sulfato de potasio	0.00	0.0	0.48 Kg sulfato de k/parcela
Sulfato de potasio	0.00	0.0	0.001875 Kg sulfato de k/planta
Sulfato de potasio	0.00	0.0	1.875 gramos sulfato k/planta

Requerimiento de cada fuente de silicio						
Fuentes	Niveles	kg /ha	kg/parcela (16 m2)			Total
	SiO2	de cada fuente	BI	BII	BIII	
Escoria – silicato de calcio magnesio	300	1111.1	1.78	1.78	1.78	5.33
Escoria – silicato de calcio magnesio	600	2222.2	3.56	3.56	3.56	10.67
Escoria – silicato de calcio magnesio	900	3333.3	5.33	5.33	5.33	16.00
Silmix	1.6	4.0	0.0032	0.0032	0.0032	0.0096
Silmix	3.2	6.0	0.0064	0.0064	0.0064	0.0192
Cascarilla de arroz descompuesta	1,860	10000.0	16.00	16.00	16.00	48.00
Cascarilla de arroz descompuesta	3,720	20000.0	32.00	32.00	32.00	96.00
Cascarilla de arroz descompuesta	5,580	30000.0	48.00	48.00	48.00	144.00
Riqueza de cada fuente	FUENTES	SiO2 %				
Cascarilla de arroz descompuesta		18.6				
Silmix		80				
Escoria siderurgica		27				

Figura 17. Requerimiento de cada fuente de silicio



Figura 18. A la cosecha con silicio y sin aplicación de silicio



Figura 19. Presencia del silicio en las células de la epidermis

COSTOS DE PRODUCCIÓN ARROZ POR HECTÁREA							
T1: 10 tn/ha de cascarilla de arroz descompuesta							
Cultivar	: Conquista	Tarapoto	Periodo vegetativo 132 días	: 4.5 meses			
Dist. entre planta	: 0,25X0,25 m.	Tecnología media	Tpo de suelo	: Areno limo arcilloso			
Densidad	: 250,000 plantas/Ha.	N-P-K = 150- 50 - 60	TIPO DE CAMBIO	: S/. 3.20 US\$			
ACTIVIDADES	COEFICIENTES TÉCNICOS					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	Nº JORN/TAREA	HORAS MAQ.	CANTIDAD/Tm	LITROS	UNIDAD		
A) COSTOS DIRECTOS - CD							3,846.50
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1 Riego de remojo	3					40.00	120.00
1.2 Rastreo con tractor y equipo		2				120.00	240.00
1.3 Fangueo y nivelación		1				300.00	300.00
1.4 Bordeadura y nivelación	2					40.00	80.00
Sub total	5	3					740.00
2. SIEMBRA							
2.1 Almacigado o siembra	1					40.00	40.00
2.2 Saca y carguio de plántulas	10					25.00	250.00
2.3 Transplante	20					25.00	500.00
Sub total	31		0.00				790.00
3. INSUMOS							
3.1. Semilla (Certificada)			80.00			2.75	220.00
3.2 Fertilizantes							
Urea			6.00		bolsa / 50kg	75.00	450.00
Fosfato mono amónico (Humifhos)			1.00		bolsa / 50kg	80.00	80.00
Cascarilla descompuesta (Transporte)			10.00		Saco 50 Kg	2.00	20.00
Aplicación del Insumo	3					50.00	150.00
Nitro			2.00		bolsa / 50kg	95.00	190.00
3.3. Herbicidas							
Butaclor			3.00		lt	25.00	75.00
Aly			2.00		gr	25.00	50.00
Glifosato			3.00		lt	18.00	54.00
3.4 Insecticida (almacigo) sistémico				0.25		70.00	17.50
4. ANALISIS DE SUELO							
4.1 Analisis Fisico-quimico			1.00		Unidad	70.00	80.00
Sub total							1,386.50
5. COSECHA							
5.1 Cosecha con combinada		1.00				450.00	450.00
5.2 Carguio / Acarreo Transporte)	4					40.00	160.00
Sub total							610.00
6. GASTOS VARIOS							
6.1 Envases (sacos de poliprop.)					80	1.00	80.00
6.2 Deshierbo	3.00					40.00	120.00
6.3 Pago Plan de Cultivo (T.A y R.E)	1.00					120.00	120.00
Sub total							320.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							653.91
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							192.33
B.2 Costo financiero (12% CD)							461.58
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							4,500.41
COSTO POR ACTIVIDAD							
ACTIVIDAD	VALOR S/.	%	Tesis Inicio /Dic 2017				
1. Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)	740.00	16.44	Tesis Fin /Jun 2018				
2. Siembra	790.00	17.55					
3. Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)	1,386.50	30.81					
4. Cosecha mecanizada	610.00	13.55					
5. Gastos varios	320.00	7.11					
6. Costos indirectos (administrat.y financ.)	653.91	14.53					
TOTAL	4,500.41	100.00					
CONSOLIDADO							
COSTOS DIRECTOS (C.D.)		VALOR S/.	%				
A. Preparación de terreno		740.00	16.44				
B. Siembra		790.00	17.55				
C. Insumos		1,386.50	30.81				
E. Cosecha (transporte, flete)		610.00	13.55				
F. Gastos varios (envases)		320.00	7.11				
Sub total		3,846.50	85.47				
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)		VALOR S/.	%				
G. Costos Administrat. S/. 175.38 + Costos Financieros S/420.90		653.91	14.53				
Sub total		653.91	14.53				
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN		4,500.41	100.00				
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)	4,500.41						
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)	7,033						
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)	0.80						
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)	0.85						
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)	5,978.33						
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)	1,477.93						
7. RENTABILIDAD (%)	32.84						

Figura 20. Costo de producción T1. Cascarilla podrida de arroz 10 tm

COSTOS DE PRODUCCIÓN ARROZ POR HECTÁREA							
T2: 20 tn/ha de cascarilla de arroz descompuesta							
Cultivar	: Conquista	Tarapoto	Periodo vegetativo 132 días	: 4.5 meses			
Dist. Entre planta	: 0.25X0.25 m.	Tecnología medi	Tpo de suelo	: Areno limo arcilloso			
Densidad	: 250,000 plantas/Ha.	N-P-K = 150- 50	TIPO DE CAMBIO	: S/. 3.20 US\$			
ACTIVIDADES	COEFICIENTES TÉCNICOS					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	Nº JORN/TAREA	HORAS MÁQ.	CANTIDAD	LITROS	UNIDAD		
A) COSTOS DIRECTOS - CD							4,076.50
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1 Riego de remojo	3					40.00	120.00
1.2 Rastreo con tractor y equipo		2				120.00	240.00
1.3 Fangueo y nivelación		1				300.00	300.00
1.4 Bordeadura y nivelación	2					40.00	80.00
Sub total	5	3					740.00
2. SIEMBRA							
2.1 Almacigado o siembra	3					40.00	120.00
2.2 Saca y carguío de plántulas	10					25.00	250.00
2.3 Transplante	20					25.00	500.00
Sub total	33		0.00				870.00
3. INSUMOS							
3.1. Semilla (Certificada)			80.00			2.75	220.00
3.2 Fertilizantes							
Urea			6.00		bolsa / 50kg	80.00	480.00
Fosfato mono amónico (Humiphos)			2.00		bolsa / 50kg	80.00	160.00
Cascarilla descompuesta (Transporte)			20.00		Saco 50 Kg	2.50	50.00
Aplicación del Insumo	4					50.00	200.00
Nitro			2.00		bolsa / 50kg	95.00	190.00
3.3. Herbicidas							
Butaclor			3.00		lt	25.00	75.00
Aly			2.00		gr	25.00	50.00
Glifosato			3.00		lt	18.00	54.00
3.4 Insecticida (almacigo) sistémico				0.25		70.00	17.50
4. ANALISIS DE SUELO							
4.1 Analisis Fisico-quimico			1.00		Unidad	70.00	80.00
Sub total							1,576.50
5. COSECHA							
5.1 Cosecha con combinada		1.00				450.00	450.00
5.2 Carguío / Acarreo	4					40.00	160.00
Sub total							610.00
6. GASTOS VARIOS							
6.1 Envases (sacos de poliprop.)					80	1.00	80.00
6.2 Deshierbo	2.00					40.00	80.00
6.3 Pago Plan de Cultivo (T.A y R.E)	1.00					120.00	120.00
Sub total							280.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							693.01
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							
							203.83
B.2 Costo financiero (12% CD)							
							489.18
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							4,769.51
COSTO POR ACTIVIDAD							
ACTIVIDAD			VALOR S/.	%			
1. Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)			740.00	15.52			Tesis Inicio /Dic 2017
2. Siembra			870.00	18.24			Tesis Fin /Jun 2018
3. Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)			1,576.50	33.05			
4. Cosecha mecanizada			610.00	12.79			
5. Gastos varios (financ.)			280.00	5.87			
TOTAL			4,769.51	100.00			
CONSOLIDADO							
COSTOS DIRECTOS (C.D.)			VALOR S/.	%			
A. Preparación de terreno			740.00	15.52			
B. Siembra			870.00	18.24			
C. Insumos			1,576.50	33.05			
E. Cosecha (transporte, flete)			610.00	12.79			
F. Gastos varios (envases)			280.00	5.87			
Sub total			4,076.50	85.47			
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)			VALOR S/.	%			
G. Costos Administrat. S/. 180.38 + Costos Financieros S/. 432.90			693.01	14.53			
Sub total			693.01	14.53			
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN			4,769.51	100.00			
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)			4,769.51				
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)			8,333				
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)			0.80				
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)			0.85				
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)			7,083.33				
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)			2,313.83				
7. RENTABILIDAD (%)			48.51				

Figura 21. Costo de producción T2 cascarilla podrida de arroz 20 tm

COSTOS DE PRODUCCIÓN ARROZ POR HECTÁREA							
T3: 30 tn/ha de cascarilla de arroz descompuesta							
Cultivar	: Conquista	Tarapoto	Periodo vegetativo 132 días	: 4.5 meses			
Dist. Entre planta	: 0.25X0.25 m.	Tecnología media	Tpo de suelo	: Areno limo arcilloso			
Densidad	: 250,000 plantas/Ha.	N-P-K = 150- 50 - 60	TIPO DE CAMBIO	: S/. 3.20 US\$			
ACTIVIDADES	COEFICIENTES TÉCNICOS					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	Nº JORN/TAREA	HORAS MÁQ.	CANTIDAD	LITROS	UNIDAD		
A) COSTOS DIRECTOS - CD							4,121.50
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1 Riego de remojo	1					40.00	40.00
1.2 Rastreo con tractor y equipo		2				120.00	240.00
1.3 Fangueo y nivelación			1			300.00	300.00
1.4 Bordeadura y nivelación	2					40.00	80.00
Sub total	3	3					660.00
2. SIEMBRA							
2.1 Almacigado o siembra	1					40.00	40.00
2.2 Saca y carguío de plántulas	10					25.00	250.00
2.3 Transplante	20					25.00	500.00
Sub total	31						790.00
3. INSUMOS							
3.1. Semilla (Certificada)			80.00			2.75	220.00
3.2 Fertilizantes							
Urea			6.00		bolsa / 50kg	80.00	480.00
Fosfato mono amónico (Humifhos)			2.00		bolsa / 50kg	80.00	160.00
Cascarilla descompuesta (Transporte)			30.00		Saco 50 Kg	2.50	75.00
Aplicación del Insumo	7					50.00	350.00
Nitro			2.00		bolsa / 50kg	95.00	190.00
3.3. Herbicidas							
Butaclor			3.00		lt	25.00	75.00
Aly			2.00		gr	25.00	50.00
Glifosato			3.00		lt	18.00	54.00
3.4 Insecticida (almacigo) sistémico				0.25		70.00	17.50
4. ANALISIS DE SUELO							
4.1 Analisis Fisico-quimico			1.00		Unidad	70.00	80.00
Sub total							1,751.50
5. COSECHA							
5.1 Cosecha con combinada		1.00				400.00	400.00
5.2 Carguío / Acarreo	9					20.00	180.00
Sub total							580.00
6. GASTOS VARIOS							
6.1 Envases (sacos de poliprop.)					100	1.00	100.00
6.2 Deshierbo	3.00					40.00	120.00
6.3 Pago Plan de Cultivo (T.A y R.E)	1.00					120.00	120.00
Sub total							340.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							700.66
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							206.08
B.2 Costo financiero (12% CD)							494.58
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							4,822.16
COSTO POR ACTIVIDAD							
ACTIVIDAD			VALOR S/.			%	
1. Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)			660.00			13.69	Tesis Inicio /Dic 2017
2. Siembra			790.00			16.38	Tesis Fin /Jun 2018
3. Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)			1,751.50			36.32	
4. Cosecha mecanizada			580.00			12.03	
5. Gastos varios			340.00			7.05	
6. Costos indirectos (administrat.y financ.)			700.66			14.53	
TOTAL			4,822.16			100.00	
CONSOLIDADO							
COSTOS DIRECTOS (C.D.)			VALOR S/.			%	
A. Preparación de terreno			660.00			13.69	
B. Siembra			790.00			16.38	
C. Insumos			1,751.50			36.32	
E. Cosecha (transporte, flete)			580.00			12.03	
F. Gastos varios (envases)			340.00			7.05	
Sub total			4,121.50			85.47	
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)			VALOR S/.			%	
G. Costos Administrat. S/. 180.38 + Costos Financieros S/. 432.90			700.66			14.53	
Sub total			700.66			14.53	
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN			4,822.16			100.00	
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)			4,822.16				
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)			9,483				
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)			0.80				
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)			0.85				
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)			8,060.55				
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)			3,238.40				
7. RENTABILIDAD (%)			67.16				

Figura 22. Costo de producción T₃ cascarilla de arroz podrida 30 tm.

COSTOS DE PRODUCCIÓN POR HECTÁREA							
T4: escoria siderurgica - silicato de calcio 1,111 kg							
CULTIVAR ó VARIEDAD	: Conquista	TIPO DE SUELO	: Areno limo arcilloso				
DIST.ENTRE PLANTAS	: 0.25 x 0.25 m.	NIVEL TECNOLÓGICO	: Media	Tarapoto			
DENSIDAD	: 250,000 plantas/ha	TIPO DE CAMBIO	: S/. 3.20 US\$				
N - P - K	: 165 - 70 - 120	RENDIMIENTO	: 7,300 Tm/ha	4.5 meses			
ACTIVIDADES	Nº JORNAL/TAREA	COEFICIENTES TÉCNICOS				VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
		HORAS MÁQ.	CANTIDAD/ Tm	LITROS	UNIDAD		
A) COSTOS DIRECTOS - CD							4,497.50
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1 Riego de remojo	3					40.00	120.00
1.2 Rastreo con tractor y equipo		2				120.00	240.00
1.3 Fanguero y nivelación			1			300.00	300.00
1.4 Bordeadura y nivelación	2					40.00	80.00
Sub total	5	3					740.00
2. SIEMBRA							
2.1 Almacigado o siembra	1					40.00	40.00
2.2 Saca y carguio de plántulas	10					25.00	250.00
2.3 Transplante	20					25.00	500.00
Sub total	31		0.00				790.00
3. INSUMOS							
3.1. Semilla (Certificada)			80.00			2.75	220.00
3.2 Fertilizantes							
Urea			6.00		bolsa / 50kg	80.00	480.00
Fosfato mono amónico (Humiphos)			2.00		bolsa / 50kg	80.00	160.00
Escoria siderurgica (silicato de calcio)			1.11		Saco 50 Kg	500.00	555.00
Aplicación del Insumo	3					50.00	150.00
Nitro			2.00		bolsa / 50kg	95.00	190.00
3.3. Herbicidas							
Butaclor			3.00		lt	22.00	66.00
Aly			2.00		gr	25.00	50.00
Glifosato			3.00		lt	18.00	54.00
3.4 Insecticida (almacigo) sistémico				0.25		70.00	17.50
4. ANALISIS DE SUELO							
4.1 Analisis Fisico-quimico			1.00		Unidad	70.00	80.00
Sub total							2,022.50
5. TRANSPORTE							
6. COSECHA							
6.1 Cosecha con combinada		1.00				450.00	450.00
6.2 Carguio / Acarreo	7					25.00	175.00
Sub total							625.00
7. GASTOS VARIOS							
7.1 Envases (sacos de poliprop.)					80	1.00	80.00
7.2 Deshierbo	3.00					40.00	120.00
7.3 Pago Plan de Cultivo (T.A y R.E)	1.00					120.00	120.00
Sub total							320.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							764.58
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							224.88
B.2 Costo financiero (12% CD)							539.70
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							5,262.08
COSTO POR ACTIVIDAD							
ACTIVIDAD	VALOR S/.	%					
1. Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)	740.00	14.06					
2. Siembra	790.00	15.01					
3. Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)	2,022.50	38.44				Tesis Inicio /Dic 2017	
4. Cosecha mecanizada	625.00	11.88				Tesis Fin /Jun 2018	
5. Gastos varios	320.00	6.08					
6. Costos indirectos (administrat.y financ.)	764.58	14.53					
TOTAL	5,262.08	100.00					
CONSOLIDADO							
COSTOS DIRECTOS (C.D.)	VALOR S/.	%					
A. Preparación de terreno	740.00	14.06					
B. Siembra	790.00	15.01					
C. Insumos	2,022.50	38.44					
E. Cosecha (transporte, flete)	625.00	11.88					
F. Gastos varios (envases)	320.00	6.08					
Sub total	4,497.50	85.47					
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)	VALOR S/.	%					
G. Costos Administrat. S/. 175.38 + Costos Financieros S/.420.90	764.58	14.53					
Sub total	764.58	14.53					
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	5,262.08	100.00					
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)	5,262.08						
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)	7,300						
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)	0.80						
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)	0.85						
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)	6,205.00						
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)	942.93						
7. RENTABILIDAD (%)	17.92						

Figura 23. Costo de producción T₄ escoria siderúrgica silicato de Ca Mg 1.78 kg
86

COSTOS DE PRODUCCIÓN ARROZ POR HECTÁREA							
T5: escoria siderúrgica - silicato de calcio 2,222 kg							
Cultivar	: Conquista	Tarapoto	Periodo vegetativo 132 días	: 4.5 meses			
Dist. Entre planta	: 0.25X0.25 m.	Tecnología media	Tpo de suelo	: Areno limo arcilloso			
Densidad	: 250,000 plantas/Ha.	N-P-K = 150- 50 - 60	TIPO DE CAMBIO	: S/. 3.20 US\$			
ACTIVIDADES	COEFICIENTES TÉCNICOS					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	Nº JORN/TAREA	HORAS MÁQ.	CANTIDAD/Saco s, Kg, TM	LITROS	UNIDAD		
A) COSTOS DIRECTOS - CD							5,222.50
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1	Riego de remojo	3				40.00	120.00
1.2	Rastreo con tractor y equipo		2			120.00	240.00
1.3	Fanguero y nivelación		1			300.00	300.00
1.4	Bordeadura y nivelación	2				40.00	80.00
	Sub total	5	3				740.00
2. SIEMBRA							
2.1	Almacigado o siembra	3				40.00	120.00
2.2	Saca y carguo de plántulas	10				25.00	250.00
2.3	Transplante	20				25.00	500.00
	Sub total	33					870.00
3. INSUMOS							
3.1	Semilla (Certificada)		80.00			2.75	220.00
3.2	Fertilizantes						
	Urea		6.00		bolsa / 50kg	80.00	480.00
	Fosfato mono amónico (Humifhos)		2.00		bolsa / 50kg	80.00	160.00
	Escoria siderúrgica (Silicato de calcio)		2.22		Saco 50 Kg	500.00	1,110.00
	Aplicación del Insumo	4				50.00	200.00
	Nitro		2.00		bolsa / 50kg	95.00	190.00
3.3	Herbicidas						
	Butaclor		3.00		lt	22.00	66.00
	Aly		2.00		gr	25.00	50.00
	Glifosato		3.00		lt	18.00	54.00
3.4	Insecticida (almacigo) sistémico			0.25		70.00	17.50
4. ANALISIS DE SUELO							
4.1	Analisis Fisico-quimico		1.00		Unidad	70.00	80.00
	Sub total						2,627.50
5. TRANSPORTE							2.50
6. COSECHA							55.00
6.1	Cosecha con combinada		1.00			450.00	450.00
6.2	Carguo / Acarreo	5				40.00	200.00
	Sub total						650.00
6. GASTOS VARIOS							
6.1	Envases (sacos de poliprop.)				80	1.00	80.00
6.2	Deshierbo	2.00				40.00	80.00
6.3	Pago Plan de Cultivo (I.A y R.E)	1.00				120.00	120.00
	Sub total						280.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							887.83
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							261.13
B.2 Costo financiero (12% CD)							626.70
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							6,110.33
COSTO POR ACTIVIDAD							
ACTIVIDAD						VALOR S/.	%
1.	Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)					740.00	12.22
2.	Siembra					870.00	14.37
3.	Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)					2,627.50	43.39
4.	Cosecha mecanizada					650.00	10.73
5.	Gastos varios					280.00	4.62
6.	Costos indirectos (administrat. y financ.)					887.83	14.66
TOTAL						6,055.33	100.00
CONSOLIDADO							
COSTOS DIRECTOS (C.D.)						VALOR S/.	%
A. Preparación de terreno						740.00	12.22
B. Siembra						870.00	14.37
C. Insumos						2,627.50	43.39
E. Cosecha (transporte, flete)						650.00	10.73
F. Gastos varios (envases)						280.00	4.62
Sub total						5,167.50	85.34
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)						VALOR S/.	%
G. Costos Administrat. S/. 180.38 + Costos Financieros S/. 432.90						887.83	14.66
Sub total						887.83	14.66
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN						6,055.33	100.00
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)						6,055.33	
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)						8,567	
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)						0.80	
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)						0.85	
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)						7,281.95	
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)						1,226.63	
7. RENTABILIDAD (%)						20.26	

Figura 24. Costo de producción T5 escoria siderúrgica silicato de Ca Mg 3.58 kg

COSTOS DE PRODUCCIÓN ARROZ POR HECTÁREA							
T6: escoria siderurgica - silicato de calcio 3,333 kg							
Cultivar	: Conquista	Tarapoto	Periodo vegetativo 132 días	: 4.5 meses			
Dist. Entre planta	: 0.25X0.25 m.	Tecnología media	Tpo de suelo	: Areno limo arcilloso			
Densidad	: 250,000 plantas/Ha.	N-P-K = 150- 50 - 60	TIPO DE CAMBIO	: S/.3.20 US\$			
ACTIVIDADES	COEFICIENTES TÉCNICOS					VALOR	VALOR
	JORNAL TAREA	HORAS MAQUINA	CANTIDAD sacos, kg,tn	LITROS	UNIDAD	UNITARIO S/.	TOTAL S/.
A) COSTOS DIRECTOS - CD							5,384.50
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1 Riego de remojo		1				40.00	40.00
1.2 Rastreo con tractor y equipo			2			120.00	240.00
1.3 Fangueo y nivelación			1			300.00	300.00
1.4 Bordeadura y nivelación		2				40.00	80.00
Sub total		3	3				660.00
2. SIEMBRA							
2.1 Almacigado o siembra		1				40.00	40.00
2.2 Saca y carguío de plántulas			10			25.00	250.00
2.3 Transplante		20				25.00	500.00
Sub total		31	0.00				790.00
3. INSUMOS							
3.1. Semilla (Certificada)			80.00			2.75	220.00
3.2 Fertilizantes							
Urea			6.00		bolsa / 50kg	80.00	480.00
Fosfato mono amónico (Humifos)			2.00		bolsa / 50kg	80.00	160.00
Escoria siderurgica (Silicato de calcio)			3.33		Saco 50 Kg	400.00	1,332.00
Aplicación del Insumo		5				50.00	250.00
Nitro			2.00		bolsa / 50kg	95.00	190.00
3.3. Herbicidas							
Butaclor			3.00		lt	22.00	66.00
Aly			2.00		gr	25.00	50.00
Glifosato			3.00		lt	18.00	54.00
3.4 Insecticida (almacigo) sistémico				0.25		50.00	12.50
4. ANALISIS DE SUELO							
4.1 Analisis Físico-químico			1.00		Unidad	80.00	80.00
Sub total							80.00
5. TRANSPORTE							
6. COSECHA							
6.1 Cosecha con combinada			1.00			450.00	450.00
6.2 Carguío / Acarreo		10				25.00	250.00
Sub total							700.00
6. GASTOS VARIOS							
6.1 Envases (sacos de poliprop.)					100	1.00	100.00
6.2 Deshierbo		3.00				40.00	120.00
6.3 Pago Plan de Cultivo (T.A y R.E)		1.00				120.00	120.00
Sub total							340.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							915.37
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							269.23
B.2 Costo financiero (12% CD)							646.14
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							6,299.87
COSTO POR ACTIVIDAD			VALOR S/.	%			
ACTIVIDAD	VALOR S/.	%					
1. Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)	660.00	10.48					
2. Siembra	790.00	12.54				Tesis Inicio /Dic 2017	
3. Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)	2,894.50	45.95				Tesis Fin /Jun 2018	
4. Cosecha mecanizada	700.00	11.11					
5. Gastos varios	340.00	5.40					
6. Costos indirectos (administrat.y financ.)	915.37	14.53					
TOTAL	6,299.87	100.00					
CONSOLIDADO			VALOR S/.	%			
COSTOS DIRECTOS (C.D.)	VALOR S/.	%					
A. Preparación de terreno	660.00	10.48					
B. Siembra	790.00	12.54					
C. Insumos	2,894.50	45.95					
E. Cosecha (transporte, flete)	700.00	11.11					
F. Gastos varios (envases)	340.00	5.40					
Sub total	5,384.50	85.47					
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)	VALOR S/.	%					
G. Costos Administrat. S/. 180.38 + Costos Financieros S/. 432.90	915.37	14.53					
Sub total	915.37	14.53					
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN	6,299.87	100.00					
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)	6,299.87						
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)	10,467						
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)	0.80						
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)	0.85						
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)	8,896.95						
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)	2,597.09						
7. RENTABILIDAD (%)	41.22						

Figura 25. Costo de producción T₆ escoria siderúrgica silicato de Ca Mg 5.33 kg

COSTOS DE PRODUCCIÓN ARROZ POR HECTÁREA							
T7: silmix 4 kg							
Cultivar	: Conquista	Tarapoto	Periodo vegetativo 132 días	: 4.5 meses			
Dist. Entre planta	: 0.25X0.25 m.	Tecnología media	Tpo de suelo	: Areno limo arcilloso			
Densidad	: 250,000 plantas/Ha.	N-P-K = 150- 50 - 60	TIPO DE CAMBIO	: S/.3.20 US\$			
ACTIVIDADES	COEFICIENTES TÉCNICOS					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	Nº JORN/TAREA	HORAS MÁQ.	CANT/Sacos, Kg, TM	LITROS	UNIDAD		
A) COSTOS DIRECTOS - CD							4,370.50
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1 Riego de remojo		3				40.00	120.00
1.2 Rastreo con tractor y equipo			2			120.00	240.00
1.3 Fangueo y nivelación			1			300.00	300.00
1.4 Bordeadura y nivelación		2				40.00	80.00
Sub total		5	3				740.00
2. SIEMBRA							
2.1 Almacigado o siembra		3				40.00	120.00
2.2 Saca y carguío de plántulas		10				25.00	250.00
2.3 Transplante		20				25.00	500.00
Sub total		33	0.00				870.00
3. INSUMOS							
3.1. Semilla (Certificada)			80.00			2.75	220.00
3.2 Fertilizantes							
Urea			6.00	bolsa / 50kg		75.00	450.00
Fosfato mono amónico (Humiphos)			2.00	bolsa / 50kg		80.00	160.00
Silmix			4.00	bolsa 1 Kg		45.00	180.00
Aplicación del Insumo	4					50.00	200.00
Nitro			2.00	bolsa / 50kg		95.00	190.00
3.3. Herbicidas							
Butaclor			3.00	lt		25.00	75.00
Aly			2.00	gr		25.00	50.00
Glifosato			1.00	lt		18.00	18.00
3.4 Insecticida (almacigo) sistémico				0.25		70.00	17.50
4. ANALISIS DE SUELO							
4.1 Analisis Fisico-químico			1.00	Unidad		70.00	70.00
Sub total							1,630.50
5. COSECHA							
5.1 Cosecha con combinada			1.00			450.00	450.00
5.2 Carguío / Acarreo		8				25.00	200.00
Sub total							650.00
6. GASTOS VARIOS							
6.1 Envases (sacos de poliprop.)			80			1.00	80.00
6.2 Deshierbo	3.00					40.00	120.00
6.3 Alquiler de Mochila a Motor			4.00			40.00	160.00
6.4 Pago Plan de Cultivo (T.A y R.E)	1.00					120.00	120.00
Sub total							480.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							840.00
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							218.53
B.2 Costo financiero (12% CD)							524.46
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							5,210.50
COSTO POR ACTIVIDAD							
ACTIVIDAD						VALOR S/.	%
1. Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)						740.00	14.20
2. Siembra						870.00	16.70
3. Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)						1,630.50	31.29
4. Cosecha mecanizada						650.00	12.47
5. Gastos varios						480.00	9.21
6. Costos indirectos (administrat. y financ.)						840.00	16.12
TOTAL						5,210.50	100.00
CONSOLIDADO							
COSTOS DIRECTOS (C.D.)						VALOR S/.	%
A. Preparación de terreno						740.00	14.47
B. Siembra						870.00	17.01
C. Insumos						1,630.50	31.89
E. Cosecha (transporte, flete)						650.00	12.71
F. Gastos varios (envases)						480.00	9.39
Sub total						4,370.50	85.47
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)						VALOR S/.	%
G. Costos Administrat. S/. 180.38 + Costos Financieros S/. 432.90						742.99	14.53
Sub total						742.99	14.53
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN						5,113.49	100.00
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)						5,113.49	
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)						9,117	
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)						0.80	
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)						0.85	
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)						7,749.45	
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)						2,635.97	
7. RENTABILIDAD (%)						51.55	

Figura 26. Costo de producción T7 Simix 4 kg

COSTOS DE PRODUCCIÓN ARROZ POR HECTÁREA							
T8: sílmix 6 kg							
Cultivar	: Conquista	Tarapoto	Periodo vegetativo 132 días	: 4,5 meses			
Dist. entre planta	: 0.25X0.25 m.	Tecnología media	Tpo de suelo	: Areno limo arcilloso			
Densidad	: 250,000 plantas/ha.	N-P-K = 150- 50 - 60	TIPO DE CAMBIO	: S/.3.20 US\$			
ACTIVIDADES	COEFICIENTES TÉCNICOS					VALOR	VALOR
	Nº JORN/TAREA	HORAS MÁQ.	CANT/Sacos , Kg. TM	LITROS	UNIDAD	UNITARIO S/.	TOTAL S/.
A) COSTOS DIRECTOS - CD							4,571.50
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1 Riego de remojo	3					40.00	120.00
1.2 Rastreo con tractor y equipo		2				120.00	240.00
1.3 Fanguero y nivelación		1				300.00	300.00
1.4 Bordeadura y nivelación	2					40.00	80.00
Sub total	5	3					740.00
2. SIEMBRA	33						870.00
2.1 Almacigado o siembra	3					40.00	120.00
2.2 Sacar y carguío de plántulas	10					25.00	250.00
2.3 Transplante	20					25.00	500.00
3. INSUMOS							1,596.50
3.1 Semilla (Certificada)			80.00			2.75	220.00
3.2 Fertilizantes							
Urea			6.00		bolsa / 50kg	80.00	480.00
Fosfato mono amónico (Humiphos)			2.00		bolsa / 50kg	80.00	160.00
Sílmix			6.00		bolsa 1 Kg	25.00	150.00
Aplicación del Insumo	4					50.00	200.00
Nitro			2.00		bolsa / 50kg	95.00	190.00
3.3. Herbicidas							
Butaclor			3.00		lt	25.00	75.00
Aly			2.00		gr	25.00	50.00
Glifosato			3.00		lt	18.00	54.00
3.4 Insecticida (almacigo) sistémico				0.25		70.00	17.50
4. ANALISIS DE SUELO							70.00
4.1 Analisis Fisico-quimico			1.00		Unidad	70.00	70.00
5. TRANSPORTE							140.00
6. COSECHA							
6.1 Cosecha con combinada		1.00				450.00	450.00
6.2 Carguío / Acarreo	9					25.00	225.00
Sub total							675.00
6. GASTOS VARIOS							
6.1 Envases (sacos de poliprop.)				80.00		1.00	80.00
6.2 Alquiler de mochila	4.00					40.00	160.00
6.3 Deshierbo	3.00					40.00	120.00
6.4 Pago Plan de Cultivo (T.A y R.E)	1.00					120.00	120.00
Sub total							480.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							777.16
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							228.58
B.2 Costo financiero (12% CD)							548.58
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							5,348.66
COSTO POR ACTIVIDAD							
ACTIVIDAD	VALOR S/.	%					
1. Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)	740.00	13.84					
2. Siembra	870.00	16.27					
3. Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)	1,596.50	29.85					
4. Cosecha mecanizada	675.00	12.62					
5. Gastos varios, análisis de suelo	690.00	12.90					
6. Costos indirectos (administrat.y financ.)	777.16	14.53					
TOTAL	5,348.66	100.00					
CONSOLIDADO							
COSTOS DIRECTOS (C.D.)		VALOR S/.	%				
A. Preparación de terreno		740.00	13.84				
B. Siembra		870.00	16.27				
C. Insumos		1,596.50	29.85				
E. Cosecha (transporte, flete)		815.00	15.24				
F. Gastos varios (envases)		550.00	10.28				
Sub total		4,571.50	85.47				
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)		VALOR S/.	%				
G. Costos Administrat. S/. 228.83 + Costos Financieros S/. 549.18		777.16	14.53				
Sub total		777.16	14.53				
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN		5,348.66	100.00				
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)	5,348.66						
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)	9,467						
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)	0.80						
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)	0.85						
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)	8,046.95						
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)	2,698.30						
7. RENTABILIDAD (%)	50.45						

Tesis Inicio /Dic 2017
Tesis Fin /Jun 2018

Figura 27. Costo de producción T₈ Simix 6 kg

90

COSTOS DE PRODUCCIÓN ARROZ POR HECTÁREA							
T9: solo NPK							
ESPECIE		LUGAR					
Cultivar : Conquista		Tarapoto		Periodo vegetativo 132 días : 4.5 meses			
Dist. Entre planta : 0.25X0.25 m.		Tecnología media		Tpo de suelo : Areno limo arcilloso			
Densidad : 250,000 plantas/Ha.		N-P-K = 150- 50 - 60		TIPO DE CAMBIO : S/.3.20 US\$			
ACTIVIDADES	Nº JORN/TAREA	HORAS MÁQ.	COEFICIENTES TÉCNICOS			VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
			CANT/Saco s, Kg, TM	LITROS	UNIDAD		
A) COSTOS DIRECTOS - CD							4,336.50
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1 Riego de remojo	3					40.00	120.00
1.2 Rastreo con tractor y equipo		2				120.00	240.00
1.3 Fangueo y nivelación		1				300.00	300.00
1.4 Bordeadura y nivelación	2					40.00	80.00
Sub total	5	3					740.00
2. SIEMBRA							
2.1 Almacigado o siembra	3					40.00	120.00
2.2 Saca y carguío de plántulas	10					25.00	250.00
2.3 Transplante	20					25.00	500.00
Sub total	33		0.00				870.00
3. INSUMOS							
3.1. Semilla (Certificada)			80.00			2.75	220.00
3.2 Fertilizantes							
Urea			6.00		bolsa / 50kg	80.00	480.00
Fosfato mono amónico (Humiphos)			2.00		bolsa / 50kg	80.00	160.00
Aplicación del Insumo	4					50.00	200.00
Nitro			2.00		bolsa / 50kg	95.00	190.00
3.3. Herbicidas							
Butaclor			3.00		lt	25.00	75.00
Aly			2.00		gr	25.00	50.00
Glifosato			3.00		lt	18.00	54.00
3.4 Insecticida (almacigo) sistémico					0.25	70.00	17.50
4. ANALISIS DE SUELO							120.00
4.1 Analisis Fisico-quimico			1.00		Unidad	70.00	70.00
Sub total							1,636.50
5. TRANSPORTE							120.00
6. COSECHA							
6.1 Cosecha con combinada		1.00				450.00	450.00
6.2 Carguío / Acarreo	5					40.00	200.00
Sub total							650.00
6. GASTOS VARIOS							
6.1 Envases (sacos de poliprop.)					80	1.00	80.00
6.2 Deshierbo	3.00					40.00	120.00
6.3 Pago Plan de Cultivo (T.A y R.E)	1.00					120.00	120.00
Sub total							320.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							737.21
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							216.83
B.2 Costo financiero (12% CD)							520.38
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							5,073.71
COSTO POR ACTIVIDAD							
ACTIVIDAD	VALOR S/.	%		Tesis Inicio /Dic 2017			
1. Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)	740.00	14.94		Tesis Fin /Jun 2018			
2. Siembra	870.00	17.56					
3. Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)	1,636.50	33.04					
4. Cosecha mecanizada	650.00	13.12					
5. Gastos varios	320.00	6.46					
6. Costos indirectos (administrat.y financ.)	737.21	14.88					
TOTAL	4,953.71	100.00					
CONSOLIDADO							
COSTOS DIRECTOS (C.D.)		VALOR S/.	%				
A. Preparación de terreno		740.00	14.59				
B. Siembra		870.00	17.15				
C. Insumos		1,636.50	32.25				
E. Cosecha (transporte, flete)		650.00	12.81				
F. Gastos varios (envases)		440.00	8.67				
Sub total		4,336.50	85.47				
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)		VALOR S/.	%				
G. Costos Administrat. S/. 180.38 + Costos Financieros S/. 432.90		737.21	14.53				
Sub total		737.21	14.53				
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN		5,073.71	100.00				
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)	5,073.71						
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)	7,000						
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)	0.80						
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)	0.85						
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)	5,950.00						
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)	876.30						
7. RENTABILIDAD (%)	17.27						

Figura 28. Costo de producción T₉ NPK

COSTOS DE PRODUCCIÓN ARROZ POR HECTÁREA							
T10: Testigo absoluto no se aplico NPK (nada)							
Cultivar	: Conquista	Tarapoto	Periodo vegetativo 132 días	: 4.5 meses			
Dist. Entre planta	: 0.25X0.25 m.	Tecnología media	Tpo de suelo	: Areno limo arcilloso			
Densidad	: 250,000 plantas/Ha.	N-P-K = 150- 50 - 60	TIPO DE CAMBIO	: S/.3.20 US\$			
ACTIVIDADES	COEFICIENTES TÉCNICOS					VALOR UNITARIO S/.	VALOR TOTAL S/.
	Nº JORN/TAREA	HORAS MÁQ.	CANT/Sacos, Kg, TM	LITROS	UNIDAD		
A) COSTOS DIRECTOS - CD							3,369.00
1. PREPARACIÓN DE TERRENO							
1.1 Riego de remojo	3					40.00	120.00
1.2 Rastreo con tractor y equipo		2				120.00	240.00
1.3 Fanguero y nivelación		1				300.00	300.00
1.4 Bordeadura y nivelación	2					40.00	80.00
Sub total	5	3					740.00
2. SIEMBRA							
2.1 Almacigado o siembra	3					40.00	120.00
2.2 Saca y carguío de plántulas	10					25.00	250.00
2.3 Transplante	20					25.00	500.00
Sub total	33		0.00				870.00
3. INSUMOS							
3.1. Semilla (Certificada)			80.00			2.75	220.00
3.2 Aplicación de Insumo	4.00					40.00	160.00
3.3. Fungicida				0.50	lt	50.00	25.00
Butaclor			3.00		lt	25.00	75.00
Aly			2.00		gr	25.00	50.00
Glifosato			3.00		lt	18.00	54.00
3.4 Insecticida (almacigo) sistémico				0.50		70.00	35.00
4. ANALISIS DE SUELO							
4.1 Analisis Fisico-quimico			1.00		Unidad	70.00	70.00
Sub total							689.00
5. TRANSPORTE							100.00
6. COSECHA							
6.1 Cosecha con combinada		1.00				450.00	450.00
6.2 Carguío / Acarreo	5					40.00	200.00
Sub total							650.00
6. GASTOS VARIOS							
6.1 Envases (sacos de poliprop.)					80	1.00	80.00
6.2 Deshierbo	3.00					40.00	120.00
6.3 Pago Plan de Cultivo (T.A y R.E)	1.00					120.00	120.00
Sub total							320.00
B) COSTOS INDIRECTOS - CI							572.73
B.1 Gastos administrativos (5% CD)							168.45
B.2 Costo financiero (12% CD)							404.28
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN							3,941.73
COSTO POR ACTIVIDAD							
ACTIVIDAD	VALOR S/.	%					
1. Preparación del terreno (maquinaria y mano de obra)	740.00	19.26					Tesis Inicio /Dic 2017
2. Siembra	870.00	22.65					Tesis Fin /Jun 2018
3. Insumos (semillas, abonos y agroquímicos)	689.00	17.93					
4. Cosecha mecanizada	650.00	16.92					
5. Gastos varios	320.00	8.33					
6. Costos indirectos (administrat.y financ.)	572.73	14.91					
TOTAL	3,841.73	100.00					
CONSOLIDADO							
COSTOS DIRECTOS (C.D.)		VALOR S/.	%				
A. Preparación de terreno		740.00	19.26				
B. Siembra		870.00	22.65				
C. Insumos		689.00	17.93				
E. Cosecha (transporte, flete)		650.00	16.92				
F. Gastos varios (envases)		320.00	8.33				
Sub total		3,269.00	85.09				
COSTOS INDIRECTOS (C.I.)		VALOR S/.	%				
G. Costos Administrat. S/. 180.38 + Costos Financieros S/. 432.90		572.73	14.91				
Sub total		572.73	14.91				
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN		3,841.73	100.00				
ANÁLISIS ECONÓMICO:							
1. COSTO TOTAL POR HECTÁREA (S/.)		3,841.73					
2. RENDIMIENTO (kg./Ha.)		4,860					
3. COSTO/UNITARIO - CHACRA (S/. x kg.)		0.75					
4. PRECIO UNITARIO VENTA (S/. x kg.)		0.75					
5. INGRESO TOTAL, V.B.P. (S/.)		3,645.00					
6. INGRESO NETO, UTILIDAD (S/.)		-196.73					
7. RENTABILIDAD (%)		-5.12					

Figura 29. Costo de producción T₁₀ : ción de NPK



Figura 30. a. Área de investigación; b. Muestreo de área donde se instaló la investigación; c. Muestreo a 30 cm de profundidad; d. Selección de la parte del centro de la pala; e. En la Universidad Nacional La Molina dejando muestra de suelos para análisis; f. Recibo cancelado por los análisis



Figura 31. a. Cascarilla de arroz podrida; b. Escoria siderúrgica - silicato de calcio; c. Silmix - sílice amorfa de algas marinas; d. Semilla de arroz INIA-507; e. Poza del almácigo; f. Almácigo a trasplantar



Figura 32. a. Fangueo y nivelación del terreno; b. Inspección del jurado, Blgo. M. Sc. José Gil Bacilo; c. Plantas de arroz en pleno macollo; d. Evaluación de altura planta; e. Evaluación de panojas; f. Evaluación de espiga.

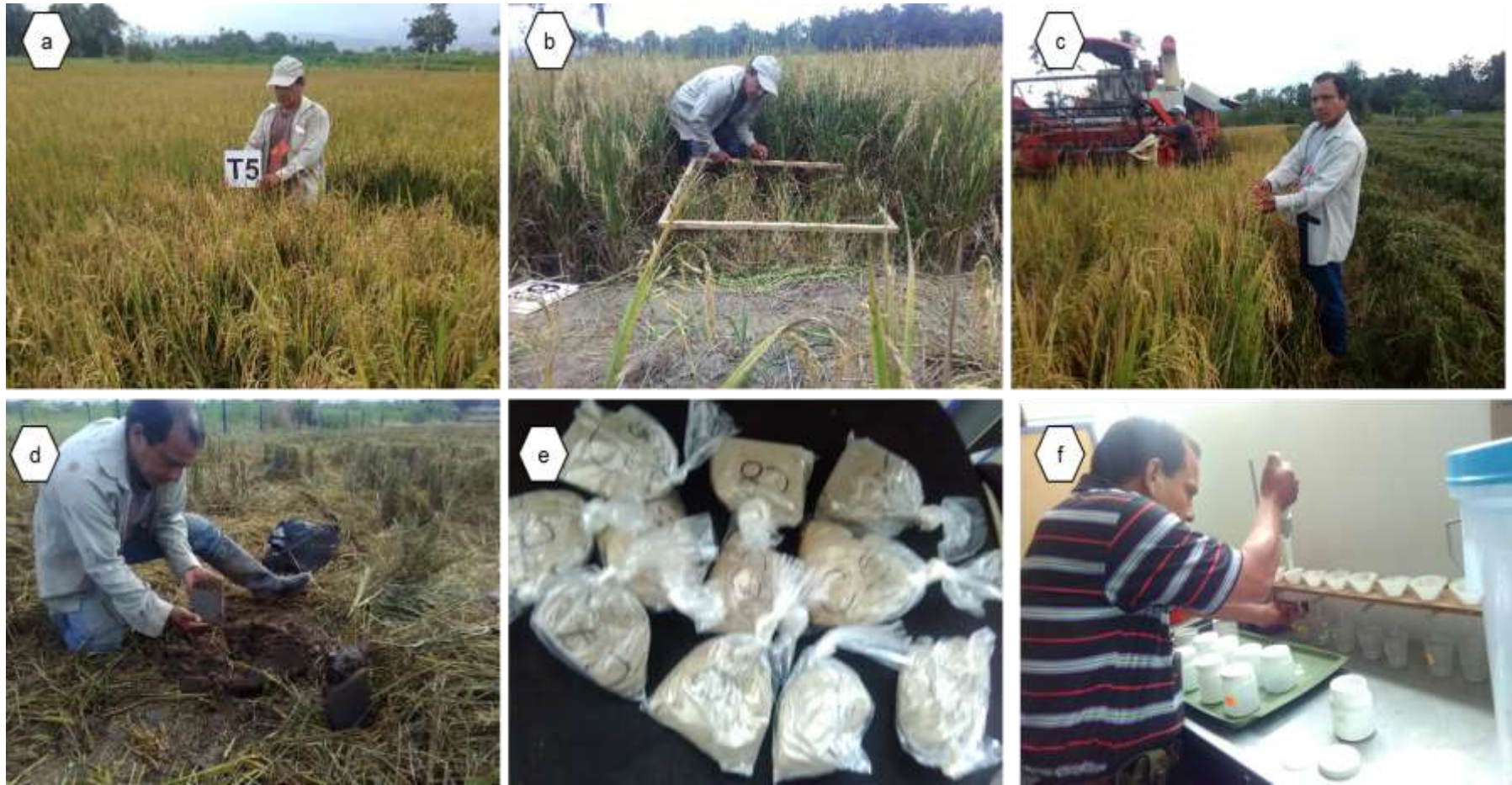


Figura 33. a. Maduración de espiga; b. Cosecha cuadrícula m^2 ; c. Trilla mecanizada; d. Acondicionamiento de muestras de suelo; e. Muestras de suelo por cada tratamiento; f. Análisis de silicio.

BARRERA MECÁNICA

Capa doble de silicio - cutícula (Yoshida et al., 1966)



Figura 34. Protección del silicio por acción fúngica.