



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS

**EFFECTO DE TRES DOSIS FOLIARES DE SILICIO EN DOS
VARIETADES DE ARROZ (IR 43 Y INIA 508) EN LAS
PROVINCIAS DE CAMANÁ,
CASTILLA - AREQUIPA**

PRESENTADA POR

**BACHILLER JUAN CARLOS SANTOS PRADO
BACHILLER JUANA LETICIA LUQUE UTURUNCO**

ASESOR:

Ph.D. EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÓNOMO

MOQUEGUA – PERÚ

2023



Universidad José Carlos Mariátegui

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, en calidad de Jefe de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, certifica que el trabajo de investigación () / Tesis (x) / Trabajo de suficiencia profesional () / Trabajo académico (), titulado “**EFFECTO DE TRES DOSIS FOLIARES DE SILICIO EN DOS VARIEDADES DE ARROZ (IR 43 Y INIA 508) EN LAS PROVINCIAS DE CAMANÁ, CASTILLA - AREQUIPA**” presentado por el(la) Bachiller **SANTOS PRADO, JUAN CARLOS y LUQUE UTURUNCO, JUANA LETICIA** para obtener el grado académico () o Título profesional (x) o Título de segunda especialidad () de: **INGENIERO AGRÓNOMO**, y asesorado por el(la) **Ph.D. EDGAR VIRGILIO BEDOYA JUSTO**, designado como asesor con RESOLUCIÓN DE DECANATURA N°1179-2021-DFAIA-UJCM, fue sometido a revisión de similitud textual con el software TURNITIN, conforme a lo dispuesto en la normativa interna aplicable en la UJCM.

En tal sentido, se emite el presente certificado de originalidad, de acuerdo al siguiente detalle:

Programa académico	Aspirante(s)	Tesis	Porcentaje de similitud
Ingeniería Agronómica	Santos Prado, Juan Carlos Luque Uturunco, Juana Leticia	“EFFECTO DE TRES DOSIS FOLIARES DE SILICIO EN DOS VARIEDADES DE ARROZ (IR 43 Y INIA 508) EN LAS PROVINCIAS DE CAMANÁ, CASTILLA - AREQUIPA”	37 % (21 de marzo de 2024)

El porcentaje de similitud del Trabajo de investigación es del **37 %**, que está por debajo del límite **PERMITIDO** por la UJCM, por lo que se considera apto para su publicación en el Repositorio Institucional de la UJCM.

Se emite el presente certificado de similitud con fines de continuar con los trámites respectivos para la obtención de grado académico o título profesional o título de segunda especialidad.

Moquegua, 21 de marzo de 2024



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA


DR. IVÁN VLADIMIR PINO TELLERÍA
Jefe de la Unidad de Investigación

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Contenido	iv
Contenido de tablas	x
Contenido de figuras	xii
Resumen	xiv
Abstract	xv
Introducción	xvi

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la realidad del problema	1
1.2 Definición del problema	2
1.2.1. Problema general	2
1.2.2. Problemas específicos	2
1.3 Objetivos de la investigación	2
1.3.1. Objetivo general	2
1.3.2. Objetivos específicos	2
1.4 Justificación	3
1.4.1. Justificación social	3
1.4.2. Justificación económica	3
1.4.3. Justificación ambiental	4
1.5 Alcances y limitaciones	4

1.5.1.	Alcances.....	4
1.5.2.	Limitaciones.....	4
1.6	Variables.....	4
1.6.1.	Variable independiente (x).....	4
1.6.2.	Variable dependiente (y).....	4
1.6.3.	Variable interviniente.....	5
1.6.4.	Operacionalización de variables.....	5
1.7	Hipótesis de la investigación.....	5
1.7.1.	Hipótesis general.....	5
1.7.2.	Hipótesis específicas.....	5
1.7.3.	Hipótesis estadística.....	6
1.7.4.	Hipótesis factor B (silicio).....	6
1.7.5.	Hipótesis factor C (variedades de arroz).....	7
1.7.6.	Hipótesis factor B X C (silicio x variedades de arroz).....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes de la investigación.....	8
2.2	Bases teóricas.....	11
2.2.1.	Origen del arroz.....	11
2.2.2.	Clasificación taxonómica.....	11
2.2.3.	Morfología del arroz.....	12
2.2.3.1	Órganos vegetativos.....	12
2.2.3.2	Órganos reproductores.....	14
2.2.3.3.	Exigencias climáticas para el cultivo de arroz.....	15

2.2.4. Variedades de arroz.....	15
2.2.4.1. IR 43.....	15
2.2.4.2. INIA 508.....	16
2.2.5. El silicio.....	16
2.2.5.1 Importancia del silicio.....	17
2.2.5.2 El silicio en la fisiología de las plantas.....	18
2.2.5.3. Beneficios al realizar aplicaciones de silicio.....	18
2.2.5.4 Características generales del abono silicio.....	19
2.2.6. Definición de términos.....	20

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1 Tipo de la investigación.....	22
3.2 Diseño de investigación.....	22
3.2.1. Factores.....	22
3.2.1.1 Factor B=silicio.....	22
3.2.1.2 Factor C: Variedades de arroz.....	23
3.2.2. Factores de estudio.....	23
3.2.3. Distribución de los tratamientos.....	23
3.2.4. Tratamientos a utilizar en el experimento.....	24
3.2.5. Croquis de campo experimental.....	24
3.2.6. Características del campo experimental.....	25
3.2.7. Análisis estadístico y prueba de significación.....	26
3.3 Población y muestra.....	28
3.3.1. Población.....	28

3.3.2. Muestra.....	29
3.3.3. Manejo del cultivo.....	29
3.3.3.1. Preparación de terreno.....	29
3.3.3.2. Trasplante.....	30
3.3.3.3. Riegos.....	30
3.3.3.4. Deshierbos.....	30
3.3.3.5. Abonamiento.....	31
3.3.3.6. Fumigación.....	31
3.3.3.7. Evaluaciones.....	31
3.3.3.8. Cosecha.....	31
3.4 Descripción de instrumentos para recolección de datos.....	32
3.4.1 Observación directa.....	32
3.4.1.1 Características de las variables a evaluar.....	32
3.5 Ubicación	33
3.6 Materiales e insumos.....	34
3.6.1 Equipos.....	34
3.6.2 Materiales y herramientas.....	35
3.6.3 Insumos.....	35

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados.....	36
4.1.1 Análisis de varianza del comportamiento agronómico del cultivo de arroz para ambas zonas.....	36
4.1.2. Análisis de varianza para la zona de Camaná.....	44

4.1.3.	Análisis de varianza para la zona de Castilla.....	49
4.2	Altura de planta.....	53
4.2.1	Altura de planta a los 30 días.....	53
4.2.2	Altura de planta a los 60 días.....	55
4.2.3	Altura de planta a los 90 días.....	57
4.2.4	Altura de planta a los 120 días.....	58
4.3	Número de hojas.....	59
4.3.1.	Número de Hojas a los 30 días.....	59
4.3.2.	Número de hojas a los 90 días.....	60
4.3.3.	Número de hojas a los 120 días.....	61
4.4	Longitud de raíz.....	63
4.4.1.	Longitud de raíz a los 60 días.....	63
4.4.2.	Longitud de raíz a los 90 días.....	65
4.5	Número de macollos.....	66
4.6	Diámetro de tallo.....	69
4.7	Tamaño de espiga.....	71
4.8	Número de granos por espiga.....	72
4.9	Peso de 1000 granos	73
4.10	Rendimiento de grano.....	75
4.11	Contrastación de hipótesis.....	77
4.11.1	Hipótesis general.....	77
4.11.2	Hipótesis específicas.....	77
4.11.2.1	Hipótesis estadística.....	78
4.11.2.2	Hipótesis factor C.....	79

4.11.2.3 Hipótesis factor AxB.....	79
4.12 Discusión de resultados.....	80

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.....	82
5.2 Recomendaciones	83
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
APÉNDICES.....	92
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	98

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables.....	6
Tabla 2. Factores de estudio.....	23
Tabla 3. Distribución de tratamiento	23
Tabla 4. Tabla ANOVA individual por zona	27
Tabla 5. Tabla ANOVA combinados	27
Tabla 6. Trabajo de muestras.....	29
Tabla 7. Resumen de los cuadrados medios y significancias de los ANOVA para la interacción entre zona y variedad	37
Tabla 8. Resumen de los Cuadrados medios y significancias de los ANOVA.....	38
Tabla 9. Resumen de los cuadrados y significancias de los ANOVA para la interacción entre zona, dosis de silicio y variedad	39
Tabla 10. Resumen de los p valores y significancias de los ANOVA para la interacción entre zona, dosis de silicio y variedad	39
Tabla 11. Resumen de los cuadrados medios y significancias de los ANOVA para la zonade Camaná	44
Tabla 12. Resumen de los cuadrados medios y significancias de los ANOVA para la zonade Castilla	49
Tabla 13. Resumen de los cuadrados medios y significancias de los ANOVA para la interacción entre dosis silicio y variedad en la zona de Castilla	53
Tabla 14. Altura de planta (cm) a los 30 días según zona	54
Tabla 15: Altura de planta (cm) a los 30 días según variedad	54

Tabla 16. Altura de planta (cm) a los 60 días según zona vs variedad	55
Tabla 17. Altura de planta (cm) a los 90 días según zona	57
Tabla 18. Altura de planta (cm) a los 90 días según variedad	57
Tabla 19. Altura de planta (cm) a los 120 días según variedad	58
Tabla 20. Número de hojas a los 30 días según variedad	59
Tabla 21. Número de hojas a los 90 días según zona	60
Tabla 22. Número de hojas a los 90 días según variedad	60
Tabla 23. Número de hojas a los 120 días según zona	61
Tabla 24. Número de hojas a los 120 días según zona vs dosis de silicio vs variedad	62
Tabla 25. Longitud de raíz a los 60 días según interacción dosis de silicio y variedad	64
Tabla 26. Longitud de raíz a los 90 días según zona	65
Tabla 27. Número de macollos a los 30 días según interacción zona y variedad ..	66
Tabla 28. Número de macollos a los 60 días según variedad	67
Tabla 29. Número de macollos a los 90 días según variedad	68
Tabla 30. Diámetro de tallo (cm) a 90 días según zona vs dosis de silicio vs variedad	69
Tabla 31. Tamaño de espiga (cm) a los 90 días según zona vs variedad	71
Tabla 32. Numero de granos por espiga	72
Tabla 33. Peso de 1000 granos según interacción zona y variedad	73
Tabla 34: Rendimiento de grano según interacción zona y variedad	75

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Croquis campo experimental Camaná	24
Figura 2. Croquis campo experimental Castilla.....	25
Figura 3. Ubicación georeferenciada de Camaná	34
Figura 4. Ubicación georeferenciada de Castilla	34
Figura 5. Altura de planta (cm) a los 30 días	54
Figura 6. Altura de planta (cm) a los 60 días	55
Figura 7. Altura de planta (cm) a los 60 días según interacción zona y variedad..	56
Figura 8. Altura de planta (cm) a los 90 días.	57
Figura 9. Altura de planta (cm) a los 120 días	58
Figura 10. Número de hojas a los 30 días	59
Figura 11. Número de hojas a los 90 días	61
Figura 12. Número de hojas a los 120 días	62
Figura 13. Número de hojas a los 120 días según zona vs dosis de silicio vs variedad	62
Figura 14. Longitud de raíz a los 60 días según interacción dosis de silicio y variedad	64
Figura 15. Longitud de raíz a los 90 días	66
Figura 16. Número de macollos a los 30 días según interacción zona y variedad.	67
Figura 17. Número de macollos a los 60 días	68
Figura 18. Número de macollos a los 90 días	69
Figura 19. Diámetro de tallo (mm) a los 90 días	70
Figura 20. Diámetro de tallo (mm) a 90 días según zona vs dosis de Si	70

Figura 21. Tamaño de espiga según interacción zona y variedad.....	72
Figura 22. Número de granos por espiga	73
Figura 23. Peso de 1000 granos	74
Figura 24. Peso de 1000 granos según interacción zona y variedad	75
Figura 25. Rendimiento de grano.....	76
Figura 26. Rendimiento de grano según interacción zona y variedad	76

RESUMEN

La presente investigación estudió el efecto de tres dosis foliares de silicio en dos variedades de arroz (IR-43 y INIA-508) en las Provincias de Camaná y Castilla en la región Arequipa; en donde se planteó como objetivo: Evaluar la producción de dos variedades de arroz (IR 43 y INIA 508) con la aplicación foliar de tres dosis de silicio en las provincias de Camaná, Castilla -Arequipa. Utilizando una metodología experimental básica, con un diseño de bloques completos al azar con un arreglo en factorial 4 x 2, con 3 bloques (factor B=silicio y factor C=Variedades) obteniéndose 8 tratamientos y 24 unidades experimentales. Al realizar la combinación entre ambas zonas obtendríamos 16 tratamientos y 48 unidades experimentales. Se obtuvo como resultados que la aplicación de las dosis de silicio no tuvo un impacto significativo en el rendimiento de grano. Las variedades estudiadas IR 43 y INIA 508 (conocida comercialmente como tinajones), mostraron diferencias estadísticas en rendimiento siendo la más alta INIA 508 con 2043 g. La interacción de dosis de silicio y variedad fue no significativa en las zonas de Camaná y Castilla. Se evaluaron diversas variables relacionadas con el crecimiento de las plantas en diferentes momentos después de la siembra, encontrando efectos significativos de la zona y la variedad en la altura de la planta a los 30, 60 y 90 días.

Palabras clave: Arroz, interacción, producción, silicio.

ABSTRACT

The present research studied the effect of three foliar doses of silicon on two varieties of rice (IR-43 and INIA-508) in the Provinces of Camaná and Castilla in the Arequipa region; where the objective was proposed: Evaluate the production of two varieties of rice (IR 43 and INIA 508) with the foliar application of three doses of silicon in the provinces of Camaná, Castilla -Arequipa. Using a basic experimental methodology, with a complete randomized block design with a 4 x 2 factorial arrangement, with 3 blocks (factor B=silicon and factor C=Varieties), obtaining 8 treatments and 24 experimental units. By combining both areas we would obtain 16 treatments and 48 experimental units. The results were obtained that the application of silicon doses did not have a significant impact on grain yield. The varieties studied IR 43 and INIA 508 (commercially known as tinajones), showed statistical differences in yield, the highest being INIA 508 with 2043 g. The interaction of silicon dose and variety was non-significant in the areas of Camaná and Castilla. Various variables related to plant growth were evaluated at different times after sowing, finding significant effects of the area and variety on plant height at 30, 60 and 90 days.

Keywords: Rice, silicon, interaction, production.

INTRODUCCIÓN

Aunque el arroz es un alimento básico para más de la mitad de la población mundial, es el cultivo más importante del mundo dada la superficie cultivada y la cantidad de personas que dependen de él. A nivel mundial, el arroz es el segundo cultivo más cosechado después del trigo, pero dada su importancia como cultivo alimentario, proporciona más calorías que cualquier otro grano. Además de su importancia alimentaria, el arroz proporciona empleo a la mayoría de la población rural en la mayor parte de Asia y es el grano de cereal por excelencia del sur y este de Asia, pero también se cultiva en África y las Américas, donde es en parte ampliamente y cultivada intensivamente en las regiones del sur de Europa, especialmente en la región mediterránea.

La producción en el mundo es arroz pilado es aproximadamente 513,7 millones de toneladas siendo china el mayor productor de arroz en el mundo con 149 millones toneladas. Le siguen otros productores como la india, indonesia, Bangladesh, Vietnam (León, 2022).

El Perú se encuentra en el quinceavo lugar dentro de los productores de arroz del mundo con un promedio de 3,13 millones tn/año con una producción promedio nacional de 7,9 tn/ha. con un área de siembra de 396,744 ha aproximadamente. Las variedades más cultivadas son; IR-43, INIA 507(la conquista) liberada el 2006, INIA 508 (tinajones) liberada el 2007, INIA 509 (la esperanza) y INIA 510 (mallares) liberados el 2013. Las principales regiones productoras en 2015 fueron; San Martín con 21,6 % de la producción nacional, le siguieron Piura (16,1 %),

Lambayeque (14,1 %), Amazonas (11,2 %) y La Libertad (11 %). Luego se encuentran Arequipa (8,4 %) y Cajamarca (6,4 %). Asimismo, precisó que la mayor productividad se logró en la región Arequipa, donde se obtuvo un promedio de 13 toneladas por ha. Luego figuran Ancash (11,8 tn/ha), La Libertad (10,6 tn/ha), Piura (8,7 tn/ha) y Tumbes (8,3 tn/ha). En todos estos casos, los rendimientos se ubicaron por encima del promedio nacional que ascendió a 7,9tn/ha (MINAGRI, 2016).

Los tipos de siembras en el Perú son diversas ya que se realizan en forma directa (boleo manual, boleo mecanizado directo mecanizado a chorro continuo, punzón manual) y trasplante (manual y mecanizado) que es la más utilizada por los agricultores.

El silicio incrementa la producción de granos, así como también mejora los aspectos fisiológicos del cultivo (Rodríguez & Ortiz, 2015).

En las diversas provincias productores de arroz de la región Arequipa como Camaná, Castilla (Majes) y Islay (Tambo).la totalidad de productores de arroz realizan diversas aplicaciones de agroquímicos con la finalidad de obtener buenos rendimientos.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la realidad del problema

La actividad agrícola es una de las principales actividades económicas de los valles de Camaná, Majes, Tambo, siendo su principal fuente de ingreso el cultivo de arroz, convirtiéndose esta actividad en una necesidad imprescindible ya que de ello depende cubrir sus necesidades económicas durante el año, este cultivo se desarrolla durante los meses de setiembre a mayo.

Actualmente la principal dificultad de los productores es incrementar su producción o mantenerla para lo cual realiza diversas aplicaciones químicas para mejorar las condiciones agronómicas de sus cultivos.

El silicio ayuda en la parte nutricional del cultivo mejorando sus capacidades agronómicas y productivas por esta razón se hace necesario realizar este proyecto para demostrar las bondades del silicio, conocer su efecto y mejorar así la producción contribuyendo con la economía de los agricultores.

1.2 Definición del problema

1.2.1. Problema general.

¿Cuál será el efecto de tres dosis foliares de silicio dos variedades de arroz (IR-43 y INIA 508) en las provincias de Camaná, Castilla - Arequipa?

1.2.2. Problemas específicos.

¿Cómo será el efecto de tres dosis foliares de silicio en dos variedades de arroz (IR 43 y INIA 508) en las provincias de Camaná, Castilla - Arequipa?

¿Cuál de las dos variedades de arroz tendrá mejor producción como respuesta a la aplicación foliar de tres dosis de silicio?

¿Cuál de las interacciones de BXC (silicio y variedades) tendrá un mejor efecto en la producción de arroz en condiciones de Camaná, Castilla - Arequipa?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general.

Evaluar la producción de dos variedades de arroz (IR 43 y INIA 508) con la aplicación foliar de tres dosis de silicio en las provincias de Camaná, Castilla - Arequipa.

1.3.2. Objetivos específicos.

Determinar la dosis más apropiada para la producción de cada variedad y en cada

lugar.

Evaluar las características agronómicas como: (altura de plántula, número de hojas, diámetro de tallo, longitud de raíces, número de espiguillas, tamaño de espigas, granos por espigas, peso de mil granos, rendimiento).

Evaluar la interacción B x C (silicio y variedades) en la producción de arroz.

1.4 Justificación

El problema principal es la producción y la incidencia constante en plagas y enfermedades, con el uso del silicio se pretende lograr beneficios fisiológicos, productivos (Quiroga, 2016) lo cual hará posible que se conozca sus bondades y dar la confianza al productor en sus actividades y lograr sus metas trazadas por los agricultores.

1.4.1. Justificación social.

El arroz es uno de los cultivos estacionales en algunos valles de la costa del sur del Perú tales como Ocoña, Camaná, Castilla, Tambo, que se desarrolla en los meses de setiembre a mayo, siendo la actividad económica principal de estos valles desarrollándose desde las orillas del mar hasta los 700 m.s.n.m aproximadamente.

1.4.2. Justificación económica.

Este proyecto permitirá que los agricultores, conozcan el uso y las bondades del

silicio permitiendo así disminuir sus costos en el uso de agroquímicos.

1.4.3. Justificación ambiental.

El silicio mejora la resistencia natural de las plantas reduciendo el ataque de plagas y enfermedades por lo tanto se reducirá el uso de insecticidas y fungicidas ayudando a evitar la contaminación de los suelos, fuentes de agua y el medio ambiente.

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances.

El presente trabajo de investigación tiene un alcance directo a todos los agricultores productores de arroz de los diferentes valles de la región de Arequipa radicando su importancia en el uso apropiado del silicio para mejorar su producción.

1.5.2 Limitaciones.

La mayor limitación del presente trabajo han sido las costumbres arraigadas en los productores, los cuales tienen un protocolo establecido en el manejo del cultivo.

1.6 Variables

1.6.1. Variable independiente (x).

Las variables independientes son: tres dosis de silicio

1.6.2. Variable dependiente (y).

- Altura de plántulas (cm)

- Número de hojas (unidad)
- Diámetro de tallo (mm)
- Longitud de raíces (unidad)
- Tamaño de espigas (cm)
- Número de macollas (unidad)
- Granos por espiga (unidad)
- Peso de mil granos (g)
- Rendimiento (g)

1.6.3. Variable interviniente.

Provincias de Camaná, Castilla – Arequipa

1.6.4. Operacionalización de variables.

La operacionalización de las variables para la conducción del presente trabajo de investigación se llevó a cabo de la siguiente manera en la tabla 1.

1.7 Hipótesis de la investigación

1.7.1. Hipótesis general.

Con la aplicación de silicio se incrementará la producción de las dos variedades de arroz (IR 43 y INIA 508) en condiciones de Camaná y Castilla en Arequipa.

1.7.2. Hipótesis específicas.

Por lo menos una de las dosis de silicio tendrá un efecto positivo en la producción

de las dos variedades de arroz.

Al menos una de las dos variedades de arroz tendrá un efecto positivo a la aplicación de silicio.

Por lo menos una de las características agronómicas (altura de planta, número de hojas, diámetro de tallo, longitud de raíces, tamaño de espiga, número de macollos, granos por espigas, peso de mil granos, rendimiento) tendrá un efecto positivo.

Tabla 1

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicador	Unid. de medida	Instrumento de medición
Variable independiente	Dosis de silicio	silicio 0	L	Jarra medidora
		silicio 1(0,5)	L	
		silicio 2(1,5)	L	
		silicio 3(2,5)	L	
	Variedades	Ir 43	g	Balanza
		INIA 508 Tinajones	g	Balanza
Variable dependiente	Altura de planta	30,60,90,120 días	cm	Regla
	Número de hojas	30,60,90,120 días	Unidad	Numérico
	Diámetro de tallo	90,120 días	mm	Vernier
	Longitud de raíces	30,60,90 días	cm	Regla
	Tamaño de espiga	120 días	cm	Regla
	Número de macollos	90,120 días	Unidad	Conteo
	Granos por espiga	120 días	Unidad	Conteo
	Peso de 1000 granos	120 días	g	Balanza
	Rendimiento.	120 días	g	Balanza
Variable interviniente	Provincias	Camaná	-	-
		Castilla	-	-

1.7.3. Hipótesis estadística.

1.7.4. Hipótesis factor B (silicio).

Ho: Las tres dosis de silicio tendrá un efecto igual al testigo Ha: Al menos una de las dosis de silicio será diferente al testigo

1.7.5. Hipótesis factor C (variedades de arroz).

Ho: Las dos variedades de arroz tendrá un efecto similar a la aplicación foliar de silicio.

Ha: Al menos una de las dos variedades de arroz tendrá un efecto diferente a la aplicación del foliar de silicio.

1.7.6. Hipótesis factor B x C (silicio x variedades de arroz).

Ho: Todas las interacciones (dosis silicio x variedades de arroz) son iguales no muestran diferencia.

Ha: Una de las interacciones (dosis silicio x variedades de arroz) tiene un efecto diferente a los demás.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

Según Sánchez (2015) en su tesis titulada “*Determinación de dos formas de aplicación de silicio con cinco dosis en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*”, ubicada en el Cantón El Triunfo vía Duran Provincia de Guayas Ecuador, en el cual su objetivo general fue el siguiente: Determinar las dos formas de aplicación del silicio con cinco dosis para aumentar el rendimiento en el cultivo de arroz en la variedad INIAP 15 y Conocer la factibilidad económica del uso de estas prácticas de aplicación de nutrientes en el cultivo. Para el análisis estadístico se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo factorial 2x5, con 3 repeticiones.

De las conclusiones cuales se puede decir: que la aplicación edáfica tuvo una mayor producción (4 620,73 kg/ha) que la aplicación foliar (4 263,67 kg/ha), para la interacción formas de aplicación foliar, edáfica x dosis se obtuvo que la dosis de 0,5 L./ha con aplicación edáfica tuvo una mayor producción (4 875 kg/ha) que la aplicación foliar de 0,5 L//ha (4 012 kg/ha) y en lo que corresponde al

beneficio neto, el valor más alto alcanzó el tratamiento 7 edáfica 0,5 L/ha (F2-D2) con USD 1960, 4375. También se puede rescatar de este trabajo que a mayor dosis incremental la cantidad de granos vanos.

Coloma (2015) en su tesis “*Efecto de aplicación foliar con dos fuentes de silicio en la agronomía y rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*”, sus objetivos fueron: evaluar el efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de silicio, con diferentes niveles en la producción de arroz en el sector Bahona – Daule.

Se realizó un análisis económico de los tratamientos para medir la factibilidad de su uso, el cual concluye con los siguientes resultados: para las variables estudiadas entre tratamientos no se presentó significancia, para días a floración, número de macollos, número de panículas número de granos por panícula, porcentaje de vaneamiento, acame peso de 1000 granos presentó diferencias en el grupo dos dosis de 1 L./ha tuvo mayor peso con 33,5 g. seguido de la dosis de 0,5 y 1,5 L., para rendimiento no presentó diferencias se puede observar según ANOVA para las distintas variables que entre grupos hay diferencias siendo el grupo dos el mejor en rendimiento y peso de 1000 granos. el mayor beneficio neto lo tuvo el tratamiento 2 ácido monosilábico 150 ml /ha.

Según Herrera (2011) en su tesis “*Efecto del silicio en la fertilidad del suelo, en la incidencia de enfermedades y el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) var. cr 4477*”, el estudio se realizó en la Finca la Vega Localizada en Florencia de San Carlo, Alajuela, Costa Rica, en la cual se utilizó un modelo estadístico de

bloques al Azar con arreglo factorial $2 \times 2 + 1$. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de silicio en la fertilidad de suelo, en la incidencia de plagas y enfermedades, rendimiento y calidad molinera en la variedad de arroz CR 4477. Las variables analizadas fueron acidez intercambiable, pH, sumatoria de bases y contenido de P, Si, Mn, Fe y Zn. A nivel foliar se evaluó el contenido de Fe, Mn, Si y P. Además, se determinó el porcentaje de incidencia de enfermedades y plagas, así como el rendimiento productivo, los componentes de rendimiento (porcentaje de efectividad de tallos, número de granos llenos y vanos, peso de 1000 granos, longitud de panícula) y calidad molinera. En cuanto a los resultados obtenidos se concluye que: ninguno de los tratamientos, ni interacción se encontró efectos significativos para las variables estudiadas lo cual concluyo que son estadísticamente similares.

Solorzano y Naranjo (2018) en su tesis de “*Evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación de silicio en el desarrollo y producción en el cultivo de arroz variedad (Dicta playitas)*”, el presente trabajo de investigación se llevó a cabo en el lote 14 zona 2 de la unidad de producción de granos y semillas localizado en la escuela agrícola Panamericana Samorano a 30 km sur de la ciudad de Tegucigalpa, Francisco Morazán, Honduras en la cual los objetivos fueron: evaluar el efecto de la aplicación foliar de diferentes dosis y épocas de aplicación de silicio en variables agronómicas y de producción e identificar la resistencia al estrés hídrico por aplicación de silicio. Se realizaron dos experimentos: el primero se estableció en campo un DBCA con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron seis dosis de silicio (0,0; 0,54; 0,81; 1,35; 1,62 kg/ha) aplicados en dos etapas fenológicas (macollamiento y diferenciación floral). Las variables evaluadas fueron: número de

macollas, días a floración, altura y biomasa de la planta, silicio foliar y rendimiento. Para el presente trabajo se utilizó el análisis del programa SAS versión 9,4, en la cual se tuvo como resultados diferencias significativas en el número de macollos, altura de planta, biomasa y rendimiento, siendo la mejor dosis de 1,35 kg/ha con la que se tuvo mayor rendimiento, también se pudo determinar que la mejor etapa de aplicación es en el macollamiento que posterior a ella. El segundo experimento se realizó en macro túnel con DCA y cuatro repeticiones, se aplicaron tratamientos de silicio foliar y al suelo, sin riego y sin silicio, con riego y sin riego durante una semana en la fase de llenado del grano. Se evaluó la variable biomasa fresca, donde con una aplicación de SiO₂ no indujo tolerancia al estrés hídrico en una semana.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Origen del Arroz.

El cultivo del arroz tiene sus inicios casi alrededor de 10.000 años en la mayoría de regiones húmedas de Asia tropical y subtropical. Este cultivo es un alimento básico para más de las dos cuartas partes de la población mundial. Cuenta con la segunda mayor superficie cosechada del mundo después del trigo. El arroz contiene más calorías que cualquier otro grano cultivado (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria Forestal [CENTA], 2018).

2.2.2. Clasificación taxonómica.

Strasburguer (1986), citado por Rodríguez (2017), afirma que la clasificación taxonómica del arroz es de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División : Magnoliophyta

Subdivisión : Magnoliophytina

Clase : Liliopsida

Subclase : Lilidae

Superorden : Commelinanae

Orden : Poales

Familia : Poaceae

Subfamilia : Oryzoideae

Tribu : Oryzeae

Género : *Oryza*

Especie : *Oryza sativa* L.

2.2.3. Morfología del arroz.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT, 2005), citado por Morales (2018), afirma que el arroz es una gramínea anual, de tallos redondos y huecos compuestos por nudos y entrenudos, hojas de lámina plana unidas al tallo por la vaina y su inflorescencia es en panícula. El tamaño de la planta varía de 0,4m (enanas) hasta más de 0,7m (flotantes). Para la descripción los órganos de la planta de arroz se han clasificado en dos grupos: órganos vegetativos (raíces, tallos y hojas), órganos reproductores (flores y semillas).

2.2.3.1 Órganos vegetativos.

a) Raíces.

CIAT (2005), citado por Ccapira (2021), nos afirma que existe dos tipos de raíz de

arroz: raíces de semillas y raíces permanentes. Al principio nacen las raíces de semilla que son limpias, débiles y ligeramente gruesas, a medida que las plantas crecen emergen las raíces permanentes que son largas, delgadas, flexibles y ramificadas, formando a menudo verticilos que se encuentran sobre el suelo.

b) Tallos.

El tallo está formado por nudos y entrenudos alternos entre sí. La hoja y la yema se forman en el nudo o área nodal que eventualmente puede crecer y formar brotes llamados macollos, la yema se encuentra entre el nudo y la base de la vaina de la hoja. La longitud del entrenudo es diferente y más larga que la longitud del entrenudo en la parte superior del tallo, los entrenudos en la base del tallo son cortos y rígidos formando una sección sólida. La altura de una planta de arroz depende de la longitud y el número de entrenudos y la longitud y el número de entrenudos lo determinan cada variedad (Patiño, 2015).

c) Hojas.

Las hojas de las plantas de arroz están dispuestas alternativamente en el tallo; la primera hoja que aparece en la parte inferior del tallo principal o de los macollos se llama prófalo o rama axilar estas no tienen lamina y tiene dos brácteas aquilladas, las raíces del prófalo conectan los macollos pequeños al tallo por la parte posterior en cada nudo, excepto en el nudo de la panícula, crece una hoja, la que está más arriba debajo de la panícula se conoce como hoja bandera. (CENTA, 2018).

2.2.3.2 Órganos reproductores.

a) Panícula.

Las flores de las plantas de arroz se agrupan en inflorescencias dobles llamadas panículas, las cuales se pueden observar quitando con cuidado las hojas y vainas que rodean el tallo principal, donde se aprecia un cono de pelusa blanca, denominada "punto de algodón", en este periodo la producción se ve afectada por las condiciones desfavorables al reducirse el número de brotes diferenciados (CIAT, 2018). El crecimiento de la espiga es muy obvio y conspicuo (se pueden distinguir las espiguillas de la panícula) hasta que el vértice de la espiga se encuentra justo debajo del cuello de la hoja bandera. (Peña y Rivera, 2020).

b) Espiguillas.

La espiguilla es la unidad básica de la inflorescencia y está unida a las ramificaciones por el pedicelo. Teóricamente la espiguilla del género *Oryza* se compone de tres flores, pero solo una se desarrolla. Una espiguilla consta de dos lemmas estériles, la raquilla y la florecilla las lemmas estériles envuelven la flor por debajo de la raquilla. La raquilla es el eje que sostiene la flor. Las brácteas llamadas glumas florales o fértiles o simplemente glumas son: la lemma, que tiene forma de bote con cinco nervios, y la palea, con tres nervios, que ocupa la posición opuesta. Estas brácteas superiores posteriormente formarán la cáscara de la semilla. (CIAT, 2018).

La flor consta de seis estambres y un pistilo. Los estambres son filamentos delgados que sostienen las anteras alargadas y bífidas, las cuales contienen los

granos de polen. En el pistilo se distinguen el ovario, el estilo y el estigma. El ovario es de cavidad simple y contiene un sólo óvulo. (CIAT, 2005)

c) *Grano.*

El grano de arroz es una estructura muy compleja formada por una capa protectora exterior que lo cubre, llamada cáscara constituida por la lemma, palea y la cariopsis del fruto. El arroz integral está compuesto de una capa exterior o pericarpio que cubre la semilla y el nucellus que cubre el embrión y el endospermo. (CIAT, 2018).

2.2.4. Exigencias climáticas para el cultivo de arroz.

Según Talla (2015) señala que las temperaturas apropiadas para el cultivo de arroz están entre 20 y 30 °C, temperaturas inferiores a 20 °C provocarían retraso en la germinación, enanismo, amarillamiento de las hojas, esterilidad y emisión parcial de la panícula, así como la no emergencia de las semillas por otro lado SENAMI 2010 señala que las temperaturas apropiadas para el cultivo de arroz están entre la temperatura mínima de 22 °C y la máxima de 30 °C y que temperaturas inferiores a la mínima y superiores a la máxima influirían en el crecimiento y producción.

2.2.5. Variedades de arroz.

2.2.5.1 IR 43.

Según COAGRO (2007) citado por Patiño (2015) la variedad IR-43, presenta las siguientes características: Origen filipino introducida al Perú ,cuya altura de planta es de 100 a 110 cm su período vegetativo es de 140 a 145 días la longitud de panoja

es de 28 cm, el peso de 1 000 granos es de 28 g. su tamaño de grano es de 9,82mm de largo por 2,82 mm de ancho ,el rendimiento potencial es de 9 a 10 tn/ha, resistente al quemado del arroz y la sogata, medianamente resistente a la mosquilla y a la sequía, en los últimos años la producción de esta variedad ha aumentado considerablemente en las zonas de la costa Piura.

2.2.5.2. INIA 508.

Según Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA, 2007) Esta nueva variedad es producto de un cruce triple entre la línea avanzada Thailand KN 3-2-3-2, proveniente de Tailandia; la variedad IR 43 pertenece al International Rice Research Institute (IRRI, Filipinas); y la variedad Porvenir 95 (CT 5747-38-1-1A-1BRH-1P), proveniente del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Este cruce denominado PNA 2421, fue realizado por el Programa de Arroz del INIA. En el año 1995, desde entonces los fito mejoradores de esta institución fueron seleccionando las plantas con los mejores atributos, evaluándolas bajo diversas localidades y condiciones hasta lograr la obtención de esta promisorio variedad la cual tiene las siguientes características agronómica: la altura de planta es de 94 a 109 cm la maduración del grano es de 142 días, el tamaño de panoja oscila entre los 22,3 y 23,3 cm, el número de granos llenos esta entre 143 y 171 y el peso de mil granos es de 28,1 g.

2.2.6. El silicio.

Castellanos y Silva (2015) afirman que el silicio (si) es el segundo elemento más abundante en la tierra después del oxígeno, constituyendo alrededor del 28 % la

corteza terrestre. Existe en las soluciones del suelo como ácido monosilícico ($\text{Si}(\text{OH})_4$), principalmente en una forma no disociada que está fácilmente disponible para las plantas. Las formas químicas activas del silicio en el suelo son una mezcla de ácidos monosilícico, polisilícico y organosilícico. Los beneficios del silicio se han demostrado en varios productos para la protección de plantas y cultivos, lo que puede hacer que las plantas sean menos susceptibles a plagas y enfermedades. El silicio puede proporcionar estabilidad a las plantas creando resistencia mecánica y actuando como catalizador para los procesos de resistencia. Debido a la silicificación causada por la intensa meteorización y la lixiviación de los suelos tropicales, las formas más abundantes de silicio en suelos son el cuarzo, el ópalo ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) y otras formas no disponibles para las plantas.

2.2.6.1 Importancia del silicio.

Según Quiroga (2016) manifiesta que en investigaciones realizadas pudieron comprobar la importancia del silicio para algunos cultivos, en Brasil en el cultivo de caña de azúcar para el manejo del barrenador de la caña (*Diatraea saccharalis*), en la soja aumento la formación de nódulos y la fijación del nitrógeno en las raíces de la planta y en Japón para el cultivo de arroz existen amplios estudios de su uso y que todas las plantas contienen algún grado de silicio en sus tejidos, las monocotiledóneas tienden a acumular más silicio que las plantas dicotiledóneas, aparentemente por la capacidad de las raíces de absorber silicio cuando este se encuentra en el suelo.

Según Furcal (2012) nos dice el silicio es la base de la mayoría de las arcillas, pero la mayor parte es inerte e insoluble como el cuarzo y la arena. En la corteza terrestre se puede encontrar formas biogeoquímicas activas como las que se derivan del ácido silícico, ortosilícico (H_4SiO_4) y meta silícico (Quero, 2008), los cuales pueden ser absorbidos y asimilados por las plantas desde la solución del suelo (Fertilizante de Centro América, 2008).

2.2.6.2 El silicio en la fisiología de las plantas.

Sánchez (2015) nos dice que el silicio en situaciones de estrés de la planta, este deposita en las paredes celulares de los vasos de xilema y previenen que se compriman en condiciones de alta transpiración causada por la sequía a estrés térmico. La membrana de silicio-celulosa en el tejido epidérmico de las hojas también protege los tejidos vegetales contra pérdida excesiva de agua por transpiración debido a una reducción en el diámetro de los poros estomáticos. Sobre la fisiología de las plantas, el silicio actúa como protector y regulador de la fotosíntesis y otras actividades enzimáticas.

2.2.6.3 Beneficios al realizar aplicaciones de silicio.

Según Coeto (2016), afirma que el silicio es asimilado por las plantas como ácido monosilícico $Si(OH)_4$, transportado por el xilema y su distribución dentro de la planta, depende de la tasa de transpiración de sus diferentes partes. Se ha descubierto que las aplicaciones de silicio aumentan los rendimientos del arroz del

1 al 30 % y de la caña de azúcar del 7 al 45 %. La adición de silicio está en la frontera entre la nutrición, la bioestimulación y la protección de las plantas; contrariamente a la creencia popular de que el silicio no es un elemento esencial. En el arroz, existe una estrecha correlación entre el contenido de silicio en la paja y los rendimientos del arroz integral.

2.2.6.4. Características Generales del abono silicio.

Según las hojas de ficha técnica por parte de la empresa comercial DROKASA PERÚ (2019) la característica del producto es:

a) *Propiedades físicas y químicas.*

Es un líquido con un pH de 11,9 y de densidad 1,2 g/ml

b) *Composición química.*

K₂O (dióxido de potasio); SiO₂(óxido de silicio)

c) *Concentración.*

10% K₂O p/p ,7%SiO₂ p/p

d) *Características.*

Fertilizante foliar con óxido de silicio como ingrediente principal mejorador de la resistencia mecánica. Cuando las plantas transpiran pierden el agua que han absorbido, pero el silicio se bloquea en forma de cristales de silicio que se acumulan debajo de la cutícula de las hojas, tallos y frutos para crear una barrera protectora. Brinda resistencia mecánica a factores productivos adversos como heladas, estrés,

plagas y enfermedades.

El potasio es particularmente útil durante las etapas de maduración y llenado de fruto, es esencial para la formación y el transporte de azúcar. Suprime la transpiración y mantiene la presión de las células. El silicio fortalece a las plantas frente a situaciones de estrés, tanto bióticas (plagas y enfermedades) como abióticas (metales pesados, intoxicaciones salinas)

2.2.7. Definición de términos.

Espiguilla. - La espiguilla viene a ser la base de la inflorescencia y debe estar unida por el pedicelo a las ramificaciones. En forma teórica la espiguilla del género *Oryza* está formada por tres flores, pero se ha confirmado que solo una se desarrolla (CIAT, 2005).

Macollo. - son tallos secundarios de la planta del arroz que tienen su origen de un tallo principal en los nudos, estos varían de acuerdo a las características de las variedades y el efecto del medio ambiente. Cada nudo superior presenta una hoja (lámina) y una yema, de la cual desarrollará un macollo (Olmos, 2007).

Espiga. - Viene a ser un conjunto de inflorescencias compuestas, es donde se encuentra el raquis que es el eje principal donde se encuentran las ramificaciones primarias y secundarias en cuyos extremos se encuentran las espiguillas, las flores y las semillas (CIAT, 2010).

Variedad. - Una variedad vegetal es un conjunto de plantas que presentan ciertas características en común, las cuales se mantienen de generación en generación independientemente de su sistema de reproducción o multiplicación. (Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual [INDECOPI],2019)

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1 Tipo de la investigación

El tipo de investigación ha sido experimental porque se analizó el efecto producido por la acción y manipulación de las variables independientes sobre las variables dependientes. Se utilizó el programa estadístico R y R studio.

3.2 Diseño de Investigación

El diseño estadístico que se utilizó fue el diseño de bloques completos al azar con un arreglo en factorial 4x2, con 3 bloques, factor B=silicio y factor C=Variedades; obteniéndose 8 tratamientos y 24 unidades experimentales. Al realizar la combinación entre ambas zonas obtendríamos 16 tratamientos y 48 unidades experimentales.

3.2.1. Factores.

3.2.1.1 Factor B= silicio.

- Dosis 0 (S₀) Sin aplicación (Testigo)
- Dosis (S₁) 0,5 L/ha
- Dosis (S₂) 1,5 L/ha
- Dosis (S₃) 2,5 L/ha

3.2.1.2 Factor C: Variedades de arroz.

- Variedad 1 (V₁) Ir-43
- Variedad 2 (V₂) INIA 508-tinajones

3.2.2. Factores de estudio.

Tabla 2

Factores de estudio

Zonas A	Factor B silicio	Factor C variedades
Camaná	S0= testigo	V1= IR-43
Castilla	S1= (0,5 L) S2= (1,5L) S3= (2,5 L)	V2=INIA 508 tinajones

3.2.3. Distribución de los tratamientos.

Tabla 3

Distribución de los tratamientos

Bloques	Tratamientos							
I	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
II	T8	T7	T2	T1	T4	T3	T6	T5
III	T5	T6	T7	T8	T1	T2	T3	T4

En la tabla 3 se observa la distribución de los tratamientos al azar, el cual tiene la finalidad de no repetir en la misma columna los tratamientos, haciendo que no se encuentren juntos. Luego se realizó la interacción entre las localidades de Camaná y Castilla.

3.2.4. Tratamientos a utilizar en el experimento.

T₁ s₀ v₁: (silicio 0) + (variedad IR43)

T₂ s₀ v₂: (silicio 0) + (variedad INIA508 tinajones) T₃ s₁ v₁: (silicio 1) + (variedad IR 43)

T₄ s₁ v₂: (silicio 1) + (variedad INIA508 tinajones) T₅ s₂ v₁: (silicio 2) + (variedad IR 43)

T₆ s₂ v₂: (silicio 2) + (variedad INIA 508 tinajones) T₇ s₃ v₀: (silicio 3) + (variedad IR 43)

T₈ s₃ v₁: (silicio 3) + (variedad INIA 508 tinajones)

3.2.5. Croquis de campo experimental.

Figura 1

Zona 1 Camaná (IR – 43. INIA -508 tinajones)

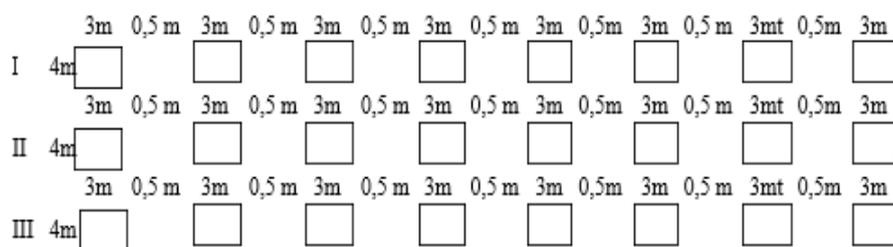
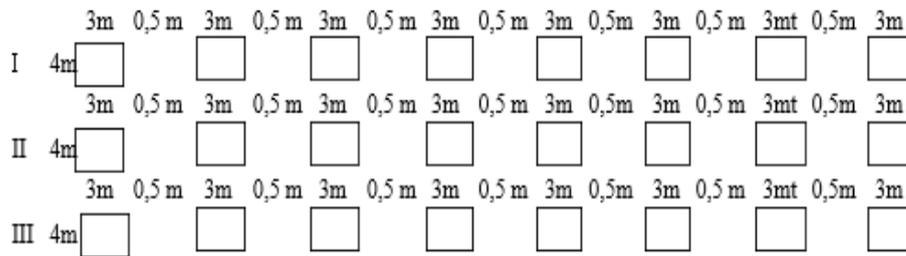


Figura 2

Zona 2 Castilla (IR – 43. INIA- 508 tinajones)



Se presenta el croquis del experimento donde se puede observar los 3 bloques con los 8 tratamientos haciendo un total de 24 unidades experimentales en cada zona. La medida de cada tratamiento es de 3 m ancho x 4 m de largo la separación de bloques será de 1 m y la separación de los tratamientos fue de 0,5 m cada extremo del campo ha tenido un 1mt de lindero.

3.2.6. Características del campo experimental.

a) *Área total parcela experimental.*

- Largo : 29,50 m
- Ancho : 15,00 m
- Área Total : 442,50 m²

b) *Área neta parcela experimental.*

- Largo : 27,50 m
- Ancho : 12,00 m
- Área total : 330,00 m²

3.2.7. Análisis estadístico y prueba de significación.

López y Gonzales (2016) indican que para el análisis de datos de las variables se emplea la prueba F a un nivel de significación de 0,05 y 0,01, Si la prueba de F de una interacción da resultados no significativos, concluimos que los factores son independientes, esto es, el comportamiento de un factor depende de la variación (ausencia o presencia) del otro factor. Las conclusiones por separado para uno y otro factor son válidas. Por otra parte, si la prueba de F de una interacción da significativa, entonces concluimos que la respuesta de un factor es dependiente de la presencia o ausencia del otro factor. En esas condiciones, debemos estudiar el comportamiento de un factor, dentro de cada nivel del otro factor.

Etapas: Modelo estadístico lineal para el análisis individual.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

Y_{ijk} = Observaciones del i -ésimo nivel del distanciamiento en el i -ésimo nivel de la dosis en el k -ésimo bloque

μ = Media general

α_i = Efecto del i -ésimo nivel de la variedad

β_j = Efecto del j -ésimo nivel de la dosis

γ_k = Efecto del k -ésimo bloque

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto del i -ésimo nivel del silicio con el j -ésimo nivel de las dosis

ε_{ijk} = Error experimental

Tabla 4*ANOVA individual por zona*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado
Bloques	SC Bloques	2	CM Bloques	CM Bloques/CME
B: Dosis	SC(B)	3	CM(B)	CMB/CME
C: variedades	SC(C)	1	CM(C)	CMC/CME
BC	SC(BC)	3	CM(BC)	CM(BC)/CME
Error	SCR	14	CME	
Total	SCT	23		

Tabla 5*ANOVA combinado factorial (BxC) de un DBCA*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado
Bloque	SC Boques	2	CM Bloque	CM Bloque/CME
A: Zonas	SC Zonas	1	CM Zonas	CM Zonas/CME
B: Dosis	SC(B)	3	CM(B)	CMB/CME
C: Variedades	SC(C)	1	CM(C)	CMC/CME
Zonas*Dosis	SC(A*B)	3	CM(A*B)	CM(A*B)/CME
Zona*Variedad	SC(A*C)	1	CM(Z*C)	CM(Z*C)/CME
Dosis*Variedad	SC(B*C)	3	CM(B*C)	CM(B*C)/CME
Zona*Bloque	SC(A*bloque)	2	CM(A*bloque)	CM(A*bloque)/CME
Zona*Dosis*Variedad	SC(A*B*C)	3	CM(ABC)	CM(ABC)/CME
Error Combinado	SCR	28	CME	
Total	SCT	47		

Etapa II: Modelo estadístico lineal para el análisis combinado.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \beta_j + Y_r + a_i + (AxB)_{ij} + (Aa)_{il} + Ba(ji) + (Ay)_{ik} + (A\beta\alpha)_{ijk} + EE$$

Donde:

Y_{ijk} = Observaciones del i _ésimo tratamiento en el j _ésimo bloque en la k _ésimazona

μ = Media general

A_i = Efecto del A _ésimo bloque de la i _ésima zona

B_y = Efecto y _ésimo de la dosis

Y_k = Efecto de la k -ésimo del bloque

α_l = Efecto de la l -ésimo de la variedad

$(A\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo zona con la j -ésima dosis

$(A\alpha)_{il}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo zona con la l -ésima variedad

$(\beta\alpha)_{jl}$ = Efecto de la interacción del j -ésimo dosis con la l -ésima variedad

$(A\gamma)_{ik}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo zona con la k -ésima bloque

$(A\beta\alpha)_{ijl}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo zona con la j -ésima dosis con la l -ésima bloque

EE = error experimental (López y Gonzales, 2016)

Hipótesis

a) Respecto al factor dosis de silicio $H_0: S_0 = s_1, s_2, s_3$

$H_a: S_0 \neq s_1, s_2, s_3$

b) Respecto al factor variedades de arroz $H_0: v_1 = v_2$

$H_a: v_1 \neq v_2$

c) Respecto a la interacción B x C

$H_0: (S_0 V_1) = (S_0 V_2), (S_1 V_1), (S_1 V_2), (S_2 V_1), (S_2 V_2), (S_3 V_1), (S_3 V_2)$

$H_a: (S_0 V_1) \neq (S_0 V_2), (S_1 V_1), (S_1 V_2), (S_2 V_1), (S_2 V_2), (S_3 V_1), (S_3 V_2)$

d) Respecto a la zona $H_0: A_1 = A_2$

$H_a: A_1 \neq A_2$

3.3 Población y muestra

3.3.1. Población.

El experimento estuvo compuesto por tres bloques los cuales estuvieron

conformado por 24 unidades experimentales en cada localidad, cada una de ellas con una población de 208 plantas, la cantidad total utilizadas fue de 4 992 plantas por zona.

Número de unidades experimentales:	24
Número de plantas por unidad experimental:	208
Número total de plantas con tratamiento:	4 992

3.3.2. Muestra.

El tamaño de muestra estuvo condicionado por las variables de estudio por lo cual se definió de la siguiente manera:

Tabla 6

Trabajo realizado con la muestra

Variables	NPM	NE	UE	TPEZ
Altura de planta 30,60,90,120 ddt	5	4	24	96
Número de hojas 30,60,90 ddt	5	4	24	96
Longitud de raíz 30,60,90 ddt	1	3	24	72
Diámetro de tallo 90,120 ddt	5	2	24	48
Número de macollos 30,60,90 ddt	5	2	24	48
Longitud de espigas 120 ddt	5	1	24	120
Granos por espiga 120 ddt	10	1	24	240
Peso de 1000 granos 120 ddt	1	1	24	24
Rendimiento 120 ddt	1	1	24	24

Nota: NPM = número de plantas para muestreo; NE = número de evaluaciones; UE = unidades experimentales; TPEZ = total de plantas evaluadas por zona.

3.3.3. Manejo del cultivo.

3.3.3.1. Preparación de terreno.

Los campos para la ejecución de tesis fueron proporcionados por la empresa New Agritech Perú SAC, tanto en las provincias de Camaná y Castilla las cuales estuvieron habilitadas para trasplantar. Los tesisistas realizamos algunas labores como la limpieza de campo, delimitación del área, limpieza de bordos y el trasplante.

3.3.3.2. Trasplante.

Las plántulas de ambas variedades que utilizamos fueron proporcionadas por la empresa New Agritech Perú SAC, se hizo con plántulas de 65 días de edad de las variedades IR-43 e INIA-508 tinajones, colocando 1 plántulas por golpe a un distanciamiento de 0,25 m x 0,25 m

3.3.3.3. Riegos.

Después de 72 horas del trasplante se dio una seca al campo, manteniéndose con riegos continuos y algunas secas intermitentes, hasta que pudieran soportar una lámina de agua continua de aproximadamente 2 cm.

3.3.3.4. Deshierbo.

Aplicamos el herbicida pre emergente comercial butaclor 60 ec a la dosis de 3L/ha. Posteriormente se aplicaron tres deshierbes manuales, a los 40, 50 y 70 días del trasplante, para control de algunas malezas remanentes como: Moco de pavo

(*Echinochloa crus galli*), Arrocillo (*Echinochloa colonum*), Verdolaga(*Portulaca oeracea*).

3.3.3.5. Abonamiento.

Realizamos la aplicación de Urea 46% N., fosfato di amónico 18 – 46 %, el cual fue aplicado en dos abonamientos. 6 urea + 6 fosfato di amónico/ha en el primer abonamiento 4 urea y 4 fosfato di amónico/ha para el segundo abonamiento.

3.3.3.6. Fumigación.

Realizamos la aplicación de silicio y testigo a los 30 y 60 después del trasplante. Las dosis de silicio se fraccionaron en dos oportunidades en el macollamiento y punto de algodón, lo cual se realizó de la siguiente manera; el agricultor proporcionaba el producto químico para el tratamiento testigo y los tratamientos de silicio lo dividieron en 0,25 L, 0,75 L, 1,25 L, los cuales fueron aplicados en dos ocasiones completando las dosis programadas en el trabajo de investigación.

3.3.3.7. Evaluaciones.

Las evaluaciones las desarrollamos según la tabla N°6 según programación establecida.

3.3.3.8. Cosecha.

Las realizamos cuando los granos estuvieron maduros. Cabe mencionar que la

empresa que nos proporcionó el terreno mantuvo las labores de riego, abonamiento, deshierbo y el producto para el tratamiento testigo.

3.4 Descripción de instrumentos para recolección de datos

3.4.1 Observación directa.

Esta técnica se utilizó para el caso de observaciones de campo donde se realizó la recolección de los datos.

3.4.1.1 Características de las variables a evaluar.

a) *Altura de las plántulas (cm).*

La altura lo evaluamos a los 30, 60, 90 y 120 días después del trasplante con una cinta métrica de metal.

b) *Número de hojas (unid).*

El número de hojas lo registramos mediante un conteo simple en el tallo principal a los 30, 60, 90 y 120 días.

c) *Diámetro de tallo (mm).*

El diámetro de tallo lo hemos tomado con la ayuda de un calibrador Vernier, en 5 plantas al azar realizando lecturas a los 90 y 120 días.

d) *Número de macollos (unid).*

Se contabilizó a los 30,60 y 90 días.

e) *Longitud de raíces (cm).*

Esta actividad lo realizamos midiendo la cabellera radicular de plantas extraídas para la cual se utilizó una wincha en un intervalo de 30, 60 y 90 días.

f) *Tamaño de espiga (cm).*

Se realizó midiendo con una regla de metal de 30 cm a los 120 días días.

g) *Granos por espiga (unid).*

Se realizó conteo desgranando de espiga y realizando anotación a los 120 días.

h) *Peso de mil granos (g).*

Se realizó un conteo y hicimos el pesaje respectivo a los 120 días.

i) *Rendimiento (g).*

Hemos realizado la cosecha en un m² a los 120 días haciendo pesado con una balanza de precisión de la cosecha obtenida.

3.5 Ubicación

Se ejecutó en simultaneo en el fundo Candelaria anexo de San Gregorio, distrito Nicolás de Piérola, provincia de Camaná -Región Arequipa y el fundo Santa Rosa sector los Puros anexo La Real, provincia de Castilla Región Arequipa.

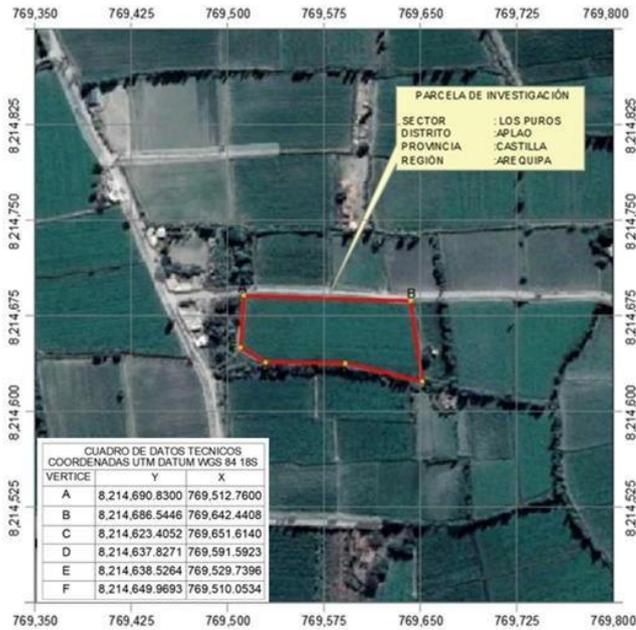
Figura 3

Ubicación geo referenciada Camaná



Figura 4

Ubicación geo referenciada Castilla



3.6 Materiales e insumos

3.6.1. Equipos.

- Balanza analítica o de precisión

- Jarra medidora

3.6.2. Materiales y herramientas.

- Banner
- Cuaderno de campo
- Formatos para la toma de datos
- Tablero
- Wincha
- Regla de metal
- Soga de marcación
- Regla vernier
- Equipo de fumigar
- Laptop
- Impresora
- Cámara fotográfica

3.6.3. Insumos.

- a) *Material vegetativo.*
 - Plantines de arroz.
- b) *Producto comercial.*
 - Fitofol Plus silicio (presentación x litro)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

4.1.1. Análisis de variancia del comportamiento agronómico del cultivo de arroz para ambas zonas.

Para cada una de las variables respuesta, se ha calculado un análisis de variancia (ANOVA) para evaluar si hay diferencias significativas entre los tratamientos (bloques, zonas, dosis de silicio, variedades de arroz, interacción entre variables). En cada caso, se ha reportado el valor del estadístico F y el p-valor correspondiente, que indica la probabilidad de que las diferencias observadas entre los tratamientos se deban al azar. Si el p-valor es menor que un nivel de significación previamente establecido (por ejemplo 0,05), se puede concluir que hay una diferencia significativa entre los tratamientos.

En general, se puede observar que en la mayoría de las variables respuesta no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. Sin embargo, en algunos casos se encontraron diferencias significativas. En casos donde se encontró

una diferencia significativa en la interacción entre zonas y variedades (AxC), se podría profundizar en el análisis para determinar cuál de los tratamientos es el que presenta diferencias significativas con respecto a los demás.

Además, se ha reportado el coeficiente de variación (CV) para cada variable respuesta. El CV indica la variabilidad o dispersión de los datos respecto a la media. Un valor de CV alto puede indicar una mayor variabilidad en los datos, mientras que un valor bajo puede indicar una menor variabilidad. Es importante tener en cuenta que el CV puede ser afectado por la presencia de valores atípicos o extremos en los datos.

Tabla 7

Resumen de los Cuadrados medios y significancias de los ANOVA para la interacción entre zona y variedad

Causa de variación	GL	Número de macollos 30 dds	Altura de planta 60 dds	Tamaño de espiga	Peso de 1000 granos	Rendimiento de grano
Camaná	1	1	5	19,4**	0,7	5985
Castilla	1	92**	360**	2	40***	1070193**
IR - 43	3	48	1473***	0,3	18,4**	897453**
INIA 508 - Tinajones	3	14	3553***	28,2**	1,5	96
Error	28	11,8	34	2,32	2,26	85724

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: () p > 0,05: No significativo; (*) p = 0,05 pero > 0,01: Significativo; (**) p = 0,01 > 0,001: Altamente significativo; (***) p = 0,001: Muy altamente significativo.

Según la tabla 7, tabla 8 y tabla 9 el modelo de análisis de variancia para un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial con experimentos repetidos en el espacio, con las causas de variación zona (A), dosis de silicio (B) y variedad (C) e interacciones respectivas, se evidencia que:

Tabla 8*Resumen de los Cuadrados medios y significancias de los ANOVA*

Causa de variación	Bloque	Dosis de Silicio (FB)	Variedad (FC)	FB*FC	Error	Total	Coeficiente de variación (%)	Media	
Grados de libertad	2	3	1	3	14	23			
Indicador									
Altura de planta 30 dds	2.4	33.8	54	40.1	19.1		11.9	36.75	
Número de hojas 30 dds	155.	52	417*	38	49		19.35	36.17	
Longitud de raíz 30 dds	11.2	3.4	0.4	31.9	22.6		23.82	19.96	
Número de macollos 30 dds	18	11.8	92**	2.2	9.4		22.67	13.54	
Altura de planta 60 dds	86	36	360*	20	49		9.788	71.88	
Número de hojas 60 dds	3205.	643	2072	689	1028		26.55	120.80	
Longitud de raíz 60 dds	165.1***	10.9	6	53.9**	7.1		12.86	20.75	
Número de macollos 60 dds	108.4	29.8	121.5	60.5	82.2		31	29.25	
Altura de planta 90 dds	62	6	726**	39	60		8.26	94.08	
Número de hojas 90 dds	288	87	7420.	126	1799		31.09	136.40	
Longitud de raíz 90 dds	3.4	7.8	3.4	51.5	27.3		19.27	27.12	
Número de macollos 90 dds	7.6	7	100	37.9	94		30.65	31.62	
Diámetro de tallo 90 dds	0.01042	0.00427	0.00094	0.00483	0.00399		8.539	0.74	
Altura de planta 120 dds	154*	37	982***	84	40		6.9	91.10	
Número de hojas 120 dds	0.0417	0.1111	0.1667	0.0556	0.1845		11.21	3.83	
Diámetro de tallo 120 dds	0.01135	0.00344	0.0176	0.00622	0.01112		17.27	0.61	
Tamaño de espiga	1.33	0.77	2.04	3.67	2.67		7.277	22.44	
Número de granos por espiga	118	166	3485.	779	1105		19.17	173.40	
Peso de 1000 granos	0.8	4.4	40**	6.8	3.4		6.433	28.71	
Rendimiento de grano	3777	109638	1070193**	194475	109713		18.06	1834.00	

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: () $p > 0,05$: No significativo; (*) $p = 0,05$ pero $> 0,01$: Significativo; (**) $p = 0,01 > 0,001$: Altamente significativo; (***) $p = 0,001$: Muy altamente significativo.

Para la variable altura de planta a los 30 días después de la siembra, se encontró que el efecto de la zona y de la variedad fueron significativos. El coeficiente de variación fue del 9,31%, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 42,38 centímetros.

Tabla 9

Resumen de los Cuadrados medios y significancias de los ANOVA para la interacción entre dosis de silicio y variedad

Causa de variación	GL	Longitud de raíz 60 dds
Testigo	1	0,005*
0,5 L . Ha ⁻¹	1	0,0005
1,5 L . Ha ⁻¹	1	0,0001
2,5 L . Ha ⁻¹	1	0,0038*
IR – 43	3	0,0023.
INIA 508 - Tinajones	3	0,0029*
Error	28	0,0008

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: () p >0,05: No significativo; (*) p = 0,05 pero > 0,01: Significativo; (**) p = 0,01 > 0,001: Altamente significativo; (***) p = 0,001: Muy altamente significativo.

Tabla 10

Resumen de los p valores y significancias de los ANOVA para la interacción entre zona, dosis de silicio y variedad

Zona	Causa de variación	GL	Diámetro de tallo 90 ddt
Camaná	Testigo	1	0,4177
Camaná	0,5 L ha ⁻¹	1	0,1112
Camaná	1,5 L ha ⁻¹	1	0,786
Camaná	2,5 L ha ⁻¹	1	0,0013**
Camaná	IR – 43	3	0,3138
Camaná	INIA 508 – Tinajones	3	0,2353
Castilla	Testigo	1	0,5878
Castilla	0,5 L ha ⁻¹	1	0,786
Castilla	1,5 L ha ⁻¹	1	0,2821
Castilla	2,5 L ha ⁻¹	1	0,2821
Castilla	IR – 43	3	0,5963
Castilla	INIA 508 – Tinajones	3	0,4064
	Error	28	

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: () p >0,05: No significativo; (*) p = 0,05 pero > 0,01: Significativo; (**) p = 0,01 > 0,001: Altamente significativo; (***) p = 0,001: Muy altamente significativo.

Para la variable número de hojas a los 30 días después de la siembra, se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. El coeficiente de variación fue del 22 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 37,50 unidades.

No se encontró ningún efecto significativo en la variable longitud de raíz a los 30 días después de la siembra. La dispersión fue homogénea, con un coeficiente de variación del 18,97%. La media fue de 20,59 centímetros.

Se encontró una interacción estadísticamente significativa entre la zona y la variedad en la variable número de macollos a los 30 días después de la siembra. La dispersión fue homogénea, con un coeficiente de variación del 25,98%. La media fue de 13,21 unidades.

Para la variable altura de planta a los 60 días después de la siembra, se encontró que el efecto de la zona y de la interacción entre zona y variedad fueron significativos. La dispersión fue homogénea, con un coeficiente de variación del 7,167 %. La media fue de 81,88 centímetros.

Para la variable número de hojas a los 60 días después de la siembra no se encontró ningún efecto significativo. La dispersión fue homogénea, con un coeficiente de variación del 14,32 %. La media fue de 108,90 unidades.

Para la variable longitud de raíz a los 60 días después de la siembra, se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. El coeficiente de variación

fue del 1,861 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 24,43 cm. También se encontró una interacción estadísticamente significativa entre la zona y la variedad.

Para la variable número de macollos a los 60 días después de la siembra, se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. El coeficiente de variación fue del 14,74 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 25,81 unidades.

En la variable altura de planta a los 90 días después de la siembra se encontró que el efecto de la zona, el efecto de la variedad fue significativos. La dispersión fue homogénea con un coeficiente de variación del 7,021 %. La media fue de 97,65cm.

Para la variable número de hojas a los 90 días se encontró que el efecto de la zona y la variedad fueron significativos, con una dispersión homogénea y un coeficiente de variabilidad de 30,88 y una media de 106,40 unidades.

Para la variable longitud de raíz a los 90 días se encontró que el efecto de la zona fue significativo, con una dispersión homogénea y un coeficiente de variabilidad de 17,48 % y una media de 23,23 cm.

Para la variable número de macollos a los 90 días después de la siembra, se encontró efecto significativo a nivel de zona. El coeficiente de variación fue del

26,72 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 27,65 unidades.

Para la variable diámetro de tallo a los 90 días después de la siembra, se encontró efecto significativo a nivel de variedad, zona, dosis de silicio y variedad en la cual se encontró significancia. El coeficiente de variación fue del 10,15 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 0,73 mm.

Para la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra, se encontró efecto significativo a nivel de variedad. El coeficiente de variación fue del 11,05 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 93,82 cm.

Para la variable número de hojas a los 120 días después de la siembra, se encontró que no hubo causas de variación significativas sobre la media general. El coeficiente de variación fue del 14,59 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 80,31 unidades.

Para la variable diámetro de tallo a los 120 días después de la siembra, no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 13,91 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 0,63 cm.

Para la variable respuesta tamaño de espiga, se encontró una interacción estadísticamente significativa entre la "variedad" y la "zona". No se encontraron más efectos significativos. El coeficiente de variación fue del 6,649 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 22,93 cm.

En la variable respuesta número de granos por espiga se encontró un efecto significativo de la variable variedad. El coeficiente de variación fue del 15,24 %, lo que indica una dispersión heterogénea. La media fue de 182,52 unidades.

En cuanto a la variable peso de 1000 granos, se encontró que el efecto de la variedad y el efecto de la interacción entre zona y variedad fueron significativos. El coeficiente de variación fue del 5,182 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 29,02 g.

Para la variable rendimiento de grano, se encontró que el efecto de la zona y de la variedad fueron significativos. Además, se encontró un efecto significativo también en la interacción entre zona y variedad. El coeficiente de variación fue del 15,18 %, lo que indica una dispersión heterogénea. La media del rendimiento de grano fue de 1929 g.

Según la tabla 11, el modelo de análisis de variancia para un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial realizado en la zona de Camaná, con las causas de dosis de silicio (B) y variedad (C) e interacciones respectivas, se evidencia que:

Para la variable altura de planta a los 30 días después de la siembra, se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. La dispersión fue homogénea con un coeficiente de variación del 7,195%. La media fue de 48 cm.

4.1.2. Análisis de variancia para la zona de Camaná.

Tabla 11

Resumen de los cuadrados medios y significancias de los ANOVA para la zona de Camaná

Causa de variación	Bloque	Dosis de Silicio (FB)	Variedad (FC)	FB*FC	Error	Total	Coeficiente de variación (%)	Media	
Grados de libertad	2	3	1	3	14	23			
Indicador									
Altura de planta 30 dds	63,5*	5	96*	8,3	11,9		7,195	48,00	
Número de hojas 30 dds	72	124	938**	176	87		24,04	38,83	
Longitud de raíz 30 dds	26,26	5,2	25,01	20,95	7,93		13,26	21,23	
Número de macollos 30 dds	10,5	21,2	1	37,8	14,1		29,18	12,88	
Altura de planta 60 dds	17,7	39,4	5	36,7	19,4		4,791	91,88	
Número de hojas 60 dds	1422**	20	523	267	187		14,09	97,00	
Longitud de raíz 60 dds	1,6	35,3	36,3	15,4	36,8		21,59	28,10	
Número de macollos 60 dds	70,9**	7,5	51*	8	6		10,96	22,38	
Altura de planta 90 dds	83,3	30,1	311**	11,4	33,6		5,728	101,20	
Número de hojas 90 dds	1171	226	715	324	359		24,81	76,38	
Longitud de raíz 90 dds	0,79	3,78	0,17	7,72	5,65		12,29	19,33	
Número de macollos 90 dds	1	7,6	48,2	9,9	15,2		16,47	23,67	
Diámetro de tallo 90 dds	0,002	0,0007	0,0459*	0,0145	0,0071		11,59	0,73	
Altura de planta 120 dds	18	10	477***	8	19		4,496	96,54	
Número de hojas 120 dds	137	309	117	344	135		13,9	83,62	
Diámetro de tallo 120 dds	0,00395	0,00698	0,00107	0,00301	0,0041		9,942	0,64	
Tamaño de espiga	4,28	3,68	19,44**	1,35	1,98		6,01	23,42	
Número de granos por espiga	1587	53	1216	173	443		10,98	191,60	
Peso de 1000 granos	2,542	0,333	0,667	0,333	1,113		3,597	29,33	
Rendimiento	51546	21456	5985	71931	61735		12,27	2025,00	

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: () $p > 0,05$: No significativo; (*) $p = 0,05$ pero $> 0,01$: Significativo; (**) $p = 0,01 > 0,001$: Altamente significativo; (***) $p = 0,001$: Muy altamente significativo.

En la variable número de hojas a los 30 días después de la siembra se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. El coeficiente de variación fue del 24,04 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 38,83 unidades.

En la variable longitud de raíz a los 30 días después de la siembra no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 13,26 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 21,23 cm.

En la variable número de macollos a los 30 días después de la siembra no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 29,18 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 12,88 unidades.

Para la variable altura de planta a los 60 días después de la siembra, no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 4,791 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 91,88 cm.

En la variable número de hojas a los 60 días después de la siembra, el efecto de los bloques fue significativo. La dispersión fue homogénea con un coeficiente de variación del 14,09 %. La media fue de 97 unidades.

En la variable longitud de raíz a los 60 días después de la siembra, no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 21,59 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 28,10 cm.

Para la variable número de macollos a los 60 días después de la siembra, el efecto de los bloques fue significativo y el efecto de la variedad fue significativo. La dispersión fue homogénea con un coeficiente de variación del 10,96 %. La media fue de 22,38 unidades.

En la variable respuesta altura de planta a los 90 días después de la siembra se encontró un efecto significativo a nivel de variedad. El coeficiente de variación fue del 5,728 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 101,20 cm.

Para la variable número de hojas a los 90 días después de la siembra, no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 24,81 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 76,38 unidades.

En la variable longitud de raíz a los 90 días después de la siembra, no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 12,29 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 19,33 cm.

Para la variable número de macollos a los 90 días después de la siembra no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 16,47 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 23,67 unidades.

En la variable diámetro de tallo a los 90 días después de la siembra, se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. El coeficiente de variación

fue del 11,59 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 0,73 cm.

Para la variable altura de planta a los 120 días después de la siembra, se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. El coeficiente de variación fue del 4,496 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 96,54 cm.

En la variable número de hojas a los 120 días después de la siembra, no se encontró efectos significativos. El coeficiente de variación fue del 13,9 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 83,62 unidades.

No se encontró ningún efecto significativo en la variable diámetro de tallo a los 120 días después de la siembra. El coeficiente de variación fue del 9,942 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 0,6442 cm.

Para la variable tamaño de espiga, se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. El coeficiente de variación fue del 6,01 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 23,42 cm.

En la variable número de granos por espiga no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 10,98 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 191,6 unidades.

Para la variable peso de 1000 granos no se encontró ningún efecto

significativo. El coeficiente de variación fue del 3,597 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 29,33 g.

En el caso de la variable respuesta rendimiento, se observa que ninguna de las variables explicativas tuvo un efecto significativo sobre la respuesta. Además, se observa que el coeficiente de variación es de 12,27 %, lo que indica una variabilidad homogénea en los datos. La media del rendimiento fue de 2025 g.

Según la tabla 12, el modelo de análisis de variancia para un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial realizada en la zona de Castilla, con las causas de dosis de Silicio (B) y variedad (C) e interacciones respectivas, se evidencia que:

En la variable respuesta altura de planta a los 30 días después de la siembra no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 11,9 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 36,75 cm.

En la variable respuesta número de hojas a los 30 días después de la siembra se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. La dispersión fue homogénea con un coeficiente de variación del 19,35%. La media fue de 36,17 unidades.

4.1.3. Análisis de variancia para la zona de Castilla.

Tabla 12

Resumen de los cuadrados medios y significancias de los ANOVA para la zona de Castilla

Causa de variación	Bloque	Dosis de Silicio (FB)	Variedad (FC)	FB*FC	Error	Total	Coeficiente de variación (%)	Media
Grados de libertad	2	3	1	3	14	23		
Indicador								
Altura de planta 30 dds	2,4	33,8	54	40,1	19,1		11,9	36,75
Número de hojas 30 dds	155	52	417*	38	49		19,35	36,17
Longitud de raíz 30 dds	11,2	3,4	0,4	31,9	22,6		23,82	19,96
Número de macollos 30 dds	18	11,8	92**	2,2	9,4		22,67	13,54
Altura de planta 60 dds	86	36	360*	20	49		9,788	71,88
Número de hojas 60 dds	3205	643	2072	689	1028		26,55	120,80
Longitud de raíz 60 dds	165,1***	10,9	6	53,9**	7,1		12,86	20,75
Número de macollos 60 dds	108,4	29,8	121,5	60,5	82,2		31	29,25
Altura de planta 90 dds	62	6	726**	39	60		8,26	94,08
Número de hojas 90 dds	288	87	7420	126	1799		31,09	136,40
Longitud de raíz 90 dds	3,4	7,8	3,4	51,5	27,3		19,27	27,12
Número de macollos 90 dds	7,6	7	100	37,9	94		30,65	31,62
Diámetro de tallo 90 dds	0,01042	0,00427	0,00094	0,00483	0,00399		8,539	0,74
Altura de planta 120 dds	154*	37	982***	84	40		6,9	91,10
Número de hojas 120 dds	136,5	70,7	32,7	35,8	139,4		15,33	77
Diámetro de tallo 120 dds	0,01135	0,00344	0,0176	0,00622	0,01112		17,27	0,61
Tamaño de espiga	1,33	0,77	2,04	3,67	2,67		7,277	22,44
Número de granos por espiga	118	166	3485	779	1105		19,17	173,40
Peso de 1000 granos	0,8	4,4	40**	6,8	3,4		6,433	28,71
Rendimiento de grano	3777	109638	1070193**	194475	109713		18,06	1834,00

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: () $p > 0,05$: No significativo; (*) $p = 0,05$ pero $> 0,01$: Significativo; (**) $p = 0,01 > 0,001$: Altamente significativo; (***) $p = 0,001$: Muy altamente significativo.

En la variable respuesta longitud de raíz a los 30 días después de la siembra no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 23,82 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 19,96 cm.

En la variable respuesta número de macollos a los 30 días después de la siembra se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. El coeficiente de variación fue del 22,67 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 13,54 unidades.

En la variable respuesta altura de planta a los 60 días después de la siembra se encontró que el efecto de la variedad fue significativo. El coeficiente de variación fue del 9,788 %, que indica una dispersión homogénea. La media fue de 71,88 cm.

En la variable respuesta número de hojas a los 60 días después de la siembra no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 26,55 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 120,8 unidades.

En la variable respuesta longitud de raíz a los 60 días después de la siembra se encontró una interacción estadísticamente significativa entre la dosis de silicio y la variedad. El coeficiente de variación fue del 12,86 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 20,75 cm.

En la variable respuesta número de macollos a los 60 días después de la

siembra no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 31 %, lo que indica una dispersión heterogénea. La media fue de 29,25 unidades.

En la variable respuesta altura de planta a los 90 días después de la siembra se encontró un efecto significativo a nivel de variedad. El coeficiente de variación fue del 8,26 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 94,08 cm.

En la variable respuesta número de hojas a los 90 días después de la siembra no hubo efectos significativos de ninguna de las causas de variación analizadas. La dispersión fue heterogénea con un coeficiente de variación del 31,09 %. La media fue de 136,40 unidades.

En la variable respuesta longitud de raíz a los 90 días después de la siembra no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 19,27 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 27,12 cm.

En la variable respuesta número de macollos a los 90 días después de la siembra no se encontró ningún efecto significativo. El coeficiente de variación fue del 30,65 %, lo que indica una dispersión heterogénea. La media fue de 31,62 unidades.

Para la variable respuesta diámetro de tallo a los 90 días después de la siembra no se encontraron efectos significativos de ninguna de las causas de variación. La dispersión fue homogénea, con un coeficiente de variación del 8,54

% . La media fue de 0,74 cm.

En la variable respuesta altura de planta a los 120 días después de la siembra se encontró un efecto significativo de la variedad. Además, el coeficiente de variación fue del 6,9 %, lo que indica que la dispersión de los datos fue homogénea. La media de la altura de planta fue de 91,10 cm.

En la variable respuesta número de hojas a los 120 días después de la siembra no se encontraron efectos significativos de bloque, variedad, fertilizante ni de la interacción entre ellos. El coeficiente de variación fue del 15,33 %, lo que sugiere una dispersión moderadamente homogénea de los datos. La media del número de hojas fue de 77 unidades.

En la variable respuesta diámetro de tallo a los 120 días después de la siembra no se encontró efecto significativo de ninguna de las variables. La dispersión fue homogénea con un coeficiente de variación del 17,27 %. La media del diámetro de tallo fue de 0,61 cm.

En la variable respuesta tamaño de espiga se encontró efecto significativo de la variedad. La dispersión fue homogénea con un coeficiente de variación del 7,277 %. La media del tamaño de espiga fue de 22,44 cm.

En la variable respuesta número de granos por espiga a los 120 días después de la siembra no se encontró efecto significativo de ninguna de las variables

estudiadas. El coeficiente de variación fue del 19,17 % (dispersión homogénea). La media fue de 173,4 granos por espiga.

En la variable respuesta peso de 1000 granos a los 120 días después de la siembra se encontró un efecto significativo de la variedad. El coeficiente de variación fue del 6,433 %, lo que indica una dispersión homogénea. La media fue de 28,71 g.

Tabla 13

Resumen de los cuadrados medios y significancias de los ANOVA para la interacción entre dosis de silicio y variedad en la zona de Castilla

Causa de variación	GL	Longitud de raíz 60 dds
Testigo	1	66,7**
0,5 L . ha ⁻¹	1	20,2
1,5 L . ha ⁻¹	1	0,2
2,5 L . ha ⁻¹	1	80,7**
IR – 43	3	22,77
INIA 508 - Tinajones	3	42,07**
Error	14	0,375

Nota: Según los valores de p (probabilidad), la significancia estadística de la causa de variación es: () p > 0,05: No significativo; (*) p = 0,05 pero > 0,01: Significativo; (**) p = 0,01 > 0,001: Altamente significativo; (***) p = 0,001: Muy altamente significativo.

En el análisis de varianza de la variable respuesta rendimiento de grano, se encontró un efecto significativo de la variedad. El coeficiente de variación fue del 18,06%, que evidencia una dispersión homogénea. La media fue de 1 834 g.

4.2 Altura de planta

4.2.1. Altura de planta a los 30 días.

Tabla 14*Altura de planta (cm) a los 30 días según zona*

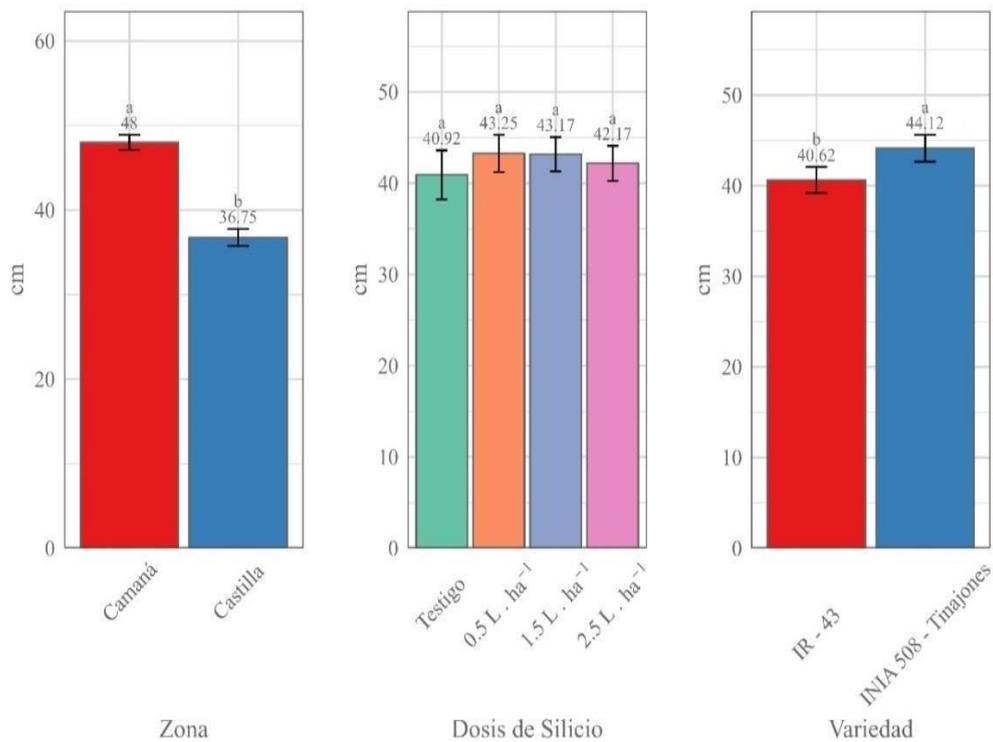
Zona	X	E.E.	Sig
Camaná	48	±0,88	a
Castilla	36,75	±1	b
X	42,38	±1,05	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

Tabla 15*Altura de planta (cm) a los 30 días según variedad*

Variedad	X	E.E.	Sig
INIA 508 - Tinajones	44,12	±1,48	a
IR - 43	40,62	±1,44	b
X	42,38	±1,05	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

Figura 5*Altura de planta (cm) a los 30 días*

4.2.2. Altura de planta a los 60 días.

Tabla 16

Altura de planta (cm) a los 60 días según zona vs variedad

Variedad	Zona		\bar{x}
	Camaná	Castilla	
IR - 43	91.42 ±1 Aa	75.75 ±1.46 Ab	83.58 ±1.85 A
INIA 508 - Tinajones	92.33 ±1.75 Aa	68 ±2.38 Bb	80.17 ±2.92 A
\bar{x}	91.88 ±0.99 A	71.88 ±1.59 B	81.88 ±1.73

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD) para efectos principales y según la prueba de demeans para efectos simples y simples.

Según la tabla 16, el promedio de la altura de planta a los 60 días fue de 81,88 cm, con diferencias estadísticamente significativas entre las zonas. Entre zonas la mayor altura de planta a los 60 días se obtuvo en Camaná con 91,88 ±0,99 cm, estadísticamente diferente a Castilla, que obtuvo 71,88 ±1,59 cm.

Figura 6

Altura de planta (cm) a los 60 días

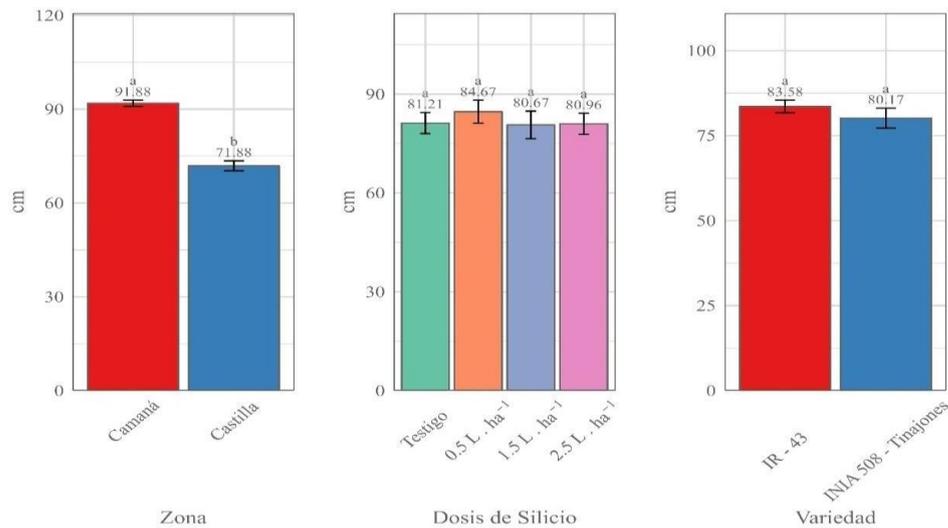
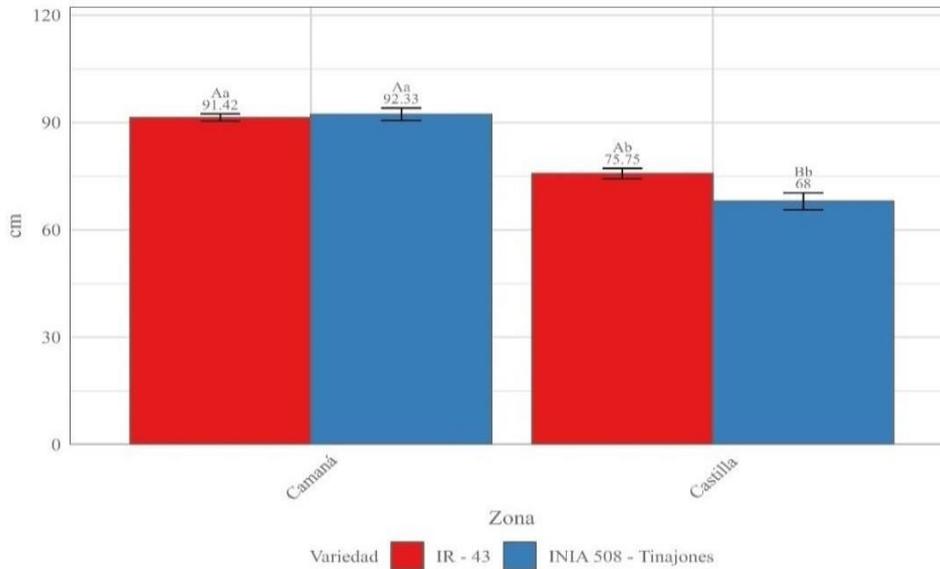


Figura 7

Altura de planta (cm) a los 60 días según interacción zona y variedad



En las figuras 6 y 7 dentro de los efectos generados por la zona Camaná sobre la altura de planta a los 60 días, se observó que las medias de las variedades empleadas fueron estadísticamente similares; y los efectos generados dentro de la zona Castilla evidencia diferencias estadísticamente significativas entre variedades, con una mayor media de la altura de planta a los 60 días en la variedad IR - 43 con $75,75 \pm 1,46$ cm, estadísticamente diferente a la variedad INIA 508 - Tinajones con $68 \pm 2,38$ cm.

Al evaluar los efectos de las zonas de producción de Castilla y Camaná dentro de la variedad IR - 43 se detectó diferencias estadísticamente significativas, siendo la zona Camaná la que registró mayor media con $91,42 \pm 1$ cm, y la menor media se registró en Castilla con $75,75 \pm 1,46$ cm. Resultado similar se obtuvo en la variedad INIA 508 - Tinajones, donde Camaná con $92,33 \pm 1,75$ cm superó estadísticamente a Castilla con $68 \pm 2,38$ cm.

4.2.3. Altura de planta a los 90 días.

Tabla 17

Altura de planta (cm) a los 90 días según zona

Zona	X	E.E.	Sig
Camaná	101,22	±1,39	a
Castilla	94,08	±1,82	b
X	97,65	±1,25	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

Tabla 18

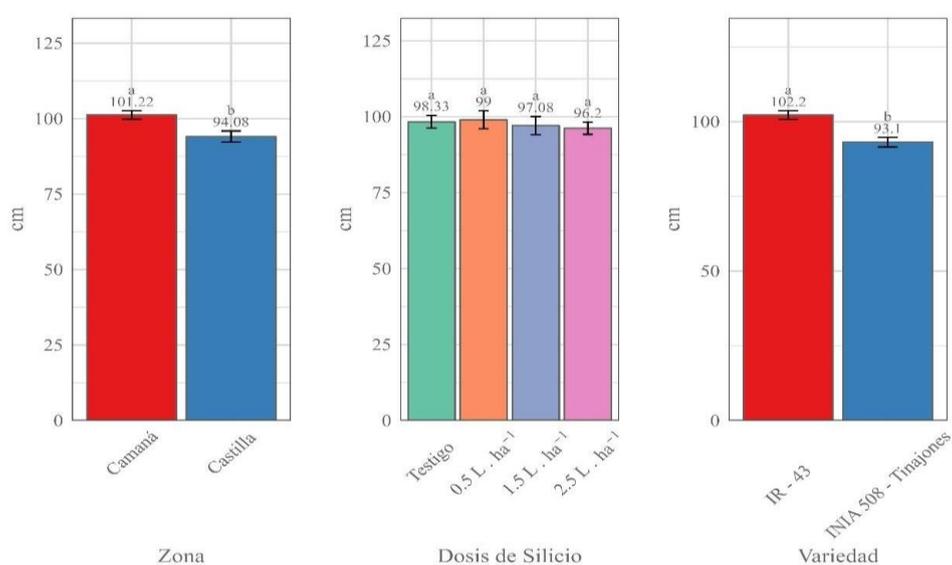
Altura de planta (cm) a los 90 días según variedad

Variedad	X	E.E.	Sig
IR - 43	102,2	±1,43	a
INIA 508 - Tinajones	93,1	±1,59	a
X	97,65	±1,5	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

Figura 8

Altura de planta (cm) a los 90 días



Según las tablas 17 y 18 y la figura 8, el crecimiento promedio de la altura de la planta después de 90 días fue de 97,65 cm y hubo diferencias significativas

estadísticamente entre las zonas y las variedades. La zona de Camaná tuvo la mayor altura de planta con $101,22 \pm 1,39$ cm, lo que fue estadísticamente diferente a Castilla, que registró $94,08 \pm 1,82$ cm. La variedad INIA 508 - Tinajones tuvo la menor altura promedio con $93,1 \pm 1,59$ cm, lo que presentó diferencias estadísticas con IR - 43, que registró $102,2 \pm 1,43$ cm.

4.2.4. Altura de planta a los 120 días.

Tabla 19

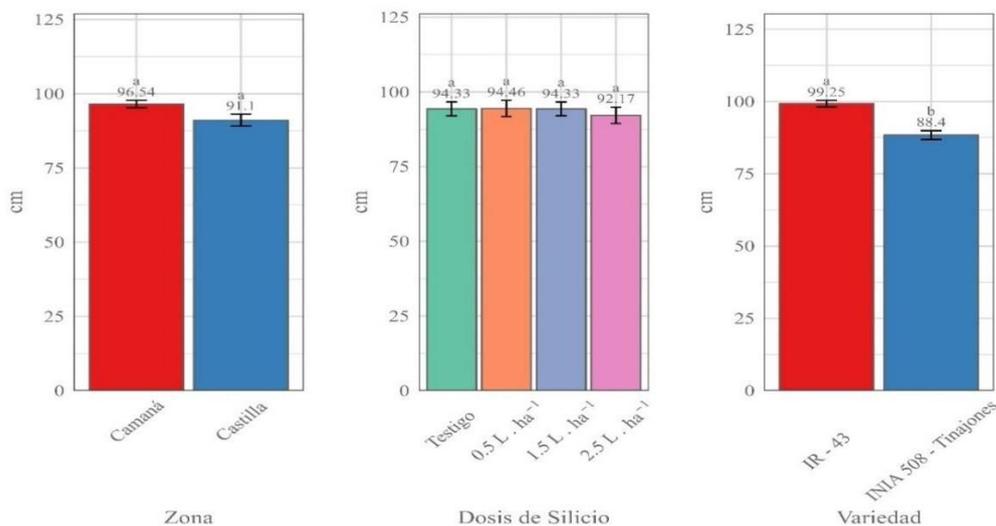
Altura de planta (cm) a los 120 días según variedad

Variedad	X	E.E.	Sig
IR - 43	99,25	$\pm 1,13$	a
INIA 508 - Tinajones	88,4	$\pm 1,52$	b
X	93,82	$\pm 1,23$	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de tukey (HSD).

Figura 9

Altura de planta (cm) a los 120 días



De acuerdo con las tablas 19 y la figura 9, la altura promedio de la planta después de 120 días fue de 93,82 cm y hubo diferencias significativas estadísticamente entre las variedades. La variedad IR - 43 tuvo la mayor altura

promedio con $99,25 \pm 1,13$ cm, lo que difirió estadísticamente de INIA 508 - tinajones, que registró $88,4 \pm 1,52$ cm.

4.3 Número de hojas

4.3.1. Número de hojas a los 30 días.

Tabla 20

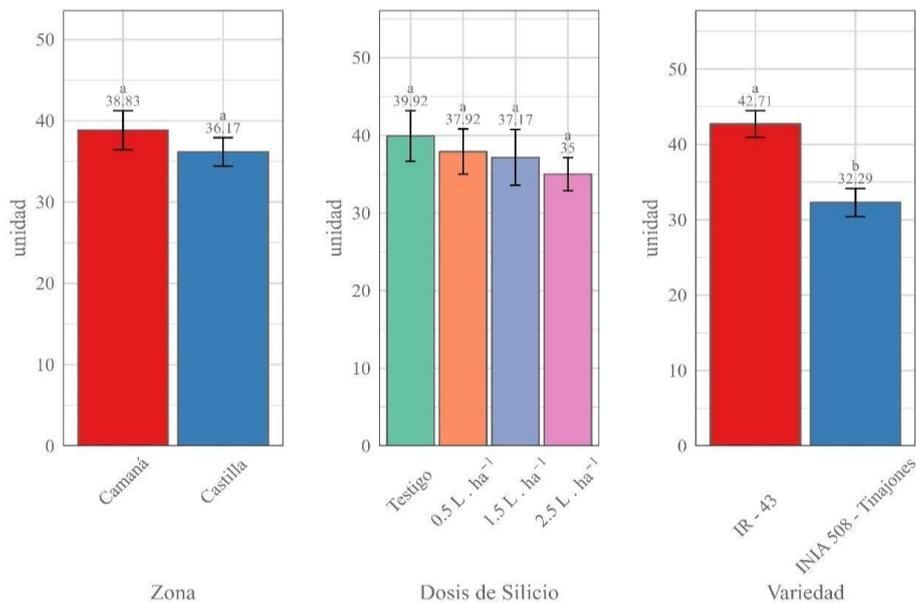
Número de hojas a los 30 días según variedad

Variedad	X	E.E.	Sig
IR - 43	42,71	$\pm 1,76$	a
INIA 508 - Tinajones	32,29	$\pm 1,88$	b
X	37,5	$\pm 1,48$	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de tukey (HSD).

Figura 10

Número de hojas a los 30 días



La tabla 20 y la figura 10 muestran que después de 30 días, el promedio de hojas por planta fue de 37,5 unidades. Hay diferencias estadísticamente

significativas entre las variedades. La variedad IR - 43 tuvo un mayor número de hojas, con un promedio de $42,71 \pm 1,76$ unidades, difiriéndose estadísticamente de INIA 508 - Tinajones, que tuvo un promedio de $32,29 \pm 1,88$ unidades.

4.3.2. Número de hojas a los 90 días.

Tabla 21

Número de hojas a los 90 días según zona

Zona	X	E.E.	Sig
Castilla	136,42	$\pm 7,83$	a
Camaná	76,38	$\pm 4,2$	b
X	106,4	$\pm 6,2$	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

Tabla 22

Número de hojas a los 90 días según variedad

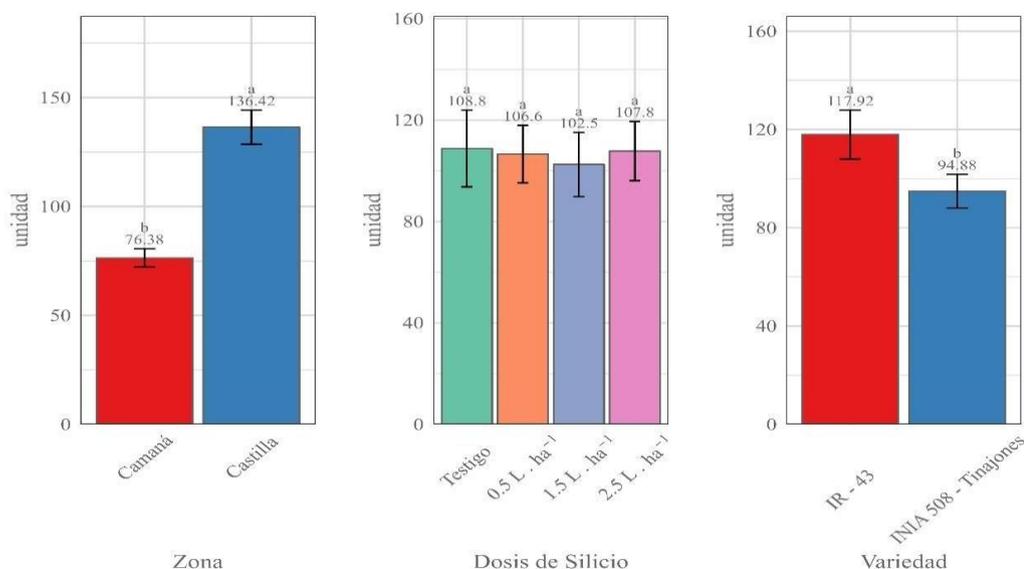
Variedad	X	E.E.	Sig
IR - 43	117,92	$\pm 9,96$	a
INIA 508 - Tinajones	94,88	$\pm 6,82$	b
X	106,4	$\pm 6,2$	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

De acuerdo con las tablas 21 y 22 y la figura 11, después de 90 días, el promedio de hojas por planta fue de 106,4, con diferencias significativas entre las zonas y variedades. Entre las zonas, Castilla tuvo un mayor número de hojas con $136,42 \pm 7,83$, difiriéndose estadísticamente de Camaná, que tuvo un promedio de $76,38 \pm 4,2$ hojas. Entre las variedades, IR - 43 tuvo un mayor número de hojas con $117,92 \pm 9,96$, difiriéndose estadísticamente de INIA 508 - tinajones, que tuvo un promedio de $94,88 \pm 6,82$ hojas.

Figura 11

Número de hojas a los 90 días



Según los datos presentados en la tabla 23 y la Figura 12, después de 120 días, la cantidad media de hojas por planta fue de 4,27. Las zonas presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto al número de hojas. Camaná registró una mayor cantidad con un promedio de $4,71 \pm 0,15$, mientras que en Castilla el número fue menor, alcanzando un promedio de $3,83 \pm 0,08$.

4.3.3. Número de hojas a los 120 días.

Tabla 23

Número de hojas a los 120 días según zona

Zona	X	E.E.	Sig
Camaná	4,71	$\pm 0,15$	a
Castilla	3,83	$\pm 0,08$	b
X	4,27	$\pm 0,11$	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

Figura 12

Número de hojas a los 120 días

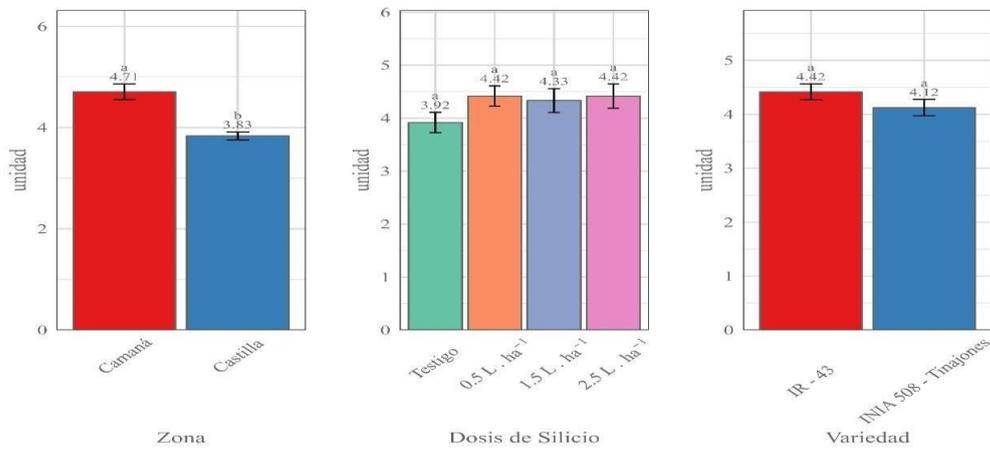


Tabla 24

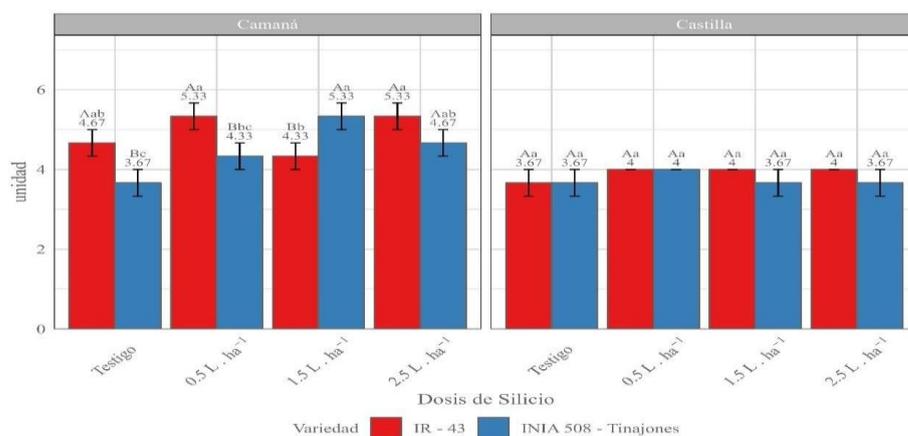
Número de hojas a los 120 días según zona vs dosis de silicio vs variedad

Variedad	Zona							
	Camaná				Castilla			
	Dosis de Silicio							
	Testigo	0.5 L. . Ha ⁻¹	1.5 L. . Ha ⁻¹	2.5 L. . Ha ⁻¹	Testigo	0.5 L. . Ha ⁻¹	1.5 L. . Ha ⁻¹	2.5 L. . Ha ⁻¹
IR - 43	4.67 ±0.33 Aab	5.33 ±0.33 Aa	4.33 ±0.33 Bb	5.33 ±0.33 Aa	3.67 ±0.33 Aa	4 ±0 Aa	4 ±0 Aa	4 ±0 Aa
INIA 508 - Tinajones	3.67 ±0.33 Bc	4.33 ±0.33 Bbc	5.33 ±0.33 Aa	4.67 ±0.33 Aab	3.67 ±0.33 Aa	4 ±0 Aa	3.67 ±0.33 Aa	3.67 ±0.33 Aa

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD) para efectos principales y según la prueba de emmeans para efectos simples y simples simples.

Figura 13

Número de hojas a los 120 días según zona vs dosis de silicio vs variedad



De acuerdo con la tabla 24 y la figura 13, dentro de la zona de Camaná en interacción con la variedad IR - 43, la comparación de las medias indica que las dosis de silicio a $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ y a $2,5 \text{ L ha}^{-1}$ tuvieron una media de $5,33 \pm 0,33$ hojas, la cual es mayor que la media del testigo ($4,67 \pm 0,33$ hojas) y la dosis de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ ($4,33 \pm 0,33$ hojas). Para la zona de Camaná en interacción con la variedad INIA 508 - Tinajones, la dosis de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ obtuvo la mayor media con $5,33 \pm 0,33$ hojas, estadísticamente similar a la dosis de $2,5 \text{ L ha}^{-1}$ que resultó con $4,67 \pm 0,33$ hojas. En la zona de Camaná, bajo la dosis de silicio testigo, se encontró que la variedad IR - 43 presentó una mayor cantidad de hojas por planta en comparación con la variedad INIA 508 – tinajones, con una media de $4,67 \pm 0,33$ hojas por planta, la variedad IR - 43 se diferenció estadísticamente de la variedad INIA 508 - tinajones, que obtuvo una media de $3,67 \pm 0,33$ hojas por planta. En cuanto a la dosis de silicio de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$, la variedad IR - 43 volvió a obtener una mayor cantidad de hojas por planta, con una media de $5,33 \pm 0,33$ hojas, en comparación con la variedad INIA 508 - tinajones, que alcanzó una media de $4,33 \pm 0,33$ hojas. Por último, bajo la dosis de silicio de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$, la variedad IR - 43 tuvo una cantidad menor de hojas por planta, con una media de $4,33 \pm 0,33$ hojas, mientras que la variedad INIA 508. Tinajones registró una media de $5,33 \pm 0,33$ hojas (en este caso, ambas variedades se diferenciaron estadísticamente). Para la zona de Castilla, no hubo resultados estadísticos significativos.

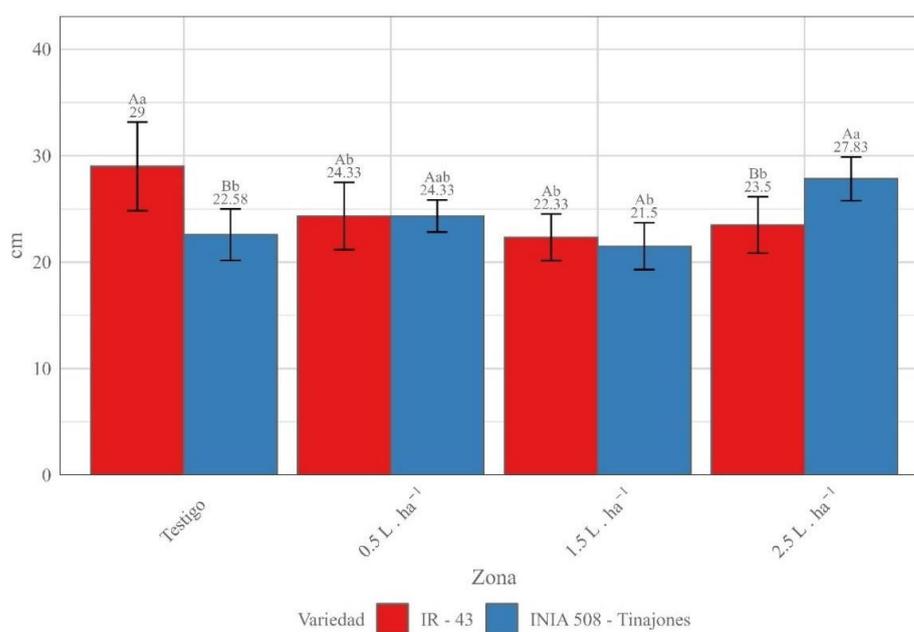
4.4 Longitud de raíz

4.4.1. Longitud de raíz a los 60 días.

Tabla 25*Longitud de raíz a los 60 días según interacción dosis de silicio y variedad*

Variedad	Dosis de Silicio			
	Testigo	0.5 L . Ha ⁻¹	1.5 L . Ha ⁻¹	2.5 L . Ha ⁻¹
IR - 43	29 ±4.16 Aa	24.33 ±3.16 Ab	22.33 ±2.19 Ab	23.5 ±2.66 Bb
INIA 508 - Tinajones	22.58 ±2.41 Bb	24.33 ±1.5 Aab	21.5 ±2.2 Ab	27.83 ±2.06 Aa

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD) para efectos principales y según la prueba de emmeans para efectos simples y simples.

Figura 14*Longitud de raíz a los 60 días según interacción dosis de silicio y variedad*

Según la tabla 25 y la figura 14, en la variedad IR - 43, el nivel de dosis de silicio de 2,5 L ha⁻¹ resultó en una media de longitud de raíz más baja (23,5 ± 2,66 cm) en comparación con el nivel de dosis de 0,5 L ha⁻¹ (24,33 ± 3,16 cm) y el nivel de dosis de 1,5 L ha⁻¹ (22,33 ± 2,19 cm). Sin embargo, el nivel de dosis de testigo resultó en una longitud de raíz más larga (29 ±4,16 cm) y fue estadísticamente diferente a los anteriores mencionados.

En la variedad INIA 508-tinajones, el nivel de dosis de silicio de 2,5 L ha⁻¹

resultó en una media de longitud de raíz más alta ($27,83 \pm 2,06$ cm) similar estadísticamente al nivel de dosis de $0,5 \text{ L ha}^{-1}$ ($24,33 \pm 15$ cm). El nivel de dosis de $1,5 \text{ L ha}^{-1}$ resultó en una longitud de raíz más corta ($21,5 \pm 2,2$ cm) y fue estadísticamente similar a las dosis testigo y $0,5 \text{ L ha}^{-1}$.

Dentro del nivel testigo de la dosis de silicio, la mayor longitud de raíz a los 90 ddt lo obtuvo la variedad IR - 43 con $29 \pm 4,16$ cm, estadísticamente diferente a la variedad INIA 508-tinajones con $22,58 \pm 2,41$ cm. Para la dosis de silicio $2,5 \text{ L ha}^{-1}$ la variedad IR - 43 obtuvo la menor media de longitud de raíz con $23,5 \pm 2,66$ cm, estadísticamente diferente a INIA 508 - tinajones con $27,83 \pm 2,06$ cm.

4.4.2. Longitud de raíz a los 90 días.

Tabla 26

Longitud de raíz a los 90 días según zona

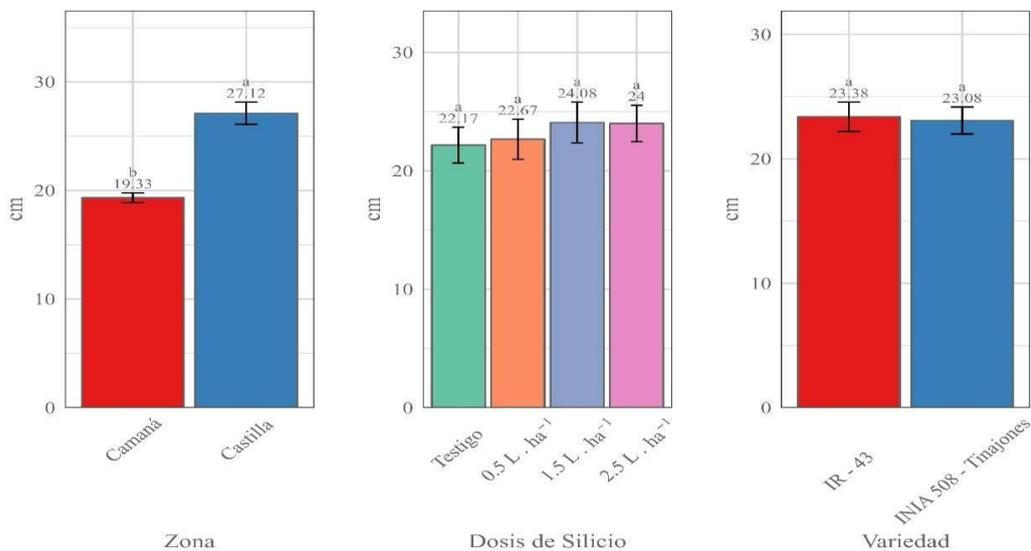
Zona	X	E.E.	Sig
Castilla	27,12	$\pm 1,02$	a
Camaná	19,33	$\pm 0,46$	b
X	23,23	$\pm 0,79$	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

De acuerdo a la tabla 26 y la figura 15, a los 90 días después de la siembra de arroz se puede observar que la zona Castilla tuvo una longitud de raíz promedio de $27,12 \pm 1,02$ cm, mayor y estadísticamente diferente que la zona Camaná tuvo una longitud de raíz promedio de $19,33 \pm 0,46$ cm. Además, la longitud de raíz promedio para ambas zonas fue de $23,23 \pm 0,79$ cm.

Figura 15

Longitud de raíz a los 90 días



4.5 Número de macollos

4.5.1. Número de macollos a los 30 días.

Tabla 27

Número de macollos a los 30 días según interacción zona y variedad

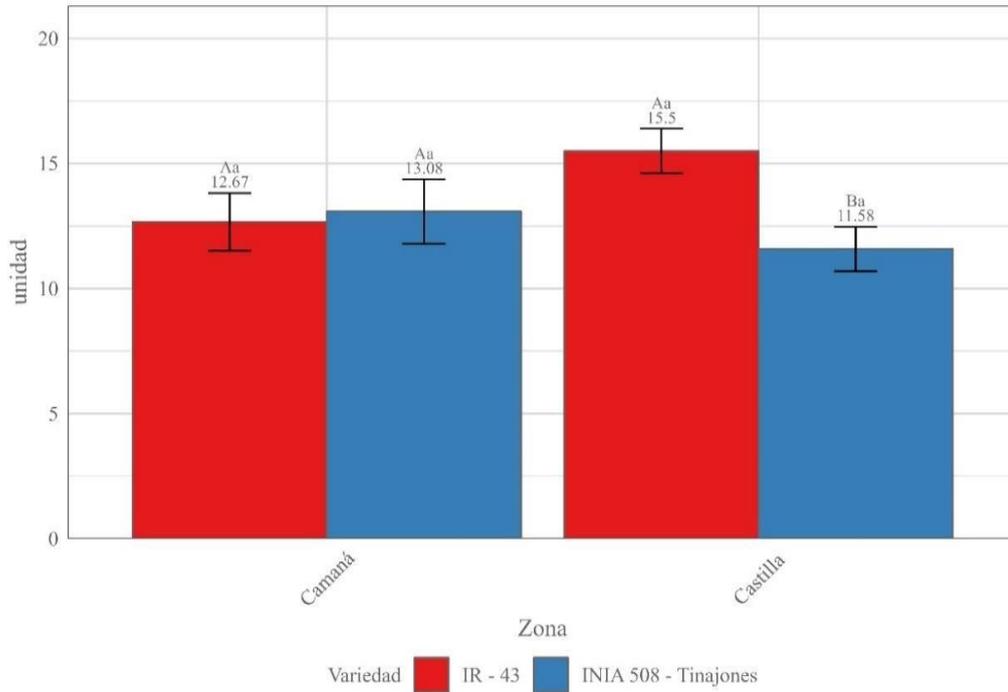
Variedad	Zona	
	Camaná	Castilla
IR - 43	12.67 ±1.16 Aa	15.5 ±0.89 Aa
INIA 508 - Tinajones	13.08 ±1.29 Aa	11.58 ±0.89 Ba

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD) para efectos principales y según la prueba de emmeans para efectos simples y simples simples.

Según la tabla 27 y la figura 16, sobre el número de macollos a los 30 días en la zona de Castilla, se encontró que la variedad IR - 43 tuvo una media de 15,5 ±0,89 macollos, estadísticamente diferente a la variedad INIA 508 – Tinajones que tuvo una media de 11,58 ±0,89 macollos.

Figura 16

Número de macollos a los 30 días según interacción zona y variedad



4.5.2. Número de macollos a los 60 días.

Tabla 28

Número de macollos a los 60 días según variedad

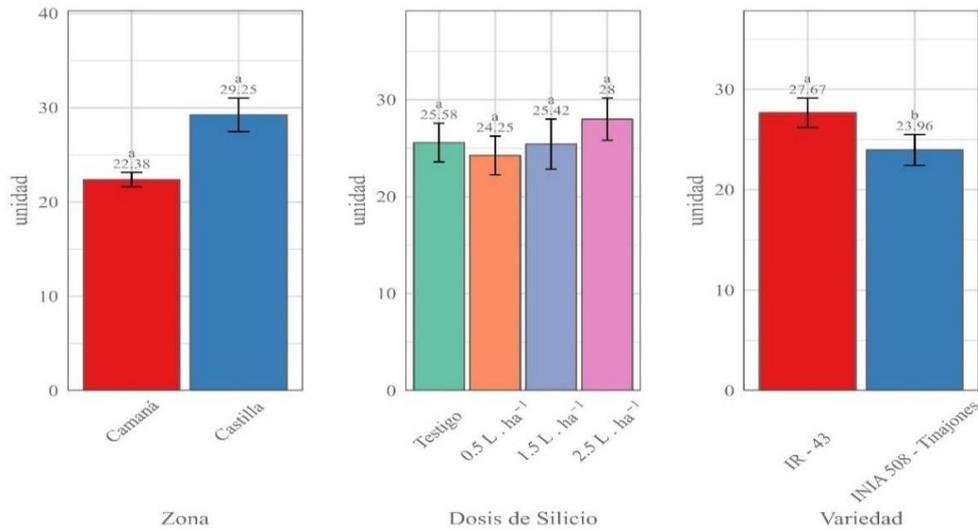
Variedad	X	E.E.	Sig
IR - 43	27,67	±1,46	a
INIA 508 - Tinajones	23,96	±1,54	b
X	25,81	±1,08	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

Según la Tabla 28, la variedad IR-43 tiene un número de macollos a los 60 días promedio de $27,67 \pm 1,46$, estadísticamente diferente y mayor a la variedad INIA 508 - tinajones que obtuvo un número de macollos promedio de $23,96 \pm 1,54$ a los 60 días. La media general de número de macollos es de $25,81 \pm 1,08$.

Figura 17

Número de macollos a los 60 días



4.5.3. Número de macollos a los 90 días.

Tabla 29

Número de macollos a los 90 días según variedad

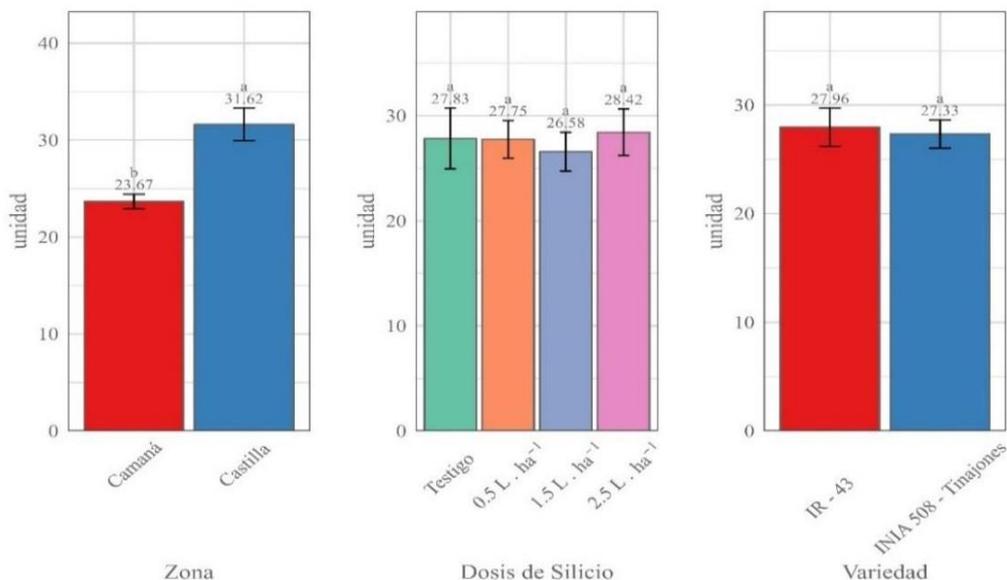
Variedad	X	E.E.	Sig
INIA 508 - Tinajones	31,62	±1,68	a
IR - 43	23,67	±0,76	b
X	27,65	±1,08	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

La tabla 29 muestra que el número de macollos a los 90 días es diferente entre las dos variedades de maíz evaluadas. La variedad INIA 508 - Tinajones tuvo una media de $31,62 \pm 1,68$ macollos. Por otro lado, la variedad IR - 43 tuvo una media de $23,67 \pm 0,76$ macollos. La media total de macollos para ambas variedades es de $27,65 \pm 1,08$.

Figura 18

Número de macollos a los 90 días



4.6 Diámetro de tallo

4.6.1. Diámetro de tallo a los 90 días.

Tabla 30

Diámetro de tallo (cm) a los 90 días según zona vs dosis de silicio vs variedad

Variedad	Zona								\bar{x}
	Camaná				Castilla				
	Dosis de Silicio								
Testigo	0.5 L. ha ⁻¹	1.5 L. ha ⁻¹	2.5 L. ha ⁻¹	Testigo	0.5 L. ha ⁻¹	1.5 L. ha ⁻¹	2.5 L. ha ⁻¹		
IR - 43	0.77	0.77±0.03	0.72	0.83	0.72	0.77	0.78	0.72	0.7583 ±0.01 A
	±0.02	Aa	±0.06	±0.67	±0.04	±0.03	±0.02	±0.04	
	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	Aa	
INIA 508 - Tinajones	0.72	0.67	0.73	0.62	0.68	0.75	0.72	0.78	0.7083 ±0.02 B
	±0.04	±0.33	±0.03	±0.06	±0.06	±0.03	±0.04	±0.03	
	Aa	Aa	Aa	Ba	Aa	Aa	Aa	Aa	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD) para efectos principales y según la prueba de emmeans para efectos simples y simples simples.

Figura 19

Diámetro de tallo (mm) a los 90 días

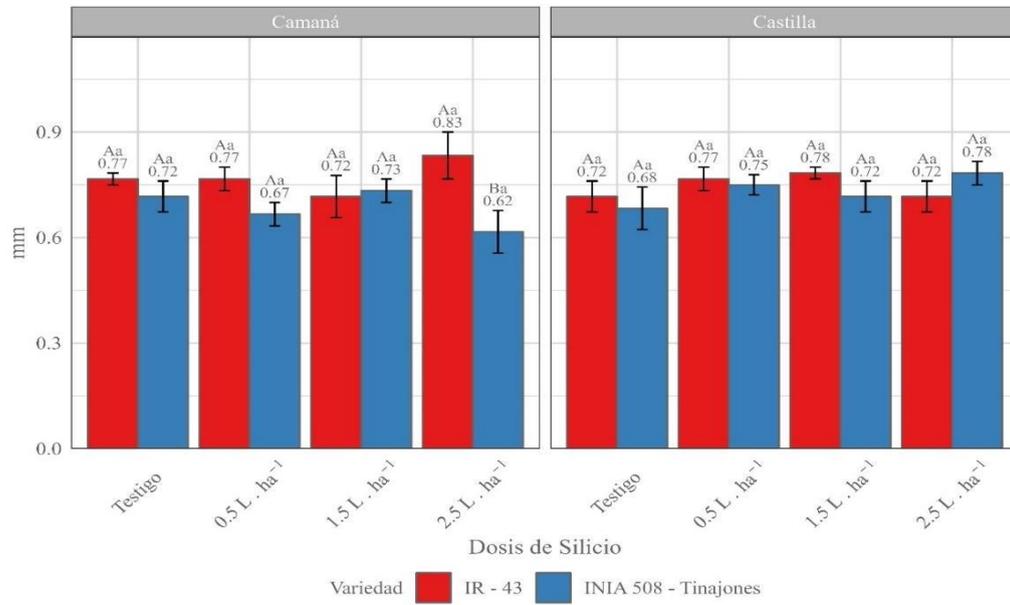
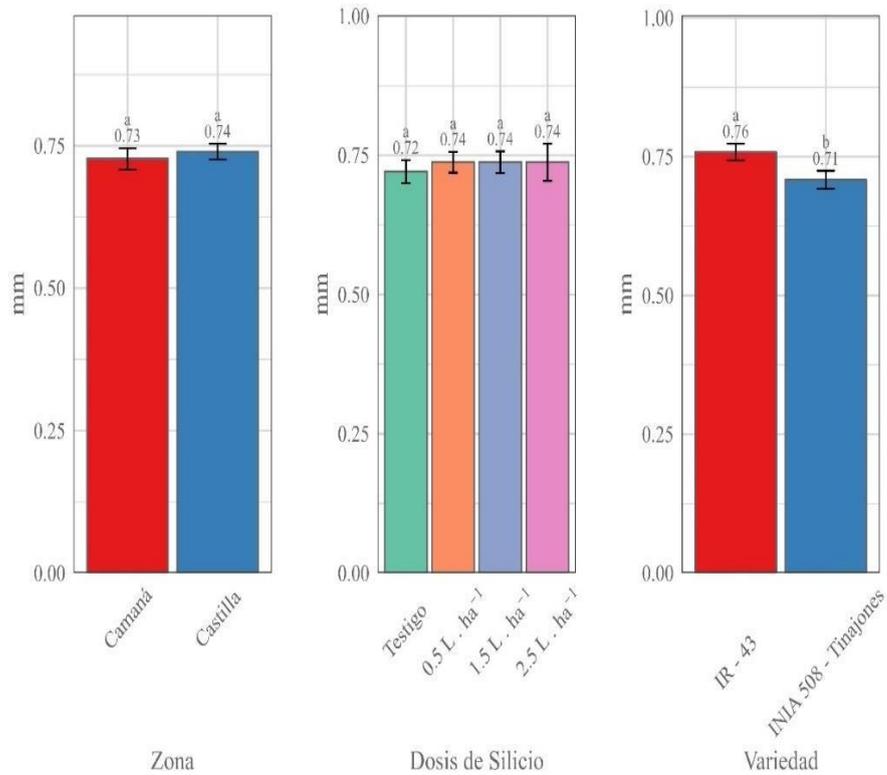


Figura 20

Diámetro de tallo (mm) a los 90 días según zona vs dosis de silicio vs variedad



Según la tabla 30 y las figuras 19 y 20, el promedio del diámetro de tallo a los 90 días fue de 0,63 mm, con diferencias estadísticamente significativas entre las variedades. Se obtuvo mayor altura de planta entre zonas en Camaná con $48 \pm 0,88$ cm, estadísticamente diferente a Castilla, que obtuvo $36,75 \pm 1$ cm. Entre variedades, se obtuvo la mayor media en INIA 508 - Tinajones con $44,12 \pm 1,48$ cm, que presentó diferencias estadísticas con IR - 43 que registró $40,62 \pm 1,44$ cm. Se halló que hubo diferencias estadísticamente significativas en las localidades estudiadas y entre variedades dentro de la zona Camaná con dosis de silicio de $2,5 \text{ L ha}^{-1}$, con mayor diámetro de tallo en IR - 43 ($0,83 \pm 0,67$ cm), y menor diámetro en INIA 508 – Tinajones ($0,62 \pm 0,06$ cm).

4.7 Tamaño de espiga

Tabla 31

Tamaño de espiga (cm) a los 90 días según zona vs variedad

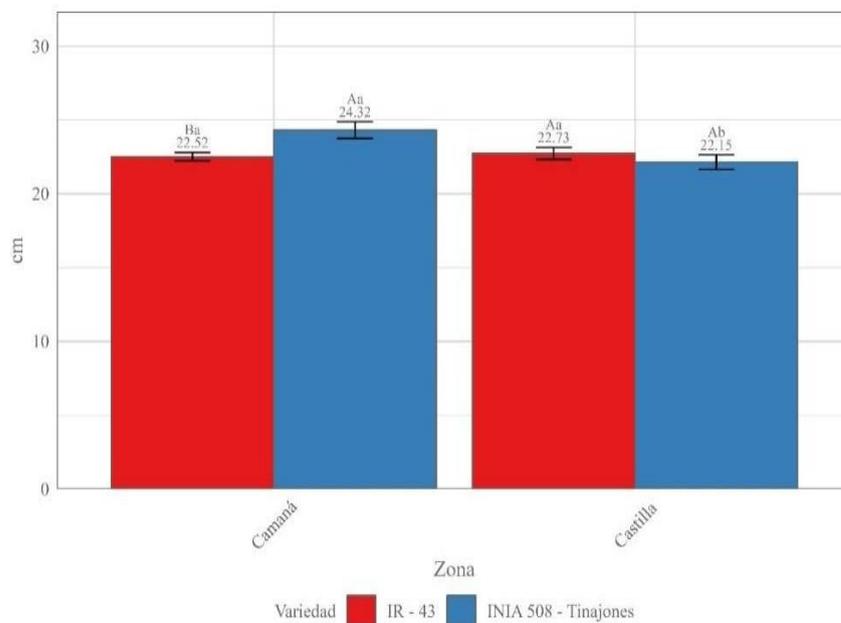
Variedad	Zona	
	Camaná	Castilla
IR - 43	22.52 ± 0.28 Ba	22.73 ± 0.41 Aa
INIA 508 - Tinajones	24.32 ± 0.56 Aa	22.15 ± 0.49 Ab

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD) para efectos principales y según la prueba deemmeans para efectos simples y simples simples.

La tabla 31 y la figura 21 muestra los resultados del tamaño de la espiga, los resultados indican que la variedad INIA 508 - tinajones tiene un tamaño de espiga significativamente mayor en la zona de Camaná, con una media de $24,32 \pm 0,56$ cm y diferente de IR - 43 con $22,52 \pm 0,28$. Por otro lado, la variedad INIA 508 - Tinajones tiene un tamaño de espiga mayor en Camaná, con una media de $24,32 \pm 0,56$ cm, estadísticamente diferente a Castilla con $22,15 \pm 0,49$.

Figura 21

Tamaño de espiga según interacción zona y variedad



4.8 Número de granos por espiga

Tabla 32

Número de granos espiga según zona

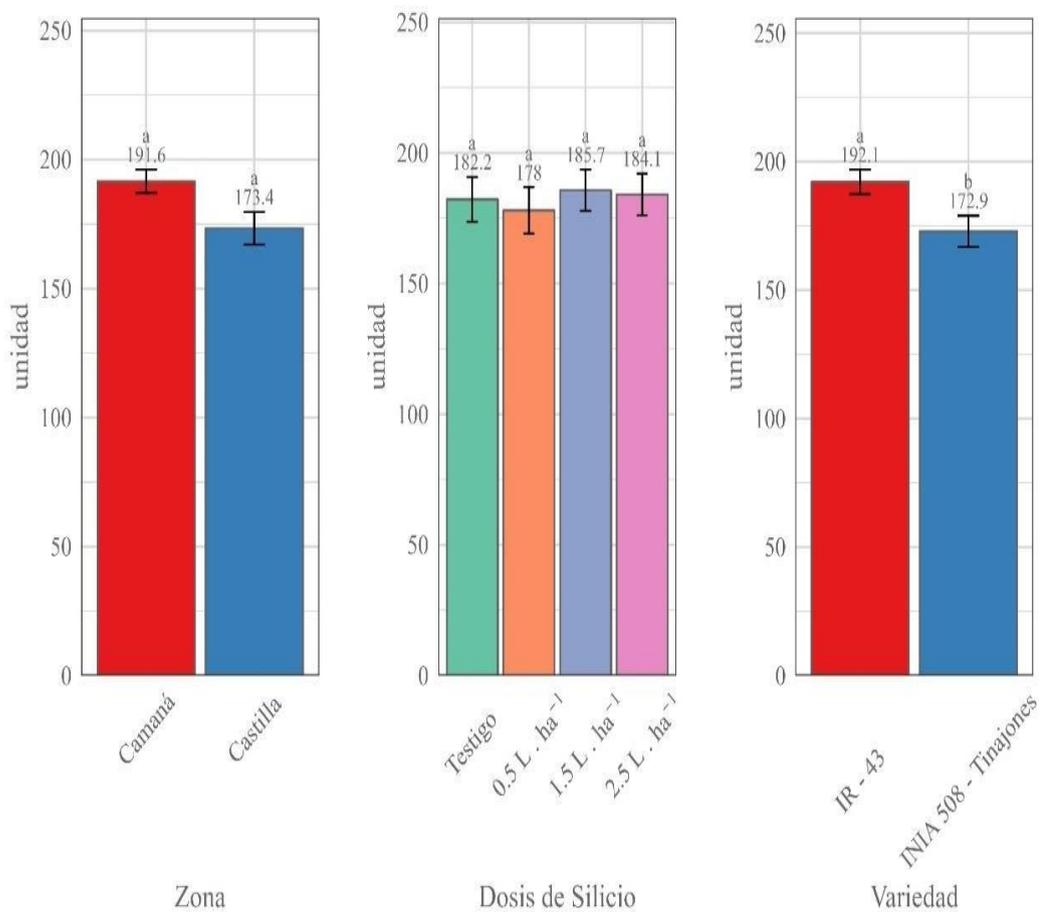
Zona	X	E.E.	Sig
Camaná	192,1	±4,8	a
Castilla	172,9	±6,04	b
X	182,5	±4,06	

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD).

La tabla 32 y la figura 22 muestra que la mayor media de granos por espiga en Camaná es de 192,1 ±4,8 y fue estadísticamente diferente a la media de granos por espiga en Castilla que obtuvo 172,9 ±6,04. La media total de granos por espiga es de 182,5 con ±4,06.

Figura 22

Número de granos por espiga



4.9 Peso de 1000 granos

Tabla 33

Peso de 1000 granos según interacción zona y variedad

Variedad	Zona		\bar{x}
	Camaná	Castilla	
IR - 43	29.17 ±0.17 Aa	27.41 ±0.51 Bb	28.29 ±0.32 B
INIA 508 - Tinajones	29.5 ±0.38 Aa	30 ±0.6 Aa	29.75 ±0.35 A
\bar{x}	29.33 ±0.21 A	28.71 ±0.47 A	29.02 ±0.26

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD) para efectos principales y según la prueba deemmeans para efectos simples y simples simples.

De acuerdo a la tabla 33 y la figura 23 y 24, a nivel general entre variedades, el menor peso de 1000 granos se obtuvo en la variedad IR - 43 con $28,29 \pm 0,32$ g. y fue estadísticamente diferente de la variedad INIA 508 - Tinajones que obtuvo $29,75 \pm 0,35$ g. En la zona de Castilla, el menor peso de 1000 granos lo registró la variedad IR - 43 ($27,41 \pm 0,51$ g.) y fue estadísticamente diferente de la variedad INIA 508 - Tinajones ($30 \pm 0,6$ g). Los resultados de la variedad IR - 43 fueron estadísticamente diferentes según la zona, obteniendo menor media en Castilla ($27,41 \pm 0,51$ g.) y mayor media en Camaná ($29,17 \pm 0,17$ g.). La media general de peso de 1000 granos registró fue de $29,02 \pm 0,26$ g.

Figura 23

Peso de 1000 granos

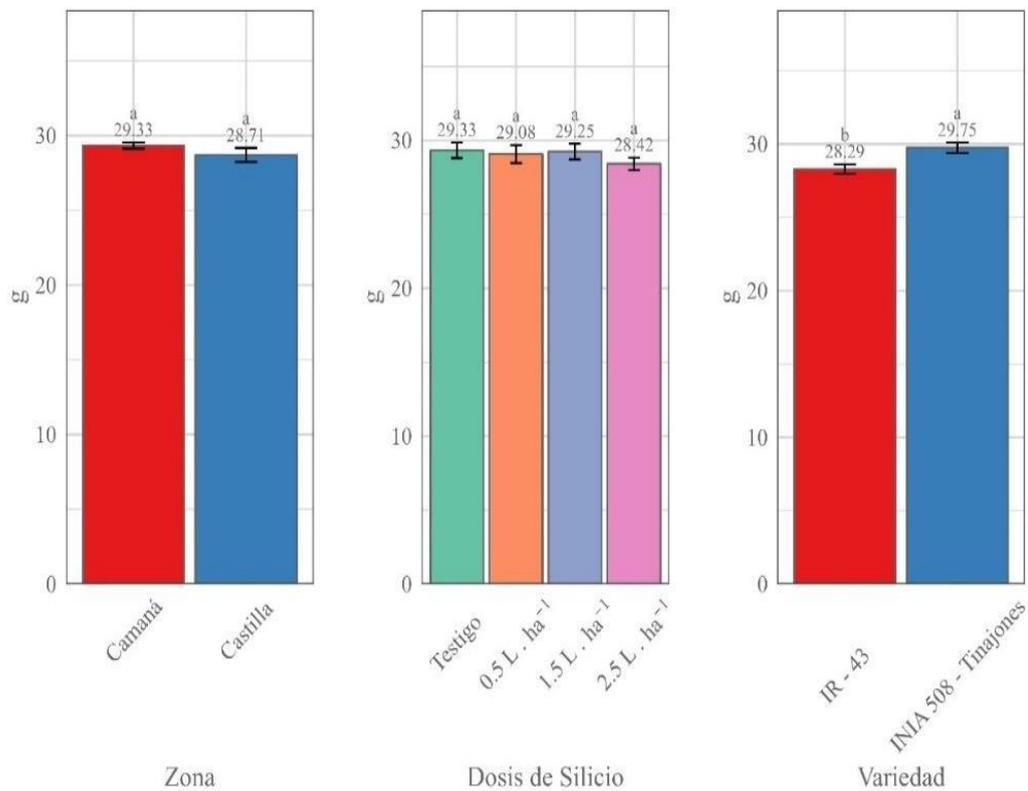
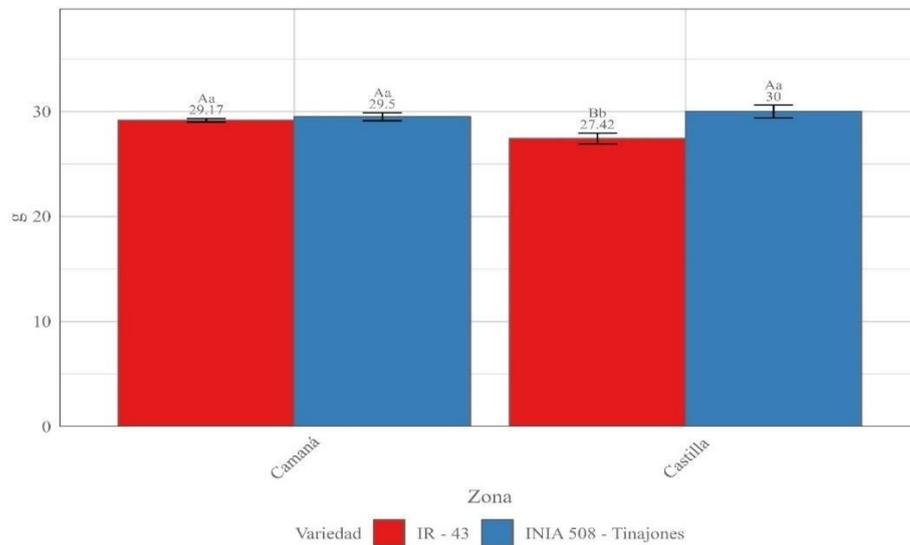


Figura 24

Peso de 1000 granos según interacción zona y variedad



4.10 Rendimiento de grano

Tabla 34

Rendimiento de grano según interacción zona y variedad

Variedad	Zona		\bar{x}
	Camaná	Castilla	
IR - 43	2009 ±72.5 Aa	1622 ±67.35 Bb	1816 ±62.99 B
INIA 508 - Tinajones	2040 ±64.77Aa	2044 ±118.6 Aa	2043 ±66.09 A
\bar{x}	2025 ±47.65 A	1834 ±79.92 B	1929 ±48.09

Nota: Tratamientos que compartan al menos una letra son estadísticamente iguales a un nivel de significancia de 0,05 según la prueba de Tukey (HSD) para efectos principales y según la prueba de emmeans para efectos simples y simples.

De acuerdo a la tabla 34 y la figura 25 y 26, a nivel general entre variedades, el menor rendimiento de grano se obtuvo en la variedad IR - 43 con 1816 ±62,99 g.y fue estadísticamente diferente de la variedad INIA 508 - Tinajones que obtuvo 2043 ±66,09 g. Además, la zona de Camaná, obtuvo una media de rendimiento de grano de 2025 ±47,65 g. que fue mayor y estadísticamente diferente a la zona de Castilla que registró 1834 ±79,92 g. En la zona de Castilla, el menor rendimiento de grano

lo registró la variedad IR - 43 ($1622 \pm 67,35$ g.) y fue estadísticamente diferente de la variedad INIA 508 - Tinajones ($2044 \pm 118,6$ g.). Los resultados de la variedad IR - 43 fueron estadísticamente diferentes según la zona, obteniendo menor media en Castilla ($1622 \pm 67,35$ g.) y mayor media en Camaná ($2009 \pm 72,5$ g.). La media general de rendimiento de grano fue de $1929 \pm 48,09$ g.

Figura 25

Rendimiento de grano

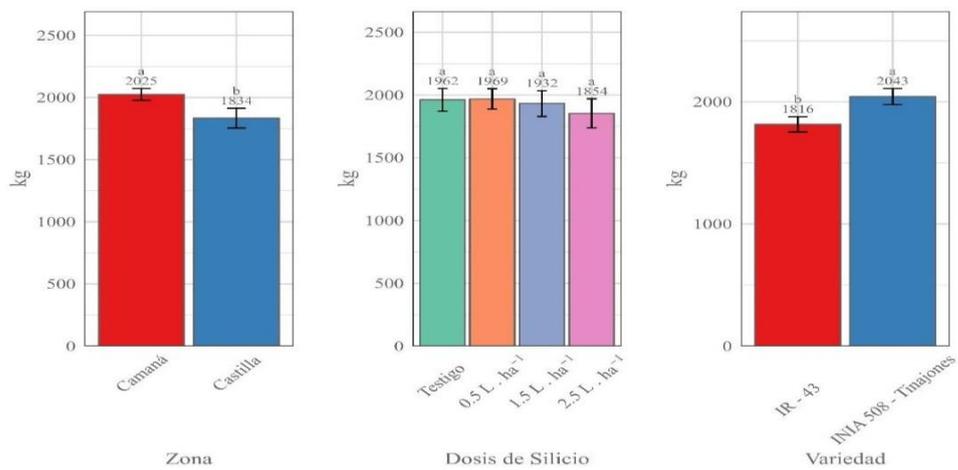
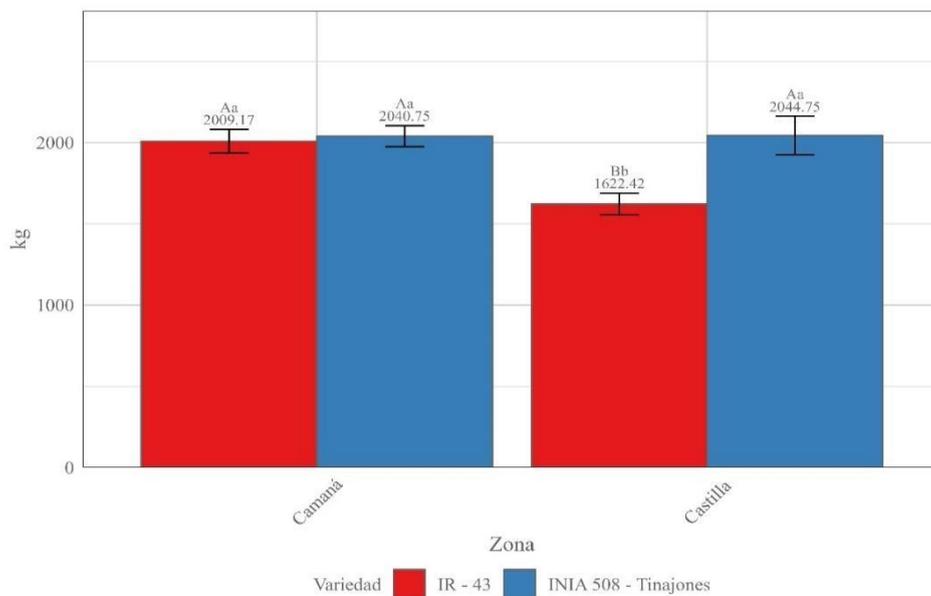


Figura 26

Rendimiento de grano según interacción zona y variedad



4.11 Contrastación de hipótesis

4.11.1. Hipótesis general.

Con la aplicación de silicio se incrementará la producción de dos variedades de arroz (IR 43 y INIA 508) en condiciones de Camaná y Castilla en Arequipa.

De acuerdo a la tabla 34 y la figura 25-26, La media general de rendimiento de grano fue de $1929 \pm 48,09$ g. La variedad INIA 508 - Tinajones mostró un rendimiento promedio más alto con $2043 \pm 66,09$ g. en comparación con el rendimiento de $1816 \pm 62,99$ g. de la variedad IR-43. La zona de Camaná presentó un rendimiento mayor con $2025 \pm 47,65$ g. en comparación a la zona de Castilla que registró $1834 \pm 79,92$ g. Además, la variedad INIA 508 - Tinajones en la zona de Castilla tuvo un rendimiento aún mayor con $2044 \pm 118,6$ g. en comparación a la variedad IR - 43 que registró $1622 \pm 67,35$ g. en la misma zona.

4.11.2 Hipótesis específicas.

Por lo menos una de las dosis de silicio tendrá un efecto positivo en la producción de las dos variedades de arroz.

De acuerdo a la tabla 34 y la figura 25-26, la mejor dosis de silicio fue la de 0,5L/ha, con la que se obtuvo un rendimiento de 1 969 g. Seguido por el testigo que obtuvo un rendimiento de 1 962 g. también se observa que la dosis 1,5 L/ha obtuvo 1 932 g. y finalmente la dosis de 2,5 l/ha obtuvo 1 854 g.

Al menos una de las dos variedades de arroz tendrá un efecto positivo a la aplicación de silicio.

De acuerdo a la tabla 34 y la figura 25-26, la mejor variedad que obtuvo el mejor rendimiento fue la INIA 508 – Tinajones, en las dos zonas con un rendimiento de 2 043 g.

Por lo menos una de las características agronómicas (altura de plántula, número de hojas, diámetro de tallo, longitud de raíces, número de espiguillas, tamaño de espiga, granos por espigas, peso de mil granos, rendimiento) tendrá un efecto positivo.

Se evaluaron varias variables relacionadas con el crecimiento de las plantas en diferentes momentos después de la siembra, encontrando efectos significativos de la zona y la variedad en la altura de la planta a los 30, 60 y 90 días. También se encontraron interacciones significativas entre la zona y la variedad en el número de macollos a los 30 y 60 días, y en la respuesta tamaño de espiga y peso de 1000 granos. El efecto significativo de la variedad se encontró en la altura de planta y el número de hojas a los 30 días, número de macollos y la longitud de raíz a los 60 días, altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo a los 90 días, altura de planta a los 120 días, en el número de granos por espiga y peso de 1000 granos.

4.11.2.1. Hipótesis estadística Hipótesis factor B (Silicio).

Ho: Las tres dosis de silicio tendrán un efecto igual al testigo Ha: Al menos una de

las dosis de silicio sobresaldrá al testigo

De acuerdo a la tabla 34 y la figura 25-26, la mejor dosis de silicio fue la de 0,5 L/ha, con la que se obtuvo un rendimiento de 1 969 g. Seguido por el testigo que obtuvo un rendimiento de 1 962 g. también se observa que la dosis 1,5 L/ha obtuvo 1 932 g. y finalmente la dosis de 2,5 L/ha obtuvo 1 854 g. Por lo tanto, la aplicación de dosis de silicio no tuvo un impacto significativo en el rendimiento; por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna.

4.11.2.2. Hipótesis factor C (Variedades de arroz).

Ho: Por lo menos una de las dos variedades de arroz tendrá un efecto positivo a la aplicación foliar de silicio.

Ha: Ninguna de las dos variedades de arroz tendrá un efecto positivo a la aplicación foliar de silicio.

De acuerdo a la tabla 34 y la figura 25-26, La mejor variedad que obtuvo el mejor rendimiento fue la INIA 508 – Tinajones, en las dos zonas con un rendimiento de 2043 g. en promedio. Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

4.11.2.3 Hipótesis factor A x B (silicio x variedades de arroz).

Ho: Todas las interacciones (dosis silicio x variedades de arroz) son iguales no muestran diferencia.

Ha: Una de las interacciones (dosis silicio x variedades de arroz) tiene un efecto diferente a los demás.

La interacción de dosis de silicio y variedad fue no significativa en las zonas de Camaná y Castilla. Por lo tanto, aceptamos la hipótesis nula y rechazamos la hipótesis alterna.

4.12 Discusión de resultados

De acuerdo a los resultados obtenidos los que fueron analizados estadísticamente se determinó que la aplicación de dosis de silicio no tuvo un impacto significativo en el rendimiento; al respecto Sánchez (2015) en su tesis titulada “*Determinación de dos formas de aplicación de silicio con cinco dosis en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*” concluye que a mayor dosis de silicio se bajan los rendimientos al inhibir el llenado de los granos y producir así mayor porcentaje de vaneamiento.

En relación con la primera hipótesis que por lo menos una de las dosis de silicio tendrá un efecto positivo en la producción de las dos variedades de arroz; la mejor dosis de silicio fue la de 0,5 L/ha, con la que se obtuvo un rendimiento de 1 969 g. Seguido por el testigo que obtuvo un rendimiento de 1 962 g, también se observa que la dosis 1,5 L/ha obtuvo 1 932 g. y finalmente la dosis de 2,5 L/ha obtuvo 1 854 g. Así mismo los resultados lo respaldamos con lo expresado por Matichencov (2008), que a la letra dice: “El silicio adelanta y homogeniza la maduración con mayor calidad y sabor en los frutos. Mejor cuajado y reducción de

aborto de flores y frutos”.

En relación con la segunda hipótesis sobre las variables relacionadas con el crecimiento de las plantas en diferentes momentos después de la siembra, encontrando efectos significativos de la zona y la variedad en la altura de la planta a los 30 y 47 número de hojas a los 120 días. También se encontraron interacciones significativas entre la zona y la variedad en el número de macollos a los 30 y 60 días, y en la respuesta tamaño de espiga y peso de 1000 granos. El efecto significativo de la variedad se encontró en la altura de planta y el número de hojas a los 30 días, número de macollos y la longitud de raíz a los 60 días, altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo a los 90 días, altura de planta a los 120 días, en el número de granos por espiga y peso de 1000 granos. Así mismo estos resultados los respaldamos con lo expresado por Solorzano y Naranjo (2018) en su tesis de “Evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación de silicio en el desarrollo y producción en el cultivo de arroz variedad (Dicta playitas)”. Los objetivos fueron: evaluar el efecto de la aplicación foliar de diferentes dosis y épocas de aplicación de silicio en variables agronómicas. Las variables evaluadas fueron: número de macollas, días a floración, altura y biomasa de la planta, silicio foliar y rendimiento. Se encontró diferencias significativas en el número de macollos, altura de planta, biomasa y rendimiento, siendo la dosis de 1,35 g/ha la que obtuvo mayor rendimiento; es mejor aplicar en la etapa de macollamiento que posterior a ella.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Primera. Se ha evaluado la producción de dos variedades de arroz (IR 43 y INIA 508 -tinajones) con la aplicación foliar de tres dosis de silicio en donde se concluye que la aplicación de dosis de silicio no tuvo un impacto significativo en el rendimiento de grano. La variedad INIA 508 - Tinajones mostró un rendimiento promedio más alto con $2043 \pm 66,09$ g, en comparación con el rendimiento de $1816 \pm 62,99$ g. de la variedad IR-43. La zona de Camaná presentó un rendimiento promedio mayor con $2025 \pm 47,65$ g. en comparación a la zona de Castilla que registró $1834 \pm 79,92$ g.

Segunda. Según la figura N° 25 rendimiento, que la dosis más apropiada para ambas zonas y en ambas variedades es de 0,5 L./ha.

Tercera. Se evaluaron varias variables relacionadas con el crecimiento de las

plantas en diferentes momentos después de la siembra, encontrando efectos significativos de la zona y la variedad en la altura de la planta a los 30, 60 y 90 días. También se encontraron interacciones significativas entre la zona y la variedad en el número de macollos a los 30 y 60 días, y en la respuesta tamaño de espiga y peso de 1000 granos. El efecto significativo de la variedad se encontró en la altura de planta y el número de hojas a los 30 días, número de macollos y la longitud de raíz a los 60 días, altura de planta, número de hojas y diámetro de tallo a los 90 días, altura de planta a los 120 días, en el número de granos por espiga y peso de 1000 granos.

Cuarta. Según la tabla 7,11,12, la interacción de dosis BxC (silicio x variedades) no mostraron diferencias estadísticamente significativas.

5.2 Recomendaciones

Primera. Se recomienda seguir realizando trabajos de investigación con la variedad INIA 508 – Tinajones que mostró un rendimiento superior al resto en otras zonas arroceras.

Segunda. En base a los resultados obtenidos, utilizar otras dosis de silicio y aplicar en otras etapas fenológicas, para seguir investigando al silicio.

Tercera. Es conveniente que evaluemos una mayor diversidad de cultivares para

conocer cual de ellas tiene mejor respuesta a las aplicaciones de silicio.

Cuarta. Se sugiere realizar más estudios de diferentes dosis de Silicio en las demás zonas de los valles estudiados

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, E. (2018). *Cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Recuperado de http://centa.gob.sv/docs/guias/granos%20basicos/Guia%20Centa_Arroz%202019.pdf
- Álvarez, J., Daza, M. y Mendoza C. (2008). Application of an enriched fertilizer with silicon and organic matter in the yield of rice (*Oryza sativa L.*) sowed in Ibagué and el guamo (Tolima, Colombia). *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 61(2), 4605-4617. Recuperado de http://scielo.org.co/scielo.php?pid=S0304-28472008000200014&script=sci_abstract
- Baglione, L. (2011). Uso de la tierra diatomea. *Revista Técnicaña*, (27), 31-32. Recuperado de https://saltonverde.com/wp-content/uploads/2015/tec_no27_2011_p33-34.pdf
- Castellanos, C., De Mello, C. y Silva, C. (2015). El silicio en la resistencia de los cultivos. *Cultivos Tropicales*, 36, 16-24. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362015000500002
- Castillo, M. (2016). *Estudio de tres distanciamientos de siembra y tres niveles de nitrógeno en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.), variedad tinajones en el valle de San Lorenzo*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura.
- Ccapira, R. (2021). *Evaluación y rendimiento de nueve variedades de arroz (Oryza sativa L.) con siembra directa en el distrito de Cocachacra del valle de tambo - región Arequipa*. Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú. Recuperado de

https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/1240/Roger_tesis_titulo_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CENTA. (2018). *Cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. Honduras. Recuperado de <https://docplayer.es/123432526-Cultivo-de-arroz-oryza-sativa-l-centro-nacional-de-tecnologia-agropecuaria-y-forestal-enrique-alvarez-cordova-programa-de-granos-basicos.html>

CIAT. (2005). *Morfología de la Planta de arroz*. Cali, Colombia. Recuperado de https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Culture-plantes-limentaires/FICHES_PLANTES/riz/Morfologia_planta_arroz.pdf

Coeto, J. (2016). *Silicio para la nutrición y protección vegetal*. Recuperado de https://www.intagri.com/public_files/Silicio.pdf.

Coloma, L. (2015). *Efecto de la aplicación foliar con dos fuentes de silicio en la agronomía y el rendimiento del cultivo de arroz (Oryza sativa L.)*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/7427>

Contreras, L. (2016). *Aplicación de fosforo y micronutrientes en un sistema intensivo del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) cv. tinajones en Jequetepeque*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2623>

Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. (2003). *Manual técnico el cultivo de arroz (Oryza sativa L.), las formas de realizar el trasplante de arroz*. Camayagua, Honduras. Recuperado de <https://curlacavunah.files.wordpress.com/2010/04/el-cultivo-del-arroz.pdf>

- Drokasa Perú. (2019). *Catálogo de productos y servicios*. Recuperado de http://drokasa.pe/index.php?seccion=productos_detalle&id_producto=295&cat=46
- FAO. (2017). *Seguimiento del mercado del arroz de la FAO*. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Rice/Images/RMM/SMA_APR17.pdf
- 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.) var. Cr 4477*. Recuperado de: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/2855/Informe_Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Gamarra, L. (1996). *Arroz; Manual de Producción*. Uruguay: Editorial Agropecuaria hemisferio sur S.R.L.
- Gerencia Regional de Agricultura. (2016). *Campaña agrícola 2015- 2016*. Recuperado de <http://www.agroarequipa.gob.pe/index.php/campana-agricola-2015-2016>
- 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.) var. cr 4477*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica. Recuperado de <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/5913/Efecto%20del%204477.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INDECOPI. (2019). *La Protección de Variedades Vegetales en el Perú*. Los Certificados de Obtentor. Perú. Recuperado de <https://www.patenta.pe/documents/2487468/2487652/Reporte+Obtentor+2>

019.pdf/517da1fb-b784-ba68-f486-

32cae41034ed#:~:text=Una%20variedad%20vegetal%20es%20un,sistema
%20de%20reproducci%C3%B3n%20o%20multiplicaci%C3%B3n.

INIA. (2007). *INIA 508-Tinajones*. Perú. Recuperado de
[https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/649/1/Trip-Arroz-
INIA508.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/649/1/Trip-Arroz-INIA508.pdf)

León, J. (2022). *Producción mundial de arroz pilado*. Recuperado de:
[https://agraria.pe/noticias/produccion-mundial-de-arroz-pilado-alcanzo-
las-513-7-millone-29484](https://agraria.pe/noticias/produccion-mundial-de-arroz-pilado-alcanzo-las-513-7-millone-29484)

López, E. y Gonzales, B. (2016). *Diseño y análisis de experimentos: Fundamentos y aplicaciones en agronomía*. Recuperado de [http://cete.fausac.gt/wp-
content/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf](http://cete.fausac.gt/wp-content/uploads/2020/11/Diseno_y_Analisis_de_Experimentos_2016a.pdf)

Matichencov, V. (2008). *Estructura química del silicio y procesos de biosilicificación*. Rusia. Recuperado de:
[https://proquinsa.com/2021/11/10/informe-tecnico-validacion-de-forzasil-
k-en-el-cultivo-de-arroz-oryza-
sativa/#:~:text=El%20Silicio%20adelanta%20y%20homogeniza,Tratamie
nto%20y%20prevenci%C3%B3n%20de%20clorosis.](https://proquinsa.com/2021/11/10/informe-tecnico-validacion-de-forzasil-k-en-el-cultivo-de-arroz-oryza-sativa/#:~:text=El%20Silicio%20adelanta%20y%20homogeniza,Tratamiento%20y%20prevenci%C3%B3n%20de%20clorosis)

MINAGRI. (2016). *Evolución de producción y precios de arroz*. Recuperado de
[https://www.midagri.gob.pe/portal/evolucion-precios-mayoristas/evol-
precios-2016?download=9716:evolucion-de-precios-de-arroz-agosto-2016](https://www.midagri.gob.pe/portal/evolucion-precios-mayoristas/evol-precios-2016?download=9716:evolucion-de-precios-de-arroz-agosto-2016)

Morales, J. (2018). *Efecto de la aplicación de dos dosis de silicio en tres densidades de siembra en el rendimiento del cultivo de Oryza sativa L. (arroz)*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Tumbes, Perú. Recuperado

- <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/217/TESIS%20-%20MORALES%20PANTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Muñoz, R. (1990). *Manejo post cosecha de arroz*. Recuperado de <https://biblioteca.inia.cl/handly/123456789/2702>.
- Olmos, S. (2007). *Apunte de Morfología, Fenología, Ecofisiología, y mejoramiento Genético del Arroz*. Argentina. Recuperado de <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/Apunte-MORFOLOGIA.pdf>
- Patiño, W. (2015). *Influencia de dos fórmulas de abonamiento NPK y cinco momentos de aplicación, sobre el rendimiento y otras características, en el cultivo de arroz (Oryza sativa L.) variedad ir-43, en el valle de san Lorenzo*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de Piura, Perú, Recuperado de <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/392>
- Peña, A. y Rivera, K. (2020). *Evaluación del rendimiento de ocho (08) variedades del cultivo de arroz (Oryza sativa L.) bajo riego por goteo e inundación en Ferreñafe - Lambayeque*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque, Perú. Recuperado de https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/8866/Pe%C3%B1a_Vasquez_Antony_y_Rivera_Garc%C3%ADa_Kiara_Karina_Nevenka.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pinazo, L. (2017). *Comparación de tres sistemas de trasplantes manual de arroz (Oryza sativa L.) en el valle de Jequetepeque*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2863/F01->

P555-T.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Quiroga, A. (2016). *Respuesta a las aplicaciones de silicio en el cultivo de pepino (Cucumis sativus L.) variedad Modan, en condiciones de estrés hídrico bajo cubierta en Culiacán, Sinaloa*. (Trabajo de Grado). Universidad de ciencias Aplicadas y Ambientales. Bogotá, Colombia. Recuperado de <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/582>

Rodriguez, A. & Ortiz, C. (2015). *Efecto de aplicaciones de fuentes de Silicio sobre incidencia de enfermedades y componentes de rendimiento de las variedades Fedearroz 174 y Victoria 10-39*. (Trabajo de Grado). Universidad de los Llanos, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/handle/001/324/tesis%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodríguez, D. (2017). *Potencial de rendimiento de líneas mutantes de arroz (Oryza sativa L.) desarrolladas mediante aplicación de rayos gamma en condiciones del valle de Jequetepeque*. (Tesis de pregrado). Universidad Agraria de la Molina. Lima, Perú.

SENAMHI. (2010). *Impacto del evento niño en la agricultura peruana campaña 2002-2003*. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-15.pdf>

Solorzano, S. y Naranjo, J. (2018). *Evaluación de diferentes dosis y épocas de aplicación de silicio en el desarrollo y producción en el cultivo de arroz variedad Dicta playitas*. (Tesis de pregrado). Universidad Zamorano, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6392/1/CPA-2018->

T068.pdf

Talla, J. (2015). *Determinación de indicadores técnicos y económicos del cultivo de arroz en el ámbito de la comisión de regantes de Uraca, distrito de Uraca, Arequipa*. (tesis de pre grado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. Recuperado de https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSA_57cf17221d55b466ebc6b450e8b6a905